

# CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2014

## *L'atténuation du changement climatique*

### Résumé à l'intention des décideurs et résumé technique

GT III

CONTRIBUTION DU GROUPE DE TRAVAIL III AU  
CINQUIÈME RAPPORT D'ÉVALUATION DU GROUPE D'EXPERTS  
INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



# Changements climatiques 2014

## L'atténuation du changement climatique

### Résumé à l'intention des décideurs

### Résumé technique

## Contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Publié sous la direction de

**Ottmar Edenhofer**

Coprésident du Groupe de travail III  
Institut de recherche de Potsdam sur  
les effets du changement climatique

**Ramón Pichs-Madruga**

Coprésident du Groupe de travail III  
Centre de recherche sur l'économie  
mondiale

**Youba Sokona**

Coprésident du Groupe de travail III  
Centre Sud

**Jan C. Minx**

Responsable du Service  
d'appui technique

**Ellie Farahani**

Responsable des  
opérations

**Susanne Kadner**

Responsable scientifique

**Kristin Seyboth**

Responsable scientifique  
adjointe

**Anna Adler**

Assistante d'équipe

**Ina Baum**

Administratrice de projet

**Steffen Brunner**

Économiste principal

**Patrick Eickemeier**

Réviseur scientifique

**Benjamin Kriemann**

Administrateur chargé  
de l'informatique

**Jussi Savolainen**

Administrateur du serveur Web

**Steffen Schlömer**

Scientifique

**Christoph von Stechow**

Scientifique

**Timm Zwickel**

Scientifique principal

Service d'appui technique du Groupe de travail III

© Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 2015  
ISBN 978-92-9169-242-2

L'erreur que contenait la figure RID.4 dans la première version électronique de la présente publication a été corrigée dans cette nouvelle parution. Pour ce faire, le GIEC a appliqué en janvier 2015 le protocole qui lui sert à corriger les erreurs éventuelles dans ses rapports d'évaluation, rapports de synthèse, rapports spéciaux et rapports méthodologiques.

Les appellations apparaissant sur les cartes de la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Photo de la couverture:  
Vue aérienne de Shanghai (Chine) © Ocean/Corbis

Photo de l'hommage:  
Elinor Ostrom © dpa

**Avant-propos, préface,  
hommage et *in memoriam***



## Avant-propos

Le présent rapport du Groupe de travail III, *Changements climatiques 2014: L'atténuation du changement climatique*, constitue la troisième partie du cinquième Rapport d'évaluation (RE5) publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) — *Changements climatiques 2013/2014*. Il évalue de manière approfondie et transparente les possibilités d'atténuer le changement climatique en limitant ou en prévenant les émissions de gaz à effet de serre (GES), ainsi que les activités qui réduisent les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère.

Le Rapport montre qu'en dépit d'un nombre accru de politiques d'atténuation, les émissions de GES augmentent à un rythme accéléré depuis dix ans. Selon les résultats de centaines de nouveaux scénarios d'atténuation, la stabilisation de la hausse des températures au XXI<sup>e</sup> siècle requiert de modifier radicalement notre façon de faire. Il apparaît, dans le même temps, que divers profils d'évolution des émissions permettraient de contenir l'élévation des températures à moins de 2 °C par rapport au niveau préindustriel. Cet objectif comporte toutefois des défis considérables sur le plan technique, économique et institutionnel qui seraient amplifiés par l'adoption tardive de mesures d'atténuation ou par l'offre limitée de technologies à faible intensité de carbone. Un objectif moins ambitieux, de 2,5 ou 3 °C, présente des défis similaires mais à un rythme plus lent. Le rapport complète ces éclaircissements par une analyse poussée des options d'atténuation de nature technique et comportementale qui existent dans les secteurs de l'énergie, des transports, du bâtiment, de l'industrie et de l'utilisation des terres et par une évaluation des éléments de politique envisageables aux différents niveaux de gouvernance, de l'échelle locale à l'échelle internationale.

Le présent rapport élargit considérablement notre compréhension de la gamme des trajectoires d'atténuation possibles et des impératifs techniques, économiques et institutionnels qui les sous-tendent. Il paraît à un moment particulièrement opportun puisqu'il renferme des informations cruciales pour les négociations qui devront aboutir, en 2015, à un nouvel accord au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Ses conclusions exigent l'attention immédiate des décideurs et du grand public.

En tant qu'instance intergouvernementale créée conjointement en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le GIEC met à la disposition des décideurs les évaluations scientifiques et techniques les plus fiables et les plus objectives qui soient, susceptibles d'orienter les politiques sans préconiser de choix précis. Les rapports d'évaluation, rapports spéciaux, documents techniques, rapports méthodologiques et autres textes publiés par le GIEC depuis 1990 constituent des ouvrages de référence indispensables.


L'évaluation conduite par le Groupe de travail III a été rendue possible par la détermination et l'engagement de centaines d'experts de disciplines scientifiques et de régions très diverses. L'OMM et le PNUE sont fiers qu'un aussi grand nombre d'experts appartiennent à leur communauté et à leur réseau.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous les auteurs, éditeurs-réviseurs et examinateurs qui ont bien voulu mettre leurs connaissances, leurs compétences et leur temps au service de cette publication. Nous tenons à remercier de leur dévouement les membres du Service d'appui technique du Groupe de travail III et le personnel du Secrétariat du GIEC.

Nous sommes reconnaissants aux gouvernements qui ont permis à leurs scientifiques de participer à l'élaboration de ce rapport et ont contribué au Fonds d'affectation spéciale du GIEC afin que cette tâche bénéficie de l'apport essentiel d'experts des pays en développement et des pays à économie en transition.

Nous remercions le Gouvernement italien d'avoir accueilli la réunion destinée à définir le contenu du cinquième Rapport d'évaluation, les Gouvernements de la République de Corée, de la Nouvelle-Zélande et de l'Éthiopie, ainsi que l'Université de Vigo et le centre de recherche *Economics for Energy* en Espagne d'avoir accueilli les réunions de rédaction du rapport du Groupe de travail III et le Gouvernement allemand, d'avoir accueilli la douzième session du Groupe de travail III à Berlin en vue de l'approbation de son rapport. Nos remerciements vont aussi au Gouvernement de l'Inde, du Pérou, du Ghana, des États-Unis d'Amérique et de l'Allemagne qui ont accueilli les réunions d'experts du cinquième Rapport d'évaluation tenues respectivement à Calcutta, Lima, Accra, Washington et Potsdam. La généreuse contribution financière offerte par l'Allemagne et l'appui logistique procuré par l'Institut de recherche de Potsdam sur les effets du changement climatique ont permis au Service d'appui technique du Groupe de travail III d'accomplir sa tâche avec efficacité, ce dont nous leur sommes vivement reconnaissants.

Nous tenons à remercier particulièrement M. Rajendra Pachauri d'avoir dirigé et orienté les travaux en sa qualité de président du GIEC et nous exprimons notre profonde gratitude à MM. Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga et Youba Sokona, coprésidents du Groupe de travail III, d'avoir guidé sans relâche l'élaboration et la production de ce rapport.

  
**M. Jarraud**  
 Secrétaire général  
 Organisation météorologique mondiale

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



## Préface

Dans sa contribution au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5), le Groupe de travail III évalue de manière approfondie et transparente la documentation scientifique consacrée à l'atténuation du changement climatique. Il prolonge ainsi sa contribution au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC (RE4) paru en 2007, au *Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique* (SRREN) paru en 2011 et à plusieurs rapports antérieurs, en intégrant les résultats des recherches et des travaux réalisés depuis lors. Le Rapport évalue les options d'atténuation à différents niveaux de gouvernance et dans différents secteurs économiques, ainsi que les conséquences sociétales de diverses politiques d'atténuation, mais n'en recommande aucune en particulier.

### Méthodologie de l'évaluation

Dans sa contribution au RE5, le Groupe de travail III analyse l'ensemble des solutions possibles pour atténuer le changement climatique, en fonction de ce que l'on a appris du passé et de ce que l'on peut attendre de l'avenir. Cette analyse repose sur une évaluation approfondie et transparente des textes de nature scientifique, technique et socio-économique publiés sur la question.

Le Rapport veut faciliter une réflexion large et globale sur les buts des politiques climatiques et sur les différents moyens (technologies, actions des pouvoirs publics, cadres institutionnels, etc.) d'atteindre les objectifs visés. Il indique aux décideurs et au grand public les incidences concrètes des options qui existent, c'est à dire leurs coûts et avantages, les risques encourus et les concessions nécessaires.

Pendant la préparation du RE5, la tâche du Groupe de travail III s'est apparentée à un travail de géographe: les scientifiques devaient tracer différents trajets dans l'espace constitué des solutions possibles et anticiper les conséquences concrètes et les compromis probables dans la réalité; ils devaient aussi mettre clairement en lumière les incertitudes et les hypothèses implicites. Ce document peut donc être consulté comme une carte afin d'explorer le territoire largement méconnu des politiques climatiques. Le rapport présente aux décideurs des informations utiles pour apprécier différentes options d'atténuation, plutôt que de recommander une façon de résoudre des problèmes complexes dans le domaine d'intervention des pouvoirs publics.

L'exercice de cartographie a reposé sur quatre grands principes:

**Analyse de différents objectifs des politiques climatiques:** Le rapport expose les exigences techniques, économiques et institutionnelles à satisfaire pour stabiliser à plusieurs niveaux la hausse de la température moyenne à l'échelle du globe. Il indique aux décideurs quels en sont les coûts et les avantages, les risques et les circonstances

favorables, sachant que plusieurs trajectoires peuvent conduire à un même but.

**Transparence des jugements de valeur:** Le choix de la trajectoire d'atténuation à emprunter dépend d'un ensemble de décisions normatives, parfois contestées, quant à l'objectif de stabilisation visé à long terme, au poids d'autres priorités sociales et aux mesures nécessaires pour parvenir à cet objectif. Bien souvent, les faits et les valeurs sont intimement liés et la résolution d'un conflit de valeurs ne saurait être purement scientifique. Une évaluation peut néanmoins favoriser un débat public rationnel en rendant aussi explicites que possible les jugements de valeur et les points de vue éthiques. En outre, les objectifs politiques controversés et les prises de position éthiques qui les accompagnent devraient être examinés à la lumière des moyens à mettre en œuvre pour atteindre le but fixé, et notamment les conséquences et effets indirects éventuels. La possibilité que des mesures d'atténuation aient des impacts préjudiciables requiert donc une approche itérative de l'évaluation.

**Multiplicité d'objectifs dans l'optique du développement durable et de l'équité:** Une exploration détaillée des options d'atténuation du changement climatique doit tenir compte du fait que l'atténuation n'est qu'un objectif parmi d'autres. Les décideurs peuvent privilégier une vision plus large du bien-être, ce qui nécessite également la répartition de ressources limitées sur le territoire national, entre les pays et d'une génération à l'autre. La question de l'atténuation du changement climatique, telle qu'elle est envisagée ici, comporte plusieurs objectifs et s'inscrit dans le contexte élargi du développement durable et de l'équité.

**Gestion des risques:** L'atténuation du changement climatique peut être vue comme un exercice de gestion des risques. La démarche pourrait ouvrir de grandes possibilités pour l'humanité, mais elle ne sera pas exempte de risques et d'incertitudes qui seront parfois, en raison de leur caractère fondamental, difficiles à réduire ou à gérer. Il est primordial qu'une évaluation scientifique transmette ces incertitudes, dans leur dimension quantitative et qualitative, chaque fois que c'est possible.

### Portée du Rapport

Lors des préparatifs visant à déterminer puis à approuver les grandes lignes de la contribution du Groupe de travail III au RE5, le GIEC a ciblé les aspects de la science actuelle de l'atténuation du changement climatique qui apparaissaient comme les plus pertinents pour les responsables politiques.

Le Groupe de travail III a inclus une longue partie de mise en contexte afin d'exposer clairement les notions et méthodes employées tout au



long du rapport et de dévoiler les jugements de valeur qui les sous-tendent. On y présente notamment une manière plus fine d'étudier les risques et leur perception, les incertitudes, les considérations éthiques et les questions relatives au développement durable.

L'exploration des solutions possibles en matière d'atténuation du changement climatique s'appuie sur un nouveau jeu de scénarios de référence et d'atténuation. Pour la première fois, l'ensemble de ces scénarios procure des informations parfaitement cohérentes sur le forçage radiatif et sur la température qui concordent dans une large mesure avec les informations données par le Groupe de travail I dans sa contribution au RE5. Le Secrétariat de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques avait demandé au GIEC de lui transmettre des éléments scientifiques pertinents concernant l'objectif de 2 °C et un objectif éventuel de 1,5 °C. En comparaison du RE4, le Rapport évalue donc un grand nombre de scénarios de stabilisation basse qui coïncident globalement avec la cible de 2 °C. Il comprend des scénarios qui étudient les impacts que la prise tardive et disparate de mesures d'atténuation à l'échelon international et l'existence d'un éventail limité de techniques d'atténuation auraient sur l'atteinte d'objectifs précis d'atténuation et sur les coûts correspondants.

La contribution du Groupe de travail III au RE5 innove à plusieurs égards. Un chapitre entier est consacré aux établissements humains et aux infrastructures. Les mécanismes de gouvernance en jeu dans l'élaboration des politiques d'atténuation sont analysés à l'échelon mondial, régional, national et infranational. Enfin, le Rapport se clôt par un chapitre inédit sur les investissements et le financement.

## Structure du Rapport

La contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation comprend quatre parties:

- Partie I: Introduction (chapitre 1);
- Partie II: Questions contextuelles (chapitres 2 à 4);
- Partie III: Profils d'évolution pour l'atténuation du changement climatique (chapitres 5 à 12);
- Partie IV: Évaluation des politiques, institutions et financements (chapitres 13 à 16).

La première partie présente la contribution du Groupe de travail III et définit le cadre des chapitres qui suivent. On y décrit les enseignements tirés depuis le RE4 et les défis nouveaux associés au RE5. Suivent un aperçu de l'évolution passée, présente et future des émissions de GES et une analyse des questions soulevées par les politiques d'intervention face au changement climatique, y compris l'objectif ultime de la CCNUCC (article 2) et les dimensions humaines de l'évolution du climat (dont le développement durable).

La deuxième partie s'intéresse aux questions contextuelles qui éclairent les fondements méthodologiques et les concepts sous-

jacents, dont les jugements de valeur, sur lesquels s'appuie l'évaluation détaillée des politiques et mesures d'atténuation présentée dans les parties subséquentes. Chaque chapitre se penche sur de grandes questions (chapitre 2: évaluation intégrée des politiques de réponse aux changements climatiques sur le plan des risques et des incertitudes; chapitre 3: concepts et méthodes d'ordre social, économique et éthique; chapitre 4: développement durable et équité) et constitue un point de référence pour la suite du rapport.

La troisième partie renferme une évaluation intégrée des profils d'évolution possibles en matière d'atténuation et des contributions et implications sectorielles de chacun d'eux. On y trouvera des informations sectorielles et intersectorielles sur les profils à long terme et sur les options à court et à moyen terme dans les grands pans de l'économie. Le chapitre 5 (facteurs, tendances et atténuation) définit le cadre dans lequel s'inscrit l'analyse des chapitres suivants, en rappelant l'évolution mondiale des stocks et des flux de gaz à effet de serre et de polluants climatiques de courte durée de vie selon différentes méthodes de comptabilisation, afin d'offrir des perspectives complémentaires sur le passé. Il y est également question des facteurs déterminants qui permettent de mieux apprécier la façon dont les émissions de GES ont évolué jusqu'ici. Le chapitre 6 (évaluation des profils d'évolution des transformations) analyse 1 200 scénarios nouveaux qui ont été élaborés par 31 équipes de modélisation dans le monde entier en vue d'étudier les conditions et les implications économiques, techniques et institutionnelles de moyens d'atténuation plus ou moins ambitieux. Les chapitres 7 à 11 sont consacrés à différents secteurs économiques et le chapitre 12 aux établissements humains, aux éléments d'infrastructure et à l'aménagement du territoire. Ils indiquent quelles sont les options d'atténuation dans les systèmes énergétiques, les transports, le bâtiment, l'industrie, l'agriculture, la foresterie et les autres affectations des terres, ainsi que les possibilités particulières dans le domaine des établissements humains et des infrastructures, en précisant les co-avantages, les effets secondaires indésirables et les coûts qui pourraient découler de chacune d'elles. Les profils d'évolution décrits dans le chapitre 6 y sont analysés dans le contexte propre à un secteur.

Dans la partie IV, les auteurs évaluent les politiques en fonction des niveaux de gouvernance. Après la coopération internationale (chapitre 13), ils passent à l'échelon régional (chapitre 14) puis à l'échelon national et infranational (chapitre 15) et concluent par un examen des questions transsectorielles d'investissement et de financement (chapitre 16). Ils font le point sur l'expérience acquise en matière d'atténuation du changement climatique — du point de vue des politiques elles-mêmes, mais aussi des phénomènes d'interaction entre les mesures prises dans différents secteurs et à diverses échelles — afin d'indiquer aux décideurs la configuration de politiques qui satisfait le mieux aux critères d'évaluation, telle l'efficacité sur le plan environnemental et économique, entre autres.

## Procédure d'évaluation

Fruit des efforts conjugués de centaines d'éminents spécialistes de l'atténuation du changement climatique, la contribution du Groupe de travail III au RE5 a été préparée conformément aux règles et aux procédures établies par le GIEC. Une réunion visant à définir le contenu du RE5 s'est tenue en juillet 2009 et les grandes lignes de la contribution des trois groupes de travail ont été approuvées lors de la trente et unième session du GIEC, en novembre de la même année. Les gouvernements et les organisations ayant le statut d'observateurs ont désigné des experts pour rédiger le rapport. La composition de l'équipe de rédaction, soit 235 auteurs coordonnateurs principaux et auteurs principaux et 38 éditeurs-réviseurs, a été déterminée par le Bureau du Groupe de travail III et approuvée en mai 2010 par le Bureau du GIEC à sa quarante et unième session. À leur demande, les auteurs ont reçu des projets de texte et des informations de plus de 170 auteurs collaborateurs. Les versions provisoires établies par les auteurs ont été soumises à deux cycles d'examen formel et de révision, puis à une phase de consultation des gouvernements sur le contenu du *Résumé à l'intention des décideurs*. Quelque 800 examinateurs et 37 gouvernements ont transmis plus de 38 000 commentaires écrits. Pour chaque chapitre, les éditeurs-réviseurs ont veillé à ce que tous les commentaires de fond soient dûment pris en considération. Le *Résumé à l'intention des décideurs* a été approuvé ligne par ligne et les chapitres ont été acceptés à la douzième session du Groupe de travail III tenue du 7 au 11 avril 2014 à Berlin.

## Remerciements

La parution du présent rapport a constitué une vaste entreprise à laquelle ont participé un grand nombre de personnes du monde entier et qui a suscité des contributions fort diverses. Nous souhaitons remercier à cet égard les gouvernements et les organismes participants d'avoir bien voulu faire en sorte que les auteurs, les éditeurs-réviseurs, les examinateurs et les réviseurs gouvernementaux aient pu prendre part à ce processus.

La rédaction du Rapport n'a été possible que grâce à la compétence et au travail assidu des auteurs coordonnateurs principaux et des auteurs principaux qui ont toujours visé l'excellence, secondés en cela par un grand nombre d'auteurs collaborateurs et d'assistants scientifiques pour les différents chapitres. Nous exprimons également notre gratitude aux examinateurs et aux réviseurs gouvernementaux qui n'ont ménagé ni leur temps ni leurs efforts pour formuler des observations précieuses et constructives sur les versions successives du rapport. Les éditeurs-réviseurs ont joué un rôle crucial dans la préparation du RE5 en aidant les équipes de rédaction à prendre en compte les commentaires reçus et à assurer une analyse objective des différentes questions soulevées.

Nous tenons à remercier les Gouvernements de la République de Corée, de la Nouvelle-Zélande et de l'Éthiopie, ainsi que l'Université de Vigo

et le Centre de recherche *Economics for Energy* en Espagne d'avoir accueilli, en collaboration avec des organismes locaux, les réunions cruciales des auteurs principaux à Changwon (juillet 2011), Wellington (mars 2012), Vigo (novembre 2012) et Addis-Abeba (juillet 2013). Nous souhaitons aussi remercier les Gouvernements de l'Inde, du Pérou, du Ghana, des États-Unis d'Amérique et de l'Allemagne d'avoir accueilli les réunions d'experts organisées respectivement à Calcutta (mars 2011), Lima (juin 2011), Accra (août 2011), Washington (août 2012) et Potsdam (octobre 2013). Enfin, nous sommes reconnaissants à l'Institut de recherche de Potsdam sur les effets du changement climatique (PIK) d'avoir reçu dans ses locaux les auteurs coordonnateurs principaux du Rapport pour tenir une réunion de clôture (octobre 2013).

Nous savons gré au Gouvernement allemand et, notamment, au Ministère fédéral de l'éducation et de la recherche (BMBF) d'avoir soutenu cette entreprise en finançant le Service d'appui technique du Groupe de travail III. Chargés de coordonner les opérations de financement, Gregor Laumann et Sylke Lenz, du Centre allemand d'aéronautique et d'astronautique (DLR), ont toujours consacré à l'ensemble de l'équipe le temps et l'énergie nécessaires pour répondre à leurs besoins. Nous exprimons aussi notre gratitude au Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature, de l'immobilier et de la sécurité nucléaire (BMUB) pour la bonne collaboration instaurée tout au long du cycle du RE5 et pour l'excellente organisation de la trente-neuvième session du GIEC — et de la douzième session du Groupe de travail III — en particulier Nicole Wilke et Lutz Morgenstern. Merci également à Christiane Textor, du Bureau allemand de coordination du GIEC, pour l'efficacité de la collaboration et la qualité de son travail. Nous tenons à souligner l'assistance prodiguée par le Ministère de la science, de la technologie et de l'environnement (CITMA), l'Institut de météorologie (INSMET) et le Centre d'étude de l'économie mondiale (CIEM) de la République de Cuba, ainsi que l'apport fourni par la Commission économique pour l'Afrique (CEA) de l'ONU et son Centre africain de politique climatique (CAPC).

Nous sommes reconnaissants à nos collègues de la direction du GIEC. Les membres du Comité exécutif ont favorisé et facilité le travail scientifique et administratif des trois groupes de travail: Rajendra K. Pachauri, Vicente Barros, Ismail El Gizouli, Taka Hiraishi, Chris Field, Thelma Krug, Hoesung Lee, Qin Dahe, Thomas Stocker et Jean-Pascal van Ypersele. Nous remercions tout particulièrement M. Pachauri, président du GIEC, pour la détermination, l'esprit d'organisation et le discernement dont il a fait preuve.

Le Bureau du Groupe de travail III — Antonina Ivanova Boncheva (Mexique), Carlo Carraro (Italie), Suzana Kahn Ribeiro (Brésil), Jim Skea (Royaume-Uni), Francis Yamba (Zambie) et Taha Zatar (Arabie saoudite) — a procuré de précieux conseils tout au long de l'élaboration du RE5. Nous remercions Renate Christ, Secrétaire du GIEC, et le personnel du Secrétariat, Gaetano Leone, Jonathan Lynn, Mary Jean Burer, Sophie Schlingemann, Judith Ewa, Jesbin Baidya, Werani Zabula, Joëlle Fernandez, Annie Courtin, Laura Biagioni, Amy Smith et Carlos Martin-Novella, Brenda Abrar-Milani et Nina Peeva d'avoir

apporté un soutien logistique pour la liaison avec les gouvernements et pour les déplacements des experts provenant de pays en développement et de pays à économie en transition. Merci à Francis Hayes d'avoir accepté d'être fonctionnaire chargé des conférences pendant la session d'approbation du Groupe de travail III.

Nous félicitons Kay Schröder et son équipe de Daily-Interactive Digitale Kommunikation pour les travaux graphiques, Stacy Hunt et son équipe de Confluence Communications pour le travail éditorial, Gerd Blumenstein et son équipe de Da-TeX pour la mise en page, Stephen Ingle et son équipe de WordCo pour l'établissement de l'index et Matt Lloyd et son équipe de Cambridge University Press pour l'impression. Le PIK a aimablement accepté d'héberger les bureaux du Service d'appui technique.

Enfin et surtout, c'est avec plaisir que nous rendons hommage aux efforts inlassables déployés par les membres du Service d'appui technique du Groupe de travail III. Merci à Jan Minx, Ellie Farahani, Susanne Kadner, Kristin Seyboth, Anna Adler, Ina Baum, Steffen Brunner, Patrick Eickemeier, Benjamin Kriemann, Jussi Savolainen, Steffen Schlömer, Christoph von Stechow et Timm Zwickel, pour le sens élevé des responsabilités, l'esprit créatif et le dévouement dont ils ont fait preuve afin de coordonner le travail de rédaction et produire un document de haute tenue. Ils ont été secondés dans leur tâche par Hamed Beheshti, Siri Chrobog, Thomas Day, Sascha Heller, Ceren Hic, Lisa Israel, Daniel Mahringer, Inga Römer, Géraldine Satre-Buisson, Fee Stehle et Felix Zoll, auxquels nous sommes profondément reconnaissants pour leur contribution et leur dévouement.



**Ottmar Edenhofer**  
Coprésident du  
Groupe de travail III du GIEC



**Ramon Pichs-Madruga**  
Coprésident du  
Groupe de travail III du GIEC



**Youba Sokona**  
Coprésident du  
Groupe de travail III du GIEC

## Hommage



**Elinor Ostrom**  
(7 août 1933 – 12 juin 2012)

Nous dédions le présent rapport à la mémoire d'Elinor Ostrom, professeur de sciences politiques à l'Université d'Indiana et lauréate du prix Nobel d'économie. Ses travaux ont grandement contribué à comprendre les moteurs de l'action collective, de la confiance et de la coopération dans la gestion des ressources qui constituent des biens communs, dont l'atmosphère. Son programme de recherche a amené les scientifiques à s'interroger sur la manière dont l'adoption d'un éventail de politiques municipales, nationales, régionales et internationales peut aider l'humanité à faire face au problème climatique. Le Groupe de travail III doit beaucoup à la clairvoyance et à l'ascendant intellectuel d'Elinor Ostrom, notamment pour la partie du Rapport qu'il consacre pour la première fois à l'évaluation de l'atténuation du changement climatique à différents niveaux de gouvernance et dans divers secteurs et régions.



## In Memoriam

### **Luxin Huang (1965–2013)**

Auteur principal du chapitre 12 sur les établissements humains, les infrastructures et l'aménagement du territoire

### **Leon Jay (Lee) Schipper (1947–2011)**

Éditeur-réviseur du chapitre 8 sur les transports

Luxin Huang a participé à la rédaction du chapitre 12 sur les établissements humains, les infrastructures et l'aménagement du territoire. Il dirigeait alors le Département de la coopération internationale et du développement de l'Académie chinoise de planification et d'aménagement urbains (CAUPD) à Beijing, Chine, où il a accompli 27 années de service. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a été profondément attristé par sa disparition prématurée, à l'âge de 48 ans seulement.

Lee Schipper était un scientifique de renom dans le domaine des transports, de l'énergie et de l'environnement. Il nous a quittés à l'âge de 64 ans, alors qu'il se réjouissait à l'idée d'être éditeur-réviseur du chapitre consacré aux transports. M. Schipper a été intimement associé aux travaux du GIEC pendant de nombreuses années et a contribué en qualité d'auteur principal au chapitre du deuxième Rapport d'évaluation traitant des mesures d'atténuation dans le secteur des transports. Les membres du GIEC regrettent ses grandes compétences et ses conseils avisés, tout comme son sens de l'humour et ses contributions musicales.

Luxin Huang et Lee Schipper ont pris activement part au processus d'évaluation du GIEC. Leur disparition représente une lourde perte pour la communauté scientifique internationale. Les auteurs et membres du Groupe de travail III gardent d'eux un souvenir ému.



# Table des matières

## Partie liminaire

<b>Avant-propos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Préface</b> .....	<b>ix</b>
<b>Hommage</b> .....	<b>xiii</b>
<b>In memoriam</b> .....	<b>xv</b>

## RID

<b>Résumé à l'intention des décideurs</b> .....	<b>1</b>
---	----------

## RT

<b>Résumé technique</b> .....	<b>35</b>
-------------------------------	-----------

## Annexe

<b>Annexe</b> Glossaire, sigles, acronymes et symboles chimiques .....	<b>121</b>
--	------------





# Résumé à l'intention des décideurs



# Résumé à l'intention des décideurs

## Équipe de rédaction principale:

Ottmar Edenhofer (Allemagne), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali), Shardul Agrawala (France), Igor Alexeyevich Bashmakov (Fédération de Russie), Gabriel Blanco (Argentine), John Broome (Royaume-Uni), Thomas Bruckner (Allemagne), Steffen Brunner (Allemagne), Mercedes Bustamante (Brésil), Leon Clarke (États-Unis d'Amérique), Felix Creutzig (Allemagne), Shobhakar Dhakal (Népal/Thaïlande), Navroz K. Dubash (Inde), Patrick Eickemeier (Allemagne), Ellie Farahani (Canada), Manfred Fischedick (Allemagne), Marc Fleurbaey (France), Reyer Gerlagh (Pays-Bas), Luis Gómez-Echeverri (Colombie/Autriche), Sujata Gupta (Inde/Philippines), Jochen Harnisch (Allemagne), Kejun Jiang (Chine), Susanne Kadner (Allemagne), Sivan Kartha (États-Unis d'Amérique), Stephan Klasen (Allemagne), Charles Kolstad (États-Unis d'Amérique), Volker Krey (Autriche/Allemagne), Howard Kunreuther (États-Unis d'Amérique), Oswaldo Lucon (Brésil), Omar Masera (Mexique), Jan Minx (Allemagne), Yacob Mulugetta (Éthiopie/Royaume-Uni), Anthony Patt (Autriche/Suisse), Nijavalli H. Ravindranath (Inde), Keywan Riahi (Autriche), Joyashree Roy (Inde), Roberto Schaeffer (Brésil), Steffen Schlömer (Allemagne), Karen Seto (États-Unis d'Amérique), Kristin Seyboth (États-Unis d'Amérique), Ralph Sims (Nouvelle-Zélande), Jim Skea (Royaume-Uni), Pete Smith (Royaume-Uni), Eswaran Somanathan (Inde), Robert Stavins (États-Unis d'Amérique), Christoph von Stechow (Allemagne), Thomas Sterner (Suède), Taishi Sugiyama (Japon), Sangwon Suh (République de Corée/États-Unis d'Amérique), Kevin Chika Urama (Nigéria/Royaume-Uni/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hongrie), David G. Victor (États-Unis d'Amérique), Dadi Zhou (Chine), Ji Zou (Chine), Timm Zwickel (Allemagne)

## Contributeurs

Giovanni Baiocchi (Royaume-Uni/Italie), Helena Chum (Brésil/États-Unis d'Amérique), Jan Fuglestvedt (Norvège), Helmut Haberl (Autriche), Edgar Hertwich (Autriche/Norvège), Elmar Kriegler (Allemagne), Joeri Rogelj (Suisse/Belgique), H.-Holger Rogner (Allemagne), Michiel Schaeffer (Pays-Bas), Steven J. Smith (États-Unis d'Amérique), Detlef van Vuuren (Pays-Bas), Ryan Wiser (États-Unis d'Amérique)

## Résumé à référencer comme suit:

GIEC, 2014: Résumé à l'intention des décideurs. In: *Changements climatiques 2014, L'atténuation du changement climatique. Contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel et J.C. Minx]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.



## Table des matières

RID.1	Introduction .....	4
RID.2	Approches de l'atténuation du changement climatique .....	4
RID.3	Évolution des stocks et des flux de gaz à effet de serre et de leurs facteurs déterminants .....	6
RID.4	Profils d'évolution et mesures d'atténuation dans le cadre du développement durable .....	10
RID.4.1	Profils d'évolution à long terme de l'atténuation .....	10
RID.4.2	Profils d'évolution et mesures sectoriels et intersectoriels en matière d'atténuation .....	18
RID.4.2.1	Profils d'évolution et mesures intersectoriels en matière d'atténuation.....	18
RID.4.2.2	Approvisionnement en énergie.....	21
RID.4.2.3	Secteurs consommant l'énergie finale .....	22
RID.4.2.4	Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT) .....	26
RID.4.2.5	Établissements humains, infrastructures et aménagement du territoire .....	27
RID.5	Politiques d'atténuation et institutions .....	29
RID.5.1	Politiques sectorielles et nationales .....	29
RID.5.2	Coopération internationale .....	33

## RID.1 Introduction

Dans cette contribution au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5), le Groupe de travail III (GT III) présente une évaluation de la documentation concernant les aspects scientifiques, techniques, environnementaux, économiques et sociaux de l'atténuation des changements climatiques. Il s'appuie pour cela sur sa contribution au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC (RE4), sur le *Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation des effets des changements climatiques (SRREN)* et sur les rapports précédents et incorpore de nouveaux résultats de recherche obtenus depuis lors. Il évalue aussi les mesures d'atténuation à différents niveaux de gouvernance et dans différents secteurs économiques ainsi que les conséquences sociétales de différentes politiques d'atténuation, mais n'en recommande aucune en particulier.

Le présent Résumé à l'intention des décideurs (RID) suit la structure du rapport du Groupe de travail III. Ce texte s'accompagne d'une mise en exergue des conclusions qui, rassemblées, fournissent un résumé concis. Les éléments sur lesquels se base le RID se trouvent dans les sections des chapitres du rapport complet et dans le Résumé technique (RT). Les références à ces éléments sont indiquées entre crochets.

Comme c'est le cas dans les contributions des trois groupes de travail, le degré de certitude des résultats présentés dans cette évaluation s'appuie sur les évaluations de la compréhension scientifique sous-jacente par les équipes de rédaction et est exprimé par un degré de confiance qualitatif (de *très faible* à *très élevé*) et, lorsque c'est possible, quantifié en termes de probabilités (*extrêmement improbable* à *extrêmement probable*). La confiance dans la validité d'un résultat se fonde sur le type, la quantité, la qualité et la cohérence des éléments correspondants (ex.: données, compréhension d'un mécanisme, théorie, modèles, avis d'experts) et le degré de cohérence<sup>1</sup> sur ce résultat. Les estimations probabilistes de mesures quantifiées de l'incertitude d'un résultat se fondent sur l'analyse statistique d'observations ou de résultats de modèles, ou les deux, et sur des avis d'experts<sup>2</sup>. Le cas échéant, les résultats sont également formulés sous forme d'énoncés des faits, sans recourir à des qualificatifs d'incertitude. Dans les paragraphes du présent résumé, les termes utilisés pour décrire les éléments, le degré de cohérence et le degré de confiance, donnés pour un résultat figurant en caractères gras, s'appliquent aux énoncés qui suivent dans le paragraphe, sauf si des termes complémentaires sont fournis.

## RID.2 Approches de l'atténuation du changement climatique

**L'atténuation est une intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre.** L'atténuation, avec l'adaptation au changement climatique, contribue à l'objectif exprimé dans l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC):

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

<sup>1</sup> Les éléments disponibles sont qualifiés comme suit: limités, moyens ou robustes, et leur degré de cohérence, comme suit: faible, moyen ou élevé. Cinq qualificatifs sont utilisés pour exprimer le degré de confiance: très faible, faible, moyen, élevé et très élevé, en caractères italiques, ex. *degré de confiance moyen*. Pour un ensemble d'éléments et de degré de cohérence donné, différents niveaux de confiance peuvent être attribués, mais une augmentation du niveau des éléments et du degré de cohérence est corrélée à une augmentation du degré de confiance. Pour obtenir davantage de détails, prière de se référer à la note d'orientation sur le traitement cohérent des incertitudes, destinée aux auteurs principaux du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC.

<sup>2</sup> Les termes suivants ont été utilisés pour indiquer la probabilité évaluée d'un résultat: quasiment certain, probabilité de 99–100 %, très probable 90–100 %, probable 66–100 %, à peu près aussi probable qu'improbable 33–66 %, improbable 0–33 %, très improbable 0–10 %, exceptionnellement improbable 0–1 %. Des termes supplémentaires (extrêmement probable 95–100 %, plus probable qu'improbable >50–100 %, et plus improbable que probable 0–<50 %) peuvent également être utilisés le cas échéant. L'évaluation de la probabilité est exprimée en italique, ex. *très probable*.

Les politiques climatiques peuvent être renseignées par les résultats scientifiques et des méthodes systématiques propres à d'autres disciplines. [1.2, 2.4, 2.5, encadré 3.1]

**Le développement durable et l'équité fournissent une base à l'évaluation des politiques climatiques et soulignent la nécessité de réduire les risques du changement climatique<sup>3</sup>.** Pour parvenir au développement durable en toute équité, et en éradiquant la pauvreté, il faut limiter les effets du changement climatique. Parallèlement, certains efforts d'atténuation pourraient nuire à l'action fondée sur le droit de promouvoir le développement durable et sur la réalisation de l'équité et de l'éradication de la pauvreté. Aussi faut-il, pour accomplir une évaluation complète des politiques climatiques, ne pas se focaliser sur les seules politiques d'atténuation et d'adaptation, mais examiner les trajectoires de développement dans leur globalité, avec leurs déterminants. [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]

**Une atténuation ne pourra être efficace si les différents acteurs favorisent indépendamment leurs propres intérêts.** Le changement climatique présente les caractéristiques d'un problème nécessitant une action collective à l'échelle mondiale, puisque la plupart des gaz à effet de serre (GES) s'accumulent dans le temps et se mélangent à l'échelle du globe, et que les émissions provenant d'un acteur, quel qu'il soit (ex.: un individu, une communauté, une entreprise, un pays) ont des répercussions sur d'autres acteurs<sup>4</sup>. La coopération internationale se révèle nécessaire si on veut réduire efficacement les émissions de GES et trouver des solutions aux problèmes que soulève le changement climatique [1.2.4, 2.6.4, 3.1, 4.2, 13.2, 13.3]. Les travaux de recherche et développement entrepris à l'appui de l'atténuation créent en outre des retombées en matière de connaissances. La coopération internationale peut jouer un rôle constructif dans le développement, la diffusion et le transfert de la connaissance et des technologies respectueuses de l'environnement. [1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3]

**L'atténuation et l'adaptation soulèvent des questions d'équité et de justice<sup>5</sup>.** Selon les pays, les contributions passées et futures à l'accumulation de GES dans l'atmosphère varient, et il en va de même pour les enjeux et les circonstances auxquels il faut faire face, et pour les capacités dont on dispose en matière d'atténuation et d'adaptation. Il apparaît que les résultats jugés équitables peuvent conduire à un gain d'efficacité dans la coopération. [3.10, 4.2.2, 4.6.2]

**Dans de nombreux domaines d'application, l'élaboration de politiques climatiques exige jugements de valeur et considérations éthiques.** Ainsi faut-il se demander combien d'atténuation est nécessaire pour éviter une interférence dangereuse avec le système climatique ou encore choisir parmi des politiques spécifiques en faveur de l'atténuation ou de l'adaptation [3.1, 3.2]. On peut étayer les jugements de valeur à l'aide d'analyses sociales, économiques et éthiques, pouvant prendre en compte des valeurs de différentes natures, notamment le bien-être, les valeurs culturelles et les valeurs non humaines. [3.4, 3.10]

**Dans la conception de politiques climatiques, on recourt communément, parmi d'autres méthodes, à l'évaluation économique qui fournit des éléments d'information.** L'évaluation économique dispose d'outils pratiques, notamment l'analyse coûts-avantages, l'analyse coût-efficacité, l'analyse multicritère et la théorie de l'utilité espérée [2.5]. Les limites de ces outils sont bien documentées [3.5]. Selon les théories éthiques basées sur des fonctions relevant du bien-être de la société, il convient d'appliquer, à l'évaluation monétaire des avantages et des dommages, une pondération distributive qui tient compte de la valeur relative de l'argent en fonction des personnes [3.6.1, encadré RT.2]. La pondération distributive n'est pas employée fréquemment pour comparer les effets de politiques climatiques sur des personnes différentes à un même moment, mais elle est pratique courante, sous la forme de l'actualisation, quand il s'agit de comparer les effets à des périodes différentes. [3.6.2]

<sup>3</sup> Voir le RID du volume GT II du RE5.

<sup>4</sup> Dans les sciences sociales, ceci est désigné comme un «problème de bien commun». Cette expression relevant de la sociologie, elle n'a aucune implication spécifique en matière de dispositions juridiques ou de critères particuliers s'appliquant à la répartition des efforts à entreprendre.

<sup>5</sup> Voir FAQ 3.2 pour une clarification de ces concepts. Les publications abordant la justice sous l'angle de la philosophie et d'autres publications peuvent éclairer ces questions [3.2, 3.3, 4.6.2].



**Les politiques climatiques recourent d'autres objectifs de la société, ce qui peut donner lieu à des co-avantages ou à des effets secondaires indésirables. En tirant parti de telles convergences, il est possible de consolider l'assise des actions entreprises concernant le climat.** L'atténuation et l'adaptation peuvent avoir une influence positive ou négative sur l'atteinte d'autres objectifs sociétaux, notamment ceux ayant trait à la santé, à la sécurité alimentaire, à la biodiversité, à la qualité de l'environnement local, à l'accès à l'énergie, aux modes de subsistance et au développement durable équitable. Inversement, des politiques tournées vers d'autres objectifs sociétaux peuvent influencer sur la réalisation des objectifs d'atténuation et d'adaptation [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]. Ces influences peuvent être considérables, bien que parfois difficiles à quantifier, particulièrement en matière de bien-être [3.6.3]. Une telle perspective visant plusieurs objectifs est importante, en partie parce qu'elle aide à déterminer dans quels domaines les politiques qui visent plusieurs objectifs bénéficieront d'un soutien massif. [1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1]

**Dans l'élaboration d'une politique climatique, il est possible de prendre en compte toute une palette de risques et d'incertitudes, parfois difficiles à mesurer, notamment des événements dont la probabilité d'occurrence est faible, mais dont les conséquences seraient considérables s'ils se produisaient.** Depuis la parution du RE4, les risques liés aux changements climatiques et aux stratégies d'adaptation et d'atténuation ont été étudiés dans la documentation scientifique. Pour évaluer avec précision les avantages à tirer de l'atténuation, il faut prendre en compte l'éventail complet des effets possibles du changement climatique, y compris ceux qui se caractérisent par de graves conséquences, mais une faible probabilité d'occurrence. On risque dans le cas contraire de sous-estimer les avantages que l'atténuation peut procurer (*degré de confiance élevé*) [2.5, 2.6, encadré 3.9]. Le choix des actions d'atténuation est également influencé par les incertitudes associées à de nombreuses variables socio-économiques, notamment le taux de croissance économique et l'évolution technologique (*degré de confiance élevé*). [2.6, 6.3]

**La façon dont les individus et les organisations perçoivent et prennent en compte les risques et les incertitudes influe sur la conception des politiques climatiques.** La prise de décisions se fonde souvent sur des raisonnements simplistes, telle la préférence pour le statu quo. Le degré d'aversion pour le risque et l'importance relative accordée au court terme par rapport au long terme, en ce qui concerne les multiples incidences que peuvent avoir des actions précises, varient en fonction des individus et des organisations [2.4]. Il est possible d'améliorer le mécanisme de conception des politiques grâce à des méthodes formelles qui prennent en compte les risques et les incertitudes associés aux systèmes naturels, socio-économiques et techniques ainsi que les processus de décision, les perceptions, les valeurs et les richesses. [2.5]

## RID.3 Évolution des stocks et des flux de gaz à effet de serre et de leurs facteurs déterminants

**Le total mondial des émissions anthropiques de GES a continué d'augmenter entre 1970 et 2010, avec une hausse décennale en valeur absolue plus marquée vers la fin de la période (*degré de confiance élevé*).** Malgré le nombre croissant de politiques mises en œuvre en faveur de l'atténuation du changement climatique, les émissions annuelles de GES ont augmenté en moyenne de 1,0 gigatonne d'équivalent CO<sub>2</sub> (Gt<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>) (2,2 %) par an entre 2000 et 2010, alors que cette hausse était de 0,4 Gt<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub> (1,3 %) par an sur la période 1970-2000 (figure RID.1)<sup>6,7</sup>. Les émissions anthropiques totales de GES ont été les plus importantes de toute l'histoire de l'humanité entre 2000 et 2010 et ont atteint

<sup>6</sup> Dans l'ensemble du RID, les émissions de GES sont pondérées par le potentiel de réchauffement global sur une durée de 100 ans (PRG<sub>100</sub>) à compter de la parution du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC. Toutes les métriques utilisées pour évaluer les conséquences des différentes émissions présentent des limites et des incertitudes. [3.9.6, encadré RT.5, A.II.9, RID GT I]

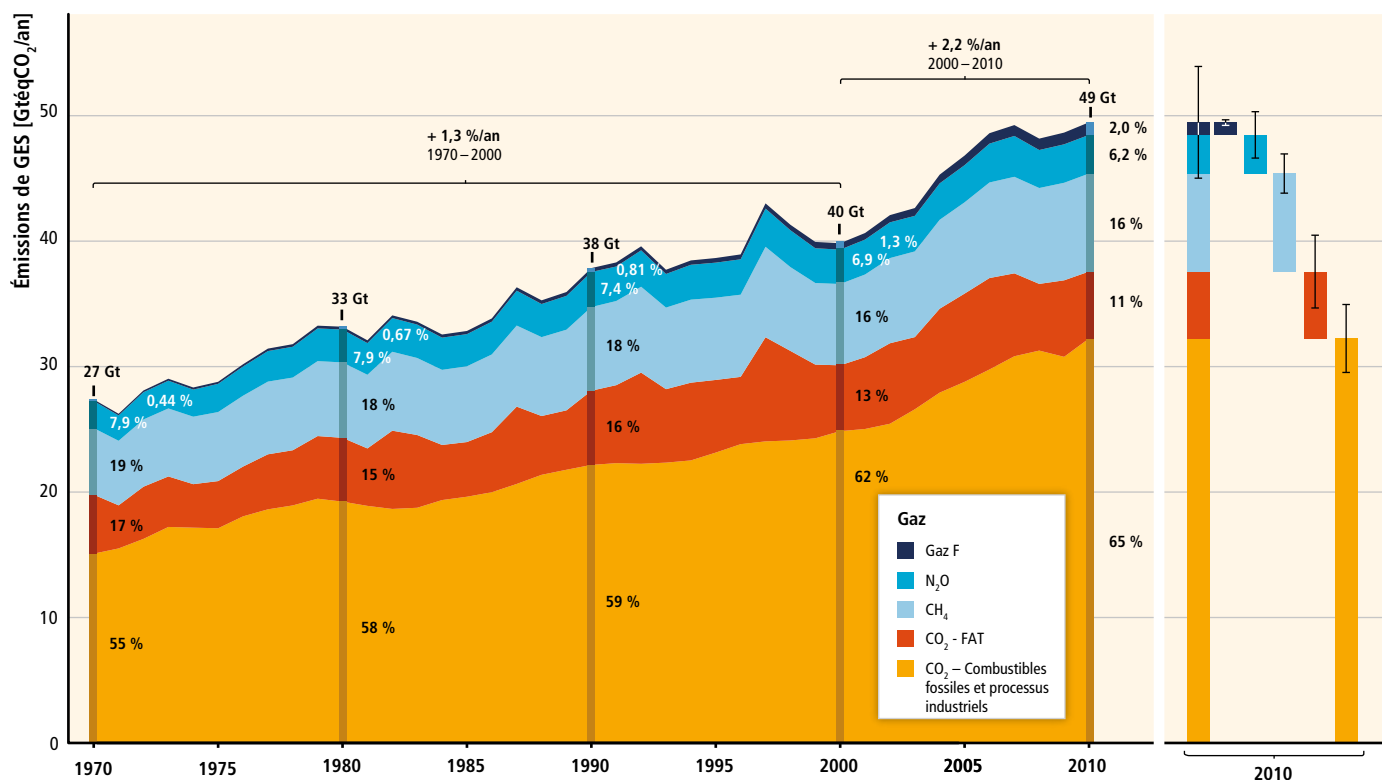
<sup>7</sup> Dans ce RID, l'incertitude associée aux données historiques d'émissions de GES est quantifiée à l'aide d'intervalles d'incertitude à 90 % sauf mention contraire. Les niveaux d'émission de GES sont arrondis à deux chiffres significatifs dans l'ensemble du document, si bien que de petites différences peuvent apparaître dans les sommes.

49 (± 4,5) Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2010. La crise économique mondiale de 2007/2008 n'a entraîné qu'une réduction temporaire des émissions. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, encadré RT.5, figure 15.1]

**Les émissions de CO<sub>2</sub> imputables à l'usage de combustibles fossiles et aux procédés industriels ont contribué dans une proportion de 78 % à l'accroissement du total mondial des émissions de GES entre 1970 et 2010, ce pourcentage demeurant analogue entre 2000 et 2010 (degré de confiance élevé).** En 2010, les émissions de CO<sub>2</sub> dues aux combustibles fossiles ont atteint 32 (± 2,7) Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an et ont encore augmenté d'environ 3 % entre 2010 et 2011 et d'environ 1 à 2 % entre 2011 et 2012. Sur un total de 49 (± 4,5) Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> d'émissions anthropiques de GES en 2010, 76 % (38 ± 3,8 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an) sont des émissions de CO<sub>2</sub> qui demeure le principal GES anthropique; 16 % (7,8 ± 1,6 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an), des émissions de CH<sub>4</sub>; 6,2 % (3,1 ± 1,9 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an), des émissions d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O); et 2,0 % (1,0 ± 0,2 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an), des émissions de gaz fluorés (figure RID.1). Depuis 1970, les gaz autres que le CO<sub>2</sub> représentent chaque année environ 25 % des émissions anthropiques de GES<sup>8</sup>. [1.2, 5.2]

RID

Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupes de gaz entre 1970 et 2010



**Figure RID.1** | Total annuel des émissions anthropiques de GES (Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an) par groupes de gaz entre 1970 et 2010: CO<sub>2</sub> issu de la combustion de combustibles fossiles et des processus industriels; CO<sub>2</sub> issu de la foresterie et autres affectations des terres (FAT); méthane (CH<sub>4</sub>); oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O); gaz fluorés<sup>8</sup> (gaz F) réglementés en vertu du protocole de Kyoto. Sur la droite de la figure, les émissions de GES de 2010 sont reprises, également décomposées, avec les incertitudes associées aux divers groupes (intervalle de confiance de 90 %) sous forme de barres d'erreur. Les incertitudes portant sur le total des émissions anthropiques de GES sont obtenues à partir des estimations des divers gaz décrites dans le chapitre 5 [5.2.3.6]. Les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de carburants fossiles sont déterminées avec une incertitude de 8 % (intervalle de confiance de 90 %). De très grandes incertitudes, de l'ordre de ± 50 %, sont associées aux émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la foresterie et autres affectations des terres (FAT). Les incertitudes correspondant aux émissions mondiales de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de gaz F sont estimées respectivement à 20 %, 60 % et 20 %. L'année 2010 est l'année la plus récente pour laquelle des statistiques sur les émissions de tous les gaz ainsi que l'évaluation des incertitudes étaient quasiment complètes à la date d'échéance pour la rédaction du rapport. Toutes les émissions sont exprimées en Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> sur la base du PRG<sub>100</sub><sup>6</sup> à compter de la parution du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC. Les données relatives aux émissions provenant de la FAT correspondent aux émissions de CO<sub>2</sub> d'origine terrestre, provoquées par les feux de forêt et de tourbière ainsi que par la décomposition dans les tourbières; elles se rapprochent des flux nets de CO<sub>2</sub> attribués à la FAT, que décrit le chapitre 11 du présent rapport. Les taux de croissance annuels moyens sont indiqués pour différentes périodes signalées par des accolades horizontales. [figure 1.3, figure RT.1]

<sup>8</sup> Dans ce rapport, les données sur les GES autres que le CO<sub>2</sub>, y compris les gaz fluorés, proviennent de la base de données EDGAR (A.II.9) qui porte sur les composants réglementés en vertu du Protocole de Kyoto au titre de sa première période d'engagement.

**Environ la moitié des émissions anthropiques cumulées entre 1750 et 2010 ont eu lieu au cours des 40 dernières années (degré de confiance élevé).** En 1970, le cumul des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'utilisation des combustibles fossiles, de la production de ciment et de la combustion en torchère depuis 1750 était de 420 ± 35 GtCO<sub>2</sub>; en 2010, ce total cumulé avait triplé pour atteindre 1 300 ± 110 GtCO<sub>2</sub>. Le total cumulé des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la FAT<sup>9</sup> depuis 1750 a augmenté pour passer de 490 ± 180 GtCO<sub>2</sub> en 1970 à 680 ± 300 GtCO<sub>2</sub> en 2010. [5.2]

**Les émissions anthropiques annuelles de GES ont augmenté de 10 GtécCO<sub>2</sub> entre 2000 et 2010, cet accroissement étant directement attribuable aux secteurs de l'approvisionnement en énergie (47 %), de l'industrie (30 %), des transports (11 %) et du bâtiment (3 %) (degré de confiance moyen). Si on tient compte des émissions indirectes, la contribution des secteurs du bâtiment et de l'industrie augmente (degré de confiance élevé).** Depuis 2000, les émissions de GES ont cru dans tous les secteurs, si ce n'est dans celui de l'AFAT. Sur les émissions de GES comptabilisées en 2010, à savoir 49 (± 4,5) GtécCO<sub>2</sub>, 35 % (17 GtécCO<sub>2</sub>) ont été produites dans le secteur de l'approvisionnement en énergie, 24 % (12 GtécCO<sub>2</sub> d'émissions nettes), dans celui de l'AFAT, 21 % (10 GtécCO<sub>2</sub>), dans celui de l'industrie, 14 % (7,0 GtécCO<sub>2</sub>), dans celui des transports et 6,4 % (3,2 GtécCO<sub>2</sub>), dans celui du bâtiment. Si on attribue les émissions liées à la production d'électricité et de chaleur aux secteurs qui utilisent l'énergie finale (émissions indirectes), les parts des secteurs de l'industrie et du bâtiment dans les émissions globales de GES augmentent pour atteindre respectivement 31 et 19 %<sup>7</sup> (figure RID.2). [7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

**Globalement, les croissances économique et démographique continuent d'être les moteurs les plus importants de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation des combustibles fossiles. Entre 2000 et 2010, la contribution de la croissance démographique est restée à peu près identique à celle des trois décennies précédentes, tandis que la contribution de la croissance économique est montée en flèche (degré de confiance élevé).** Entre 2000 et 2010, l'effet de ces deux facteurs déterminants a dépassé les réductions d'émissions obtenues grâce aux gains d'intensité énergétique (figure RID.3). L'augmentation de l'utilisation du charbon par rapport aux autres sources d'énergie a inversé une tendance ancienne de décarbonisation progressive de l'approvisionnement mondial en énergie. [1.3, 5.3, 12.3, 7.2, 14.3, RT 2.2]

**Si, par rapport à ceux déjà en place, aucun effort supplémentaire n'est déployé, l'augmentation des émissions devrait persister, entraînée par la croissance de la population et des activités économiques à l'échelle du globe. Les scénarios de référence, selon lesquels aucun effort d'atténuation supplémentaire n'est déployé, entraînent des augmentations de la température moyenne à la surface du globe en 2100 d'environ 3,7 à 4,8 °C par rapport aux niveaux préindustriels<sup>10</sup> (fourchette fondée sur la réponse moyenne du climat; la fourchette comprenant l'incertitude climatique est de 2,5 °C à 7,8 °C, voir tableau RID.1)<sup>11</sup> (degré de confiance élevé).** Les scénarios d'émissions étudiés pour l'évaluation comprennent un forçage radiatif complet tenant compte notamment des GES, de l'ozone troposphérique, des aérosols et du changement d'albédo. Les scénarios de référence (scénarios sans effort supplémentaire explicite visant à restreindre les émissions) dépassent les 450 ppm (parties par million) éqCO<sub>2</sub> d'ici 2030 et atteignent des niveaux de concentration en éqCO<sub>2</sub> se situant entre 750 et plus de 1300 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici 2100. Ceci est identique à l'éventail des concentrations atmosphériques entre les RCP6,0 et RCP8,5 en 2100<sup>12</sup>. Par comparaison, la concentration atmosphérique en éqCO<sub>2</sub> en 2011 est estimée à 430 ppm éqCO<sub>2</sub> (avec un intervalle d'incertitude de 340 à 520 ppm)<sup>13</sup>. [6.3, encadré RT.6; figure RID.5 et sections 8.5 et 12.3 du volume GT I du RE5]

<sup>9</sup> La FAT (foresterie et autres affectations des terres) – également appelée UTCATF ou LULUCF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) – constitue un sous-ensemble du secteur de l'agriculture, de la foresterie et des autres affectations des terres (AFAT) auquel on attribue les émissions et l'absorption de GES découlant des activités humaines directement liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie, hormis l'agriculture (voir glossaire du volume GT III du RE5).

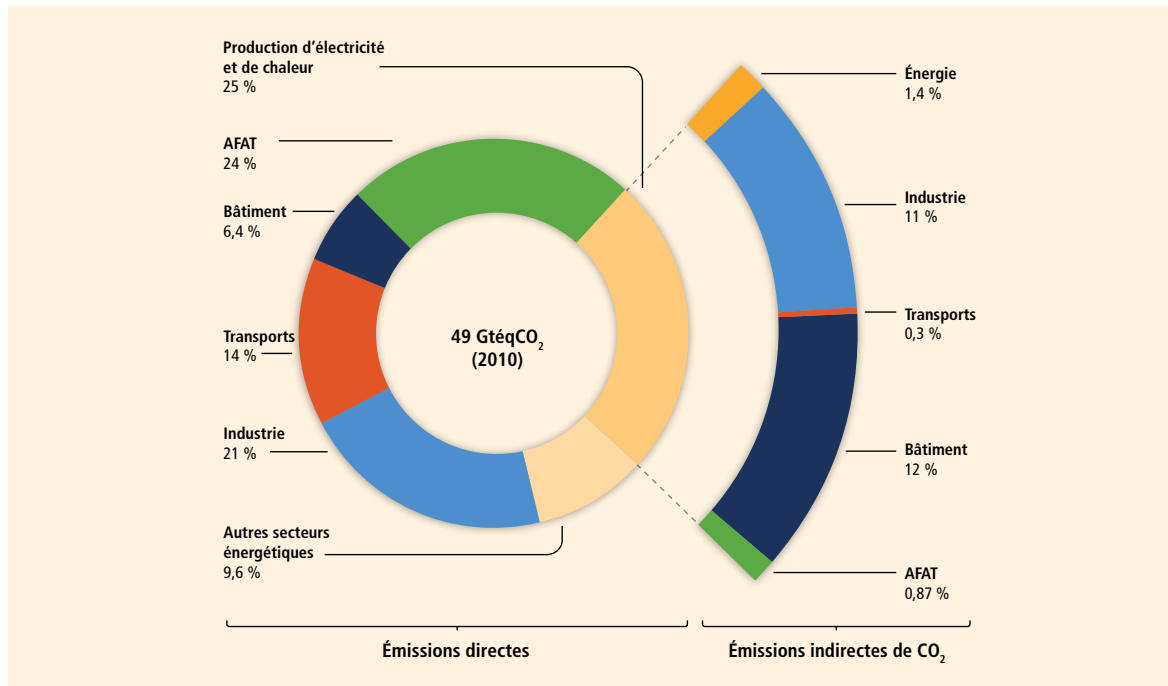
<sup>10</sup> Sur la base de la plus longue série d'observations disponible concernant la température à la surface du globe, la variation observée entre la moyenne de la période 1850-1900 et celle de la période de référence du RE5 [1986-2005] est de 0,61 °C (intervalle de confiance 5-95 % : de 0,55 à 0,67 °C) [partie E du RID, volume GT I du RE5]; elle est utilisée ici comme une approximation du changement de la température moyenne à la surface du globe depuis la période préindustrielle, à savoir l'époque antérieure à 1750.

<sup>11</sup> L'incertitude du climat correspond aux centiles 5 à 95 des projections des modèles climatiques décrits dans le tableau RID.1.

<sup>12</sup> Pour les besoins de cette évaluation, environ 300 scénarios de référence et 900 scénarios d'atténuation ont été recueillis à la suite d'un appel ouvert lancé aux équipes spécialisées en modélisation intégrée à travers le monde. Ces scénarios viennent compléter les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) (voir glossaire du volume GT III du RE5). Ces RCP sont identifiés par leur forçage radiatif total approximatif pour l'année 2100 par rapport à 1750: 2,6 W/m<sup>2</sup> pour le RCP2,6; 4,5 W/m<sup>2</sup> pour le RCP4,5; 6,0 W/m<sup>2</sup> pour le RCP6,0 et 8,5 W/m<sup>2</sup> pour le RCP8,5. Les scénarios étudiés pour cette évaluation couvrent un éventail de concentrations en 2100 légèrement plus étendu que celui qui correspond aux quatre RCP.

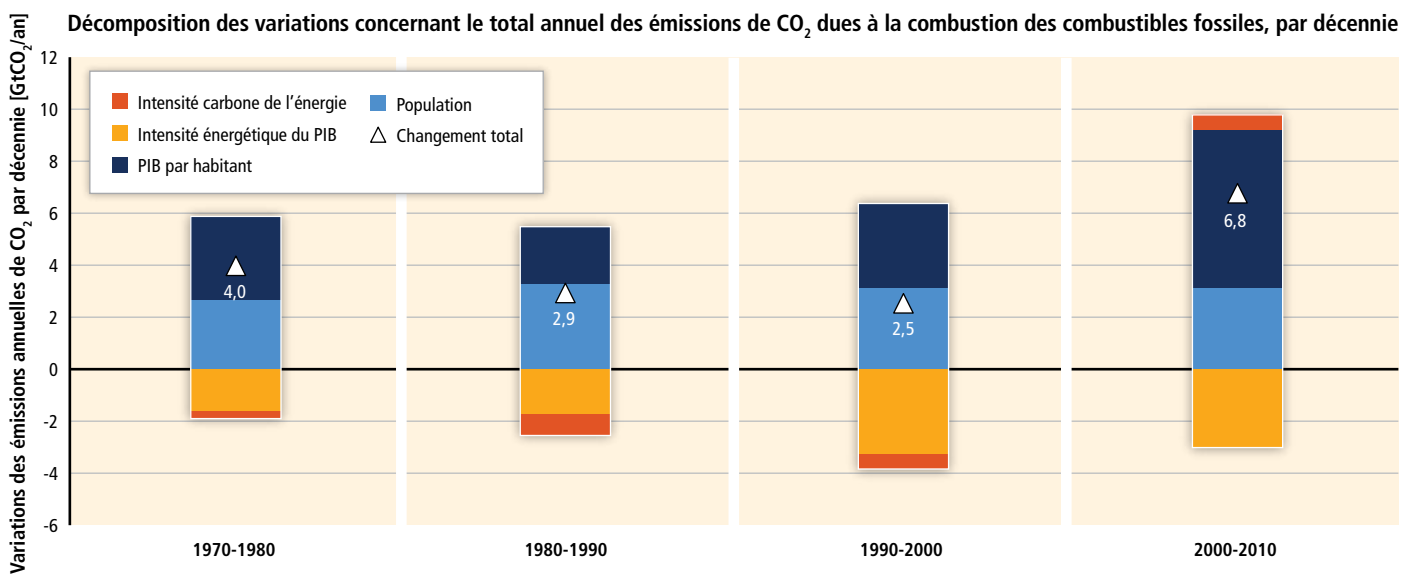
<sup>13</sup> Ceci est fondé sur une évaluation du forçage radiatif anthropique total pour 2011 relativement à 1750, figurant dans le volume GT I du RE5, à savoir 2,3 W/m<sup>2</sup>, avec un intervalle d'incertitude de 1,1 à 3,3 W/m<sup>2</sup>. [figure RID.5 et sections 8.5 et 12.3 du volume GT I du RE5]

Répartition des émissions de GES entre les secteurs économiques



RID

**Figure RID.2** Répartition de l'ensemble des émissions anthropiques de GES (GtqCO<sub>2</sub>/an) entre les secteurs économiques. La couronne montre les parts (en pourcentage des émissions anthropiques totales de GES) des émissions directes de GES attribuées en 2010 à cinq secteurs économiques. L'arc agrandi sur la droite indique la répartition des émissions indirectes de CO<sub>2</sub> découlant de la production d'électricité et de chaleur entre les secteurs qui consomment l'énergie finale. La part attribuée aux «autres énergies» correspond à toutes les sources d'émission de GES dans le secteur de l'énergie, comme il est défini dans l'annexe II, autres que la production d'électricité et de chaleur [A.II.9.1]. Les données relatives aux émissions provenant de l'AFAT (agriculture, foresterie et autres affectations des terres) correspondent aux émissions de CO<sub>2</sub> d'origine terrestre, provoquées par les feux de forêt et de tourbière ainsi que par la décomposition dans les tourbières; elles se rapprochent des flux nets de CO<sub>2</sub> attribués à la FAT (foresterie et autres affectations des terres), que décrit le chapitre 11 du présent rapport. Toutes les émissions sont exprimées en GtqCO<sub>2</sub> sur la base du PRG<sub>100</sub><sup>6</sup> à compter de la parution du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC. Les secteurs sont définis dans l'annexe II, à la section 9. [figure 1.3a, figure RT.3 a/b]



**Figure RID.3** Décomposition des changements concernant le total annuel des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion des combustibles fossiles en quatre facteurs déterminants: population, PIB par habitant, intensité énergétique du PIB et intensité carbone de l'énergie. Les secteurs de couleur montrent les changements associés à chaque facteur pris isolément, les autres facteurs restant constants. Les changements décennaux totaux sont indiqués par un triangle. Les changements par décennie concernant les émissions sont mesurés en gigatonnes de CO<sub>2</sub> par an [GtCO<sub>2</sub>/an]; le revenu est converti en unité commune en utilisant les parités du pouvoir d'achat. [figure 1.7]

## RID.4 Profils d'évolution et mesures d'atténuation dans le cadre du développement durable

### RID.4.1 Profils d'évolution à long terme de l'atténuation

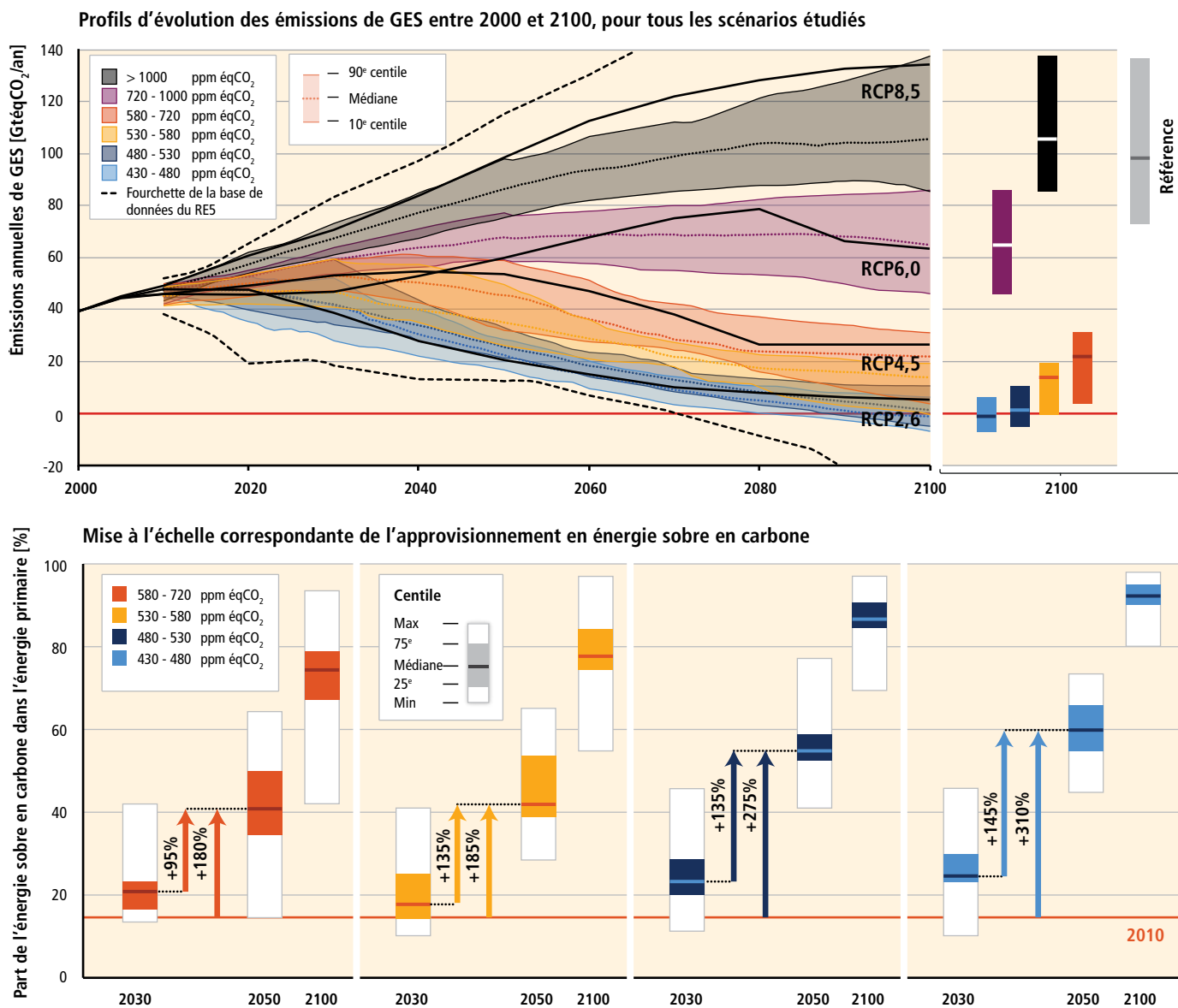
Selon le degré d'atténuation à atteindre, il existe une multitude de scénarios qui proposent tout un éventail de solutions technologiques et comportementales, possèdent différentes caractéristiques et présentent différentes conséquences pour le développement durable. Dans le cadre de la présente évaluation, environ 900 scénarios d'atténuation ont été enregistrés dans une base de données à partir de modèles intégrés publiés<sup>14</sup>. Cet éventail couvre des niveaux de concentration atmosphérique compris en 2100 entre 430 et plus de 720 ppm  $\text{eqCO}_2$ , ce qui est comparable aux niveaux de forçage en 2100 entre RCP2,6 et RCP6,0. Des scénarios se situant en dehors de cet éventail ont également été évalués, certains avec des concentrations inférieures à 430 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 (il est question de ces scénarios ci-après). Les scénarios d'atténuation comportent une large palette de trajectoires technologiques, socio-économiques et institutionnelles, mais les évolutions en dehors de cette gamme restent possibles en raison des incertitudes et des limites associées aux modèles (figure RID.4, graphique supérieur). [6.1, 6.3, 6.3, RT 3.1, encadré RT.6]

Les scénarios d'atténuation, pour lesquels il est probable que le changement de température causé par les émissions anthropiques de GES soit maintenu à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, sont caractérisés par des concentrations atmosphériques en 2100 d'environ 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  (degré de confiance élevé). Il est *plus probable qu'improbable* que les scénarios d'atténuation conduisant à des niveaux de concentration d'environ 500 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100 limiteront le changement de la température à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, sauf s'ils dépassent temporairement des niveaux de concentration supérieurs à environ 530 ppm  $\text{eqCO}_2$  avant 2100, auquel cas il est à *peu près aussi probable qu'improbable* qu'ils n'atteignent pas cet objectif<sup>15</sup>. Il est *plus improbable que probable* que les scénarios qui atteignent 530 à 650 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 conduisent à des changements de température inférieurs à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Il est *improbable* que les scénarios qui atteignent environ 650 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 limitent le changement de température au-dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Les scénarios d'atténuation, selon lesquels il est *plus probable qu'improbable* que la hausse de température d'ici 2100 soit inférieure à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, sont caractérisés par des concentrations inférieures à 430 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100. Dans ces scénarios, la température atteint un maximum au cours du siècle, puis décroît. Le tableau RID.1 fournit des indications de probabilité au sujet d'autres valeurs du changement de température. [6.3, encadré RT.6]

Les scénarios atteignant en 2100 des niveaux de concentration atmosphérique de l'ordre de 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  (et pour lesquels il est *probable* qu'une hausse de température de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels ne sera pas atteinte) comportent des réductions importantes des émissions anthropiques de GES d'ici le milieu du siècle découlant de transformations à grande échelle des systèmes énergétiques et potentiellement de l'utilisation des terres (degré de confiance élevé). Les scénarios visant ces concentrations d'ici 2100 se caractérisent par

<sup>14</sup> Les scénarios à long terme évalués dans le volume GT III sont principalement le produit de modèles intégrés à grande échelle qui projettent un grand nombre des caractéristiques majeures des profils d'évolution de l'atténuation pour le milieu du siècle et au-delà. Ces modèles relient de nombreux systèmes humains importants (ex.: l'énergie, l'agriculture et l'utilisation des terres, l'économie) aux processus physiques associés au changement climatique (ex.: le cycle du carbone). Ils se rapprochent de solutions présentant un bon rapport coût-efficacité qui réduisent autant que possible les coûts économiques cumulés de l'atténuation, sauf s'ils sont contraints de se comporter autrement. Ce sont des représentations simplifiées et stylisées de processus réels et hautement complexes, et les scénarios qu'ils produisent se fondent sur des projections incertaines concernant des événements et des déterminants majeurs, le plus souvent à des échelles de temps de l'ordre du siècle. Les simplifications et les différences dans les hypothèses sont les raisons pour lesquelles les résultats fournis par les différents modèles, ou les versions d'un même modèle peuvent différer, et les projections de tous les modèles peuvent s'éloigner considérablement de la réalité. [encadré RT.7, 6.2]

<sup>15</sup> Les scénarios d'atténuation, y compris ceux qui conduisent à des concentrations en 2100 de l'ordre de 550 ppm  $\text{eqCO}_2$  ou plus, peuvent temporairement dépasser les niveaux de concentration atmosphérique d'équivalent  $\text{CO}_2$  avant de redescendre ultérieurement à des niveaux plus bas. Pour de tels dépassements de concentrations, l'atténuation est moindre à court terme, mais les réductions d'émissions sont plus rapides et plus importantes à long terme. De tels profils d'évolution excessifs augmentent la probabilité de dépassement des objectifs de température, quels qu'ils soient. [6.3, tableau RID.1]



**Figure RID.4** | Profils d'évolution des émissions mondiales de GES (Gt<sub>éqCO<sub>2</sub></sub>/an) dans les scénarios de référence et d'atténuation pour différents niveaux de concentration à long terme (graphique supérieur) [figure 6.7] et exigences d'une mise à l'échelle correspondante de l'approvisionnement en énergie propre en carbone (pourcentage de l'énergie primaire) pour 2030, 2050 et 2100 par rapport aux niveaux de 2010 dans les scénarios d'atténuation (graphique inférieur) [figure 7.16]. Le graphique inférieur exclut les scénarios qui comprennent un accès restreint à la technologie et les trajectoires exogènes quant au prix du carbone. Voir les définitions des expressions « émission en équivalent CO<sub>2</sub> » et « concentration en équivalent CO<sub>2</sub> » dans le glossaire du volume GT III du RE5.

une réduction mondiale de 40 à 70 %<sup>16</sup> des émissions entre 2010 et 2050, et par des émissions presque nulles, voire des émissions négatives en 2100. Dans les scénarios atteignant environ 500 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> en 2100, les niveaux d'émissions de 2050 sont globalement inférieurs de 25 à 55 % à celles de 2010. Dans les scénarios atteignant environ 550 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub>, les émissions en 2050 se situent globalement entre +5 % et -45 % par rapport à celles observées en 2010 (tableau RID.1). À l'échelle du globe, les scénarios qui atteignent environ 450 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> se caractérisent par une accélération des améliorations du rendement énergétique et par un triple voire presque un quadruple, dans l'approvisionnement en

<sup>16</sup> Cette fourchette diffère de celle qu'on obtenait pour une catégorie de concentration similaire dans le RE4 (de 50 à 80 % plus bas qu'en 2000 pour le CO<sub>2</sub> seul). Cette différence est due notamment au fait que le RE5 évalue un bien plus grand nombre de scénarios que le RE4 et qu'il étudie tous les GES. De plus, une large proportion de nouveaux scénarios comportent des techniques d'élimination du dioxyde de carbone (EDC) (voir ci-après). D'autres facteurs incluent l'utilisation des niveaux de concentration en 2100 à la place des niveaux stabilisés et un décalage de l'année de référence de 2000 à 2010. Les scénarios associés à des émissions relativement élevées en 2050 se caractérisent par un plus grand recours aux techniques d'élimination du dioxyde de carbone après le milieu du siècle.

énergie, de la part de l'énergie sobre en carbone ou décarbonisée provenant d'énergies renouvelables, de l'énergie nucléaire ou des énergies fossiles auxquelles serait associé le captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) ou la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECS) d'ici 2050 (figure RID.4, graphique inférieur). Ces scénarios décrivent un large éventail de transformations touchant l'utilisation des terres, fonction de différentes hypothèses portant sur l'amplitude de la production de bioénergie, du boisement et de la réduction du déboisement. Tous ces changements d'émissions, d'énergie et d'utilisation des terres varient selon les régions<sup>17</sup>. Les scénarios atteignant des concentrations relativement élevées comportent des changements similaires, mais qui interviennent plus lentement. À l'opposé, les scénarios atteignant des concentrations relativement basses exigent des changements qui interviennent plus rapidement. [6.3, 7.11]

**Les scénarios d'atténuation atteignant environ 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 comportent un dépassement temporaire de cette concentration atmosphérique, comme le font beaucoup de scénarios atteignant environ entre 500 et 550 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100. En fonction du niveau de ce dépassement, les scénarios en question supposent une disponibilité et un déploiement à grande échelle de la BECS et du boisement dans la seconde partie du siècle. La disponibilité et la possibilité d'étendre ces techniques et méthodes, ainsi que d'autres, permettant l'élimination du dioxyde de carbone (EDC) demeurent incertaines; à des degrés variés, des risques et des défis y sont en outre associés (*degré de confiance élevé*) (voir section 4.2 du RID)<sup>18</sup>. L'EDC est aussi prépondérante dans bon nombre de scénarios sans dépassement, pour compenser les émissions résiduelles de secteurs où l'atténuation se révèle relativement onéreuse. Des incertitudes demeurent en ce qui concerne le potentiel d'un déploiement à grande échelle de la BECS, du boisement et d'autres techniques et méthodes d'EDC. [2.6, 6.3, 6.9.1, figure 6.7, 7.11, 11.13]**

**Les niveaux d'émissions mondiales de GES estimés pour 2020 sur la base des engagements pris à Cancún ne coïncident pas avec les trajectoires d'atténuation à long terme présentant un bon rapport coût-efficacité pour lesquelles il est au moins à *peu près aussi probable qu'improbable* que le réchauffement se limite à 2 °C (soit des concentrations en 2100 se situant environ entre 450 et 500 ppm  $\text{eqCO}_2$ ), la possibilité d'atteindre ce but n'étant cependant pas exclue (*degré de confiance élevé*). Pour atteindre ce but, il faudrait continuer d'opérer des réductions importantes au-delà de 2020. Les engagements pris à Cancún correspondent dans l'ensemble avec les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité pour lesquels il est *probable* que le réchauffement sera maintenu au-dessous de 3 °C par rapport aux niveaux préindustriels. [6.4, 13.13, figure RT.11]**

**Si rien n'est fait avant 2030 pour renforcer les efforts d'atténuation déjà déployés aujourd'hui, on estime qu'il deviendra alors bien plus difficile d'atteindre des niveaux d'émissions relativement bas à long terme et que cela réduira la palette de solutions pouvant assurer un maintien du réchauffement au-dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (*degré de confiance élevé*). Les scénarios d'atténuation présentant un bon rapport coût-efficacité pour lesquels il est à *peu près aussi probable qu'improbable* que la hausse de température restera inférieure à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (soit des concentrations en 2100 se situant environ entre 450 et 500 ppm  $\text{eqCO}_2$ ) se caractérisent généralement par des émissions annuelles se situant environ entre 30 Gt $\text{eqCO}_2$  et 50 Gt $\text{eqCO}_2$  à l'horizon 2030 (figure RID.5, graphique de gauche). Les scénarios comportant des émissions supérieures à 55 Gt $\text{eqCO}_2$  en 2030 se caractérisent par des taux de réduction des émissions considérablement plus élevés de 2030 à 2050 (figure RID.5, graphique central); une montée en puissance bien plus rapide des énergies sobres en carbone sur cette période (figure RID.5, graphique de droite); une plus grande utilisation des techniques d'EDC à long terme (figure RID.4, graphique supérieur); et des conséquences économiques transitoires et à long terme plus importantes (tableau RID.2, partie orange). Compte tenu des défis accrus qu'ils présentent en matière d'atténuation, beaucoup de modèles conduisant à des émissions annuelles supérieures à 55 Gt $\text{eqCO}_2$  en 2030 n'ont pas pu aboutir à des scénarios atteignant des niveaux de concentrations atmosphériques pour lesquels il est à *peu près aussi probable qu'improbable* que la hausse de température demeure inférieure à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. [6.4, 7.11, figures RT.11 et RT.13]**

<sup>17</sup> À l'échelon national, on estime que le changement atteint une efficacité optimale quand il concorde avec les perspectives et les approches locales et nationales relativement à l'objectif du développement durable selon les circonstances et priorités nationales. [6.4, 11.8.4, RID du volume GT II]

<sup>18</sup> Selon le volume GT I, les méthodes d'élimination du dioxyde de carbone (EDC) présentent des limites biogéochimiques et technologiques qui grèvent leur potentiel à l'échelle du globe. On ne dispose pas de suffisamment de connaissances pour quantifier le volume d'émissions de  $\text{CO}_2$  que représente l'EDC à l'échelle du siècle. Les méthodes en question s'accompagnent d'effets secondaires et engendrent des conséquences à long terme à l'échelle du globe. [section E.8 du RID du volume GT II]

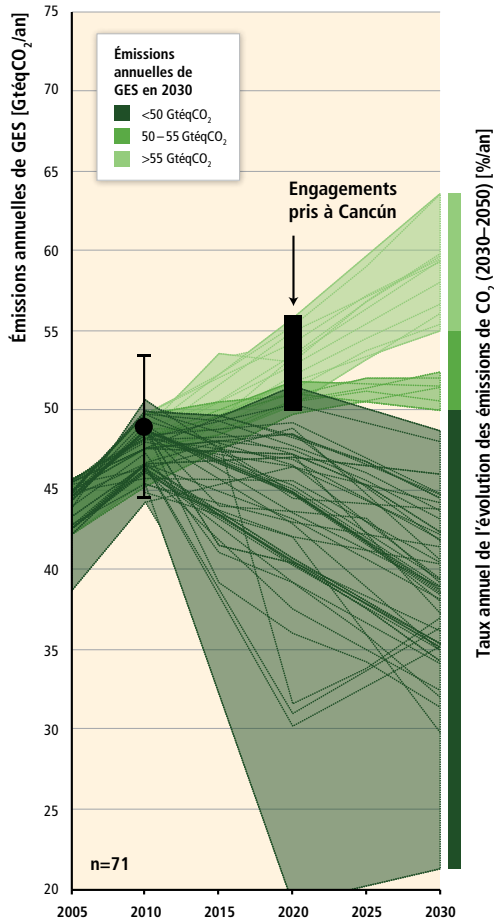
**Tableau RID.1** | Caractéristiques essentielles des scénarios recueillis et évalués pour le volume GT III du RE5. Pour l'ensemble des paramètres, les données pour les scénarios correspondent à l'intervalle allant du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile<sup>1, 2</sup>. [tableau 6.3]

Concentrations en $\text{eqCO}_2$ en 2100 [ppm $\text{eqCO}_2$ ]	Sous-catégories	Position relative des RCP <sup>3</sup>	Émissions cumulées de $\text{CO}_2$ [GtCO <sub>2</sub> ]		Changement des émissions en $\text{eqCO}_2$ à comparer à 2010 [%] <sup>4</sup>		Changement de température (par rapport à 1850-1900) <sup>5, 6</sup>				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	Hausse de la température atteinte en 2100 [°C] <sup>7</sup>	Probabilité de ne pas dépasser au cours du XXI <sup>e</sup> siècle la hausse de température indiquée <sup>8</sup>			
								1,5 °C	2,0 °C	3,0 °C	4,0 °C
< 430	Des niveaux inférieurs à 430 ppm $\text{eqCO}_2$ n'ont été pris en compte que dans un petit nombre d'études portant sur un modèle.										
450 (430-480)	Plage complète <sup>1,10</sup>	RCP2,6	550-1300	630-1180	entre -72 et -41	entre -118 et -78	1,5-1,7 (1,0-2,8)	Plus improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480-530)	Sans dépassement de 530 ppm $\text{eqCO}_2$		860-1180	960-1430	entre -57 et -42	entre -107 et -73	1,7-1,9 (1,2-2,9)	Improbable	Plus probable qu'improbable		
	Avec dépassement de 530 ppm $\text{eqCO}_2$		1130-1530	990-1550	entre -55 et -25	entre -114 et -90	1,8-2,0 (1,2-3,3)		À peu près aussi probable qu'improbable		
550 (530-580)	Sans dépassement de 580 ppm $\text{eqCO}_2$		1070-1460	1240-2240	entre -47 et -19	entre -81 et -59	2,0-2,2 (1,4-3,6)	Improbable	Plus improbable que probable <sup>12</sup>	Probable	Probable
	Avec dépassement de 580 ppm $\text{eqCO}_2$		1420-1750	1170-2100	entre -16 et 7	entre -183 et -86	2,1-2,3 (1,4-3,6)				
(580-650)	Plage complète	RCP4,5	1260-1640	1870-2440	entre -38 et 24	entre -134 et -54	2,3-2,6 (1,5-4,2)	Improbable	Improbable	Plus probable qu'improbable	Probable
(650-720)	Plage complète		1310-1750	2570-3340	entre -11 et 17	entre -54 et -21	2,6-2,9 (1,8-4,5)				
(720-1000)	Plage complète	RCP6,0	1570-1940	3620-4990	entre 18 et 54	entre -7 et 72	3,1-3,7 (2,1-5,8)	Improbable <sup>11</sup>	Plus improbable que probable		
> 1000	Plage complète	RCP8,5	1840-2310	5350-7010	entre 52 et 95	entre 74 et 178	4,1-4,8 (2,8-7,8)	Improbable <sup>11</sup>	Improbable	Improbable	Plus improbable que probable

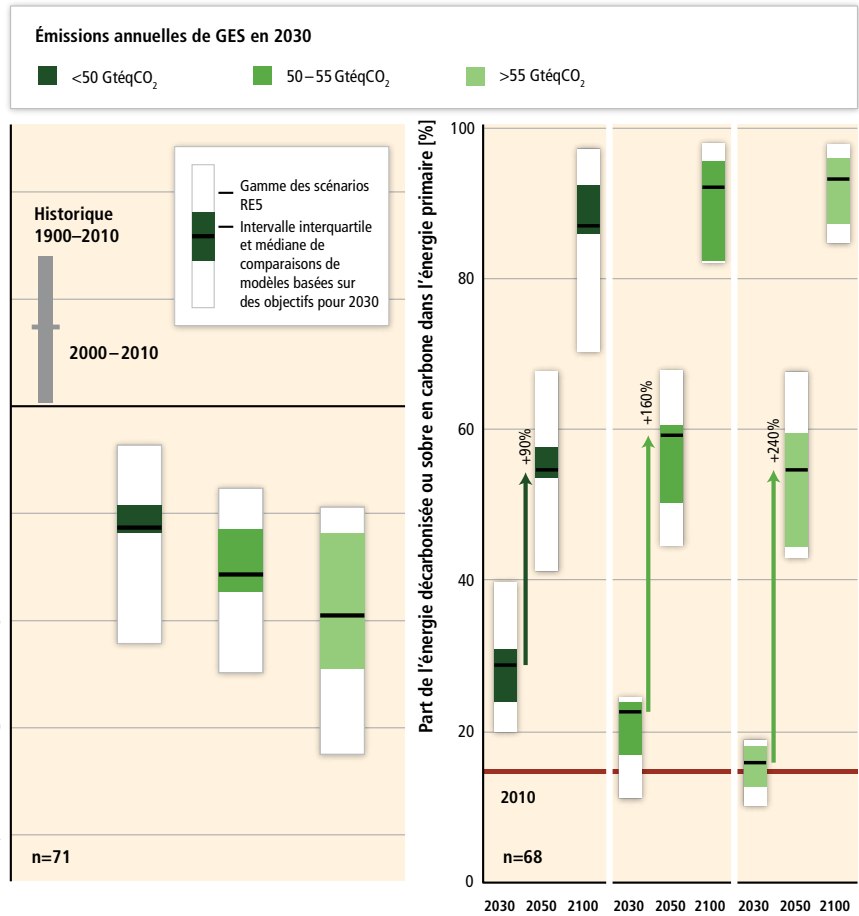
- <sup>1</sup> La «plage complète» pour les scénarios prévoyant de 430 à 480 ppm  $\text{eqCO}_2$  correspond à l'amplitude du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile de la sous-catégorie de ces scénarios figurant dans le tableau 6.3.
- <sup>2</sup> Les scénarios de référence (voir RID.3) sont classés dans les catégories > 1000 et 750-1000 ppm  $\text{eqCO}_2$ . Cette dernière catégorie comprend aussi des scénarios d'atténuation. Selon les scénarios de référence dans cette catégorie, la hausse de la température atteint en 2100 entre 2,5 et 5,8 °C au-dessus des niveaux préindustriels. Pour les scénarios de référence des deux catégories réunies, on obtient en 2100 une hausse de température se situant entre 2,5 et 7,8 °C (fourchette fondée sur la réponse médiane du climat: 3,7 à 4,8 °C).
- <sup>3</sup> Pour comparer les résultats cumulés du budget  $\text{CO}_2$  avec ceux présentés par le Groupe de travail I, il faut noter qu'une quantité de 515 [445 à 585] GtC (1 890 [1 630 à 2 150] GtCO<sub>2</sub>) avait déjà été émise entre 1870 et 2011 [section 12.5 du volume GT I]. Il faut noter aussi que les émissions cumulées sont présentées ici pour différentes périodes de temps (2011-2050 et 2011-2100), tandis que, dans le volume GT I, elles le sont sous la forme d'émissions totales compatibles avec les RCP (2012-2100) ou d'émissions totales compatibles pour rester au-dessous d'un niveau de température cible suivant une probabilité donnée. [tableau RID.3 et section RID E.8 du volume GT I]
- <sup>4</sup> Les émissions mondiales en 2010 dépassent de 31 % les niveaux de 1990 (en accord avec les estimations des émissions de GES historiques présentées dans ce rapport). Les émissions  $\text{eqCO}_2$  comprennent la liste des gaz réglementés en vertu du protocole de Kyoto ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , ainsi que les gaz fluorés).
- <sup>5</sup> L'évaluation du GT III ne se limite pas aux RCP, puisqu'elle prend en compte de nombreux scénarios ayant fait l'objet de publications scientifiques. Pour évaluer les conséquences de l'évolution de la concentration d' $\text{eqCO}_2$  et du climat selon ces scénarios, on s'est servi du modèle MAGICC en mode probabiliste (voir annexe II). Pour établir une comparaison entre les résultats du modèle MAGICC et ceux des modèles dont il est question dans le volume GT I, voir les sections 12.4.1.2 et 12.4.8 du volume GT I et 6.3.2.6 du volume GT I. Les écarts par rapport aux valeurs indiquées dans le tableau RID.2 du volume GT I découlent de plusieurs différences, notamment l'année de référence (1986-2005 au lieu de 1850-1900 ici), l'année de déclaration (2081-2100 au lieu de 2100 ici), la configuration de la simulation (simulations CMIP5 forcées par des concentrations par rapport au modèle MAGICC forcé par des émissions) et un éventail plus large de scénarios (RCP par rapport à l'ensemble des scénarios figurant dans la base de données de scénarios utilisée dans le volume GT III du RE5).
- <sup>6</sup> Le changement de température est donné pour l'année 2100, ce qui n'est pas directement comparable au réchauffement d'équilibre donné dans le RE4 [tableau 3.5 et chapitre 3 du volume GT III]. Pour les estimations de température en 2100, la réponse du climat transitoire (RTC) constitue la propriété du système la plus pertinente. L'intervalle évalué à 90 % du RTC pour MAGICC est 1,2 à 2,6 °C (médiane 1,8 °C), ce qui est comparable à l'intervalle à 90 % du RTC entre 1,2 et 2,4 °C pour la CMIP5 [section 9.7 du volume GT I] et à un intervalle probable évalué à entre 1 et 2,5 °C à partir de multiples sources de données présentées dans le volume GT I du RE5 [encadré 12.2 du chapitre 12.5].
- <sup>7</sup> La hausse de température en 2100 est fournie comme estimation médiane des calculs de MAGICC, ce qui montre les différences entre les profils d'évolution des émissions des scénarios dans chaque catégorie. La fourchette indiquée entre parenthèses tient compte en outre des incertitudes du cycle du carbone et du système climatique telles que le modèle MAGICC les représente [voir 6.3.2.6 pour de plus amples détails]. Les données de température par rapport à l'année de référence 1850-1900 ont été calculées en incluant le réchauffement total prévu par rapport à 1986-2005 et en y ajoutant 0,61 °C pour 1986-2005 par rapport à 1850-1900, sur la base de HadCRUT4 [voir tableau RID.2 du volume GT I].
- <sup>8</sup> L'évaluation proposée dans ce tableau est basée sur les probabilités calculées pour l'ensemble des scénarios pris en compte par le GT III à l'aide du modèle MAGICC et sur l'évaluation du GT I des incertitudes des projections de température non représentées par les modèles climatiques. Les assertions coïncident donc avec celles du volume GT I, qui se fondent sur les simulations CMIP5 basées sur les RCP et les incertitudes évaluées. Les énoncés de probabilité couvrent donc différents éléments employés par les deux GT. La méthode du GT I a aussi été appliquée aux scénarios de concentrations intermédiaires pour lesquels on ne dispose d'aucune simulation CMIP5. Les énoncés de probabilité n'ont qu'une valeur indicative [6.3] et correspondent généralement aux termes utilisés dans le RID du GT I: *probable* 66-100 %, *plus probable qu'improbable* > 50-100 %, *à peu près aussi probable qu'improbable* 33-66 % et *improbable* 0-33 %. En outre, le terme *plus improbable que probable* 0-<50% est également employé.
- <sup>9</sup> La concentration en équivalent  $\text{CO}_2$  comprend le forçage de toutes les émissions de GES, y compris les gaz halogénés et l'ozone troposphérique, les aérosols et les changements d'albédo (calculé par le modèle MAGICC sur la base d'un forçage total pour une simulation simple du cycle du carbone et du climat).
- <sup>10</sup> La grande majorité des scénarios dans cette catégorie dépassent la limite de 480 ppm  $\text{eqCO}_2$ .
- <sup>11</sup> Pour les scénarios de cette catégorie, aucune simulation CMIP5 [chapitre 12 et tableau 12.3 du volume GT I du RE5] ainsi qu'aucune réalisation MAGICC [6.3] ne restent au-dessous du niveau de température précis. Pourtant, si la mention «*improbable*» est retenue, c'est pour signaler les incertitudes qui pourraient ne pas être prises en compte par les modèles climatiques actuels.
- <sup>12</sup> Les scénarios de la catégorie 580-650 ppm  $\text{eqCO}_2$  comprennent à la fois des scénarios de dépassement et des scénarios qui ne dépassent pas le niveau de concentration dans la partie haute de la catégorie (comme RCP4,5). Pour ce dernier type de scénarios, on estime, en général, qu'il est *plus improbable que probable* qu'une hausse de température de 2 °C soit atteinte, tandis que pour le premier type, on estime qu'il est essentiellement *improbable* que ce niveau de température soit atteint.



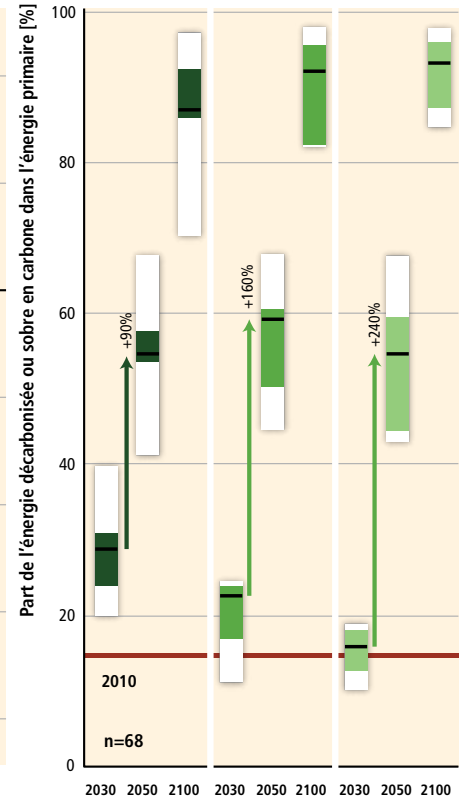
Profils d'évolution des émissions de GES jusqu'en 2030



Incidences de différents niveaux d'émissions de GES en 2030 sur le taux annuel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 2030 à 2050



Incidences de différents niveaux d'émissions de GES en 2030 sur la montée en puissance des énergies sobres en carbone



**Figure RID.5 |** Incidences de différents niveaux d'émissions de GES atteints en 2030 (graphique de gauche) sur le taux de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 2030 à 2050 (graphique central) et sur la montée en puissance des énergies sobres en carbone au cours de la même période (graphique de droite), dans les scénarios d'atténuation atteignant des concentrations d'environ 450 à 500 (430 à 530) ppm eqCO<sub>2</sub> d'ici 2100. Les scénarios sont regroupés en fonction de différents niveaux d'émissions d'ici à 2030 (différentes nuances de vert). Le graphique de gauche montre les profils d'évolution des émissions de GES (GtécCO<sub>2</sub>/an) menant à ces niveaux en 2030. La barre noire indique la plage d'incertitude estimée des émissions de GES découlant des engagements pris à Cancún. Le graphique central indique les taux annuels moyens de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> pour la période 2030-2050. On y compare la médiane et l'intervalle interquartile de différents scénarios, obtenus lors de récentes comparaisons de modèles portant sur des objectifs intermédiaires explicites pour 2030, par rapport à la gamme des scénarios dans la base de données de scénarios étudiés pour le volume GT III du RE5. Les taux annuels d'évolution des émissions passées entre 1900 et 2010 (constants sur une période de 20 ans) et les changements annuels moyens concernant les émissions de 2000 à 2010 sont affichés en gris. Dans le graphique de droite, les flèches montrent l'ampleur de l'augmentation d'un approvisionnement en énergie décarbonisée ou sobre en carbone de 2030 à 2050, en fonction de différents niveaux d'émissions de GES atteints en 2030. L'approvisionnement en énergie décarbonisée ou sobre en carbone comprend les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire et les énergies fossiles auxquelles serait associé le captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) ou la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECS). Note: Seuls les scénarios qui appliquent sans aucune contrainte l'ensemble de la technologie d'atténuation des modèles sous-jacents (hypothèse technologique par défaut) sont présentés. Sont exclus les scénarios présentant des émissions mondiales nettes négatives importantes (> 20 GtécCO<sub>2</sub>/an), les scénarios présentant des hypothèses de prix du carbone exogènes et les scénarios présentant pour 2010 des émissions s'écartant de manière significative de l'aire de répartition historique. Le graphique de droite ne comporte que 68 scénarios car, sur les 71 qui ont permis de composer la figure, trois ne prennent pas en compte certaines sous-catégories, relativement à l'énergie primaire, qui se révèlent indispensables pour calculer la part de l'énergie décarbonisée ou sobre en carbone. [figure 6.32 et 7.16; 13.13.1.3]

**Tableau RID.2** | Coûts mondiaux de l'atténuation dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité<sup>1</sup> et estimations de l'augmentation des coûts découlant d'hypothèses de disponibilité restreinte de certaines technologies et de retard touchant les mesures supplémentaires d'atténuation. Les estimations de coûts présentées dans le tableau ne tiennent compte ni des avantages découlant de la réduction du changement climatique ni des co-avantages et des effets secondaires indésirables de l'atténuation. Dans les colonnes en jaune figurent les baisses de consommation dans les années 2030, 2050 et 2100, ainsi que les réductions annualisées de la croissance de la consommation au cours du siècle, dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité, par comparaison à un développement de référence ne comprenant aucune mesure dans le domaine du climat. Les colonnes en gris présentent l'augmentation en pourcentage des coûts actualisés<sup>2</sup> au cours du siècle que supposent, par rapport aux scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité, les scénarios auxquels s'appliquent des restrictions de nature technologique par rapport aux hypothèses technologiques par défaut<sup>3</sup>. Les colonnes en orange présentent l'augmentation des coûts de l'atténuation au cours des périodes 2030-2050 et 2050-2100 que suppose, par rapport aux scénarios comprenant une atténuation immédiate, une atténuation supplémentaire retardée jusqu'en 2030<sup>4</sup>. Les scénarios selon lesquels les mesures supplémentaires d'atténuation seraient retardées sont répartis comme suit: deux ensembles basés sur les niveaux d'émissions atteints en 2030 (inférieurs ou égaux à 55 Gt<sub>éqCO<sub>2</sub></sub>) et deux plages de concentrations en 2100 (430-530 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> et 530-650 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub>). Les chiffres fournis sont les suivants: le premier, hors parenthèses, est la médiane pour le groupe de scénarios représenté, entre parenthèses figure l'intervalle entre le 16<sup>e</sup> et le 84<sup>e</sup> centile pour le groupe de scénarios représenté, et entre crochets figure le nombre de scénarios que comprend le groupe représenté. [figures RT.12, RT.13, 6.21, 6.24, 6.25, A.II.10]

	Baisses de consommation dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité <sup>1</sup>				Augmentation du total des coûts actualisés de l'atténuation dans les scénarios comprenant un accès restreint à la technologie				Augmentation des coûts de l'atténuation à moyen et à long termes en raison d'une atténuation supplémentaire retardée jusqu'en 2030			
	[Baisse de consommation par rapport à la référence (%)]			[Réduction annualisée du taux de croissance de la consommation (points de pourcentage)]	[Augmentation du total des coûts actualisés de l'atténuation (2015-2100) par rapport aux hypothèses technologiques par défaut (%)]				[Augmentation des coûts de l'atténuation par rapport à une atténuation immédiate (%)]			
Concentrations en 2100 [ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> ]	2030	2050	2100	2010-2100	Pas de CSC	Abandon progressif de l'énergie nucléaire	Recours modéré au solaire et à l'éolien	Recours modéré à la bioénergie	≤ 55 Gt <sub>éqCO<sub>2</sub></sub>		>55 Gt <sub>éqCO<sub>2</sub></sub>	
									2030-2050	2050-2100	2030-2050	2050-2100
<b>450 (430-480)</b>	1,7 (1,0-3,7) [N: 14]	3,4 (2,1-6,2)	4,8 (2,9-11,4)	0,06 (0,04-0,14)	138 (29-297) [N: 4]	7 (4-18) [N: 8]	6 (2-29) [N: 8]	64 (44-78) [N: 8]	28 (14-50) [N: 34]	15 (5-59)	44 (2-78) [N: 29]	37 (16-82)
<b>500 (480-530)</b>	1,7 (0,6-2,1) [N: 32]	2,7 (1,5-4,2)	4,7 (2,4-10,6)	0,06 (0,03-0,13)	s/o	s/o	s/o	s/o				
<b>550 (530-580)</b>	0,6 (0,2-1,3) [N: 46]	1,7 (1,2-3,3)	3,8 (1,2-7,3)	0,04 (0,01-0,09)	39 (18-78) [N: 11]	13 (2-23) [N: 10]	8 (5-15) [N: 10]	18 (4-66) [N: 12]	3 (-5-16) [N: 14]	4 (-4-11)	15 (3-32) [N: 10]	16 (5-24)
<b>580-650</b>	0,3 (0-0,9) [N: 16]	1,3 (0,5-2,0)	2,3 (1,2-4,4)	0,03 (0,01-0,05)	s/o	s/o	s/o	s/o				

<sup>1</sup> Les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité supposent que, dans tous les pays du monde auxquels s'applique un prix unique du carbone, des actions en faveur de l'atténuation sont prises immédiatement; ils n'imposent aucune restriction supplémentaire en matière de technologie par rapport aux hypothèses technologiques par défaut retenues dans les modèles.

<sup>2</sup> Augmentation de la valeur nette actuelle des baisses de la consommation en pourcentage de la consommation selon la référence (à savoir les scénarios des modèles d'équilibre général) et des coûts de l'atténuation en pourcentage du PIB de départ (pour les scénarios des modèles d'équilibre partiel) pour la période 2015-2100, suivant un taux d'actualisation de 5 % par an.

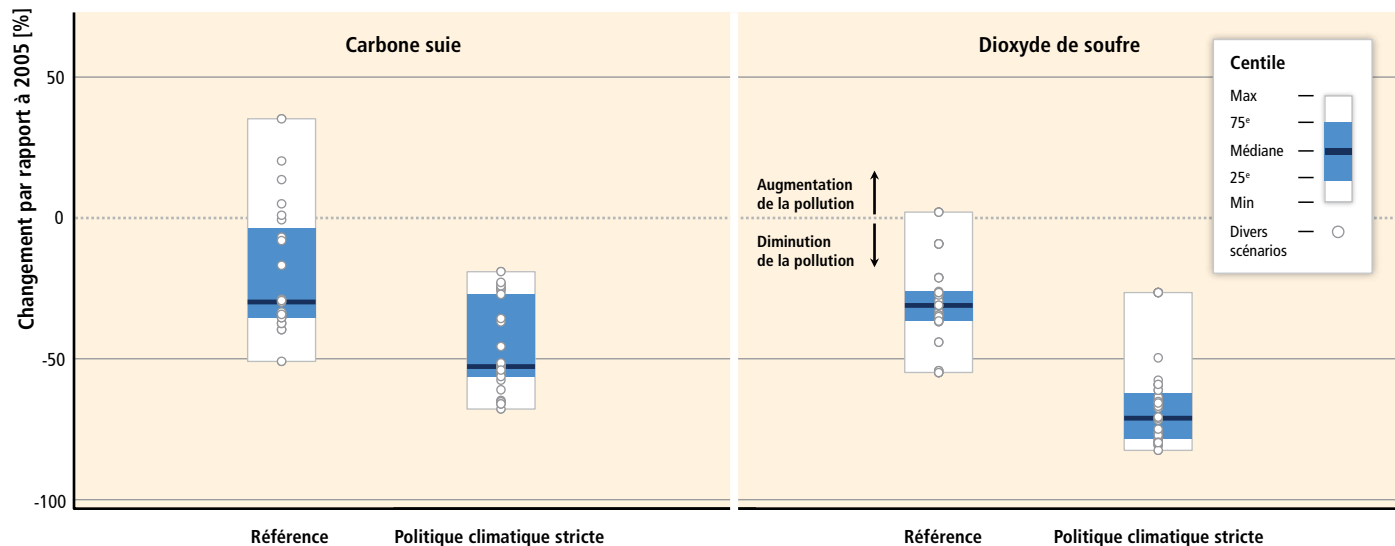
<sup>3</sup> Pas de CSC: aucun recours au CSC n'est prévu dans ces scénarios. *Abandon de l'énergie nucléaire*: outre celles déjà en construction, aucune centrale nouvelle n'est prévue et les centrales en activité fonctionnent jusqu'à la fin de leur durée de vie. *Recours modéré au solaire et à l'éolien*: dans ces scénarios, la part du solaire et de l'éolien ne dépasse pas 20 % dans la production mondiale d'électricité, quelle que soit l'année considérée. *Recours modéré à la bioénergie*: à l'échelle du globe, l'approvisionnement en bioénergie moderne atteint 100 EJ/an au maximum (la bioénergie moderne servant pour le chauffage, la production d'électricité, les systèmes combinés et l'industrie représentait, en 2008, 18 EJ/an [11.13.5]).

<sup>4</sup> Augmentation en pourcentage du total des coûts non actualisés de l'atténuation pour les périodes allant de 2030 à 2050 et de 2050 à 2100.

<sup>5</sup> L'intervalle considéré comprend les scénarios situés entre le 16<sup>e</sup> centile et le 84<sup>e</sup> centile de l'ensemble des scénarios. Seuls les scénarios portant jusqu'à l'horizon 2100 ont été pris en compte. Certains modèles qui figurent dans la fourchette des coûts pour des niveaux de concentration supérieurs à 530 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> en 2100 n'ont pu produire des scénarios associés à des niveaux de concentration inférieurs à 530 ppm <sub>éqCO<sub>2</sub></sub> en 2100, avec pour hypothèse une disponibilité restreinte des technologies et/ou une atténuation supplémentaire retardée.

**Co-avantages de l'atténuation du changement climatique s'appliquant à la qualité de l'air**

Co-avantages de l'atténuation du changement climatique s'appliquant à la qualité de l'air



**Figure RID.6** | Pollution de l'air – Émissions de carbone suie (CS) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) en 2050 par rapport à 2005 (0 = niveau de 2005). Les scénarios de référence excluant tout nouvel effort visant à réduire les émissions de GES au-delà de ceux déjà déployés aujourd'hui sont comparés à des scénarios qui s'accompagnent de mesures strictes en matière d'atténuation, pouvant permettre d'atteindre des niveaux de concentration atmosphérique entre environ 430 et 530 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici à 2100. [figure 6.33]

**Les estimations portant sur l'ensemble des coûts économiques de l'atténuation varient fortement et sont très sensibles à la structure des modèles et des hypothèses que ceux-ci incorporent, ainsi qu'aux caractéristiques des scénarios, y compris la caractérisation des technologies et de l'échelonnement de l'atténuation (degré de confiance élevé).** Pour les besoins de l'évaluation des coûts macroéconomiques de l'atténuation, il a été pris, comme référence présentant un bon rapport coût-efficacité, les scénarios selon lesquels tous les pays du monde entreprennent immédiatement des actions d'atténuation, un seul et même prix du carbone est appliqué et toutes les technologies clés sont disponibles (tableau RID.2, parties jaunes). Sous ces hypothèses, les scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations atmosphériques d'environ 450 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici à 2100 comportent des baisses de la consommation mondiale (hors avantages découlant de la réduction du changement climatique et co-avantages et effets secondaires indésirables de l'atténuation<sup>19</sup>) de 1 à 4 % (médiane: 1,7 %) en 2030, 2 % à 6 % (médiane: 3,4 %) en 2050 et 3 % à 11 % (médiane: 4,8 %) en 2100 par rapport à la consommation dans les scénarios de référence qui présentent une croissance de 300 % à plus de 900 % au cours du siècle. Ces chiffres correspondent à une réduction annualisée de la croissance de la consommation de 0,04 à 0,14 (médiane: 0,06) point de pourcentage au cours du siècle à comparer à une croissance annualisée de la consommation selon la référence qui se situe entre 1,6 et 3 % par an. La borne haute de cette fourchette d'estimation de coûts provient de modèles dont le manque de souplesse relatif rend difficile la réalisation des fortes réductions d'émissions nécessaires à long terme pour atteindre de tels objectifs et/ou qui renferment des hypothèses sur les imperfections du marché qui augmenteraient les coûts. Compte tenu de l'absence de technologies ou de la disponibilité limitée de celles-ci, les coûts de l'atténuation peuvent augmenter considérablement en fonction de la technologie considérée (tableau RID.2, partie grise). Un retard touchant les mesures supplémentaires d'atténuation augmente encore les coûts de l'atténuation à moyen et long termes (tableau RID.2, partie orange). De nombreux modèles ne purent atteindre des niveaux de concentrations atmosphériques d'environ 450 ppm éqCO<sub>2</sub> en 2100, avec une atténuation supplémentaire

<sup>19</sup> L'ensemble des effets économiques à différents niveaux de température comprendrait les coûts de l'atténuation, les co-avantages de l'atténuation, les effets secondaires indésirables de l'atténuation, les coûts de l'adaptation et les dommages subis par le climat. Quel que soit le niveau de température retenu, il est impossible de comparer les estimations des coûts de l'atténuation aux estimations des dommages subis par le climat pour évaluer les coûts et les avantages de l'atténuation. Il est préférable d'étudier les coûts économiques et les avantages de l'atténuation en incluant la réduction de dommages subis par le climat par rapport à un changement climatique se poursuivant au même rythme.

fortement retardée ou en cas de disponibilité limitée des technologies clés comme la bioénergie, le CSC et leur combinaison (BECS). [6.3]

**Peu d'études ont exploré les scénarios pour lesquels il est *plus probable qu'improbable* d'atteindre un changement de température inférieur à 1,5 °C d'ici à 2100 par rapport aux niveaux préindustriels; ces scénarios conduisent à des concentrations atmosphériques inférieures à 430 ppm  $\text{eqCO}_2$  (*degré de confiance élevé*). Actuellement, il est difficile de réaliser une évaluation de cet objectif, car aucune étude multimodèle n'a exploré ces scénarios. Le nombre restreint d'études publiées qui coïncident avec cet objectif montrent des scénarios caractérisés par: 1) des mesures d'atténuation prises immédiatement, 2) une montée en puissance rapide de l'ensemble des technologies d'atténuation et 3) un développement suivant une trajectoire à faible demande en énergie<sup>20</sup> [6.3, 7.11]**

**Les scénarios d'atténuation atteignant environ 450 à 500 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 s'accompagnent d'une réduction des coûts imputables à l'atteinte des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air et de la sécurité énergétique, ce à quoi sont associés des co-avantages considérables en ce qui concerne la santé, les incidences sur les écosystèmes, l'autosuffisance en ressources et la résilience du système énergétique; ces scénarios n'identifient pas d'autres co-avantages ou d'autres effets secondaires indésirables (*degré de confiance moyen*). Ces scénarios d'atténuation montrent des progrès concernant la disponibilité des ressources destinées à satisfaire la demande nationale en énergie, ainsi que la résilience de l'approvisionnement énergétique, pour aboutir à des systèmes énergétiques moins vulnérables à la volatilité des prix et aux perturbations touchant l'approvisionnement. Les avantages en matière de réduction des incidences sur la santé et sur les écosystèmes, associés aux diminutions considérables des émissions de polluants atmosphériques (figure RID 6), sont particulièrement importants, là où les mesures de lutte contre la pollution de l'air actuellement en vigueur ou planifiées sont peu contraignantes. En ce qui concerne d'autres objectifs que la qualité de l'air et la sécurité énergétique, il existe aussi un large éventail de co-avantages et d'effets secondaires indésirables. Globalement, au sujet des mesures influant sur la consommation finale de l'énergie, les co-avantages sont potentiellement supérieurs aux effets secondaires indésirables, alors que des éléments probants laissent à penser que cela peut ne pas être le cas pour toutes les mesures portant sur l'approvisionnement en énergie et sur l'AFAT. [4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, figure RT.14, tableau 6.7, tableaux RT.3 à RT.7; 11.9 du volume GT II]**

**Les effets secondaires indésirables, les co-avantages et les effets d'entraînement des politiques climatiques mal quantifiées sont très variables (*degré de confiance élevé*). La mesure dans laquelle les effets secondaires se matérialiseront ou non est fonction de la spécificité du cas et du site considérés, compte tenu des circonstances locales et de l'échelle, de la portée et du rythme de la mise en œuvre. Les domaines qui suivent en fournissent des exemples importants: la conservation de la biodiversité, la disponibilité des ressources en eau, la sécurité alimentaire, la répartition des revenus, l'efficacité du système d'imposition, l'offre de travail et l'emploi, l'étalement urbain et la durabilité de la croissance dans les pays en développement. [encadré RT.11]**

**Dans les scénarios d'atténuation, les efforts d'atténuation et les coûts associés varient suivant les pays. La distribution des coûts entre les pays peut différer de la répartition des mesures elles-mêmes (*degré de confiance élevé*). Dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité à l'échelle du globe, la plupart des efforts d'atténuation sont déployés dans les pays pour lesquels les émissions futures sont les plus élevées dans les scénarios de référence. Certaines études portant sur des systèmes particuliers de répartition des efforts, basés sur l'hypothèse d'un marché mondial du carbone, montrent que des flux financiers considérables à l'échelle mondiale sont associés aux scénarios d'atténuation qui conduisent en 2100 à des concentrations atmosphériques d'environ 450 à 550 ppm  $\text{eqCO}_2$  [encadré 3.5, 4.6, 6.3.6, tableau 6.4, figures 6.9, 6.27, 6.28 et 6.29, 13.4.2.4]**

<sup>20</sup> Dans ces scénarios, les émissions de  $\text{CO}_2$  cumulées varient entre 680 et 800  $\text{GtCO}_2$  pour la période 2011-2050 et entre 90 et 310  $\text{GtCO}_2$  pour la période 2011-2100. En 2050, les émissions mondiales en équivalent  $\text{CO}_2$  se situent entre 70 et 95 % au-dessous des émissions de 2010, et, en 2100, entre 110 et 120 % au-dessous des émissions de 2010.

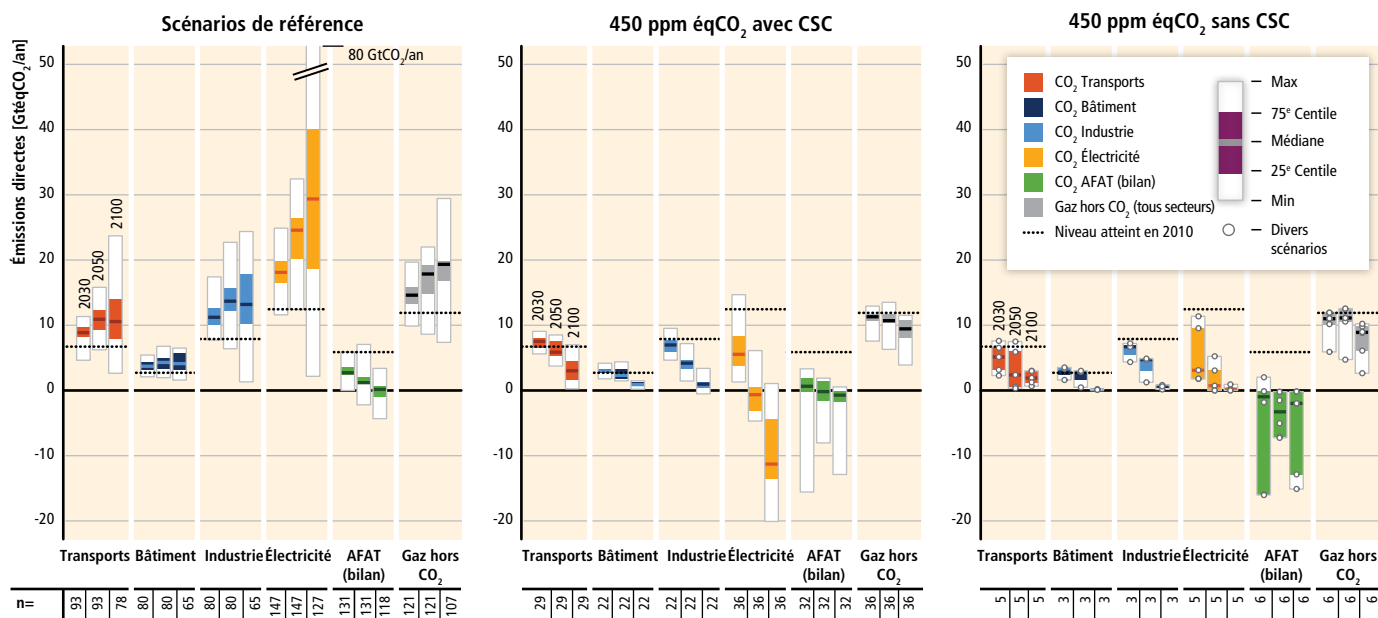
Des mesures d'atténuation pourraient dévaloriser les actifs dans les énergies fossiles et diminuer les recettes des exportateurs de combustibles fossiles, mais il existe des différences entre les régions et les combustibles (*degré de confiance élevé*). La plupart des scénarios d'atténuation montrent une réduction des recettes découlant du commerce du charbon et du pétrole pour les grands exportateurs (*degré de confiance élevé*). L'effet de l'atténuation sur les recettes provenant de l'exportation du gaz naturel est moins certain, car quelques études montrent qu'il est possible que cette activité apporte des bénéfices à moyen terme jusqu'à environ 2050 (*degré de confiance moyen*). La disponibilité du CSC réduirait l'effet indésirable de l'atténuation sur les actifs du secteur des combustibles fossiles (*degré de confiance moyen*). [6.3.6, 6.6, 14.4.2]

## RID.4.2 Profils d'évolution et mesures sectoriels et intersectoriels en matière d'atténuation

### RID.4.2.1 Profils d'évolution et mesures intersectoriels en matière d'atténuation

Les scénarios de référence prévoient une augmentation des émissions de GES dans tous les secteurs, sauf en ce qui concerne les émissions de CO<sub>2</sub> dans le secteur de l'AFAT<sup>21</sup> (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen*). Les émissions du secteur de l'approvisionnement en énergie devraient demeurer la source majeure d'émissions de GES, à laquelle on peut attribuer en définitive les augmentations considérables des émissions indirectes découlant de la consommation électrique dans les secteurs du bâtiment et de l'industrie. Dans les scénarios de référence,

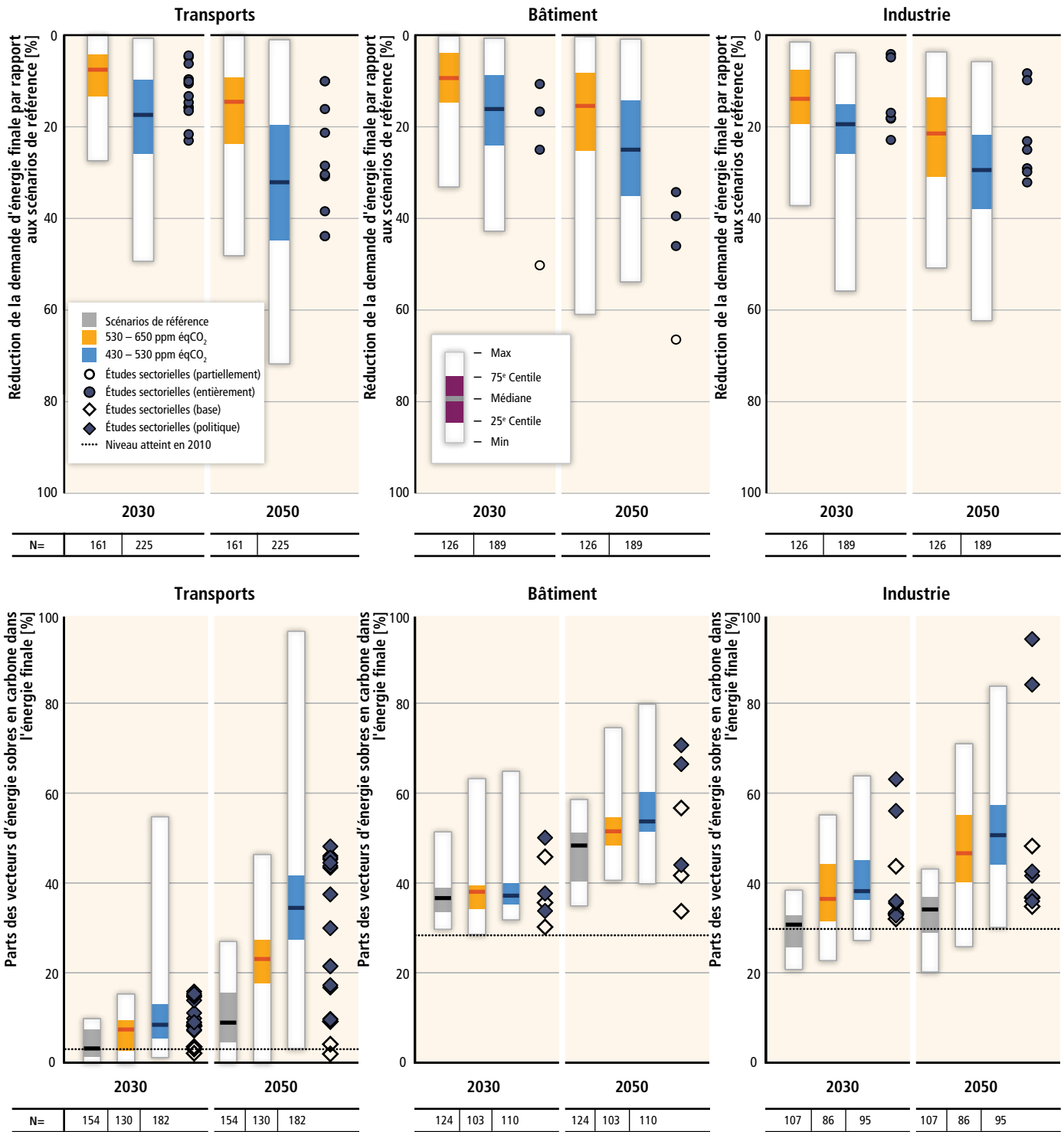
Émissions directes de CO<sub>2</sub> et émissions de GES autres que le CO<sub>2</sub> dans les scénarios de référence et d'atténuation, avec CSC ou sans CSC



**Figure RID.7** Émissions directes de CO<sub>2</sub> par secteur et émissions totales de GES autres que le CO<sub>2</sub> (gaz réglementés en vertu du protocole de Kyoto) rejetées par tous les secteurs, dans les scénarios de référence (graphique de gauche) et d'atténuation qui atteignent environ 450 (430-480) ppm eqCO<sub>2</sub> avec CSC (graphique central) et sans CSC (graphique de droite). Les chiffres figurant au bas des graphiques indiquent le nombre de scénarios pris en compte dans l'éventail considéré, ce qui diffère selon les secteurs et en fonction du temps, en raison de la résolution sectorielle et l'horizon de temps des modèles. Il est à noter que de nombreux modèles ne peuvent pas atteindre une concentration d'environ 450 ppm eqCO<sub>2</sub> d'ici 2100 en l'absence de CSC, ce qui explique le petit nombre de scénarios pour le graphique de droite. [figures 6.34 et 6.35]

<sup>21</sup> Le bilan des émissions de CO<sub>2</sub> pour le secteur de l'AFAT regroupe les émissions et l'absorption de CO<sub>2</sub> attribuables à ce secteur, y compris les terres forestières et, dans quelques évaluations, les puits de CO<sub>2</sub> dans les sols agricoles.

Réduction de la demande d'énergie finale et parts des vecteurs d'énergie sobres en carbone dans les secteurs utilisant l'énergie finale



**Figure RID.8** | Réduction de la demande d'énergie finale par rapport aux scénarios de référence (rangée supérieure) et parts des vecteurs d'énergie sobres en carbone dans l'énergie finale (rangée inférieure), dans les secteurs des transports, du bâtiment et de l'industrie, d'ici 2030 et 2050, selon les scénarios appartenant à deux catégories différentes de concentration en équivalent CO<sub>2</sub>, comparés à des études sectorielles évaluées dans les chapitres 8 à 10. Les réductions de la demande indiquées par ces scénarios ne compromettent pas le développement. Les vecteurs d'énergie sobres en carbone comprennent l'électricité, l'hydrogène et les biocarburants liquides dans les transports, l'électricité dans le bâtiment et l'électricité, la chaleur, l'hydrogène et la bioénergie dans l'industrie. Les chiffres figurant au bas des graphiques indiquent le nombre de scénarios pris en compte dans l'éventail considéré, ce qui diffère selon les secteurs et en fonction du temps, en raison de la résolution sectorielle et l'horizon de temps des modèles. [figures 6.37 et 6.38]

alors qu'il est prévu une augmentation des émissions de GES non carbonés dans l'agriculture, les émissions nettes de CO<sub>2</sub> dans le secteur de l'AFAT décroissent au fil du temps, ce secteur devenant pour certains modèles un puits net vers la fin du siècle (figure RID.7)<sup>22</sup>. [6.3.1.4, 6.8, figure RT.15]

**Les modes de développement des infrastructures et les produits à longue durée de vie qui enferment les sociétés dans des profils d'évolution d'émissions intensives en GES peuvent se révéler difficiles ou très coûteux à changer, ce qui vient étayer l'importance d'une action rapide et ambitieuse en faveur de l'atténuation (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Ce risque de blocage est aggravé par la durée de vie des infrastructures, par les différences entre les émissions découlant de solutions diverses et par l'ampleur du coût des investissements. Il en résulte qu'un tel enfermement lié aux infrastructures et à l'aménagement du territoire constitue le facteur le plus difficile à réduire. Néanmoins, les matières, les produits et les infrastructures à longues durées de vie et à faibles émissions sur le cycle de vie peuvent faciliter la transition vers des profils d'évolution à faibles émissions tout en permettant une réduction des émissions par l'intermédiaire d'une utilisation relativement faible de matière. [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

**De fortes interdépendances sont à noter, dans les scénarios d'atténuation, entre le rythme auquel les mesures d'atténuation s'appliquant à l'approvisionnement en énergie et à l'utilisation finale de l'énergie sont mises en place et l'évolution du secteur de l'AFAT (degré de confiance élevé).** La répartition des efforts d'atténuation entre les différents secteurs est fortement influencée par la disponibilité et les performances de la BECSC et du boisement à grande échelle (figure RID.7). C'est tout particulièrement le cas dans les scénarios atteignant des concentrations d'environ 450 ppm éqCO<sub>2</sub> en 2100. Des stratégies d'atténuation générales et transsectorielles bien conçues sont plus rentables dans la réduction des émissions qu'une approche fine visant une technologie ou un secteur en particulier. Au niveau du système énergétique, cela comprend les réductions d'intensité des émissions de GES provenant du secteur de l'approvisionnement en énergie, une transition vers des vecteurs d'énergie sobres en carbone (y compris l'électricité sobre en carbone) et des réductions de la demande en énergie des secteurs consommateurs, sans compromis quant au développement (figure RID.8). [6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, tableau RT.2]

**Les scénarios d'atténuation atteignant des concentrations proches de 450 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici 2100 s'accompagnent dans le monde de bouleversements à grande échelle dans le secteur de l'approvisionnement en énergie (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Dans ces scénarios choisis qui se caractérisent par des réductions entre 2040 et 2070 de 90 % ou plus par rapport aux niveaux de 2010, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> provenant du secteur de l'approvisionnement en énergie devraient diminuer au cours des prochaines décennies. Dans plusieurs de ces scénarios, les émissions devraient baisser par la suite pour atteindre des valeurs négatives. [6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11]

**Dans les scénarios qui atteignent d'ici 2100 des concentrations atmosphériques d'environ 450 à 500 ppm éqCO<sub>2</sub>, les améliorations du rendement et les changements de comportement, destinés à réduire la demande en énergie par rapport aux scénarios de référence sans compromettre le développement, constituent des éléments clés dans le cadre d'une stratégie d'atténuation (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Les diminutions à court terme de la demande en énergie représentent un élément important des stratégies d'atténuation d'un bon rapport coût-efficacité, offrent davantage de flexibilité quant à la réduction de l'intensité carbone dans le secteur de l'approvisionnement en énergie, protègent des risques associés à l'approvisionnement, permettent d'éviter le piège des infrastructures à fortes émissions de carbone et s'accompagnent de co-avantages substantiels. Les études tant intégrées que sectorielles fournissent des estimations similaires pour les réductions de la demande en énergie dans les secteurs des transports, du bâtiment et de l'industrie pour 2030 et 2050 (figure RID.8). [6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10]

<sup>22</sup> La plupart des modèles du système terrestre évalués par le GT I projettent la poursuite du piégeage du carbone par le sol dans tous les RCP jusqu'en 2100, certains cependant simulent une perte en carbone des sols causée par l'effet combiné du changement climatique et des changements d'affectation des terres. [E.7 du RID du volume GT I, 6.4 du volume GT I]

**Le comportement, le mode de vie et la culture influent considérablement sur la consommation d'énergie et donc sur les émissions associées, leur potentiel d'atténuation étant élevé dans certains secteurs, en particulier lorsqu'ils viennent en complément d'évolutions technologiques et structurelles<sup>23</sup> (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen).** Il est possible de réduire considérablement les émissions en faisant évoluer les habitudes de consommation (ex.: le besoin et les modes de mobilité, la consommation d'énergie par les ménages, le choix de produits à plus longue durée de vie) ou en modifiant le régime alimentaire et en diminuant le gaspillage alimentaire. Plusieurs solutions, telles que les incitations financières et non financières ou la sensibilisation, peuvent faciliter les changements de comportement. [6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, encadré 0.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, tableau RT.2]

#### RID.4.2.2

#### Approvisionnement en énergie

**Les scénarios de référence évalués dans le cinquième Rapport d'évaluation projettent un quasi-doublement voire un triplement d'ici 2050 des émissions directes de CO<sub>2</sub> issues du secteur de l'approvisionnement en énergie par comparaison avec le niveau de 14,4 GtCO<sub>2</sub>/an atteint en 2010, sauf si une accélération bien supérieure à ce qu'on a pu observer jusqu'à présent se produit en ce qui concerne l'amélioration de l'intensité énergétique (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen).** Au cours de la dernière décennie, les principales contributions à la croissance des émissions ont été l'accroissement de la demande en énergie et l'augmentation de la part du charbon dans le bouquet énergétique à l'échelle mondiale. La disponibilité bornée des combustibles fossiles ne sera pas suffisante à elle seule pour limiter la concentration en équivalent CO<sub>2</sub> à des niveaux tels que 450 ppm, 550 ppm ou 650 ppm. (figure RID.7) [6.3.4, 7.2, 7.3, figures 6.15 et RT.15]

**La décarbonisation (à savoir la réduction de l'intensité carbone) de la production d'électricité constitue un élément clé permettant aux stratégies d'atténuation d'un bon rapport coût-efficacité d'atteindre des niveaux de stabilisation bas (entre 430 et 530 ppm eqCO<sub>2</sub>); dans la plupart des scénarios de modèles intégrés, la décarbonisation survient plus rapidement dans la production d'électricité que dans les secteurs de l'industrie, du bâtiment et des transports (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé) (figure RID.7).** Dans la majorité des scénarios à stabilisation basse, la part de l'approvisionnement en électricité sobre en carbone (ce qui comprend les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire et le CSC) augmente à partir de la part actuelle d'environ 30 % à plus de 80 % en 2050, et la production d'électricité à partir de combustibles fossiles sans CSC est presque entièrement abandonnée d'ici 2100 (figure RID.7). [6.8, 7.11, figures 7.14 et RT.18]

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, on a pu observer des gains de rendement et des baisses de coûts considérables dans beaucoup de technologies du domaine des énergies renouvelables, qui sont parvenues en nombre croissant à un degré de maturité permettant leur déploiement à grande échelle (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** En ce qui concerne la seule production d'électricité, les énergies renouvelables représentent un peu plus de la moitié des nouvelles capacités de production installées dans le monde en 2012, la croissance de la production d'énergie éolienne, hydraulique et solaire prédominant. Néanmoins, de nombreuses technologies dans ce domaine nécessitent encore un soutien direct ou indirect, si leurs parts de marché doivent réellement progresser; les politiques menées en faveur des énergies renouvelables ont incité récemment à la croissance. Les difficultés propres à l'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes énergétiques et les coûts associés varient selon les technologies, les situations à l'échelon régional et les caractéristiques des infrastructures énergétiques déjà en place (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen). [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, tableau 7.1]

**L'énergie nucléaire est une source d'électricité en charge de base à faible émission de GES arrivée à maturité, mais sa part dans la production mondiale d'électricité décline depuis 1993. Elle pourrait apporter**

<sup>23</sup> Les changements structurels se réfèrent à des transformations selon lesquelles certains composants sont remplacés ou peuvent se substituer à d'autres (voir le glossaire du volume GT III, RE5)



**une contribution croissante à l'approvisionnement en énergie sobre en carbone, mais divers risques et obstacles y sont associés** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Ceux-ci incluent les risques liés au fonctionnement et les inquiétudes qu'ils soulèvent, les risques liés à l'extraction de l'uranium, les risques financiers et réglementaires, les problèmes non résolus que soulève le traitement des déchets, les préoccupations au sujet de la prolifération des armes nucléaires et une opinion publique défavorable (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). De nouveaux cycles de combustible et de nouvelles technologies de réacteurs visant à résoudre certains de ces problèmes sont à l'étude; la recherche et le développement progressent en ce qui concerne la sécurité et la gestion des déchets. [7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, figure RT.19]

**Il est possible de fortement réduire les émissions de GES liées à l'approvisionnement en énergie en remplaçant les centrales électriques à charbon d'un rendement moyen, actuellement en service dans le monde, par des centrales modernes à haut rendement, à cycle combiné alimentées au gaz naturel ou par des centrales de cogénération, à condition qu'on dispose de gaz naturel et que les émissions fugitives liées à son extraction et à son approvisionnement soient faibles ou atténuées** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Dans les scénarios d'atténuation atteignant des concentrations d'environ 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100, la production d'électricité au gaz naturel sans CSC sert de technologie de transition; son déploiement croît jusqu'à un maximum puis redevient inférieur aux niveaux actuels d'ici à 2050 et continue de décliner dans la seconde moitié du siècle (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). [7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

**Les technologies de captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) pourraient réduire les émissions de GES sur l'ensemble de la durée de vie des centrales électriques à combustible fossile** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Alors que toutes les composantes des systèmes intégrés de CSC existent et sont utilisées par l'extraction et le raffinage industriels des combustibles fossiles, le CSC n'a pas encore été utilisé à échelle réelle dans une grande installation commerciale de production d'électricité à combustible fossile. Des centrales électriques équipées du CSC n'apparaîtront sur le marché qu'à condition qu'une réglementation incitative soit mise en place ou qu'elles deviennent compétitives vis-à-vis d'unités de production non équipées, ce qui serait le cas par exemple si les coûts d'investissement et de fonctionnement supplémentaires pouvaient être compensés par un prix suffisamment élevé du carbone (ou directement par des aides financières). Pour que se dessine à l'avenir un déploiement à grande échelle du CSC, des réglementations explicites concernant les responsabilités à court et à long termes en matière de séquestration sont aussi nécessaires que les incitations économiques. Des obstacles s'opposent à un tel déploiement, notamment des inquiétudes liées à la sécurité et au maintien à long terme de l'intégrité du stockage du  $\text{CO}_2$ , ainsi que les risques liés au transport de ce gaz. Les publications se multiplient cependant sur la manière de garantir l'intégrité des puits de  $\text{CO}_2$ , sur les conséquences éventuelles d'une augmentation de pression au sein d'une formation géologique causée par le stockage de  $\text{CO}_2$  (comme un séisme induit) et sur les incidences éventuelles sur la santé et l'environnement du  $\text{CO}_2$  qui s'échapperait d'une zone d'injection principale (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). [7.5.5, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12, 11.13]

**Le fait de combiner bioénergie et CSC (BECSC) ouvre la perspective d'un approvisionnement en énergie s'accompagnant d'un bilan négatif des émissions à grande échelle; cette technologie, qui joue un rôle important dans de nombreux scénarios de stabilisation basse, est aussi synonyme d'enjeux et de risques** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Ces enjeux et ces risques incluent ceux qu'on associe en amont à l'approvisionnement à grande échelle de biomasse utilisée par les installations de CSC ainsi que ceux qu'on associe à la technologie même du CSC. [7.5.5, 7.9, 11.13]

## RID.4.2.3

### Secteurs consommant l'énergie finale

#### Transports

En 2010, 27 % de la consommation d'énergie finale était imputée au secteur des transports, ainsi que des émissions directes s'élevant à 6,7  $\text{GtCO}_2$ ; les émissions de  $\text{CO}_2$  de référence devraient à peu près doubler

**d'ici 2050** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Cette croissance des émissions de CO<sub>2</sub> due à l'augmentation de l'activité tant passagers que fret à l'échelle mondiale pourrait contrebalancer en partie les mesures futures d'atténuation qui comprennent les améliorations de l'intensité énergétique, la mise en place d'infrastructures, les changements de comportement et la mise en œuvre de politiques globales (*degré de confiance élevé*). Globalement, des réductions des émissions totales de CO<sub>2</sub> dues aux transports se situant entre 15 et 40 % par rapport à une croissance de référence pourraient être atteintes en 2050 (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RID.7). [6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10]

**En complétant les mesures d'atténuation sur le plan technique et comportemental, touchant tous les modes de transport, par de nouveaux investissements en matière d'infrastructures et de réaménagement urbain, on parviendrait en 2050 à réduire la demande d'énergie finale d'environ 40 % par rapport aux scénarios de référence, ce qui constitue un potentiel d'atténuation supérieur à celui dont il était question dans le quatrième Rapport d'évaluation** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen*). La marge d'amélioration du rendement énergétique et des performances des véhicules se situe entre 30 et 50 % en 2030 par rapport à 2010, en fonction du mode de transport et du type de véhicule (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Des plans urbains intégrés, des aménagements axés sur le transport, des formes urbaines plus compactes qui favorisent les déplacements à pied et à bicyclette peuvent tous conduire à des transferts modaux, tout comme ce sera le cas, à plus long terme, de réaménagements urbains et d'investissements dans de nouvelles infrastructures, telles que les lignes ferroviaires à grande vitesse qui réduisent la demande de service aérien court-courrier (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). De telles mesures d'atténuation sont difficiles à mettre en place et leurs résultats sont incertains, mais elles pourraient conduire à une réduction des émissions de GES dues aux transports se situant entre 20 et 50 % en 2050 (*éléments disponibles limités, degré de cohérence faible*) (figure RID.8, graphiques supérieurs). [8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5]

**Les difficultés associées au stockage de l'énergie et à la densité énergétique relativement faible des carburants sobres en carbone destinés aux transports entravent les stratégies visant à réduire l'intensité carbone des carburants et limitent le taux de réduction de l'intensité carbone** (*degré de confiance moyen*). Les études intégrées et sectorielles concordent en général sur le fait qu'il sera possible à court terme d'utiliser des combustibles à faible émission de carbone et que ces combustibles prendront de plus en plus de place au fil du temps. Pour les véhicules routiers et les navires, la consommation de carburant à base de méthane augmente déjà. Il sera possible d'utiliser de l'électricité produite à partir de sources sobres en carbone dans un avenir proche pour les trains électriques, ainsi qu'à court et à moyen termes pour répondre aux besoins de la mise sur le marché d'autobus, de véhicules automobiles légers et de deux-roues électriques. Les combustibles à hydrogène à partir de sources sobres en carbone constituent des solutions à long terme. Les biocarburants liquides et gazeux disponibles dans le commerce offrent déjà des co-avantages, tout comme les mesures d'atténuation qui peuvent faire évoluer les progrès technologiques. Dans le secteur des transports, la réduction des émissions de particules (y compris le carbone suie), d'ozone troposphérique et de précurseurs d'aérosols (y compris les NO<sub>x</sub>) peut présenter à court terme des co-avantages en matière de santé et d'atténuation (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [8.2, 8.3, 11.13, figure RT.20, graphique de droite]

**Le rapport coût-efficacité des différentes mesures de réduction du carbone dans le secteur des transports varie considérablement selon le type de véhicule et le mode de transport** (*degré de confiance élevé*). Les coûts moyens actualisés de la conservation du carbone peuvent être très faibles ou négatifs dans le cas de nombreuses mesures à court terme portant sur le comportement et apportant des améliorations de rendement pour les véhicules routiers légers et lourds et autres embarcations maritimes. En 2030, pour certains véhicules électriques, les avions et potentiellement les lignes ferroviaires à grande vitesse, les coûts moyens actualisés de la conservation du carbone pourraient dépasser 100 dollars des États-Unis d'Amérique par tonne de CO<sub>2</sub> dont l'émission serait évitée (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). [8.6, 8.8, 8.9, figures RT.21 et RT.22]

**Les différences régionales influent sur le choix des mesures d'atténuation dans le secteur des transports** (*degré de confiance élevé*). Les obstacles institutionnels, juridiques, financiers et culturels freinent l'adoption de technologies

sobres en carbone et les changements de comportement. Les infrastructures en place peuvent limiter les possibilités de transfert modal et conduire à une plus grande dépendance vis-à-vis de technologies de pointe pour les véhicules; un ralentissement de la croissance de la demande de véhicules utilitaires légers est déjà évident dans certains pays de l'OCDE. Pour tous les pays, en particulier ceux qui connaissent des taux élevés de croissance urbaine, les investissements dans les systèmes de transport en commun et les infrastructures sobres en carbone peuvent leur éviter de rester bloqués dans des modes à forte intensité carbone. Le fait de donner la priorité aux infrastructures pour les piétons et d'intégrer des services non motorisés et des services de transport en commun peut engendrer des co-avantages économiques et sociaux dans toutes les régions (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [8.4, 8.8, 8.9, 14.3, tableau 8.3]

**Les stratégies d'atténuation, lorsqu'elles sont associées à des politiques non climatiques à tous les niveaux gouvernementaux, peuvent aider à dissocier les émissions de GES provenant des transports de la croissance économique dans toutes les régions (*degré de confiance moyen*).** Ces stratégies peuvent aider à réduire la demande de transport, inciter les entreprises de fret à réduire l'intensité carbone de leurs systèmes logistiques et induire des transferts modaux; elles peuvent aussi fournir des co-avantages, notamment l'amélioration de l'accessibilité et de la mobilité, l'amélioration de la santé et de la sécurité, l'augmentation de la sécurité énergétique et des gains d'argent et de temps (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). [8.7, 8.10]

### Bâtiment

**En 2010, 32 % de la consommation d'énergie finale était imputée au secteur du bâtiment<sup>24</sup>, ainsi que des émissions directes et indirectes s'élevant à 8,8 GtCO<sub>2</sub>; la demande d'énergie devrait à peu près doubler et les émissions de CO<sub>2</sub> augmenter de 50 à 150 % d'ici le milieu du siècle dans les scénarios de référence (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*).** Cette croissance de la demande énergétique résulte d'un enrichissement, de changements de mode de vie, d'une amélioration de l'accès à des services énergétiques modernes et à un habitat décent, ainsi que de l'urbanisation. Les risques de blocage sont considérables en raison de la longue durée de vie des bâtiments et des infrastructures connexes, et ces risques sont particulièrement importants dans les régions où le rythme de construction est élevé (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). [9.4, figure RID.7]

**Les progrès récents dans les technologies, le savoir-faire et les politiques offrent des possibilités de stabilisation ou de réduction de la consommation mondiale d'énergie dans le secteur du bâtiment d'ici le milieu du siècle (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*).** Dans l'immobilier neuf, l'adoption de normes de construction de bâtiments à très faibles besoins énergétiques est importante et a progressé considérablement depuis la parution du RE4. Les rénovations forment un élément clé de la stratégie d'atténuation dans les pays disposant d'un bâti existant conséquent et la consommation d'énergie destinée au chauffage ou à la climatisation des bâtiments a été réduite de 50 à 90 %. D'importantes améliorations apportées récemment en matière de rendement et de coûts rendent la construction et la rénovation à très faible consommation d'énergie économiquement intéressantes, celles-ci pouvant parfois même se réaliser à des coûts nets négatifs. [9.3]

**Le mode de vie, la culture et le comportement ont une influence considérable sur la consommation énergétique des bâtiments (*éléments disponibles limités, degré de cohérence élevé*).** Pour un même niveau de service énergétique dans les bâtiments, il apparaît qu'on peut consommer trois à cinq fois plus d'énergie selon les cas. Pour les pays développés, les scénarios indiquent que les changements de mode de vie et de comportement pourraient réduire la demande d'énergie jusqu'à 20 % à court terme et jusqu'à 50 % d'ici la moitié du siècle, par rapport aux niveaux actuels. Dans les pays en développement, il serait possible d'intégrer des éléments de modes de vie traditionnels dans les pratiques de construction et dans l'architecture pour faciliter la fourniture de niveaux élevés de services énergétiques avec des apports d'énergie beaucoup plus bas que ceux qu'indiquent les scénarios de référence. [9.3]

<sup>24</sup> Le secteur du bâtiment englobe les parcs immobiliers résidentiels, commerciaux et publics, et les services; les émissions provenant de la construction sont comptabilisées dans le secteur de l'industrie

**La plupart des mesures d'atténuation dans le secteur du bâtiment s'accompagnent de co-avantages divers et considérables en plus des économies sur les coûts énergétiques** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Ces co-avantages touchent notamment l'amélioration de la sécurité énergétique, la santé (fourneaux ou réchauds à bois plus propres, par exemple), les conséquences pour l'environnement, la productivité sur le lieu de travail, la réduction de la précarité énergétique et les gains nets d'emplois. Les études qui ont chiffré les co-avantages trouvent souvent que ceux-ci dépassent les économies d'énergie et probablement les avantages climatiques (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [9.6, 9.7, 3.6.3]

**Des obstacles de taille, tels que l'opposition entre incitations (entre locataires et constructeurs par exemple), la fragmentation des marchés et l'accès insuffisant à l'information et au financement, se dressent contre l'adoption par le marché de solutions d'un bon rapport coût-efficacité.** Il est possible de lever de telles barrières grâce à des mesures permettant d'intervenir à tous les stades du cycle de vie des bâtiments et des équipements (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). [9.8, 9.10, 16, encadré 3.10]

**Depuis la parution du RE4, des progrès considérables ont été accomplis dans l'élaboration et la mise en œuvre d'ensembles de politiques prônant le rendement énergétique. Les codes de la construction et les normes touchant les équipements, s'ils sont bien conçus et mis en œuvre, figurent parmi les instruments les plus efficaces sur le plan écologique et les plus rentables en matière de réduction des émissions** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Dans certains pays développés, ils ont contribué à une stabilisation ou à une réduction de la demande totale d'énergie pour les bâtiments. Le renforcement substantiel de ces instruments, leur adoption dans d'autres juridictions et leur application à d'autres types de constructions et d'équipements constituent des facteurs clés qui permettront d'atteindre des objectifs climatiques ambitieux. [9.10, 2.6.5.3]

### Industrie

**En 2010, environ 28 % de la consommation d'énergie finale était imputée au secteur de l'industrie, ainsi que des émissions directes et indirectes, y compris les émissions inhérentes aux procédés, s'élevant à 13 GtCO<sub>2</sub>; les émissions devraient augmenter de 50 à 150 % d'ici 2050 dans les scénarios de référence pris en compte dans le RE5, à moins qu'une nette accélération de l'amélioration du rendement énergétique se produise** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Les émissions de l'industrie ont représenté un peu plus de 30 % des émissions mondiales de GES en 2010 et sont actuellement supérieures aux émissions provenant des secteurs du bâtiment ou des transports (figures RID.2 et RID.7). [10.3]

**Il serait possible de parvenir d'emblée à une réduction d'environ 25 % de l'intensité énergétique dans le secteur de l'industrie par rapport au niveau actuel, au moyen d'une modernisation à grande échelle qui se traduirait par la mise en place des meilleures technologies disponibles, en particulier dans les pays où ces dernières ne sont pas exploitées et dans les industries qui présentent une mauvaise intensité énergétique** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). L'innovation pourrait apporter une réduction supplémentaire de l'intensité énergétique de l'ordre de 20 % (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Les obstacles au rendement énergétique sont associés en grande partie aux coûts d'investissement initiaux et au manque d'information. Les programmes d'information représentent une approche répandue pour promouvoir le rendement énergétique, suivie par les instruments économiques, les approches réglementaires et les actions volontaires. [10.7, 10.9, 10.11]

**Outre le rendement énergétique, les améliorations touchant la réduction des émissions de GES et le taux d'utilisation des matières, le recyclage et la réutilisation des matériaux et des produits, et une réduction globale de la demande de produits (ex.: grâce à une utilisation plus intensive des produits) et de la demande de services pourraient aider à réduire les émissions de GES dans le secteur de l'industrie, pour qu'elles passent sous le niveau de référence** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). De nombreuses mesures de réduction des émissions présentent un bon rapport coût-efficacité, sont rentables et sont associées à des co-avantages multiples (meilleur respect de l'environnement, avantages pour la santé, etc.). À long terme, le passage à une production d'électricité sobre en carbone, de nouveaux procédés industriels, des innovations radicales dans les produits (ex.: des

produits pouvant remplacer le ciment), ou le CSC (ex.: pour réduire les émissions inhérentes aux procédés) pourraient contribuer à une réduction importante des émissions de GES. L'absence de politique et d'expérience au sujet des rendements d'utilisation des matières, des produits et des services constituent un obstacle majeur. [10.4, 10.7, 10.8, 10.11]

**Les émissions de CO<sub>2</sub> dominent les émissions de GES provenant de l'industrie, mais des possibilités d'atténuation importantes existent aussi pour les gaz autres que le CO<sub>2</sub> (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Le CH<sub>4</sub>, le N<sub>2</sub>O et les gaz fluorés de l'industrie représentaient des émissions de 0,9 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2010. Les possibilités d'atténuation principales comprennent, par exemple, la réduction des émissions d'hydrofluorocarbones par l'optimisation des procédés et la récupération, le recyclage et la substitution des fluides frigorigènes, même si des obstacles perdurent. [tableaux 10.2 et 10.7]

**Des approches systémiques et des activités de collaboration entre les entreprises et les secteurs peuvent réduire la consommation d'énergie et de matières et donc les émissions de GES (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** L'application de technologies (ex.: des moteurs efficaces) et de mesures (ex.: la réduction des fuites d'air ou de vapeur) transversales, à la fois dans les grosses industries à forte intensité énergétique et dans les petites et moyennes entreprises peut améliorer le rendement des procédés et l'efficacité du fonctionnement des usines, suivant un bon rapport coût-efficacité. La coopération entre les entreprises (ex.: dans les parcs industriels) et les secteurs pourrait inclure la mise en commun de l'infrastructure, de l'information et de l'utilisation de la chaleur résiduelle. [10.4, 10.5]

**En ce qui concerne l'atténuation dans la gestion des déchets, la réduction des déchets, suivie par la réutilisation, le recyclage et la récupération d'énergie constituent des solutions importantes (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Les déchets et les eaux usées représentaient 1,5 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2010. Comme la part de matériaux recyclés ou réutilisés est encore faible (ex.: à l'échelle mondiale, environ 20 % des déchets solides municipaux sont recyclés), des technologies de traitement des déchets et la récupération d'énergie permettant de réduire la demande de combustibles fossiles peuvent entraîner une réduction importante des émissions directes provenant de l'élimination des déchets. [10.4, 10.14]

### RID.4.2.4

#### Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT)

**Environ un quart (~ 10 à 12 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an) des émissions anthropiques nettes de GES est imputé au secteur de l'AFAT, et principalement à la déforestation, aux émissions agricoles provenant de la gestion des sols et des éléments nutritifs, et à l'élevage (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé).** La plupart des estimations récentes indiquent une baisse des flux de CO<sub>2</sub> de l'AFAT, en grande partie en raison de la diminution des cadences de déboisement et de l'augmentation du reboisement. Cependant, l'incertitude qui pèse sur les émissions nettes passées est plus grande dans le cas de l'AFAT que dans celui des autres secteurs; viennent s'ajouter à cela des incertitudes supplémentaires sur les émissions nettes de l'AFAT dans les projections des scénarios de référence. Néanmoins, à l'avenir, les émissions annuelles nettes de CO<sub>2</sub> attribuées à l'AFAT selon les scénarios de référence devraient diminuer, celles-ci pouvant atteindre d'ici 2050 moins de la moitié des niveaux enregistrés en 2010 et il est possible que l'AFAT devienne un puits net de CO<sub>2</sub> avant la fin du siècle (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé) (figure RID. 7). [6.3.1.4, 11.2, figure 6.5]

**Le secteur de l'AFAT joue un rôle central dans les domaines de la sécurité alimentaire et du développement durable. Les mesures d'atténuation présentant le meilleur rapport coût-efficacité en foresterie sont le boisement, la gestion durable des forêts et la réduction du déboisement; leur importance relative varie grandement suivant les régions. En agriculture, les mesures d'atténuation présentant le meilleur rapport coût-efficacité sont la gestion des terres cultivées, la gestion des pâturages et la restauration des sols organiques (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé).** Selon les évaluations, le potentiel économique d'atténuation

des mesures s'appliquant à l'offre atteindrait de 7,2 à 11 Gt $\text{eqCO}_2/\text{an}^{25}$  en 2030 pour des efforts d'atténuation correspondant à des prix du carbone<sup>26</sup> allant jusqu'à 100 dollars des États-Unis d'Amérique par tonne d'équivalent  $\text{CO}_2$ , un tiers de ces efforts environ pouvant être réalisés à un prix inférieur à 20 dollars É.-U./t $\text{eqCO}_2$  (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). La mise en œuvre des mesures d'atténuation possibles fait face à d'éventuels obstacles [11.7, 11.8]. Les mesures axées sur la demande, telles que les changements touchant au régime alimentaire et la réduction des pertes dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire, disposent d'un net potentiel, bien qu'incertain, de réduction des émissions de GES provenant de la production alimentaire (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Les données découlant des évaluations varient de 0,76 à 8,6 Gt $\text{eqCO}_2/\text{an}$  d'ici 2050 (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). [11.4, 11.6, figure 11.14]

**Le degré d'efficacité des politiques régissant les pratiques agricoles ainsi que la préservation et la gestion des forêts est le plus élevé quand celles-ci combinent atténuation et adaptation.** Certaines mesures d'atténuation dans le secteur de l'AFAT (notamment celles touchant les réserves de carbone dans les sols et les forêts) peuvent se révéler vulnérables aux changements climatiques (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Lorsqu'elles sont mises en œuvre de manière durable, les activités de réduction des émissions dues au déboisement et à la dégradation des forêts (REDD+<sup>27</sup> est un exemple conçu pour être durable) constituent des mesures d'un bon rapport coût-efficacité pour atténuer le changement climatique, pouvant s'accompagner de co-avantages économiques, sociaux et environnementaux, ainsi qu'en matière d'adaptation (ex.: la préservation de la diversité biologique et des ressources en eau, et la réduction de l'érosion des sols) (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). [11.3.2, 11.10]

**La bioénergie peut jouer un rôle crucial en faveur de l'atténuation, mais certaines questions doivent être éclaircies, telles que la durabilité des pratiques et l'efficacité des systèmes bioénergétiques** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen*) [11.4.4, encadré 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. Parmi les obstacles à un déploiement à grande échelle de la bioénergie figurent des préoccupations au sujet des émissions de GES provenant des sols, de la sécurité alimentaire, de la conservation de la biodiversité et des moyens de subsistance. Le débat scientifique portant sur les incidences climatiques globales liées aux effets de la mise en concurrence des terres découlant de certains profils d'évolution de la bioénergie n'est toujours pas tranché (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les bioénergies sont diverses et couvrent un large éventail de solutions et de trajectoires technologiques. Les éléments disponibles donnent à espérer que les solutions à faibles émissions sur le cycle de vie (ex.: canne à sucre, miscanthus, espèces d'arbres à croissance rapide ou utilisation durable des résidus de la biomasse), certaines étant déjà disponibles, peuvent réduire les émissions de GES; les résultats sont spécifiques au site et s'appuient sur des «systèmes de biomasse pour la bioénergie» intégrés et efficaces, ainsi que sur une gestion et une gouvernance durables des terres. Dans certaines régions, des solutions bioénergétiques précises, telles que l'amélioration des fourneaux et la production à petite échelle de biogaz et de bioélectricité, pourraient réduire les émissions de GES et améliorer les moyens de subsistance et la santé dans le contexte du développement durable (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [11.13]

#### RID.4.2.5

#### Établissements humains, infrastructures et aménagement du territoire

**L'urbanisation est une tendance mondiale à laquelle on associe une augmentation des revenus, elle-même corrélée avec une croissance de la consommation d'énergie et des émissions de GES** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). En 2011, plus de 52 % de la population mondiale vivait en zone urbaine. En 2006, aux zones urbaines étaient imputées 67 à 76 % de la consommation d'énergie et 71 à 76 % des émissions de  $\text{CO}_2$  liées à l'énergie. En 2050, la population urbaine aura encore augmenté et pourrait atteindre entre 5,6 et 7,1 milliards, soit 64 à 69 % de la population mondiale. Les villes des pays non visés dans l'annexe I se distinguent généralement par des

<sup>25</sup> Fourchette complète de toutes les études: de 0,49 à 11 Gt $\text{eqCO}_2/\text{an}$ .

<sup>26</sup> Dans de nombreux modèles utilisés pour évaluer les coûts économiques de l'atténuation, le prix du carbone sert de donnée indirecte pour représenter le niveau d'effort dans les politiques d'atténuation (voir le glossaire du volume GT III du RE5).

<sup>27</sup> Voir le glossaire du volume GT III du RE5.

niveaux d'utilisation de l'énergie relativement élevés par rapport à la moyenne nationale, tandis que les villes des pays visés dans l'annexe I montrent généralement une consommation d'énergie par habitant inférieure à la moyenne nationale (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [12.2, 12.3]

**Les deux prochaines décennies présentent une conjoncture propice à l'atténuation dans les zones urbaines, puisqu'une grande partie des zones urbaines dans le monde se développeront au cours de cette période** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence élevé*). En tenant compte des tendances à la baisse des densités de population et des croissances économique et démographique continues, la couverture spatiale des zones urbaines devrait augmenter de 56 à 310 % entre 2000 et 2030. [12.2, 12.3, 12.4, 12.8]

**Les mesures d'atténuation dans les zones urbaines varient en fonction des trajectoires d'urbanisation et devraient être les plus efficaces quand les instruments politiques sont regroupés** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les infrastructures et la forme urbaine sont étroitement imbriquées et verrouillent les modèles d'utilisation des terres, les choix de transport, le logement et les comportements. Les stratégies d'atténuation efficaces exigent des ensembles de mesures se renforçant mutuellement, notamment pour que les hautes densités résidentielles et les fortes densités d'emploi se situent dans les mêmes zones, pour qu'on parvienne à l'intégration d'une grande diversité en matière d'utilisation des terres, pour qu'on améliore l'accessibilité et qu'on investisse dans les transports publics et pour qu'on puisse gérer la demande dans d'autres domaines. [8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6]

**En ce qui concerne les établissements humains, les plus grandes possibilités d'atténuation se situent dans les zones d'urbanisation rapide où la forme urbaine et les infrastructures ne sont pas verrouillées, mais où la gouvernance et les capacités techniques, financières et institutionnelles sont limitées** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Il est prévu que la croissance urbaine se produira en majeure partie dans les villes de taille moyenne à petite dans les pays en développement. La faisabilité d'instruments d'aménagement du territoire pour atténuer le changement climatique est fortement tributaire de la capacité d'une ville sur le plan des finances et de la gouvernance. [12.6, 12.7]

**Des milliers de villes lancent des plans d'action pour le climat sans qu'on soit certain des incidences globales de ces plans sur les émissions urbaines** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). La mise en œuvre de tels plans et la mesure dans laquelle les objectifs de réduction des émissions sont atteints ou les émissions sont effectivement réduites ne font que très peu l'objet d'évaluations systématiques. Les plans d'action climatique actuels se concentrent en grande partie sur le rendement énergétique. Les plans d'action pour le climat qui envisagent des stratégies de planification de l'utilisation des terres et des mesures intersectorielles visant à réduire l'étalement urbain et à promouvoir l'aménagement axé sur le transport en commun<sup>28</sup> sont relativement peu nombreux. [12.6, 12.7, 12.9]

**Quand elle aboutit, la mise en œuvre de stratégies d'atténuation du changement climatique à l'échelle urbaine peut procurer des co-avantages** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Partout dans le monde, les zones urbaines continuent de poser des défis, notamment en ce qui concerne l'accès à l'énergie, la lutte contre la pollution de l'air et de l'eau, et le maintien des possibilités d'emploi et de la compétitivité. La réussite de la mise en œuvre de mesures d'atténuation à l'échelle urbaine est souvent fonction de la capacité de relier les efforts d'atténuation des changements climatiques aux co-avantages à l'échelle locale (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). [12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

<sup>28</sup> Voir le glossaire du volume GT III du RE5.

## RID.5 Politiques d'atténuation et institutions

### RID.5.1 Politiques sectorielles et nationales

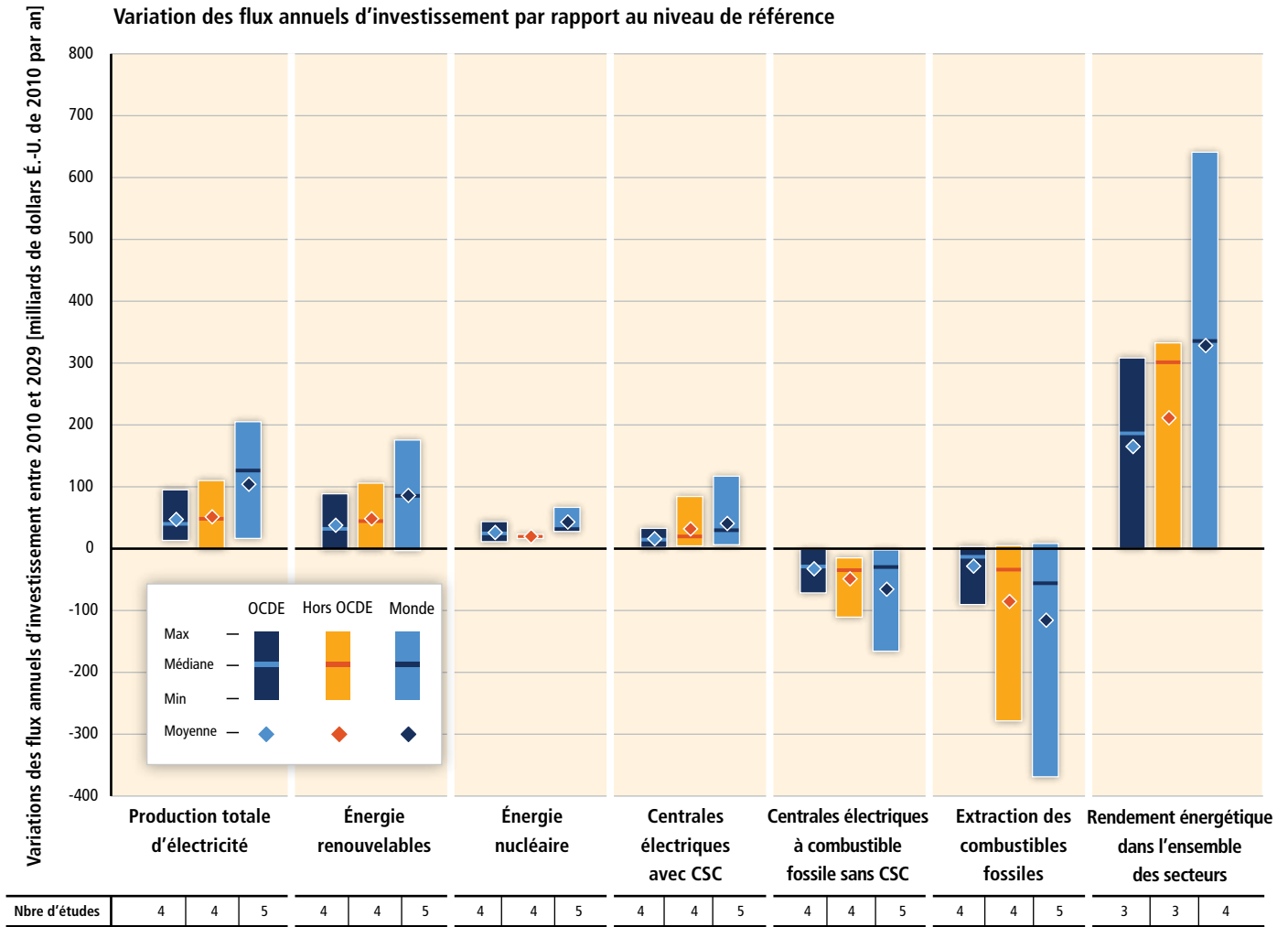
**Des réductions substantielles des émissions devraient nécessiter de nouvelles formes d'investissements.** Les scénarios d'atténuation selon lesquels les politiques adoptées permettent une stabilisation des concentrations dans une fourchette de 430 à 530 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100 (sans dépassement) conduisent à des changements conséquents dans les flux d'investissements annuels pendant la période 2010-2029 par comparaison avec les scénarios de référence (figure RiD.9). Pour les deux prochaines décennies (2010-2029), les projections montrent à la fois une baisse des investissements annuels dans les technologies conventionnelles liées aux combustibles fossiles et associées au secteur de l'approvisionnement en électricité d'environ 30 (2 à 166) milliards de dollars des États-Unis d'Amérique (médiane: -20 % par rapport à 2010) et une hausse des investissements annuels dans l'approvisionnement en électricité sobre en carbone (énergies renouvelables, énergie nucléaire et production d'électricité associée au CSC) d'environ 147 (31 à 360) milliards de dollars des États-Unis (médiane: + 100 % par rapport à 2010) (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Par comparaison, le total annuel mondial des investissements dans le système énergétique s'élève actuellement à environ 1 200 milliards de dollars des États-Unis. En outre, les investissements visant à améliorer le rendement énergétique dans les transports, le bâtiment et l'industrie devraient augmenter d'environ 336 (1 à 641) milliards de dollars des États-Unis par an (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*); ces investissements favorisent souvent la modernisation des équipements existants. [13.11, 16.2.2]

**Il n'existe pas de définition bien établie de ce qui constitue la finance climatique, mais on dispose d'estimations portant sur les flux financiers liés à l'atténuation des changements climatiques et à l'adaptation.** Selon les évaluations publiées, l'ensemble des flux annuels financiers actuels dont l'effet prévu est de réduire les émissions nettes de GES ou d'augmenter la résilience au changement et à la variabilité climatiques serait de l'ordre de 343 à 385 milliards de dollars des États-Unis dans le monde (*degré de confiance moyen*) [encadré RT.14]. La plupart de ces flux vont à l'atténuation. Parmi ceux-ci, le total des financements publics pour le climat qui ont transité vers les pays en développement atteint selon les estimations entre 35 et 49 milliards de dollars des États-Unis par an en 2011 et 2012 (*degré de confiance moyen*). Les estimations de la finance climatique internationale privée circulant vers les pays en développement vont de 10 à 72 milliards de dollars des États-Unis par an, ce qui inclut les investissements directs provenant de l'étranger sous forme de prêts et de prises de participation pour une fourchette de 10 à 37 milliards de dollars par an sur la période 2008-2011 (*degré de confiance moyen*). [16.2.2]

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, le nombre de plans et de stratégies d'atténuation nationaux et infranationaux a considérablement augmenté.** En 2012, 67 % des émissions mondiales de GES étaient soumises à des législations ou stratégies nationales, contre 45 % en 2007. Cependant, aucune inflexion importante des émissions mondiales n'a été observée par rapport aux tendances passées [figure 1.3c]. Dans de nombreux pays, les plans et stratégies n'en sont qu'aux premiers stades de l'élaboration ou de la mise en œuvre, aussi se révèle-t-il difficile d'évaluer leur effet cumulé sur les émissions futures à l'échelle de la planète (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). [14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2]

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, l'accent a été davantage mis sur des politiques visant à intégrer de multiples objectifs, à augmenter les co-avantages et à réduire les effets secondaires indésirables** (*degré de confiance élevée*). Les pouvoirs publics font souvent explicitement état des co-avantages que présentent les plans et stratégies climatiques et sectoriels qu'ils mettent en place. Dans la documentation scientifique, il a été question d'évaluer l'importance des co-avantages (voir RID.4.1) et le fait selon lequel les politiques se caractérisant par des co-avantages importants et des effets secondaires indésirables faibles auraient davantage de chances de voir le jour et de perdurer sur le plan politique [4.8, 5.7, 6.6, 13.2, 15.2]. Malgré l'attention croissante que mobilisent l'élaboration des politiques et la documentation scientifique depuis la parution du RE4, les fondements analytiques et empiriques permettant de comprendre bon nombre d'effets interactifs sont relativement peu étudiés [1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 5.7, 6.6].





**Figure RID.9** | Variation des flux annuels d'investissement par rapport au niveau de référence moyen sur les deux prochaines décennies (de 2010 à 2029), pour des scénarios d'atténuation qui stabilisent la concentration dans la fourchette approximative de 430 à 530 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100. Les changements d'investissement sont basés sur un nombre limité d'études de modèles et de comparaisons de modèles. La production totale d'électricité (colonne de gauche) représente la somme de la production fournie par les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire, les centrales électriques avec CSC et les centrales électriques à combustible fossile sans CSC. Les barres verticales indiquent la plage entre les estimations minimale et maximale; la barre horizontale indique la médiane. La proximité de la médiane n'indique pas une vraisemblance plus élevée, compte tenu des différences de degrés de regroupements des résultats de modèles, du faible nombre d'études disponibles et des écarts entre les hypothèses des études considérées. Au bas de la figure est indiqué le nombre total d'études publiées utilisées pour cette évaluation. Il apparaît que les besoins en investissement constituent encore un domaine de recherche en pleine évolution que peu d'études ont examiné. [figure 16.3]

**Il est davantage fait usage de politiques sectorielles que de politiques s'appliquant à l'ensemble de l'économie** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Selon la plupart des théories économiques, les politiques s'appliquant à l'ensemble de l'économie avec comme seul objectif l'atténuation présenteraient un meilleur rapport coût-efficacité que les politiques sectorielles, mais, depuis la parution du RE4, un nombre croissant d'études montrent que les obstacles administratifs et politiques peuvent rendre les politiques macroéconomiques plus difficiles à concevoir et à mettre en œuvre que des politiques touchant des secteurs en particulier. Ces dernières peuvent être mieux adaptées pour surmonter les obstacles ou les défaillances des marchés spécifiques à certains secteurs, et peuvent être regroupées en ensemble de politiques complémentaires. [6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

**Les approches réglementaires et les mesures d'information sont largement utilisées et souvent efficaces du point de vue de l'environnement** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Les normes de rendement énergétique sont des exemples d'approches réglementaires. Les programmes de labellisation qui peuvent aider les consommateurs à prendre des décisions en étant mieux informés sont des exemples de programmes d'information. Alors qu'il a souvent été établi que ce type d'approche présente un avantage social net, on observe dans la documentation scientifique un certain clivage au sujet de la mesure dans laquelle de telles politiques peuvent être mises en œuvre avec des coûts privés négatifs pour les entreprises et les individus [encadré 3.10, 15.5.5, 15.5.6]. Il est généralement admis que des effets rebond se produisent, selon lesquels une plus grande efficacité peut conduire à une baisse des prix de l'énergie et à une hausse de la consommation, mais on relève un *degré de cohérence faible* au sujet de leur ampleur dans la documentation scientifique. [3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4]

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, des systèmes d'échange de quotas d'émissions de GES ont été mis en place dans un certain nombre de pays et régions. Leur effet à court terme sur l'environnement a été limité en raison de l'absence de mise en application de plafonnements rigoureux** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). On relie ce manque de résultats à des facteurs tels que la crise financière et économique avec une baisse induite de la demande en énergie, les nouvelles sources d'énergie, les interactions avec d'autres politiques et l'incertitude pesant sur les réglementations. En principe, un système d'échange de quotas permet d'atteindre des objectifs d'atténuation suivant un bon rapport coût-efficacité; sa mise en œuvre est fonction des situations nationales. Bien que les programmes antérieurs reposaient presque exclusivement sur des droits acquis (attribution gratuite de permis), la vente aux enchères des permis est de plus en plus appliquée. Si les quotas sont mis aux enchères, les recettes peuvent être utilisées pour traiter d'autres investissements avec un rendement social élevé et/ou réduire le fardeau fiscal et de la dette. [14.4.2, 15.5.3]

**Dans certains pays, des politiques fiscales visant spécifiquement à réduire les émissions de GES (parallèlement aux mesures technologiques et autres) ont contribué à affaiblir le lien entre les émissions de GES et le PIB** (*degré de confiance élevé*). Dans un grand groupe de pays, les taxes sur les carburants (bien que n'ayant pas été nécessairement conçues à des fins d'atténuation) agissent comme des taxes carbone sectorielles [tableau 15.2]. La réduction de la demande dans les carburants pour les transports associée à une augmentation de prix de 1 % atteint à long terme 0,6 à 0,8 %, bien que la réaction à court terme soit beaucoup plus faible [15.5.2]. Dans certains pays, les recettes servent à réduire d'autres taxes et/ou sont utilisées au profit des personnes à faibles revenus. Cela illustre le principe général selon lequel les politiques d'atténuation qui augmentent les recettes de l'État ont généralement des coûts sociaux inférieurs aux approches qui ne le font pas. Alors que le caractère régressif des taxes sur les carburants dans le secteur des transports était admis comme hypothèse, un certain nombre d'études depuis la parution du RE4 ont montré que celles-ci peuvent être progressives, notamment dans les pays en développement (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [3.6.3, 14.4.2, 15.5.2]

**La réduction des subventions en faveur des activités responsables des émissions de GES dans divers secteurs peut engendrer des réductions d'émissions, en fonction du contexte social et économique** (*degré de confiance élevé*). Bien que les subventions puissent avoir un effet sur les émissions dans de nombreux secteurs, la plupart des études parues récemment sont axées sur les subventions touchant les combustibles fossiles. Depuis la parution du RE4, des études, peu nombreuses, mais dont le nombre croît, basées sur des modèles de l'ensemble de l'économie projettent

qu'une suppression complète dans tous les pays des subventions en faveur des combustibles fossiles pourrait conduire à une réduction du cumul mondial des émissions d'ici le milieu du siècle (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) [7.12, 13.13, 14.3.2, 15.5.2]. Les études varient dans leur méthodologie, le type et la définition des subventions, et la période de temps sur laquelle les subventions disparaîtraient. En particulier, les études évaluent les incidences d'une suppression complète de toutes les subventions aux combustibles fossiles sans chercher à évaluer quelles subventions sont inutiles et inefficaces, compte tenu des conditions nationales. Bien que les barrières économiques nationales soient de taille, certains pays ont réformé leurs systèmes de taxes et leur budget pour réduire les subventions aux combustibles. Pour aider à réduire les effets négatifs sur les groupes dont les revenus sont les plus faibles, qui consacrent souvent une large proportion de leur revenu aux services énergétiques, de nombreux gouvernements ont recours à des transferts d'argent forfaitaires ou à d'autres mécanismes ciblant les pauvres. [15.5.2]

**Les interactions entre les mesures d'atténuation peuvent être synergiques ou n'avoir aucun effet cumulatif sur la réduction des émissions** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). À titre d'exemple, une taxe sur le carbone peut avoir un effet supplémentaire sur l'environnement par rapport à des politiques telles que des subventions pour la fourniture d'énergie renouvelable. En revanche, si un système d'échange de quotas met en place un plafond contraignant (suffisamment strict pour influencer sur les décisions liées aux émissions), d'autres politiques telles que les subventions aux énergies renouvelables n'ont plus d'effet sur la réduction des émissions tant que le plafond s'applique (bien qu'elles puissent influencer sur les coûts et éventuellement sur la viabilité de plafonds encore plus stricts à l'avenir) (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Dans les deux cas, les politiques supplémentaires peuvent être nécessaires pour remédier aux défaillances du marché en matière d'innovation et de diffusion de la technologie. [15.7]

**Certaines politiques d'atténuation augmentent les prix de services énergétiques et pourraient entraver la capacité des sociétés d'élargir aux populations mal desservies l'accès à des services énergétiques modernes** (*degré de confiance faible*). Il est possible d'éviter ces éventuels effets secondaires indésirables en adoptant des politiques complémentaires (*degré de confiance moyen*). Il est particulièrement intéressant de constater que parmi les habitants de la planète, environ 1,3 milliard n'ont pas accès à l'électricité et environ 3 milliards dépendent de combustibles solides traditionnels pour cuisiner et se chauffer, avec les graves effets néfastes sur la santé, les écosystèmes et le développement que cela entraîne. L'accès aux services énergétiques modernes est un objectif important du développement durable. Selon les projections, on estime que les coûts de réalisation d'un accès quasi universel à l'électricité et à des combustibles propres pour la cuisson et le chauffage atteindraient entre 72 et 95 milliards de dollars des États-Unis d'Amérique par an jusqu'en 2030; l'atteinte de cet objectif n'aurait que des effets minimes sur les émissions de GES (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). En abandonnant progressivement l'utilisation de la biomasse traditionnelle<sup>29</sup> et en adoptant des moyens qui améliorent l'efficacité de la combustion des combustibles solides, on réduit les émissions de polluants atmosphériques, tels que le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et le carbone suie (CS), ce qui présente de grands avantages pour la santé (*degré de confiance élevé*). [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

**Les politiques technologiques complètent les autres politiques d'atténuation** (*degré de confiance élevé*). Les politiques technologiques comprennent l'effet de stimulation par la technologie (ex.: recherche et développement soutenus par des fonds publics) et l'induction par la demande (ex.: marchés publics). De telles politiques pallient les défaillances du marché en matière d'innovation et de diffusion de la technologie [3.11, 15.6]. Les politiques de soutien à la technologie ont largement favorisé des innovations et la diffusion de nouvelles technologies, mais le rapport coût-efficacité de telles politiques est souvent difficile à évaluer [2.6.5, 7.12, 9.10]. Cependant, les données d'évaluations de programmes peuvent fournir des éléments empiriques concernant l'efficacité relative de différentes politiques et peuvent contribuer à l'élaboration des politiques [15.6.5].

<sup>29</sup> Voir le glossaire du volume GT III du RE5.

Dans de nombreux pays, le secteur privé joue un rôle essentiel dans les processus qui produisent tant les émissions que l'atténuation. À la faveur d'un environnement propice, le secteur privé peut jouer, au côté du secteur public, un rôle important dans le financement de l'atténuation (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Selon des estimations tenant compte des limites que présentent les données, on attribue en moyenne au secteur privé entre les deux tiers et les trois quarts du financement total de l'atténuation à l'échelle mondiale (2010-2012) (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Dans de nombreux pays, les interventions des finances publiques par l'intermédiaire des gouvernements et des banques de développement nationales et internationales encouragent les investissements climatiques par le secteur privé [16.2.1] et fournissent des fonds lorsque l'investissement par le secteur privé est limité. Dans un pays, la qualité d'un tel environnement propice se mesure par l'efficacité des institutions, des lois et des principes directeurs concernant le secteur privé, par la sécurité en matière de droits de propriété, par la crédibilité des politiques et par d'autres facteurs ayant une grande influence sur la décision des entreprises privées d'investir dans les nouvelles technologies et les infrastructures [16.3]. Les instruments de politique spécialisés, par exemple, l'assurance-crédit, les conventions d'achat d'énergie et les tarifs de distribution, les financements conditionnels ou les réductions constituent une incitation à l'investissement en réduisant les risques pour les acteurs privés [16.4].

## RID.5.2

## Coopération internationale

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est la principale instance multilatérale, forte d'une participation quasiment universelle, traitant spécialement des changements climatiques. D'autres institutions organisées à différents niveaux de gouvernance ont entraîné une diversification de la coopération internationale en matière de changements climatiques. [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

Les dispositions de coopération internationales existantes et proposées sur le changement climatique présentent divers thèmes centraux et divers degrés de centralisation et de coordination. Elles recouvrent les accords multilatéraux, les politiques nationales harmonisées et les politiques décentralisées, mais coordonnées nationalement, ainsi que les politiques régionales et coordonnées à l'échelle d'une région. [figure RT.38, 13.4.1, 13.13.2, 14.4]

Le Protocole de Kyoto propose des enseignements pour atteindre l'objectif ultime de la CCNUCC, particulièrement en matière de participation, de mise en œuvre, de mécanismes de flexibilité et d'efficacité environnementale (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence faible*). [5.3.3, 13.3.4, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, tableau RT.9]

Les activités de la CCNUCC depuis 2007 ont conduit à la création d'un nombre croissant d'institutions et d'autres dispositions en faveur de la coopération internationale sur le changement climatique. [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

Les liens entre les politiques adoptées en faveur du climat à l'échelon régional, national et infranational s'annoncent prometteurs pour l'atténuation du changement climatique et pour l'adaptation (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Des liens peuvent être établis entre les politiques nationales, entre divers instruments et grâce à la coopération d'échelle régionale. [13.3.1, 13.5.3, 13.6, 13.7, 13.13.2.3, 14.4, figure 13.4]

Différentes initiatives régionales, entre les échelles nationale et mondiale, sont en cours d'élaboration ou de mise en œuvre, mais leur effet sur l'atténuation à l'échelle mondiale a été limité jusqu'à présent (*degré de confiance moyen*). L'efficacité de nombreuses politiques climatiques peut être améliorée si celles-ci sont mises en œuvre à l'échelle de régions géographiques. [13.13, 13.6, 14.4, 14.5]



# Résumé technique



## Résumé technique

### Auteurs coordonnateurs principaux:

Ottmar Edenhofer (Allemagne), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali/Suisse), Susanne Kadner (Allemagne), Jan C. Minx (Allemagne), Steffen Brunner (Allemagne)

### Auteurs principaux:

Shardul Agrawala (France), Giovanni Baiocchi (Royaume-Uni/Italie), Igor Alexeyevich Bashmakov (Fédération de Russie), Gabriel Blanco (Argentine), John Broome (Royaume-Uni), Thomas Bruckner (Allemagne), Mercedes Bustamante (Brésil), Leon Clarke (États-Unis d'Amérique), Mariana Conte Grand (Argentine), Felix Creutzig (Allemagne), Xochitl Cruz-Núñez (Mexique), Shobhakar Dhakal (Népal/Thaïlande), Navroz K. Dubash (Inde), Patrick Eickemeier (Allemagne), Ellie Farahani (Canada/Suisse/Allemagne), Manfred Fischedick (Allemagne), Marc Fleurbaey (France/États-Unis d'Amérique), Reyer Gerlagh (Pays-Bas), Luis Gómez-Echeverri (Autriche/Colombie), Sujata Gupta (Inde/Philippines), Jochen Harnisch (Allemagne), Kejun Jiang (Chine), Frank Jotzo (Allemagne/Australie), Sivan Kartha (États-Unis d'Amérique), Stephan Klasen (Allemagne), Charles Kolstad (États-Unis d'Amérique), Volker Krey (Autriche/Allemagne), Howard Kunreuther (États-Unis d'Amérique), Oswaldo Lucon (Brésil), Omar Masera (Mexique), Yacob Mulugetta (Éthiopie/Royaume-Uni), Richard Norgaard (États-Unis d'Amérique), Anthony Patt (Autriche/Suisse), Nijavalli H. Ravindranath (Inde), Keywan Riahi (IIASA/Autriche), Joyashree Roy (Inde), Ambuj Sagar (États-Unis d'Amérique/Inde), Roberto Schaeffer (Brésil), Steffen Schlömer (Allemagne), Karen Seto (États-Unis d'Amérique), Kristin Seyboth (États-Unis d'Amérique), Ralph Sims (Nouvelle-Zélande), Pete Smith (Royaume-Uni), Eswaran Somanathan (Inde), Robert Stavins (États-Unis d'Amérique), Christoph von Stechow (Allemagne), Thomas Sterner (Suède), Taishi Sugiyama (Japon), Sangwon Suh (République de Corée/États-Unis d'Amérique), Kevin Urama (Nigéria/Royaume-Uni/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hongrie), Anthony Venables (Royaume-Uni), David G. Victor (États-Unis d'Amérique), Elke Weber (États-Unis d'Amérique), Dadi Zhou (Chine), Ji Zou (Chine), Timm Zwickel (Allemagne)

### Auteurs collaborateurs:

Adolf Acquaye (Ghana/Royaume-Uni), Kornelis Blok (Pays-Bas), Gabriel Chan (États-Unis d'Amérique), Jan Fuglestvedt (Norvège), Edgar Hertwich (Autriche/Norvège), Elmar Kriegler (Allemagne), Oliver Lah (Allemagne), Sevastianos Mirasgedis (Grèce), Carmenza Robledo Abad (Suisse/Colombie), Claudia Sheinbaum (Mexique), Steven J. Smith (États-Unis d'Amérique), Detlef van Vuuren (Pays-Bas)

### Éditeurs-réviseurs:

Tomás Hernández-Tejeda (Mexique), Roberta Quadrelli (AIE/Italie)



### Il convient de référencer le présent résumé comme suit:

Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, S. Kadner, J.C. Minx, S. Brunner, S. Agrawala, G. Baiocchi, I.A. Bashmakov, G. Blanco, J. Broome, T. Bruckner, M. Bustamante, L. Clarke, M. Conte Grand, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, S. Dhakal, N.K. Dubash, P. Eickemeier, E. Farahani, M. Fischedick, M. Fleurbaey, R. Gerlagh, L. Gómez-Echeverri, S. Gupta, J. Harnisch, K. Jiang, F. Jotzo, S. Kartha, S. Klasen, C. Kolstad, V. Krey, H. Kunreuther, O. Lucon, O. Masera, Y. Mulugetta, R.B. Norgaard, A. Patt, N.H. Ravindranath, K. Riahi, J. Roy, A. Sagar, R. Schaeffer, S. Schlömer, K.C. Seto, K. Seyboth, R. Sims, P. Smith, E. Somanathan, R. Stavins, C. von Stechow, T. Sterner, T. Sugiyama, S. Suh, D. Ürge-Vorsatz, K. Urama, A. Venables, D.G. Victor, E. Weber, D. Zhou, J. Zou et T. Zwickel, 2014: Résumé technique. In: *Changements climatiques 2014: L'atténuation du changement climatique. Contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel et J.C. Minx]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis d'Amérique.

# Table des matières

<b>RT.1</b>	<b>Introduction et mise en contexte</b> .....	<b>41</b>
<b>RT.2</b>	<b>Évolution des stocks et des flux de gaz à effet de serre et de leurs facteurs déterminants</b> ...	<b>46</b>
RT.2.1	Évolution des émissions de gaz à effet de serre.....	46
RT.2.2	Facteurs d'évolution des émissions de gaz à effet de serre .....	52
<b>RT.3</b>	<b>Profils d'évolution et mesures d'atténuation dans le cadre du développement durable</b> .....	<b>55</b>
RT.3.1	Profils d'évolution de l'atténuation .....	55
RT.3.1.1	Profils d'évolution de l'atténuation dans l'optique d'objectifs multiples .....	55
RT.3.1.2	Exigences à court et à long terme des profils d'évolution de l'atténuation .....	57
RT.3.1.3	Coûts, investissements et répartition des efforts .....	62
RT.3.1.4	Incidences des profils d'évolution de l'atténuation sur d'autres objectifs .....	68
RT.3.2	Mesures sectorielles et intersectorielles d'atténuation .....	71
RT.3.2.1	Profils d'évolution et mesures intersectoriels en matière d'atténuation .....	71
RT.3.2.2	Approvisionnement en énergie.....	76
RT.3.2.3	Transports .....	79
RT.3.2.4	Bâtiments .....	86
RT.3.2.5	Industrie .....	89
RT.3.2.6	Agriculture, foresterie et autres modes d'utilisation des terres (AFAT) .....	95
RT.3.2.7	Établissements humains, infrastructure et planification spatiale.....	99

- RT.4      Politiques d'atténuation et institutions ..... 103**
  - RT.4.1      Conception des politiques, comportement et économie politique ..... 104
  - RT.4.2      Politiques sectorielles et nationales ..... 105
  - RT.4.3      Développement et coopération régionale ..... 110
  - RT.4.4      Coopération internationale ..... 112
  - RT.4.5      Investissements et questions financières ..... 116



## RT.1 Introduction et mise en contexte

L'atténuation, en matière de changement climatique, désigne une intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre (GES). L'une des conclusions centrales des analyses réalisées par les groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est que la poursuite effrénée du changement climatique a sur les populations humaines et sur les écosystèmes naturels des conséquences visibles et grandissantes. Les systèmes les plus vulnérables souffrent déjà d'effets indésirables. Les émissions de GES survenues dans le passé ont engagé

la planète dans une voie marquée par d'autres changements importants du climat; bien qu'il subsiste de grandes incertitudes concernant la sensibilité du système climatique et d'autres facteurs en jeu, un grand nombre de scénarios aboutissent à des répercussions majeures et à des atteintes directes au bien-être des populations et à la santé des écosystèmes qui dépassent la capacité qu'ont ces derniers de s'adapter parfaitement.

L'atténuation ayant pour but de réduire les effets préjudiciables du changement climatique, elle s'inscrit dans un cadre d'action plus large qui comprend l'adaptation aux conséquences de l'évolution du climat. De concert avec l'adaptation, elle concourt à l'objectif exprimé dans l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), à savoir stabiliser «les concentrations de

### Encadré RT.1 | De nombreuses disciplines aident à prendre des décisions en matière climatique

Un phénomène est jugé dangereux quand il crée un risque sérieux de dommages considérables. Deux tâches doivent donc être entreprises pour établir si l'incidence des activités humaines sur le système climatique a un caractère dangereux. La première est d'estimer le risque sur le plan concret: quelles pourraient être les conséquences matérielles de l'interférence humaine et quelle en est la probabilité? La seconde est d'attribuer une valeur au risque: quels préjudices en découleraient?

La première tâche relève des sciences naturelles, pas la seconde [3.1]. Comme on peut le lire dans le Rapport de synthèse du RE4, «la détermination de ce qui constitue une 'perturbation anthropique dangereuse du système climatique' au sens de l'article 2 de la CCNUCC fait intervenir des jugements de valeur». De tels jugements (attributions d'une valeur) sont portés presque chaque fois qu'est prise une décision concernant le changement climatique [3.2]. Par exemple, quand on fixe un objectif d'atténuation, on apprécie la valeur de la diminution de bien-être pour la population future et on la compare à la valeur des avantages dont jouit la population actuelle. Quand on choisit d'implanter des turbines éoliennes sur la terre ferme ou en mer, on porte un jugement sur la valeur du paysage par rapport au coût additionnel de turbines marines. L'estimation du coût social du carbone revient à apprécier la valeur du préjudice causé par les émissions de GES [3.9.4].

Les valeurs sont souvent difficiles à concilier et difficiles à mettre en balance. Elles font fréquemment intervenir les intérêts opposés de plusieurs groupes et sont longuement débattues et vivement contestées. Les décideurs doivent donc trouver une voie intermédiaire entre différents intérêts et différentes valeurs, ainsi qu'entre des points de vue divergents sur les valeurs. [3.4, 3.5]

Les sciences humaines et sociales peuvent faciliter la démarche en aidant à mieux comprendre les valeurs, comme on le verra dans les encadrés du présent résumé technique. Les sciences du comportement humain et social – dont la psychologie, les sciences politiques, la sociologie, les branches non normatives de l'économie – étudient les valeurs qui existent au sein d'une population, leur évolution dans le temps, la manière dont les éléments de politique sont susceptibles de les infléchir et l'impact du processus décisionnel sur leur acceptabilité. D'autres disciplines, notamment l'éthique (philosophie morale), la théorie de la décision, l'analyse des risques et la branche normative de l'économie, recherchent, analysent et explicitent les valeurs elles mêmes [2.5, 3.4, 3.5, 3.6]. Ces disciplines donnent des moyens concrets de mesurer certaines valeurs et de pondérer des intérêts opposés. Ainsi, le domaine de la santé publique mesure souvent l'état de santé en «années de vie corrigées du facteur d'invalidité» [3.4.5]. L'économie mesure d'ordinaire la valeur sociale en termes monétaires, mais peut aussi intégrer les principes de justice distributive [3.6, 4.2, 4.7, 4.8]. Ces disciplines normatives fournissent aussi des outils pratiques de prise de décision tels que la théorie de l'utilité espérée, l'analyse décisionnelle, l'analyse coûts-avantages et coût-efficacité et le recours méthodique à des avis autorisés [2.5, 3.6, 3.7, 3.9].

La prise de décision comprend encore un élément. Les personnes et les pays ont des droits et des obligations les uns par rapport aux autres. Il s'agit de questions de justice, d'équité ou d'impartialité qui relèvent de la philosophie morale ou politique, des principes généraux du droit et de l'économie. Certains ont soutenu, par exemple, que les pays devaient réparer les préjudices résultant de leurs émissions passées de GES et la question de savoir si l'obligation de réparation concernait uniquement les préjudices causés par des émissions à caractère fautif ou répréhensible a été débattue sur des bases légales et autres. [3.3, 4.6]

gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique [...] dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter [...], que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable». L'interprétation de cet article n'est cependant pas simple, car certains principes ou qualificatifs, tels «dangereux» ou «durable», ont un sens différent selon le contexte de la prise de décision (voir encadré RT.1).<sup>1</sup> En outre, les sciences naturelles ne sont pas en mesure de dire avec précision comment le système climatique réagira à une hausse des concentrations de GES, ni de comprendre parfaitement les dommages qui seront infligés aux personnes, aux sociétés et aux écosystèmes. L'article 2 exige que les sociétés concilient une diversité d'aspects – dont certains relèvent des impacts du changement climatique en tant que tel, alors que d'autres se rapportent au coût potentiel de l'atténuation et de l'adaptation. La tâche est d'autant plus délicate qu'il faut parvenir à un accord sur des questions fondamentales, par exemple le niveau de risque que les sociétés sont prêtes à accepter et celui qu'elles imposent à d'autres, les stratégies à mettre en œuvre pour répartir les coûts et l'équilibre à trouver entre de nombreuses priorités puisque l'atténuation recoupe bien d'autres objectifs de société. Ce genre de questions renvoient inévitablement à une multitude de valeurs et font intervenir des acteurs différents aux intérêts divers et aux pouvoirs décisionnels variables.

Dans sa contribution au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5), le Groupe de travail III (GT III) évalue la documentation consacrée aux aspects scientifiques, techniques, environnementaux, économiques et sociaux de l'atténuation du changement climatique. Il prolonge ainsi sa contribution au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC (RE4), au *Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique* (SRREN) et à plusieurs rapports antérieurs, en intégrant les résultats des recherches et des travaux réalisés depuis lors. Il met systématiquement en avant la portée de ses conclusions dans le domaine d'action des pouvoirs publics, sans indiquer la nature des mesures que les gouvernements et les autres acteurs importants devraient adopter. Eu égard au mandat du GIEC, plusieurs principes ont guidé les auteurs dans la préparation de cette évaluation: 1) exposer clairement les mesures d'atténuation possibles, 2) exposer clairement les coûts, les risques et les possibilités par rapport à d'autres priorités de développement, 3) exposer clairement les critères, concepts et méthodes qui sous-tendent l'évaluation de différentes politiques.

Les principales conclusions du rapport sont énoncées dans les sections qui suivent. Comme c'est le cas dans les contributions des trois groupes de travail, le degré de certitude associé aux résultats s'appuie sur les évaluations de la compréhension scientifique sous-jacente par les équipes de rédaction et est exprimé par un degré de confiance qualitatif (de très faible à très élevé) et, lorsque c'est possible, quantifié en termes

de probabilités (d'extrêmement improbable à quasiment certain). La confiance dans la validité d'un résultat se fonde sur le type, la quantité, la qualité et la concordance des éléments disponibles (données, compréhension mécaniste, théorie, modèles, avis d'experts, etc.) et sur le degré de cohérence. Les estimations probabilistes des mesures quantifiées de l'incertitude attachée à un résultat se fondent sur l'analyse statistique d'observations ou de résultats de modèles, ou les deux, et sur des avis autorisés<sup>2</sup>. Le cas échéant, les résultats sont également formulés sous forme d'énoncés de faits, sans qualificatifs d'incertitude. Dans les paragraphes du présent résumé technique, les termes précisant les éléments disponibles, le degré de cohérence et le degré de confiance associés à un résultat figurant en caractères gras s'appliquent aux énoncés qui suivent dans le paragraphe, sauf si des termes complémentaires sont fournis. Les références [entre crochets] renvoient aux chapitres, sections, figures, tableaux et encadrés du Rapport dans lesquels le lecteur trouvera un complément d'information.

La présente section se poursuit par l'énoncé des notions et des méthodes qu'il est important de connaître pour situer dans leur contexte les conclusions qui apparaissent dans le reste du document. La section RT.2 présente l'évolution passée des stocks et des flux de GES et des facteurs qui déterminent les émissions dans le monde, les régions et les secteurs, dont la croissance économique, la technologie et la démographie. La section RT.3.1 expose les résultats d'études qui ont analysé les exigences techniques, économiques et institutionnelles des scénarios d'atténuation à long terme. La section RT.3.2 décrit les mesures et les politiques d'atténuation qui sont mises en œuvre au sein de différents secteurs économiques et établissements humains et par-delà ceux-ci. Les phénomènes d'interaction des politiques d'atténuation entre niveaux de gouvernance, secteurs économiques et types d'instruments sont esquissés dans la section RT.4.

**L'évolution du climat est un problème lié au patrimoine mondial qui exige une coopération internationale conjuguée à des politiques locales, nationales et régionales sur de nombreux fronts.** Comme les émissions de GES imputables à un acteur, quel qu'il soit (particulier, entreprise, pays), ont des répercussions sur chacun des autres acteurs, aucun résultat tangible ne sera atteint si les différents acteurs

<sup>1</sup> Les encadrés insérés dans le Résumé technique donnent des informations générales sur les principales notions et méthodes de recherche qui ont été employées afin d'éclairer la question à l'étude.

<sup>2</sup> Les éléments disponibles sont qualifiés de limités, moyens ou robustes et leur degré de cohérence de faible, moyen ou élevé. Cinq qualificatifs sont utilisés pour exprimer le degré de confiance: très faible, faible, moyen, élevé et très élevé, en caractères italiques, par exemple *degré de confiance moyen*. Différents degrés de confiance peuvent être associés à une même appréciation des éléments disponibles et de la cohérence, mais plus la force et la cohérence des éléments sont élevées, plus la confiance augmente. Les termes suivants servent à indiquer la probabilité d'un résultat: quasiment certain, probabilité de 99–100 %, très probable 90–100 %, probable 66–100 %, à peu près aussi probable qu'improbable 33–66 %, improbable 0–33 %, très improbable 0–10 %, exceptionnellement improbable 0–1 %. Des termes supplémentaires (plus probable qu'improbable >50–100 %, et plus improbable que probable 0–<50 %) peuvent également être employés. L'évaluation de la probabilité est notée en italique, par exemple *très probable*. Pour obtenir davantage de détails, voir la note d'orientation sur le traitement cohérent des incertitudes, destinée aux auteurs principaux du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, disponible à l'adresse <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>.

## Encadré RT.2 | L'atténuation procure à l'humanité des avantages liés ou non aux marchés

L'atténuation vise à réduire ou à éliminer certains effets du changement climatique. Elle est susceptible d'améliorer les moyens de subsistance d'une population, son état de santé, son accès à la nourriture et à l'eau potable, le confort dont elle jouit ou le milieu naturel qui l'entoure.

L'atténuation peut accroître le bien-être d'une population par des mécanismes qui relèvent des marchés et par des mécanismes qui n'en relèvent pas. Les effets liés aux marchés comprennent l'évolution des prix, des revenus des particuliers ou de la qualité ou la disponibilité des biens marchands. Les effets indépendants des marchés découlent de l'évolution de la qualité ou de la disponibilité de biens non marchands, tels la santé, la qualité de vie, la culture, l'état de l'environnement, les écosystèmes naturels, la faune et les valeurs esthétiques. Chaque conséquence du changement climatique peut provoquer des dommages liés ou non aux marchés. Ainsi, une vague de chaleur en milieu rural peut soumettre les ouvriers agricoles à un stress thermique, assécher une zone humide qui sert de refuge aux oiseaux migrateurs, détruire certaines cultures ou en abîmer d'autres. Tout dommage de cette nature qui est évité constitue un avantage de l'atténuation. [3.9]

Les économistes évaluent souvent en termes monétaires les dommages que cause le changement climatique et les avantages que procure l'atténuation. La valeur monétaire d'un avantage correspond, pour une personne, à la part de revenus qu'elle serait prête à sacrifier pour en bénéficier, ou encore au montant qu'elle serait prête à accepter comme juste dédommagement pour ne pas en bénéficier. La valeur monétaire d'un préjudice correspond à la part de revenus qu'une personne serait prête à sacrifier pour ne pas en pâtir, ou encore au montant qu'elle serait prête à accepter comme juste dédommagement pour en pâtir. Les mesures économiques tentent de cerner l'importance que les gens accordent à un bien ou à un service par rapport à un autre, selon leurs intérêts personnels, leurs perspectives et leur situation économique. [3.9]

Il est ainsi possible de mesurer en termes monétaires les coûts et les avantages qui surviennent pour des personnes différentes et à des moments différents. Mais on ne peut présumer qu'un dollar équivaut, pour une personne donnée à un moment donné, à un dollar pour une autre personne à un autre moment. Il est parfois nécessaire de procéder à une pondération selon la catégorie de revenus [3.6.1] et à une actualisation (voir encadré RT.10) selon la période. [3.6.2]

favorisent indépendamment leurs propres intérêts. La coopération internationale peut faire œuvre utile en définissant les droits et les obligations de chacun relativement à l'atmosphère [1.2.4, 3.1, 4.2, 13.2.1]. En outre, les travaux de recherche et développement entrepris à l'appui de l'atténuation constituent un bien public, ce qui signifie que la coopération internationale peut jouer un rôle constructif en coordonnant la mise au point et la diffusion des technologies [1.4.4, 3.11, 13.9, 14.4.3]. Il en découle des besoins distincts sur le plan de la coopération à instaurer pour mener ces travaux, de l'ouverture des marchés et de la création de mesures qui incitent les entreprises privées à développer et déployer de nouvelles technologies et les ménages à les adopter.

**La coopération internationale face au changement climatique fait intervenir des considérations d'ordre éthique, dont la répartition équitable des efforts.** Les pays ont plus ou moins contribué à l'accumulation de GES dans l'atmosphère, ils possèdent une capacité variable de participer aux mesures d'atténuation et d'adaptation et ils présentent une vulnérabilité plus ou moins grande à l'égard des impacts climatiques. Beaucoup de pays peu développés sont exposés aux plus forts impacts alors qu'ils ont contribué le moins au problème. Il pourrait être nécessaire, pour amener les pays à coopérer efficacement à l'échelle internationale, de mettre en place des stratégies de répartition des coûts et des avantages de l'atténuation qui apparaissent comme équitables [4.2]. Divers éléments indiquent que le sentiment de justice influe sur le degré de coopération qui s'instaure entre les personnes et l'on peut penser, de même, que des processus et des résultats perçus comme justes renforce-

ront la coopération internationale [3.10, 13.2.2.4]. Les analyses publiées en philosophie morale et politique peuvent aider à régler les questions éthiques soulevées par le changement climatique [3.2, 3.3, 3.4], dont celles-ci : Quelle doit être l'ampleur globale des mesures d'atténuation pour éviter « toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » (encadré RT.1) [3.1], comment répartir les efforts ou les coûts de l'atténuation entre les pays et entre le présent et l'avenir [3.3, 3.6, 4.6], comment tenir compte de facteurs tels que la responsabilité historique en matière d'émissions de GES [3.3, 4.6] et comment choisir parmi différentes politiques d'atténuation et d'adaptation [3.4, 3.5, 3.6, 3.7] ? Les considérations éthiques de bien-être, de justice, d'équité et de droits sont toutes en jeu. Une analyse éthique peut mettre à jour les principes qui sous-tendent des points de vue différents et montrer quel raisonnement est correct et lequel ne l'est pas de ce point de vue-là [3.3, 3.4].

**L'évaluation des options d'atténuation doit prendre en considération un large éventail d'intérêts, de contextes et d'enjeux présents entre les sociétés et à l'intérieur de celles-ci.** De nombreux acteurs interviennent dans l'atténuation, dont les pouvoirs publics à divers échelons (mondial par le biais d'accords internationaux [13.1], régional [14.1] et national et municipal [15.1]), les ménages, les entreprises et les autres acteurs non gouvernementaux. Les imbrications entre divers niveaux décisionnels et différents acteurs ont une incidence sur les nombreux buts qui se trouvent liés à la politique climatique. Dans beaucoup de pays, les politiques qui ont (ou pourraient avoir) l'impact le plus marqué sur les émissions ne sont pas unique-

### Encadré RT.3 | Une bonne gestion des risques fait appel à la pensée analytique et intuitive

Lorsqu'une personne — un simple électeur, un dirigeant d'entreprise, un haut responsable politique — fait un choix qui comporte des risques et des incertitudes, elle s'appuie sur des mécanismes de pensée analytique mais aussi intuitive. La pensée analytique fait appel à une large palette de méthodes structurées pour évaluer différents choix, lorsque les probabilités sont difficiles à mesurer et/ou les résultats incertains. Ces méthodes permettent aux décideurs de comparer diverses possibilités de manière systématique, en tenant compte des conséquences à court et à long terme. L'une de leurs forces est qu'elles évitent de tomber dans certains pièges bien connus de la pensée intuitive, telle la tendance à privilégier le statu quo. L'une de leurs faiblesses est qu'elles sont souvent très complexes et exigent beaucoup de temps et d'attention.

La plupart des textes analytiques, dont ce rapport ci, partent de l'hypothèse que les personnes comparent les options qui s'offrent à eux en procédant à des analyses raisonnées et systématiques. Pourtant, le choix de mesures d'atténuation et d'adaptation risque de faire aussi appel à la pensée intuitive, qui présente l'avantage d'exiger une analyse moins fouillée. Se fier à son intuition peut néanmoins conduire à mal cerner les problèmes lorsqu'on dispose

d'une expérience limitée. Le changement climatique constitue un défi à cet égard, car il nécessite qu'une multitude d'actions complexes soient menées à bien par une foule d'acteurs différents qui ont chacun leurs propres valeurs, buts et objectifs. Il est vraisemblable que les personnes recourent à des modes bien connus de pensée intuitive, par exemple qu'elles fassent des choix relativement aux risques et aux incertitudes qui reposent sur des réactions émotives et sur des règles simples forgées par l'expérience personnelle. Elles pourraient avoir tendance aussi à mal apprécier les probabilités, à se focaliser sur les résultats à court terme et à employer des méthodes empiriques qui privilégient un sous-ensemble de buts et d'objectifs. [2.4]

Il est possible d'élaborer des programmes de gestion des risques qui auront les effets voulus si l'on admet que la prise de décision repose à la fois sur l'analyse et sur l'intuition. Par exemple, la définition des stratégies d'atténuation et d'adaptation en matière de changement climatique peut envisager des cadres décisionnels différents qui n'exigent pas que les probabilités et les résultats soient définis avec précision. [2.4, 2.5, 2.6]

ment motivées par les préoccupations que fait naître le changement climatique. Les interactions et les tensions apparentes entre l'atténuation et le développement revêtent une importance particulière [4.1, 14.1]. Le développement donne lieu à de nombreuses activités, par exemple pour élargir l'accès à des services énergétiques modernes [7.9.1, 14.3.2, 16.8], bâtir l'infrastructure [12.1], garantir la sécurité alimentaire [11.1] et éradiquer la pauvreté [4.1]. Nombre de ces activités risquent d'accroître les émissions si elles mettent en jeu des moyens classiques. Les liens entre le développement et l'atténuation peuvent aboutir ainsi à des casse-tête politiques et éthiques, en particulier dans les pays en développement où l'atténuation semble accentuer les problèmes urgents de développement et porter atteinte au bien-être présent de la population [4.1]. Ces dilemmes sont étudiés tout au long du présent rapport, notamment dans les encadrés qui mettent en lumière les sujets de préoccupation dans les pays en développement.

**L'évaluation économique peut aider à élaborer une politique et reposer sur un fondement éthique, à condition d'intégrer comme il convient une pondération distributive.** L'approche économique présente des limites largement décrites dans les textes [2.4, 3.5], mais elle fournit de bons outils pour apprécier les avantages et les inconvénients des options d'atténuation et d'adaptation. Parmi les outils pratiques qui aident à prendre des décisions figurent l'analyse coûts-avantages, l'analyse coût-efficacité, l'analyse multicritère, la théorie de l'utilité espérée et les méthodes d'analyse décisionnelle [2.5, 3.7.2]. Il est possible de donner un fondement éthique à l'éva-

luation économique (voir encadré RT.2) en appliquant une pondération distributive qui tient compte du fait que l'argent n'a pas la même valeur pour les riches et pour les pauvres [3.6]. Peu d'applications empiriques de l'évaluation économique au changement climatique ont reçu une base solide à cet égard [3.6.1]. De nombreux textes traitent du taux d'actualisation social dans le domaine de la consommation (voir encadré RT.10), qui est effectivement une pondération distributive dans le temps. Ils indiquent que ce taux dépend principalement, et d'une manière bien définie, de la progression attendue des revenus par habitant et de l'aversion pour les inégalités [3.6.2].

**La plupart des politiques climatiques recourent d'autres objectifs de société, de façon positive ou négative, ce qui peut donner lieu à des co-avantages ou à des effets secondaires indésirables.** Depuis la parution du RE4, un grand nombre de textes ont été publiés sur la façon dont les pays qui adoptent des mesures d'atténuation visent également d'autres objectifs, telle la protection de l'environnement local ou la sécurité énergétique, en tant que co-avantages et réciproquement [1.2.1, 6.6.1, 4.8]. Une telle perspective multiple est importante parce qu'elle aide à déterminer dans quels domaines les politiques qui veulent atteindre plusieurs objectifs bénéficieront d'un solide soutien des milieux politiques et administratifs, des parties prenantes et des autres acteurs. Dans beaucoup de sociétés, la poursuite d'objectifs multiples aide en outre les gouvernements à s'assurer l'appui politique durable qui est nécessaire en matière d'atténuation [15.2.3]. Il faut, pour mesurer l'effet net sur le bien-être social (voir

encadré RT.11), étudier les phénomènes d'interaction entre les politiques climatiques et les autres politiques déjà en place [3.6.3, 6.3.6.5].

**Les mesures d'atténuation s'accompagnent de conciliations et de synergies avec d'autres buts sociétaux qu'il est possible d'évaluer dans le cadre d'un développement durable.** Les buts nombreux et divers qu'entend poursuivre une société sont souvent regroupés sous l'expression «développement durable». Aussi faut-il, pour accomplir une évaluation complète des politiques climatiques, ne pas se focaliser exagérément sur les différentes options d'atténuation et d'adaptation et sur les co-avantages et les effets secondaires indésirables qui les accompagnent. Il est nécessaire d'intégrer les questions climatiques dans l'élaboration de larges stratégies de développement durable et équitable à l'échelle régionale, nationale et locale [4.2, 4.5]. La protection et l'amélioration du bien-être de la population, en particulier la lutte contre la pauvreté et la réduction des inégalités de niveau de vie, tout en se gardant de modes de consommation et de production insoutenables, sont des aspects fondamentaux du développement durable et équitable [4.4, 4.6, 4.8]. Ces aspects revêtent une importance cruciale pour adopter de bonnes politiques climatiques, car ils sont profondément ancrés dans la manière dont une société définit et applique ses politiques économiques et sociales en général.

**La diversité des buts s'explique en partie par une perception différente des risques et des possibilités.** Les personnes prennent des décisions en fonction de buts et d'objectifs variables et recourent à une palette de méthodes pour choisir entre plusieurs possibilités. Ces choix et leurs conséquences retentissent sur la capacité qu'ont les sociétés de coopérer et de concerter leur action. Certaines sociétés insistent sur le développement économique et les coûts de l'atténuation à court terme, d'autres s'attachent plutôt aux incidences du changement climatique sur la prospérité à long terme. Certaines ont une profonde aversion pour le risque, d'autres tolèrent mieux le danger. Certaines détiennent davantage de ressources pour s'adapter à l'évolution du climat, d'autres sont moins bien loties. Certaines se polarisent sur les catastrophes qui pourraient survenir, d'autres ne tiennent pas compte des phénomènes extrêmes, jugés peu vraisemblables. Certaines seront plutôt gagnantes, d'autres plutôt perdantes face à des changements climatiques précis. Certaines jouissent d'une influence politique qui leur permet de faire valoir leurs préférences et de défendre leurs intérêts, d'autres sont plus démunies. Depuis la parution du RE4, on perçoit mieux l'importance d'intégrer ces considérations — qui ont longtemps relevé de la psychologie, de l'économie comportementale, de l'économie politique et d'autres disciplines — dans l'évaluation des politiques climatiques (voir encadré RT.3). Outre les perceptions différentes du changement climatique et des risques qu'il fait peser, diverses normes peuvent conditionner ce que la population considère comme un comportement acceptable. On sait que ces normes se propagent dans les sociétés et finissent par orienter les activités, les comportements, les modes de vie et, par conséquent, les trajectoires de développement, ce qui peut avoir un impact prononcé sur les émissions de GES et les politiques d'atténuation. [1.4.2, 2.4, 3.8, 3.10, 4.3]

**Une bonne politique climatique exige de renforcer les institutions et les mécanismes de gouvernance.** Tout indique qu'il est techniquement possible d'emprunter une trajectoire durable et équitable, mais la définition d'une ligne de conduite viable et efficace en matière d'atténuation du changement climatique ne se résume pas à un exercice technique. Elle requiert une multitude de décisions séquentielles au sein des États et de la société civile. La démarche doit pouvoir bénéficier de l'apport de divers acteurs informés et dotés de pouvoirs, capables de participer à des systèmes de prise de décision conçus et appliqués dans l'objectif affirmé de garantir l'équité des procédures. Cela vaut autant à l'échelon des pays qu'à l'échelon international, où la gouvernance dans le domaine des biens communs, notamment, n'est pas encore pleinement efficace. Toute approche comporte des gagnants et des perdants potentiels. La faisabilité d'une approche donnée dépend énormément de la répartition des pouvoirs, des ressources et des compétences décisionnelles entre les gagnants et les perdants potentiels. Dans un monde marqué par de profondes inégalités, les systèmes de participation, de prise de décision et de gouvernance basés sur des procédures équitables peuvent aider à trouver des solutions justes face au défi que représente le développement durable. [4.3]

**Une bonne gestion des risques associés au changement climatique comprend l'examen des incertitudes quant aux impacts matériels possibles et la prise en compte des réactions humaines et sociales.** L'atténuation et l'adaptation constituent un exercice de gestion des risques dans lequel interviennent de nombreux niveaux de décision et choix de politique qui interagissent de manière complexe, souvent imprévisible. Des risques et des incertitudes surgissent dans les systèmes naturels, sociaux et technologiques. Comme on l'explique dans l'encadré RT.3, les stratégies efficaces de gestion des risques ne tiennent pas seulement compte des valeurs des personnes et des mécanismes intuitifs qui leur servent à prendre des décisions, elles recourent aussi à des modèles structurés et à des outils d'aide décisionnelle pour analyser systématiquement les questions de risque et d'incertitude [2.4, 2.5]. Selon les recherches conduites dans d'autres domaines d'intervention aussi complexes et entachés d'incertitude, il importe d'adopter des politiques et des mesures solides au regard d'une diversité de critères et de retombées possibles [2.5]. L'encadré RT.4 décrit une difficulté supplémentaire: il apparaît de plus en plus que l'évolution du climat pourrait entraîner des phénomènes extrêmes dont les seuils critiques et les conséquences sont voilés par des niveaux élevés d'incertitude [2.5, 3.9.2]. Une stratégie de gestion des risques climatiques exige l'intégration des activités d'atténuation à différents horizons temporels, l'adaptation à un éventail de conséquences climatiques et, éventuellement, le recours à des mesures d'urgence, telle la géo-ingénierie, face aux impacts extrêmes [1.4.2, 3.3.7, 6.9, 13.4.4]. Vu la possibilité d'impacts extrêmes, la capacité de neutraliser rapidement le réchauffement pourrait aider à limiter certaines conséquences catastrophiques, quoique le déploiement de techniques de géo-ingénierie puisse créer bien d'autres risques (voir section RT.3.1.3). L'un des grands défis de l'élaboration d'une stratégie de gestion des risques est de faire en sorte qu'elle puisse intégrer de nouvelles informations et s'adapter à des organes directeurs différents [2.5].



## Encadré RT.4 | «Distributions à queues épaisses»: conséquences probables ou improbables dans l'appréciation de la valeur de l'atténuation

Le problème des distributions dites «à queues épaisses» renvoie à l'incertitude que présente le système climatique et aux conséquences à en tirer du point de vue des politiques d'atténuation et d'adaptation. Quand on analyse la chaîne des incertitudes structurelles qui touchent le climat, on obtient parfois une distribution des probabilités composées de dommages économiques dont l'extrémité droite est épaisse. Cela signifie que la probabilité de dommages ne diminue pas aussi rapidement que les conséquences augmentent avec la hausse des températures.

La courbe des températures résultant d'un doublement des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (sensibilité du climat) permet d'illustrer l'importance de cette forme de distribution. Les estimations fournies par le Groupe de travail I (GT I) du GIEC peuvent servir à établir deux distributions possibles, l'une à queue épaisse, l'autre à queue fine; toutes deux présentent une variation de température médiane de 3 °C et une probabilité de 15 % de variation de la température excédant 4,5 °C. Bien que la probabilité de dépasser 4,5 °C soit la même dans les deux cas, elle diminue beaucoup plus lentement avec la hausse des températures dans la distribution à queue épaisse

que dans la distribution à queue fine. Ainsi, la probabilité que les températures se situent au-delà de 8 °C est presque dix fois plus grande dans la distribution à queue épaisse. Si la variation des températures se caractérise par une telle distribution, et si des événements à fort impact risquent de survenir lorsque les températures sont plus élevées, les événements situés à l'extrémité de la courbe peuvent dominer le calcul des dommages attendus.

Il est bon, quand on élabore des politiques d'atténuation et d'adaptation, de savoir que les événements situés dans la queue de distribution et leurs conséquences présentent une probabilité plus grande. De fait, la nature de la distribution de probabilité de l'évolution des températures pourrait modifier radicalement la manière de façonner et de structurer une politique climatique. En l'espèce, les distributions à queues épaisses accroissent l'importance des événements situés dans la queue (tel un réchauffement de 8 °C). Alors que l'intérêt scientifique et une grande partie des débats de politique ont porté sur les effets les plus probables, il se pourrait qu'il faille accorder plus d'importance aux conséquences qui se situent dans la queue de la distribution de probabilité. [2.5, 3.9.2]

## RT.2 Évolution des stocks et des flux de gaz à effet de serre et de leurs facteurs déterminants

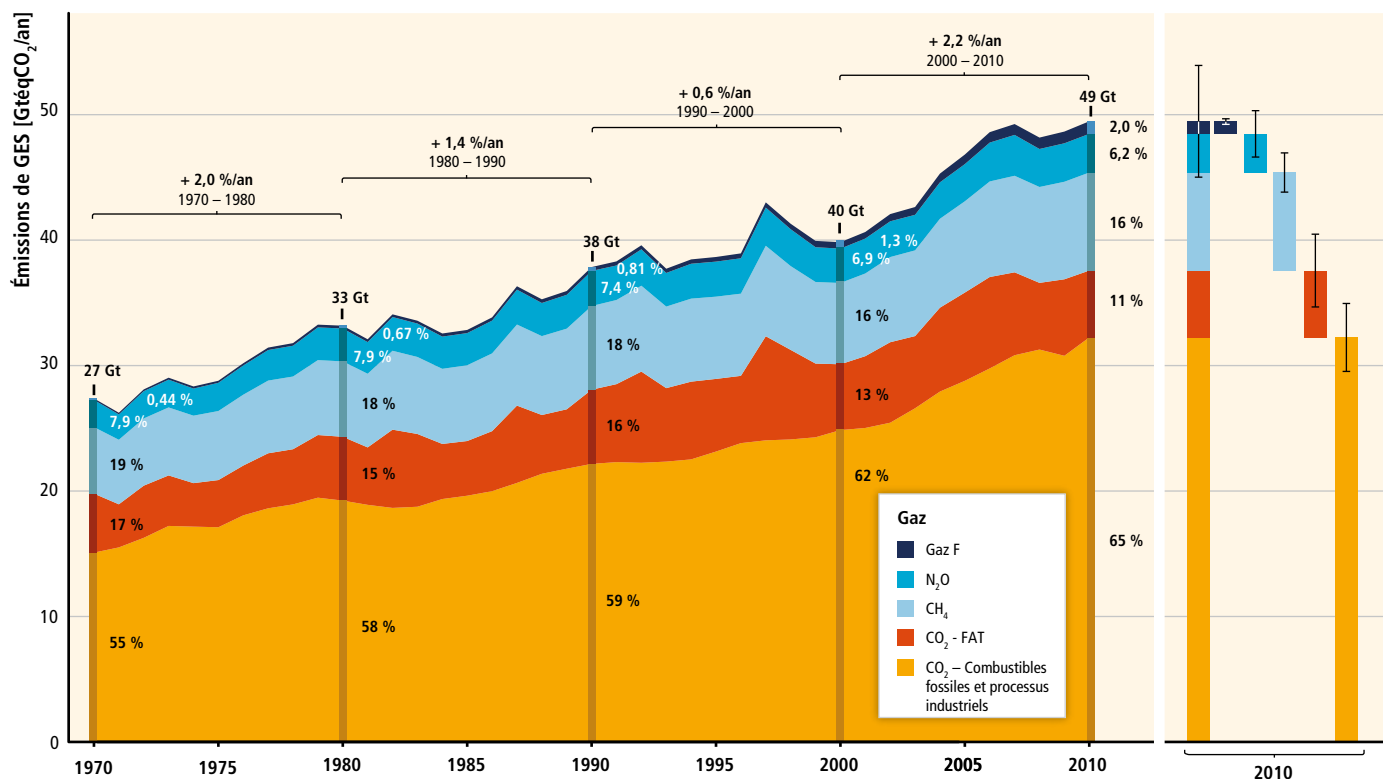
*L'évolution passée des émissions de GES et de leurs facteurs déterminants est présentée succinctement ici. Comme dans la plupart des textes consultés, les estimations des émissions cumulées de GES sont exprimées en équivalent-CO<sub>2</sub> sur la base du potentiel de réchauffement global à un horizon de 100 ans (PRG<sub>100</sub>) (encadré RT.5). La majorité des changements dans les émissions sont liés à des changements dans les facteurs qui les déterminent, tels la croissance économique, l'évolution technologique, le comportement humain ou la croissance démographique. Toutefois, de légères variations dans les estimations des émissions sont dues à l'affinement des notions et des méthodes de mesure survenu depuis la parution du RE4. De plus en plus de textes traitent des incertitudes qui entachent les jeux de données mondiaux sur les émissions de GES. Cette section tente de les exposer clairement et, quand c'est possible, signale les écarts que présentent les estimations selon les jeux de données utilisés.*

### RT.2.1 Évolution des émissions de gaz à effet de serre

**Le total des émissions anthropiques de GES a augmenté plus rapidement entre 2000 et 2010 qu'au cours des trois décennies précédentes (degré de confiance élevé).** Les émissions anthropiques totales de GES ont été les plus importantes de toute l'histoire de l'humanité entre 2000 et 2010 et ont atteint 49 (± 4,5) gigatonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an (Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) en 2010<sup>3</sup>. Les tendances actuelles se situent dans la fourchette supérieure des niveaux qui avaient été projetés pour cette dernière décennie. La progression s'est poursuivie malgré l'existence d'une large palette d'institutions multilatérales et de politiques nationales en faveur de l'atténuation. Les émissions de GES ont augmenté en moyenne de 1,0 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> (2,2 %) par an entre 2000 et 2010, alors que cette hausse était de 0,4 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> (1,3 %) par an sur l'ensemble de la période 1970–2000 (figure RT.1). La crise éco-

<sup>3</sup> Dans ce résumé, l'incertitude associée aux émissions historiques de GES est donnée avec un intervalle d'incertitude à 90 %, sauf indication contraire. Les niveaux d'émission sont arrondis à deux chiffres significatifs dans l'ensemble du document, si bien que de légers écarts peuvent apparaître dans les totaux.

## Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupes de gaz entre 1970 et 2010



**Figure RT.1** | Total annuel des émissions anthropiques de GES (Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) entre 1970 et 2010, par groupe de gaz : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) issu de l'utilisation de combustibles fossiles et des procédés industriels; CO<sub>2</sub> issu de la FAT\* (foresterie et autres affectations des terres); méthane (CH<sub>4</sub>); oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O); gaz fluorés<sup>5</sup> (gaz F) régis par le Protocole de Kyoto. À droite, les émissions de GES en 2010 sont reprises, également décomposées, avec les incertitudes correspondantes (intervalle de confiance à 90 %) indiquées par les segments d'erreur. Les incertitudes liées au total des émissions anthropiques de GES sont obtenues à partir des estimations établies pour les différents gaz, comme l'explique le chapitre 5 [5.2.3.6]. Les émissions sont exprimées en équivalent-CO<sub>2</sub> sur la base des valeurs du potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG<sub>100</sub>) figurant dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (RE2). Les données relatives aux émissions provenant de la FAT correspondent aux émissions de CO<sub>2</sub> d'origine terrestre provoquées par les feux de forêt et de tourbière, ainsi que par la décomposition; elles se rapprochent des flux nets de CO<sub>2</sub> attribués à la FAT, comme le décrit le chapitre 11 du présent rapport. Les taux de croissance annuels moyens au cours des quatre décennies sont indiqués par les accolades horizontales. La croissance annuelle moyenne, entre 1970 et 2000, s'établit à 1,3 %. [Figure 1.3]

nomique mondiale de 2007-2008 n'a entraîné qu'une réduction temporaire des émissions. [1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, figure 15.1]

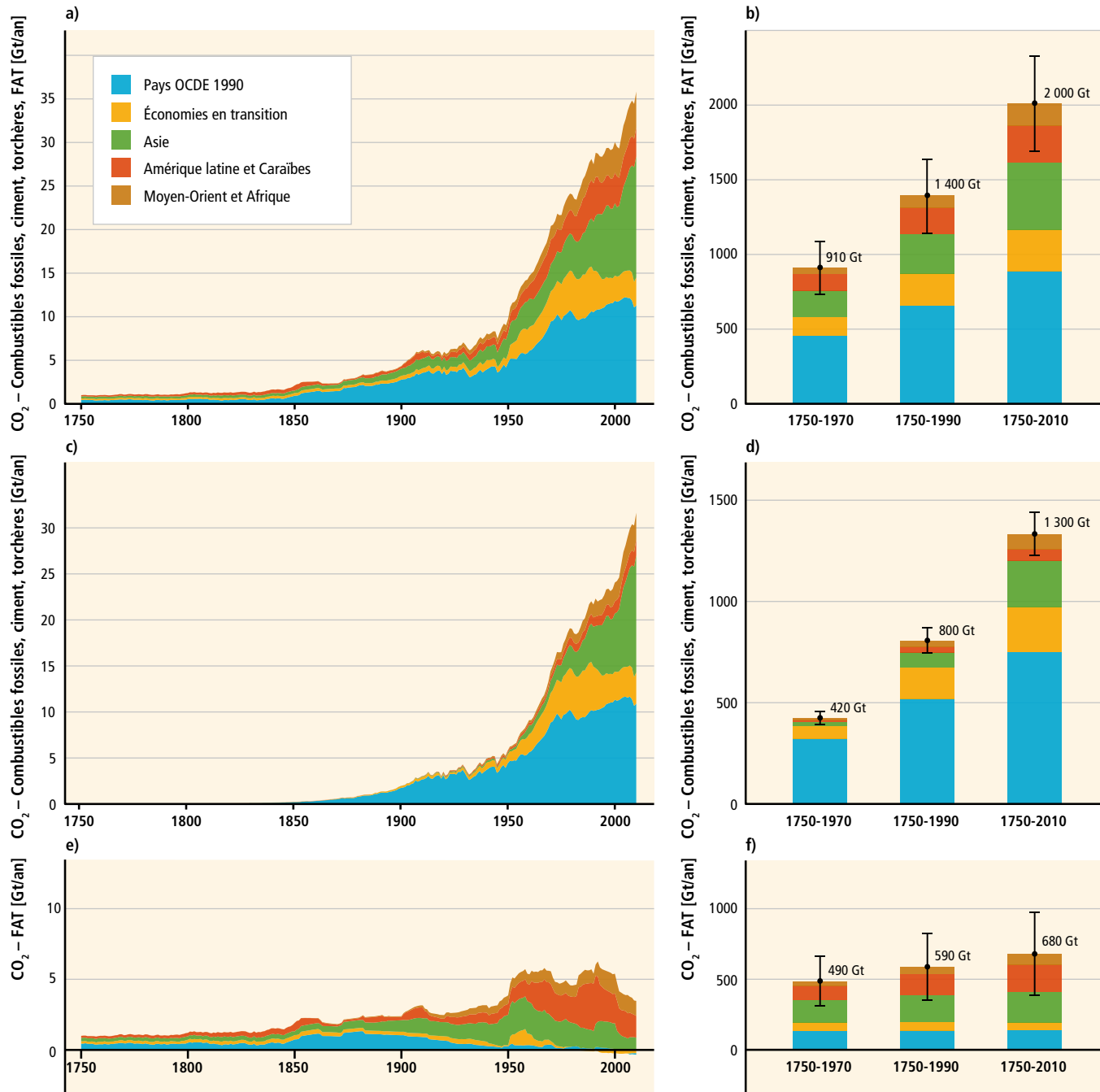
**Les émissions de CO<sub>2</sub> imputables à l'usage de combustibles fossiles et aux procédés industriels ont contribué dans une proportion de 78 % à l'accroissement du total des émissions de GES entre 1970 et 2010, ce pourcentage étant analogue entre 2000 et 2010 (degré de confiance élevé).** En 2010, les émissions de CO<sub>2</sub> dues aux combustibles fossiles ont atteint 32 (± 2,7) GtCO<sub>2</sub>/an et ont encore augmenté d'environ 3 % entre 2010 et 2011 et de 1 à 2 % entre 2011 et 2012. Depuis la parution du RE4, la part des grands

groupes de GES est restée stable. Sur un total de 49 (± 4,5) Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> d'émissions anthropiques de GES en 2010, 76 % (38 ± 3,8 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) sont des émissions de CO<sub>2</sub>, qui demeure le principal GES anthropique, 16 % (7,8 ± 1,6 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) sont des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>), 6,2 % (3,1 ± 1,9 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) des émissions d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et 2,0 % (1,0 ± 0,2 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) des émissions de gaz fluorés (figure RT.1)<sup>5</sup>. Si l'on prend les valeurs de PRG<sub>100</sub> plus récentes figurant dans le RE5 [GT I 8.7], le total des émissions mondiales de GES est légèrement plus élevé (52 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>/an) et la part des gaz autres que le CO<sub>2</sub> s'établit à 20 % pour le CH<sub>4</sub>, 5 % pour le N<sub>2</sub>O et 2,2 % pour les gaz F. Bien que la ventilation des émissions dépende des métriques et des horizons temporels choisis, cela n'infléchit pas sensiblement les tendances mondiales à long terme. Si l'on opte pour un horizon temporel plus court, de 20 ans, la part du CO<sub>2</sub> baisse pour se situer juste au dessus de 50 % du total des émissions anthropiques de GES et la part relative des gaz à courte durée de vie augmente. Comme l'explique l'encadré RT.5, le choix d'une métrique et d'un horizon temporel fait intervenir des jugements de valeur, explicites ou implicites, et dépend de la finalité de l'analyse. [1.2, 3.9, 5.2]

<sup>4</sup> En tant que sous-ensemble de l'AFAT (agriculture, foresterie et autres affectations des terres), la FAT (foresterie et autres affectations des terres), également appelée UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie), regroupe les émissions et absorptions de GES découlant des activités humaines directement liées à l'UTCATF, hormis les émissions agricoles (voir glossaire du GT III RE5).

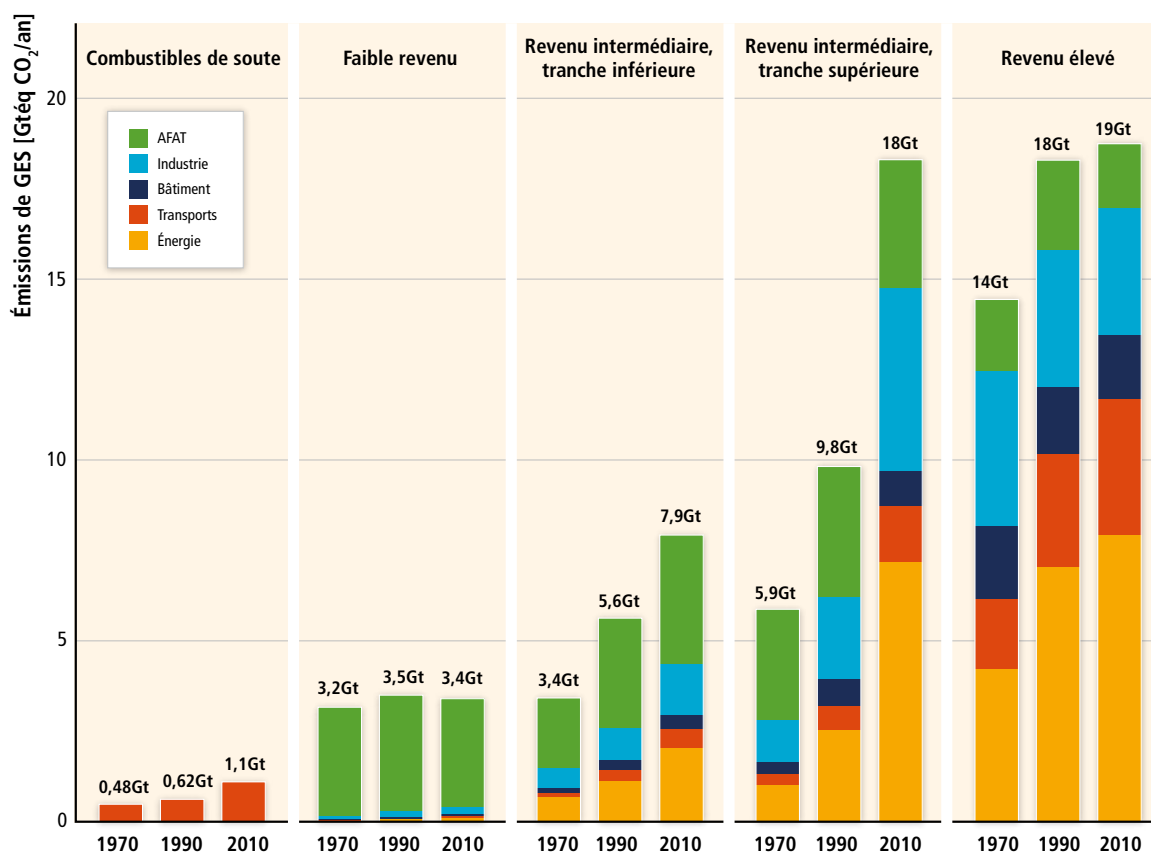
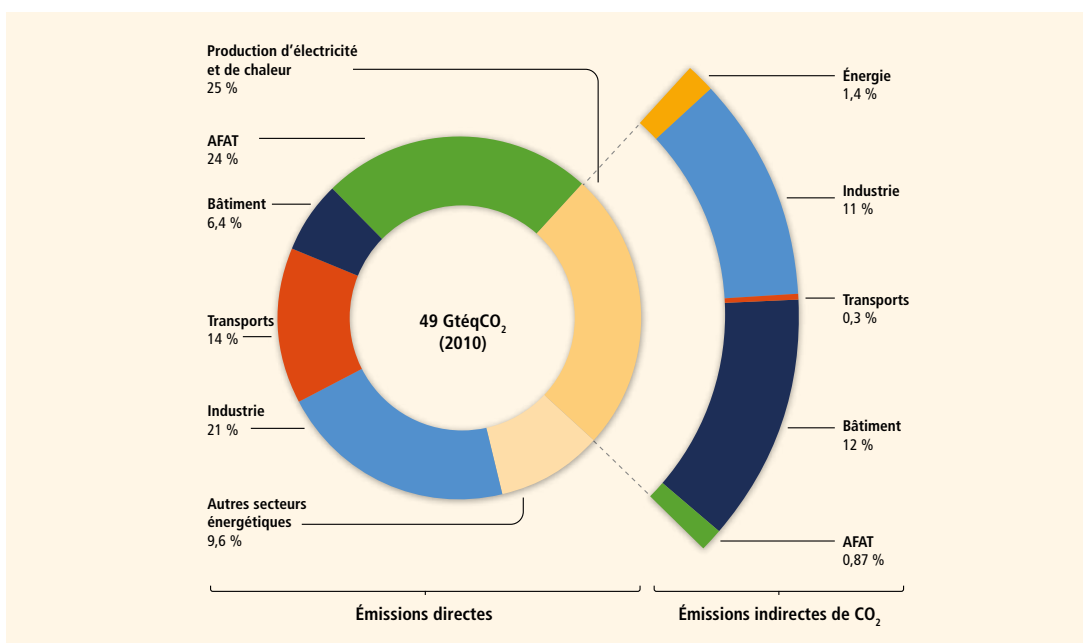
<sup>5</sup> Dans le présent rapport, les données sur les GES autres que le CO<sub>2</sub>, y compris les gaz fluorés, proviennent de la base de données EDGAR (voir annexe II.9), qui porte sur les composants régis par le Protocole de Kyoto au titre de la première période d'engagement.

Émissions anthropiques totales de CO<sub>2</sub> imputables à l'utilisation de combustibles fossiles, à la production de ciment, à la combustion en torchère et à la FAT (foresterie et autres affectations des terres) par région entre 1750 et 2010

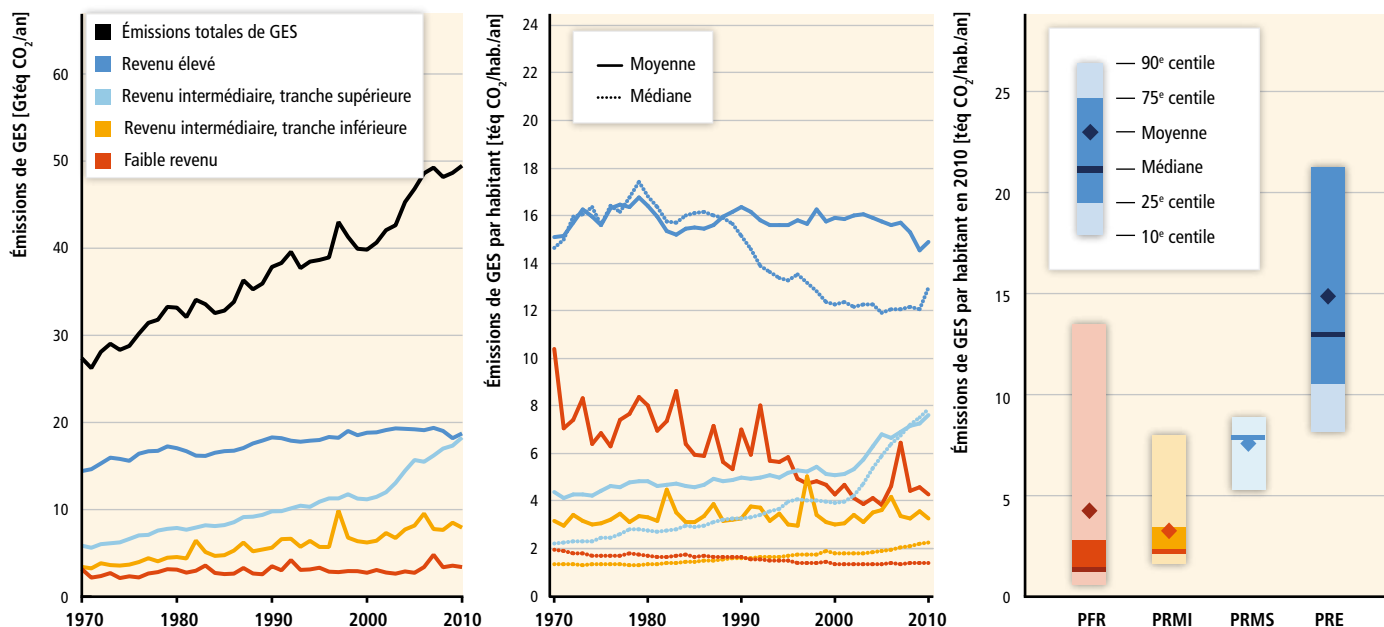


**Figure RT.2** | Émissions anthropiques passées de CO<sub>2</sub> imputables à l'utilisation de combustibles fossiles, à la combustion en torchère, à la production de ciment et à la FAT (foresterie et autres affectations des terres)<sup>4</sup> dans cinq régions du monde : OCDE - 1990 (bleu); économies en transition (jaune); Asie (vert); Amérique latine et Caraïbes (rouge); Moyen-Orient et Afrique (brun). Les émissions sont données en gigatonnes de CO<sub>2</sub> par an (GtCO<sub>2</sub>/an). À gauche : Émissions régionales de CO<sub>2</sub>, entre 1750 et 2010, provenant de : a) l'ensemble des sources de CO<sub>2</sub> (c+e); c) l'utilisation de combustibles fossiles, la combustion en torchère et la production de ciment; e) la FAT. À droite : Contribution des régions aux émissions cumulées de CO<sub>2</sub>, pendant certaines périodes, provenant de : b) l'ensemble des sources de CO<sub>2</sub> (d+f); d) l'utilisation de combustibles fossiles, la combustion en torchère et la production de ciment; f) la FAT. Les segments d'erreur dans les figures b), d) et f) donnent une idée de la marge d'incertitude (intervalle de confiance à 90 %). Les régions sont définies dans l'annexe II.2.2. [Figure 5.3]

Répartition des émissions de GES entre les secteurs économiques



**Figure RT.3** Répartition des émissions anthropiques totales de GES (Gtég CO<sub>2</sub>/an) entre les secteurs économiques et entre les groupes de pays classés selon leur revenu. En haut: La couronne montre les parts (en pourcentage des émissions anthropiques totales de GES) revenant en 2010 à cinq grands secteurs économiques. L'arc agrandi à droite indique la répartition (en pourcentage des émissions anthropiques totales de GES) des émissions indirectes de CO<sub>2</sub> découlant de la production d'électricité et de chaleur entre les secteurs qui consomment l'énergie finale. La part attribuée aux «autres secteurs énergétiques» correspond à toutes les sources d'émission de GES dans le secteur de l'énergie, mis à part la production d'électricité et de chaleur. En bas: Répartition des émissions anthropiques totales de GES en 1970, 1990 et 2010 entre cinq grands secteurs économiques et cinq groupes de pays classés selon leur revenu. L'expression «combustibles de soute» désigne les émissions de GES dues au transport international qui ne sont pas attribuées à un territoire national selon les systèmes actuels de comptabilisation. Les données relatives à l'AFAT (agriculture, foresterie et autres affectations des terres) incluent les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine terrestre provoquées par les feux de forêt et de tourbière ainsi que par la décomposition; elles se rapprochent des flux nets de CO<sub>2</sub> attribués au sous-secteur de la FAT (foresterie et autres affectations des terres) décrit dans le chapitre 11 du présent rapport. Les émissions sont exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> sur la base du potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG<sub>100</sub>) figurant dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (RE2). La répartition des pays dans les groupes de revenu repose sur la classification 2013 de la Banque mondiale. L'annexe II.2.3 donne plus de détails. Les secteurs sont définis dans l'annexe II.9.1. [Figure 1.3, figure 1.6]



**Figure RT.4** | Évolution des émissions de GES dans les groupes de pays classés selon leur revenu. À gauche: Total annuel des émissions anthropiques de GES (Gtéc CO<sub>2</sub>/an) entre 1970 et 2010. Au centre: Évolution de la moyenne et de la médiane des émissions annuelles de GES par habitant entre 1970 et 2010 (téc CO<sub>2</sub>/hab./an). À droite: Distribution des émissions annuelles de GES par habitant en 2010 dans les pays appartenant à chaque groupe (téc CO<sub>2</sub>/hab./an). Les valeurs moyennes indiquent les niveaux d'émissions de GES pondérés par la population. Les valeurs médianes indiquent les niveaux d'émissions de GES par habitant au 50<sup>e</sup> centile de la distribution dans chaque groupe de pays. Les émissions sont exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> sur la base du potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG<sub>100</sub>) figurant dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (RE2). La répartition des pays dans les groupes de revenu repose sur la classification 2013 de la Banque mondiale. L'annexe II.2.3 donne plus de détails. [Figures 1.4 et 1.8]

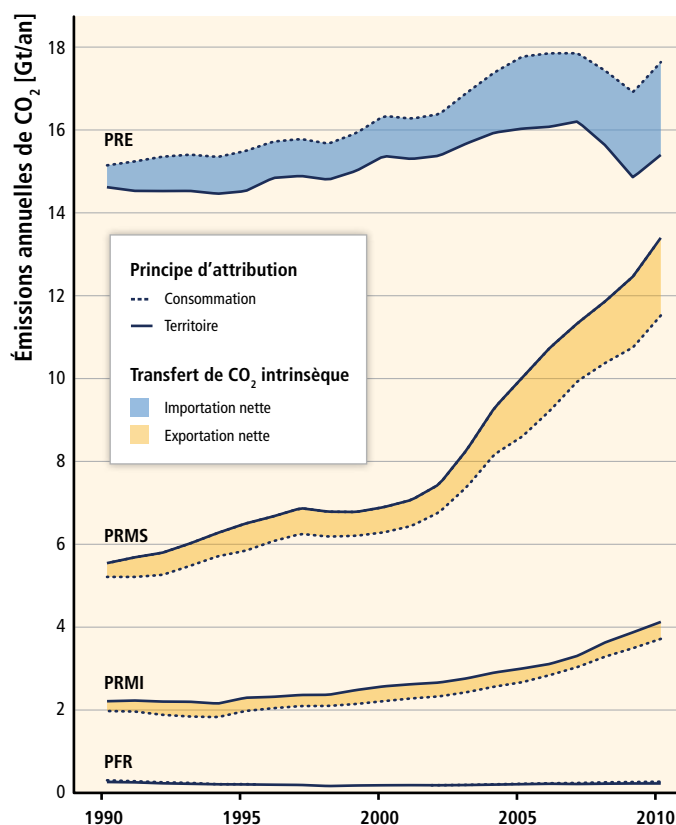
**Le total des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> a doublé au cours des quatre dernières décennies; il est passé de 910 GtCO<sub>2</sub> environ pendant la période 1750–1970 à 2 000 GtCO<sub>2</sub> environ pendant la période 1750–2010 (degré de confiance élevé).** En 1970, le cumul des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'utilisation de combustibles fossiles, de la production de ciment et de la combustion en torchère depuis 1750 s'établissait à 420 (± 35) GtCO<sub>2</sub>; en 2010, ce chiffre avait triplé et atteignait 1 300 (± 110) GtCO<sub>2</sub> (figure RT.2). Le total cumulé des émissions de CO<sub>2</sub> associées à la FAT<sup>4</sup> depuis 1750 est passé de quelque 490 (± 180) GtCO<sub>2</sub> en 1970 à quelque 680 (± 300) GtCO<sub>2</sub> en 2010. [5.2]

**La configuration régionale des émissions de GES fluctue au gré de l'économie mondiale (degré de confiance élevé).** Depuis 2000, les émissions de GES ont cru dans tous les secteurs, si ce n'est l'AFAT (agriculture, foresterie et autres affectations des terres)<sup>4</sup>, où des variations positives et négatives apparaissent dans les différentes bases de données et où les incertitudes sont élevées. Au delà de 75 % de la hausse de 10 Gt des émissions annuelles de GES survenue entre 2000 et 2010 étaient attribuables à l'approvisionnement en énergie (47 %) et à l'industrie (30 %) (les secteurs sont définis dans l'annexe II.9.I). Au sein de l'augmentation survenue dans ces secteurs, 5,9 Gtéc CO<sub>2</sub> ont été émis par les pays à revenu intermédiaire de la

tranche supérieure<sup>6</sup>, où le développement économique et l'expansion de l'infrastructure ont été les plus rapides. La progression des émissions de GES dans les autres secteurs a été plus modeste, en valeur absolue (0,3 1,1 Gtéc CO<sub>2</sub>) comme en valeur relative (3 % 11 %). [1.3, 5.3, figure 5.18]

**Les niveaux actuels d'émissions de GES sont principalement dus à l'approvisionnement en énergie, à l'AFAT et à l'industrie; la contribution du bâtiment et de l'industrie augmente considérablement si l'on tient compte des émissions indirectes (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Sur les émissions de GES comptabilisées en 2010, soit 49 (± 4,5) Gtéc CO<sub>2</sub>, 35 % (17 Gtéc CO<sub>2</sub>) ont été produites par l'approvisionnement en énergie, 24 % (12 Gtéc CO<sub>2</sub>, émissions nettes) par l'AFAT, 21 % (10 Gtéc CO<sub>2</sub>) par l'industrie, 14 % (7,0 Gtéc CO<sub>2</sub>) par les transports et 6,4 % (3,2 Gtéc CO<sub>2</sub>) par le bâtiment. Si l'on attribue les émissions indirectes dues à la production d'électricité et de chaleur aux secteurs qui utilisent l'énergie finale, les parts des secteurs de l'industrie et du bâtiment dans les émissions mondiales de GES augmentent pour atteindre respectivement 31 % et 19 %<sup>3</sup> (figure RT.3, en haut). [1.3, 7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

<sup>6</sup> Dans le présent résumé, la répartition des pays dans les groupes de revenu repose sur la classification 2013 de la Banque mondiale. L'annexe II.2.3 donne plus de détails.



**Figure RT.5** | Attribution, sur la base du territoire (trait plein) et sur la base de la consommation finale (pointillé), des émissions annuelles totales de CO<sub>2</sub> (Gt/an) dues à l'utilisation des combustibles fossiles dans les groupes de pays classés selon leur revenu. Les zones ombrées représentent le bilan (écart) net des échanges de CO<sub>2</sub> entre chacun des quatre groupes de pays et le reste du monde. L'ombrage bleu indique que le groupe de pays est un importateur net d'émissions de CO<sub>2</sub> intrinsèques; dans ce cas, l'estimation des émissions basée sur la consommation est supérieure à l'estimation classique basée sur le territoire. L'ombrage orange illustre la situation inverse : le groupe de pays est un exportateur net d'émissions de CO<sub>2</sub> intrinsèques. La répartition des pays dans les groupes de revenu repose sur la classification 2013 de la Banque mondiale. L'annexe II.2.3 donne plus de détails. [Figure 1.5]

**Les émissions de GES par habitant en 2010 présentent de grandes disparités (degré de confiance élevé).** En 2010, la médiane des émissions de GES par habitant est à peu près neuf fois plus basse dans le groupe des pays à faible revenu (1,4 téq CO<sub>2</sub>/hab./an) que dans le groupe des pays à revenu élevé (13 téq CO<sub>2</sub>/hab./an) (figure RT.4)<sup>6</sup>. C'est l'AFAT qui est à l'origine de la plus grande part des émissions de GES dans les pays à faible revenu, tandis que ce sont les sources liées à l'approvisionnement en énergie et à l'industrie dans les pays à revenu élevé (figure RT.3, en bas). Il existe des écarts marqués dans les émissions de GES par habitant au sein des groupes de pays classés selon leur revenu, les émissions au niveau du 90<sup>e</sup> centile s'établissant à plus du double des émissions au niveau du 10<sup>e</sup> centile. À l'intérieur d'un groupe hétérogène de pays, la médiane des émissions par habitant représente mieux le pays type que la moyenne des émissions par habitant. C'est surtout dans les pays à faible revenu que la

moyenne s'écarte de la médiane, car certains pays ont des niveaux élevés d'émissions par habitant en raison des grandes quantités de CO<sub>2</sub> qui sont rejetées au moment du changement d'affectation des terres (figure RT.4, à droite). [1.3, 5.2, 5.3]

**Une part grandissante des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> survient lors de la fabrication de produits qui font l'objet d'un commerce international (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé).** Depuis la parution du RE4, plusieurs jeux de données ont quantifié l'écart entre les émissions qui sont estimées, de manière classique, sur la base du territoire et les émissions qui sont estimées sur la base de la consommation, où les rejets totaux découlant de la production mondiale de biens et de services sont attribués au pays de consommation finale (figure RT.5). Une proportion croissante des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de combustibles fossiles dans les pays à revenu intermédiaire découle de la production de biens et de services qui sont exportés, principalement des pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure vers des pays à revenu élevé. Le total annuel des émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux procédés industriels dans les pays non visés à l'annexe I de la CCNUCC excède maintenant le total relevé dans les pays visés à l'annexe I, que la comptabilisation repose sur le territoire ou sur la consommation, mais les émissions par habitant restent nettement plus élevées dans ce deuxième groupe de pays. [1.3, 5.3]

**Quelle que soit l'optique choisie, la plus grande part des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> survient dans un nombre restreint de pays (degré de confiance élevé).** En 2010, dix pays étaient à l'origine de 70 % environ des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'usage de combustibles fossiles et aux procédés industriels. Un nombre tout aussi faible de pays est responsable de la majorité des émissions de CO<sub>2</sub> calculées sur la base de la consommation et des émissions de CO<sub>2</sub> cumulées depuis 1750. [1.3]

**La tendance à la hausse des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation de combustibles fossiles est solidement établie, quelles que soient les bases de données et malgré les incertitudes (degré de confiance élevé).** Les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles fossiles sont déterminées avec une incertitude de 8 %. De très grandes incertitudes, de l'ordre de  $\pm 50$  %, entachent les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la FAT. Les incertitudes visant les émissions mondiales de méthane (CH<sub>4</sub>), d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et de gaz fluorés sont estimées respectivement à 20 %, 60 % et 20 %. La combinaison de ces valeurs donne, à titre indicatif, une incertitude estimée de quelque 10 % pour le total mondial des GES (figure RT.1). L'incertitude est susceptible d'augmenter quand on choisit une échelle spatiale plus fine ou quand on étudie un secteur particulier. Elle s'accroît quand les émissions de GES sont attribuées au pays de consommation finale, mais peu de textes ont été publiés à ce jour sur la question. Les estimations des émissions de GES présentées dans le RE4 excédaient de 5 à 10 % celles données ici, mais elles demeurent dans la plage d'incertitude estimée<sup>3</sup>. [5.2]

## Encadré RT.5 | Les métriques des émissions dépendent de jugements de valeur et renferment de grandes incertitudes

Les métriques des émissions procurent des «taux de comparaison» qui permettent de mesurer la contribution de différents GES au changement climatique. Ces taux servent diverses fins, dont la ventilation des efforts d'atténuation entre les gaz et le regroupement des émissions de plusieurs GES. Néanmoins, aucune métrique n'est à la fois juste du point de vue conceptuel et pratique d'emploi. Le choix de la bonne métrique dépend donc de l'application ou de la politique visée. [3.9.6]

Les GES présentent des propriétés physiques différentes. Ainsi, par unité de masse dans l'atmosphère, le méthane (CH<sub>4</sub>) cause un forçage radiatif instantané beaucoup plus grand que le CO<sub>2</sub>, mais son temps de séjour dans l'atmosphère est nettement plus court. Les profils temporels des changements climatiques associés à divers GES sont donc différents et dérivés. Il faut donc, pour savoir comment comparer les GES à des fins d'atténuation, comparer les profils temporels des changements climatiques résultant de chacun des gaz et procéder à un jugement de valeur quant à l'importance relative de ces profils pour la population, avec toute l'incertitude que comporte l'exercice. [3.9.6; GT I 8.7]

L'une des métriques couramment employées est le potentiel de réchauffement global (PRG). Il s'agit du forçage radiatif, cumulé à un horizon temporel donné (100 ans par exemple - PRG<sub>100</sub>), provoqué par le rejet d'un kilogramme du gaz étudié par rapport à un kilogramme de CO<sub>2</sub>, qui constitue le gaz de référence. Cette métrique permet de ramener à une même échelle (équivalent-CO<sub>2</sub>) les effets des émissions de différents GES<sup>1</sup>. Le PRG pré-

sente l'avantage de se calculer de manière assez transparente et simple. Il présente toutefois quelques limites, dont l'obligation de choisir un horizon temporel précis, l'accent mis sur le forçage cumulé et l'insensibilité au profil temporel des effets climatiques et de leur importance pour la population. Le choix de l'horizon temporel est particulièrement important dans le cas des gaz à courte durée de vie, le méthane notamment: quand le PRG est établi à un horizon temporel plus court, la part de ces gaz dans l'effet de réchauffement total est plus grande et la stratégie d'atténuation pourrait en être modifiée. [1.2.5]

Bien d'autres métriques ont été proposées dans les textes scientifiques. Toutes présentent des avantages et des inconvénients. Le choix effectué peut modifier sensiblement le poids accordé aux émissions des différents gaz. Ainsi, le méthane a un PRG<sub>100</sub> de 28, tandis que son potentiel d'évolution de la température planétaire, autre métrique, se situe à 4 pour le même horizon temporel (valeurs du RE5, voir GT I 8.7). Sur le seul plan des coûts cumulés de l'atténuation, le PRG<sub>100</sub> peut se comparer à d'autres métriques (tel le potentiel d'évolution de la température planétaire en fonction du temps ou le potentiel de coût global) pour ce qui est d'atteindre un objectif climatique donné; des différences notables pourraient toutefois apparaître sur le plan de la répartition implicite des coûts entre les secteurs, les régions et les périodes. [3.9.6, 6.3.2.5]

Il est possible, au lieu d'utiliser une même métrique pour tous les gaz, d'adopter une approche différenciée dans laquelle les gaz sont regroupés selon leur contribution au changement climatique à court et à long terme. Cela peut régler certains problèmes liés à l'emploi d'une seule métrique, sans résoudre pour autant la question de l'importance relative qu'il convient d'accorder à la réduction des émissions de GES dans les différents groupes. [3.9.6; GT I 8.7]

<sup>1</sup> Dans le présent résumé, les émissions de GES sont exprimées en quantités d'équivalent CO<sub>2</sub> (éq CO<sub>2</sub>) qui sont calculées sur la base du PRG<sub>100</sub>. Sauf indication contraire, les valeurs du PRG<sub>100</sub> des différents gaz sont tirées du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (RE2). Bien que ces valeurs aient été actualisées à plusieurs reprises depuis la parution du RE2, elles sont encore largement employées pour définir les politiques, y compris le Protocole de Kyoto, ainsi que dans de nombreux systèmes nationaux et internationaux de comptabilisation des émissions. Les modélisations montrent que la variation des valeurs du PRG<sub>100</sub>, entre le RE2 et le RE4, a peu d'incidence sur la stratégie optimale d'atténuation à l'échelle mondiale. [6.3.2.5, annexe II.9.1]

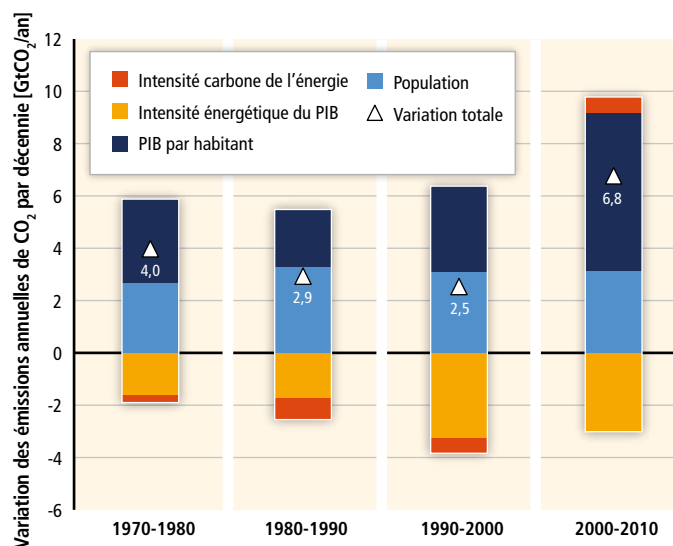
## RT.2.2 Facteurs d'évolution des émissions de gaz à effet de serre

Cette section porte sur les facteurs qui ont été associés aux variations des niveaux d'émissions de GES dans le passé. D'ordinaire, une telle analyse consiste à décomposer les émissions totales de GES selon plusieurs facteurs, telles la croissance économique (produit intérieur brut (PIB)/habitant), l'évolution démographique (nombre d'habitants), l'intensité énergétique d'une unité de production économique (énergie/PIB)

et l'intensité des émissions de GES liées à cette énergie (GES/énergie). Concrètement, vu les limites que comportent les données et le fait que la plupart des émissions de GES se présentent sous la forme de CO<sub>2</sub> rejeté par l'industrie et par l'énergie, presque toute l'analyse est axée sur le CO<sub>2</sub> émanant de ces secteurs.

**Globalement, les croissances économique et démographique continuent d'être les moteurs les plus importants de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation des combustibles.**

tibles fossiles. Entre 2000 et 2010, la contribution de la croissance démographique est restée à peu près identique à celle des trois décennies précédentes, tandis que la contribution de la croissance économique est montée en flèche (*degré de confiance élevé*). La population mondiale a augmenté de 86 % entre 1970 et 2010, passant de 3,7 à 6,9 milliards d'habitants. Les revenus, sur la base de la production et/ou de la consommation par habitant, ont à peu près doublé au cours de la même période. Il est difficile de mesurer avec exactitude la croissance économique mondiale, parce que les pays ont leurs propres devises et parce qu'il existe plusieurs façons de convertir les données d'une économie nationale afin de parvenir aux totaux mondiaux. L'augmentation de la population et de la production économique s'est accompagnée d'une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation des combustibles fossiles. L'importance de l'essor économique en tant que moteur des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> a fortement progressé depuis dix ans, tandis que celle de la croissance démographique est restée à peu près stable. L'intensité énergétique de la production n'a cessé de baisser dans le monde, grâce à l'évolution technologique, aux changements survenus dans la structure économique et la gamme des sources d'énergie



**Figure RT.6** | Décomposition de la variation des émissions annuelles totales de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation des combustibles fossiles par décennie et selon quatre facteurs déterminants: population, revenu (PIB) par habitant, intensité énergétique du PIB et intensité carbone de l'énergie. La variation des émissions totales est indiquée par un triangle. L'évolution au cours de chaque décennie est mesurée en gigatonnes de CO<sub>2</sub> par an [GtCO<sub>2</sub>/an]; le revenu est ramené à une même unité grâce aux parités du pouvoir d'achat. [Figure 1.7]

## Encadré RT.6 | Les scénarios utilisés dans ce rapport

Les scénarios d'évolution s'intéressent aux aspects cruciaux du développement des sociétés humaines qui conditionnent les émissions de GES et notre capacité de réagir face au changement climatique. Ils composent un éventail de futurs plausibles, parce que le développement humain est régi par une myriade de facteurs, dont la prise de décision. Ils peuvent servir à intégrer les connaissances sur les éléments moteurs des émissions de GES, les possibilités d'atténuation, le changement climatique et les conséquences des phénomènes climatiques.

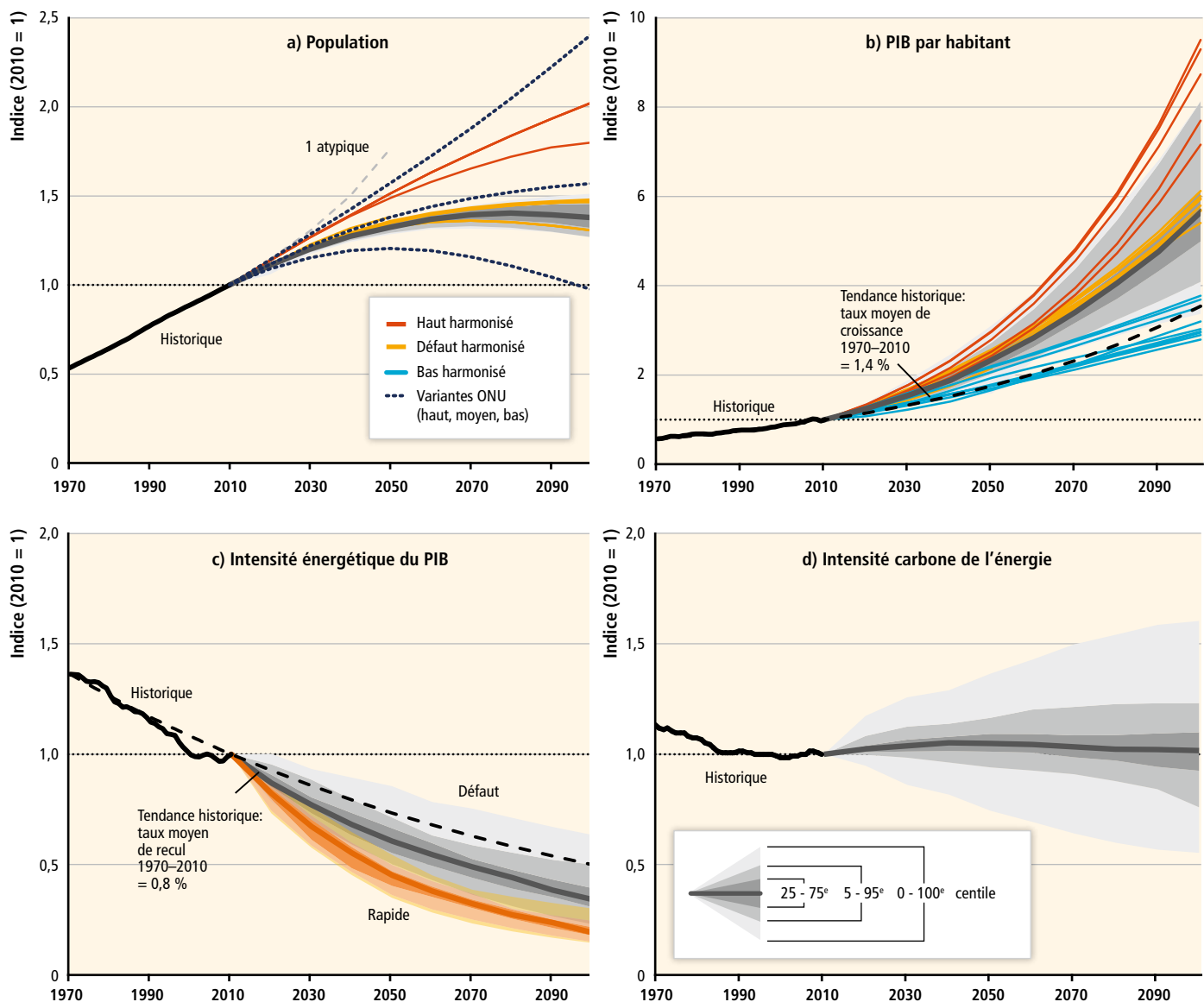
L'un des éléments importants des scénarios est l'ampleur avec laquelle les activités humaines devraient perturber le système climatique. Quatre « profils représentatifs d'évolution de concentration » (RCP) ont été établis à cette fin. Ils atteignent respectivement des niveaux de forçage radiatif de 2,6, 4,5, 6,0 et 8,5 watts par mètre carré (W/m<sup>2</sup>) (soit des concentrations de 450, 650, 850 et 1370 ppm éq CO<sub>2</sub>) en 2100, ce qui englobe la gamme des forçages anthropiques du climat au XXI<sup>e</sup> siècle décrits dans les textes scientifiques. Les quatre RCP sont à l'origine d'un nouvel ensemble de projections du changement climatique que le GT I a évaluées dans le cadre du RE5. [GT I 6.4, GT I 12.4]

Les scénarios qui s'intéressent à l'évolution possible si aucun effort supplémentaire explicite n'est déployé pour atténuer le changement climatique (scénarios de référence) et si des mesures sont prises afin de limiter les émissions de GES (scénarios d'atténuation) renferment généralement des projections d'ordre socio-économique en plus des données sur les émissions, les concentrations et le changement

climatique. Le GT III a évalué l'ensemble des scénarios de référence et d'atténuation publiés. Il a constitué une base de données réunissant au delà de 1 200 scénarios de référence et d'atténuation. Dans la majorité des cas, les projections socio-économiques sous-jacentes reflètent les choix particuliers de l'équipe de modélisation quant à la façon de conceptualiser l'avenir en l'absence de politique climatique. Les scénarios de référence présentent un large éventail d'hypothèses concernant la croissance économique (revenu par habitant multiplié par trois à plus de huit d'ici à 2100), la demande d'énergie (déclin de l'intensité énergétique de 40 % à plus de 80 % d'ici à 2100) et d'autres facteurs, en particulier l'intensité carbone de l'énergie. Les hypothèses relatives à la population constituent une exception: la vaste majorité des scénarios privilégient la fourchette basse à moyenne qui va de neuf à dix milliards d'habitants en 2100. Même si la gamme des profils d'évolution des émissions dans les scénarios de référence publiés est vaste, elle pourrait ne pas représenter toute la palette des possibilités (figure RT.7). [6.3.1]

Les concentrations résultant des scénarios de référence et des scénarios d'atténuation évalués par le GT III pour le RE5 couvrent l'ensemble des RCP. Toutefois, beaucoup plus de détails sont donnés à l'extrémité inférieure, un grand nombre de scénarios visant des niveaux de concentration de 450, 500 et 550 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100. Les projections du changement climatique réalisées par le GT I à partir des RCP et les scénarios d'atténuation évalués par le GT III peuvent être rapprochés par les conséquences climatiques qu'ils impliquent. [6.2.1]





**Figure RT.7** | Fourchettes des projections de référence pour quatre facteurs d'évolution des émissions à l'échelle du globe. Les scénarios harmonisés relativement à un facteur précis sont représentés par des lignes. Les autres scénarios sont représentés par une plage avec la médiane en gras; l'ombrage montre l'intervalle interquartile (sombre), l'intervalle du 5<sup>e</sup> au 95<sup>e</sup> centile (clair) et l'intervalle complet (très clair), à l'exception d'une valeur atypique dans la figure a). Les scénarios sont filtrés par modèle et étude pour chaque indicateur afin de n'inclure que les projections uniques. Les projections de modèles et les données historiques sont normalisées sur 1 en 2010. Le PIB est obtenu à l'aide des taux de change du marché l'année de base. L'intensité énergétique et l'intensité carbone sont mesurées par rapport à l'énergie primaire totale. [Figure 6.1]

utilisées et à l'évolution d'autres intrants, dont le capital et le travail. Ce recul a eu, sur les émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, un effet compensateur d'une ampleur quasi équivalente à l'accroissement de la population (figure RT.6). Quelques pays seulement allient croissance économique et baisse des émissions territoriales de CO<sub>2</sub> sur une longue période. Une telle dissociation reste très atypique, surtout si le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> est basé sur la consommation. [1.3, 5.3]

Entre 2000 et 2010, l'augmentation de l'utilisation du charbon par rapport aux autres sources d'énergie a inversé une tendance ancienne à la décarbonisation progressive de l'approvisionnement mondial en énergie (*degré de confiance élevé*). Le recours accru au charbon, surtout dans les pays asiatiques en déve-

loppement, accentue le poids des émissions de GES liées à l'énergie (figure RT.6). On estime qu'il existe d'importantes réserves de charbon et de ressources pétrolières et gazières non classiques; par conséquent, la baisse de l'intensité carbone de l'énergie pourrait ne pas être principalement due à la rareté des ressources fossiles, mais à des facteurs tels que l'évolution des technologies, des valeurs et des choix socio-politiques. [5.3, 7.2, 7.3, 7.4; SRREN figure 1.7]

L'innovation technologique, le choix des infrastructures et le comportement ont une incidence sur les émissions de GES par le biais des gains de productivité, de l'intensité énergétique, de l'intensité carbone et des modes de consommation (*degré de confiance moyen*). Les progrès technologiques améliorent la producti-

vité du travail et des ressources; ils sont de nature à soutenir la croissance économique en augmentant comme en diminuant les émissions de GES. L'orientation et la rapidité des changements dans ce domaine varient selon les politiques. La technologie est également centrale dans les choix visant l'infrastructure et l'aménagement du territoire, en milieu urbain par exemple, qui peuvent avoir des effets durables sur les émissions de GES. En outre, une large palette d'attitudes, de valeurs et de normes se traduisent par différents modes de vie, préférences de consommation et choix technologiques qui, à leur tour, influent sur la configuration des émissions de GES. [5.3, 5.5, 5.6, 12.3]

**Si, par rapport à ceux déjà en place, aucun effort supplémentaire n'est déployé, l'augmentation des émissions devrait persister, entraînée par la croissance de la population et des activités économiques à l'échelle du globe, en dépit d'améliorations dans les techniques d'approvisionnement énergétique et d'utilisation finale (degré de confiance élevé).** Les niveaux de concentration atmosphérique dans les scénarios de référence étudiés pour l'évaluation (absence d'effort supplémentaire explicite visant à réduire les émissions de GES) dépassent 450 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2030<sup>7</sup>. Ils se situent entre 750 et plus de 1 300 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 et se traduisent par une hausse de la température moyenne à la surface du globe de 3,7 à 4,8 °C par rapport aux niveaux préindustriels<sup>8</sup> (fourchette fondée sur la réponse médiane du climat; la fourchette comprenant l'incertitude climatique est de 2,5 °C à 7,8 °C, voir tableau RT.1)<sup>9</sup>. La fourchette des concentrations en 2100 correspond à peu près à la gamme des concentrations d'équivalent CO<sub>2</sub> dans les profils d'évolution RCP6,0 et RCP8,5 (voir encadré RT.6), la majorité des scénarios se situant au dessous de ce dernier. À titre de comparaison, la concentration d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2011 est estimée à 430 ppm (plage d'incertitude de 340 à 520 ppm)<sup>10</sup>. Les recherches publiées n'explorent pas de manière systématique l'intégralité de la plage d'incertitude entourant les trajectoires de développement et l'évolution possible de facteurs clés tels que la population, la technologie et les ressources. Quoi qu'il en soit, les scénarios laissent fortement penser que, faute de tout effort explicite d'atténuation, les émissions de CO<sub>2</sub> cumulées depuis 2010 excéderont 700 GtCO<sub>2</sub> en 2030 et 1 500 GtCO<sub>2</sub> en 2050, et pourraient se situer bien au delà de 4 000 GtCO<sub>2</sub> en 2100. [6.3.1; GT I figure RID.5, GT I 8.5, GT I 12.3]

<sup>7</sup> Ces concentrations d'équivalent CO<sub>2</sub> représentent le forçage radiatif complet, incluant les GES, les gaz halogénés, l'ozone troposphérique, les aérosols, les poussières minérales et la variation de l'albédo.

<sup>8</sup> Sur la base de la plus longue série d'observations disponible concernant la température à la surface du globe, la variation observée entre la moyenne de la période 1850–1900 et la moyenne de la période de référence du RE5 (1986–2005) s'établit à 0,61 °C (intervalle de confiance à 5-95 %: 0,55 à 0,67 °C) [GT I RID.E]; elle est utilisée ici comme approximation du changement de la température moyenne à la surface du globe depuis la période préindustrielle, à savoir l'époque antérieure à 1750.

<sup>9</sup> Sous réserve que les estimations reflètent l'intervalle du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile des scénarios de référence réunis pour l'évaluation. L'incertitude du climat correspond aux centiles 5 à 95 des projections des modèles climatiques décrits dans le tableau RT.1 pour chaque scénario.

<sup>10</sup> Selon l'évaluation du forçage radiatif anthropique total en 2011 par rapport à 1750 (GT I RE5), à savoir 2,3 W/m<sup>2</sup>, avec une plage d'incertitude de 1,1 à 3,3 W/m<sup>2</sup>. [GT I figure RID.5, GT I 8.5, GT I 12.3]

## RT.3 Profils d'évolution et mesures d'atténuation dans le cadre du développement durable

*On trouvera dans cette partie une évaluation des études publiées sur les profils d'évolution et les mesures d'atténuation dans l'optique du développement durable. La section RT.3.1 s'intéresse tout d'abord aux trajectoires des émissions anthropiques de GES et à l'incidence éventuelle sur la température des profils d'évolution de l'atténuation qui conduisent à diverses concentrations d'équivalent CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. On y analyse ensuite les exigences techniques, économiques et institutionnelles de ces profils, ainsi que les co-avantages et les effets secondaires indésirables qui pourraient les accompagner. La section RT.3.2 examine les options d'atténuation par secteur et leurs interactions éventuelles par-delà les secteurs.*

### RT.3.1 Profils d'évolution de l'atténuation

#### RT.3.1.1 Profils d'évolution de l'atténuation dans l'optique d'objectifs multiples

**Les sociétés devront tout à la fois atténuer le changement climatique et s'y adapter pour éviter efficacement les conséquences climatiques néfastes (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Plusieurs cas de synergie entre l'atténuation et l'adaptation ont été mis en évidence [11.5.4, 12.8.1] lorsque les mesures prises sont complémentaires. De manière générale, les deux stratégies sont liées, car le renforcement de l'atténuation diminue la nécessité d'une adaptation future. Bien que de grands efforts soient actuellement déployés pour intégrer les impacts et l'adaptation dans les scénarios d'atténuation, certaines difficultés propres à la quantification de leurs relations d'interdépendance ont limité leur représentation dans les modèles ayant servi à produire les scénarios d'atténuation évalués par le GT III dans le cadre du RE5 (encadré RT.7). [2.6.3, 3.7.2.1, 6.3.3]

**Il n'existe pas de trajectoire unique pour stabiliser les concentrations d'équivalent CO<sub>2</sub> à un niveau ou l'autre; les recherches montrent qu'une large palette de profils d'évolution de l'atténuation pourraient aboutir à un niveau de concentration donné (degré de confiance élevé).** Les choix, délibérés ou non, dicteront la trajectoire empruntée. Ils concernent, entre autres, les profils d'évolution des émissions nécessaires pour amener les concentrations atmosphériques d'équivalent CO<sub>2</sub> à un niveau particulier, l'ampleur du dépassement temporaire du niveau visé à long terme, les technologies mises en œuvre pour réduire les émissions, le degré de coordination des mesures d'atténuation entre les pays, les modes d'intervention retenus dans les pays et entre eux pour atténuer le changement climatique, la façon d'aborder la question de l'utilisation des terres et la manière dont l'atténuation est

## Encadré RT.7 | Les scénarios issus de modèles intégrés aident à comprendre comment les actions conditionnent les résultats dans des systèmes complexes

Les scénarios à long terme évalués dans ce rapport sont principalement le produit de modèles à grande échelle. On les appelle ici «modèles intégrés» parce qu'ils tentent de représenter dans un même cadre nombre d'interactions cruciales entre les technologies, les systèmes humains (énergie, agriculture, économie, etc.) et les émissions de GES correspondantes. Un sous-ensemble est formé par les «modèles d'évaluation intégrés», qui incluent une représentation intégrée des systèmes humains, mais aussi des processus physiques importants associés au changement climatique, comme le cycle du carbone, et parfois une représentation des incidences de l'évolution du climat. Certains d'entre eux disposent de la capacité intrinsèque de mettre en balance les incidences et les coûts de l'atténuation, mais ces modèles tendent à présenter un degré élevé d'agrégation. Bien que les modèles globaux qui incluent les coûts de l'atténuation et des dommages soient très utiles, la présente évaluation porte avant tout sur les modèles intégrés dotés d'une résolution sectorielle et géographique suffisante pour comprendre l'évolution de processus clés, tels les systèmes énergétiques et les modes d'utilisation des terres.

Les scénarios issus de modèles intégrés sont irremplaçables pour comprendre comment diverses actions ou décisions aboutissent à des résultats différents dans des systèmes complexes. Ils procurent des projections quantitatives à long terme (dans les limites de l'état actuel des connaissances) d'une bonne part des caractéristiques essentielles des profils d'évolution de l'atténuation, tout en rendant compte d'un grand nombre d'interactions primordiales entre les systèmes humains et naturels en jeu. Ils donnent des informations, par exemple, sur les profils d'évolution des émissions, les transitions énergétiques, les changements d'affectation

des terres et les coûts économiques globaux de l'atténuation, tant à l'échelle régionale que mondiale.

Dans le même temps, les modèles intégrés présentent des caractéristiques et des limites particulières qu'il ne faut pas négliger lors de l'interprétation des résultats. Un grand nombre d'entre eux reposent sur le paradigme du choix rationnel dans la prise de décision et excluent certains facteurs de nature comportementale. Ils s'approchent de solutions présentant un bon rapport coût-efficacité qui réduisent autant que possible les coûts économiques globaux de l'atteinte d'un objectif d'atténuation, sauf s'ils sont contraints de se comporter autrement. Les scénarios qui en découlent saisissent quelques dimensions seulement des trajectoires de développement qui interviennent dans les options d'atténuation, s'attardant souvent très peu à des questions telles que les effets distributifs des mesures d'atténuation ou le degré de concordance avec d'autres buts de développement. De plus, les modèles analysés ici ne tiennent pas bien compte des interactions entre l'atténuation, l'adaptation et les conséquences du changement climatique, raison pour laquelle l'atténuation est évaluée indépendamment des effets climatiques. Enfin et surtout, les modèles intégrés recourent à des approches numériques simplifiées et stylisées pour représenter des systèmes physiques et sociaux extrêmement complexes et les scénarios qu'ils produisent se fondent sur des projections incertaines quant à des événements et des facteurs majeurs, souvent à des échelles de temps de l'ordre du siècle. Les simplifications introduites et les hypothèses retenues expliquent le fait que les résultats fournis par différents modèles, ou par des versions d'un même modèle, varient et que les projections de tous les modèles puissent s'écarter considérablement de la réalité. [3.7, 6.2]

reliée à d'autres objectifs d'intervention, tel le développement durable. La trajectoire de développement d'une société — avec ses particularités socio-économiques, institutionnelles, politiques, culturelles et technologiques — favorise et entrave les perspectives d'atténuation. À l'échelon national, on estime qu'un changement a une portée optimale quand il concorde avec la façon d'appréhender et de poursuivre l'objectif de développement durable en fonction des circonstances et des priorités du pays. [4.2, 6.3–6.8, 11.8]

**Les profils d'évolution de l'atténuation diffèrent les uns des autres par leurs résultats et par leurs exigences (degré de confiance élevé).** Le choix de profils d'évolution de l'atténuation peut reposer sur la comparaison des exigences qui sont associées à chacun d'eux. Bien que la mesure globale des coûts et des avantages écono-

miques a souvent été présentée comme un critère de décision fondamental, elle est loin d'être le seul élément à prendre en considération. Les profils d'évolution de l'atténuation font nécessairement intervenir une gamme de synergies et de compromis avec d'autres objectifs d'intervention tels que la sécurité énergétique et alimentaire, l'accès à l'énergie, la répartition des incidences économiques, la qualité de l'air à l'échelon local, d'autres paramètres environnementaux liés à diverses solutions technologiques et la compétitivité économique (encadré RT.11). Nombre de ces objectifs entrent dans le cadre du développement durable. En outre, certaines exigences, comme l'ampleur de l'expansion d'échelle des technologies énergétiques ou l'ampleur de la réduction des émissions de GES, peuvent donner des indications très utiles sur le défi que représente l'atteinte d'un but précis à long terme. [4.5, 4.8, 6.3, 6.4, 6.6]

### RT.3.1.2 Exigences à court et à long terme des profils d'évolution de l'atténuation

Les scénarios d'atténuation font état d'un éventail de mesures technologiques et comportementales grâce auxquelles les profils d'évolution des émissions de GES pourraient concorder avec différents niveaux d'atténuation (*degré de confiance élevé*). Dans le cadre de la présente évaluation, on a analysé quelque 900 scénarios d'atténuation et 300 scénarios de référence établis par des équipes de recherche en modélisation intégrée dans le monde entier (encadré RT.7). Les scénarios d'atténuation couvrent des niveaux de concentration atmosphérique compris entre 430 et plus de 720 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100, ce qui est comparable aux niveaux de forçage situés entre le RCP2,6 et le RCP6,0 en 2100 (figure RT.8, à gauche). Les scénarios ont été construits de manière à atteindre des objectifs d'atténuation selon diverses hypothèses concernant la demande énergétique, la coopération internationale, les technologies, la part du CO<sub>2</sub> et des autres agents de forçage dans les concentrations atmosphériques d'équivalent CO<sub>2</sub> et l'ampleur du dépassement temporaire du niveau de concentration visé à long terme (voir encadré RT.8). D'autres scénarios ont également été évalués, dont certains parvenaient à des concentrations inférieures à 430 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 (voir ci-après). [6.3]

Il est crucial, pour restreindre les variations transitoires de la température, de limiter les pics de concentration atmosphérique au cours du siècle — pas seulement d'atteindre des niveaux de concentration à long terme (*degré de confiance élevé*). Il est *plus probable qu'improbable* que les scénarios conduisant à des niveaux de concentration d'environ 500 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100 limiteront la variation de la température à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, sauf s'ils dépassent temporairement des niveaux de 530 ppm éq CO<sub>2</sub> environ avant 2100, auquel cas il est à peu près *aussi probable qu'improbable* qu'ils atteignent cet objectif. Il est *probable* que la majorité des scénarios présentant des concentrations à long terme de l'ordre de 450 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 maintiennent au cours du siècle la variation de la température sous le seuil de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (tableau RT.1, encadré RT.8). Il est *plus improbable que probable* que les scénarios qui atteignent des concentrations de 530 à 650 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 parviennent à maintenir la variation de température à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Il est *improbable* que les scénarios qui excèdent 650 ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100 restreignent l'élévation de la température à moins de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Les scénarios d'atténuation dans lesquels il est *plus probable qu'improbable* que la hausse de la température d'ici à 2100 soit inférieure à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels se caractérisent par des concentrations inférieures à 430 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100. Dans ces scénarios, la température atteint un maximum au cours du siècle, puis décroît. [6.3]

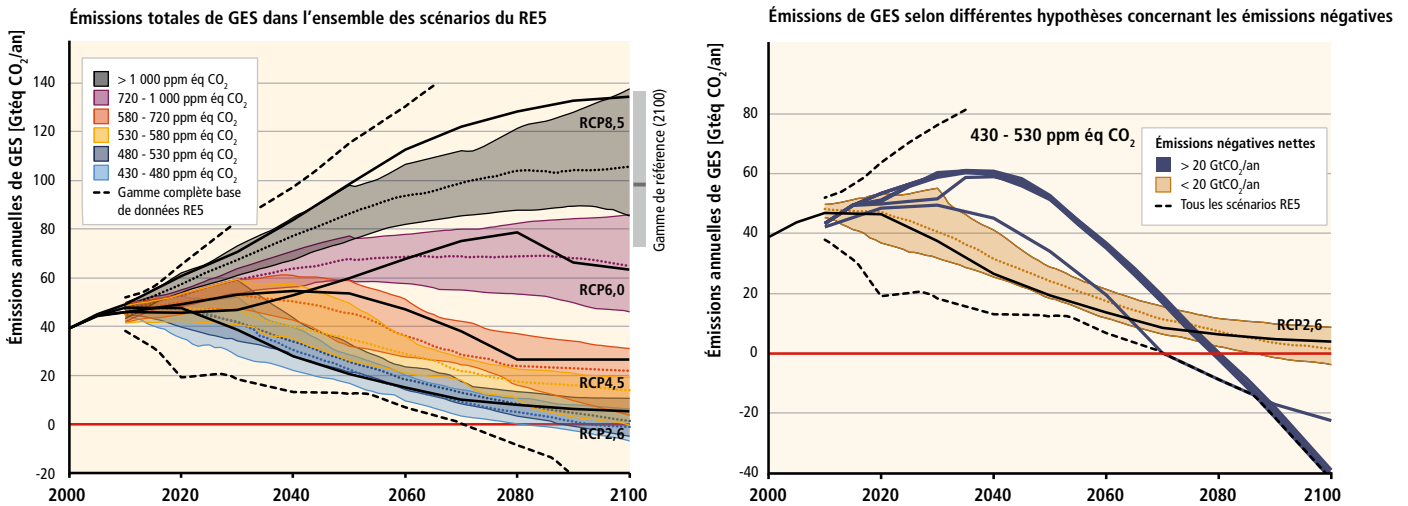
La plupart des scénarios d'atténuation atteignant environ 450 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 comportent un dépassement temporaire de ce niveau de concentration atmosphérique, comme beaucoup de scénarios qui parviennent à 500 ou 550 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 (*degré de confiance élevé*). Un dépassement survient lorsque

les concentrations atteignent un sommet au cours du siècle, avant de redescendre vers le niveau de 2100. Dans ce cas, l'atténuation est moindre à court terme, mais les réductions d'émissions sont plus rapides et plus importantes à long terme. La grande majorité des scénarios qui parviennent à 450 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 comprennent un dépassement du niveau de concentration, parce que peu de modèles peuvent atteindre les réductions d'émissions rapides, à court terme, qui seraient nécessaires pour l'éviter. Beaucoup de scénarios ont été construits pour parvenir, sans dépassement, à une concentration de quelque 550 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100.

Selon l'ampleur du dépassement prévu, un grand nombre de scénarios supposent une disponibilité et un déploiement à grande échelle de la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECSC) et/ou du boisement pendant la seconde moitié du siècle (*degré de confiance élevé*). Ces mesures et d'autres techniques et méthodes d'élimination du dioxyde de carbone (EDC) consistent à extraire le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (émissions négatives). Dans les scénarios qui comportent un dépassement supérieur à 0,4 W/m<sup>2</sup> (concentrations excédant 35-50 ppm éq CO<sub>2</sub>), le déploiement des techniques d'EDC atteint d'ordinaire une ampleur qui rend négatif le bilan net des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> pendant la deuxième moitié du siècle (figure RT.8, à droite). L'EDC occupe également une grande place dans bon nombre de scénarios sans dépassement de concentration, afin de compenser les émissions résiduelles dans les secteurs où l'atténuation se révèle plus onéreuse. La disponibilité et le potentiel de la BECSC, du boisement et d'autres techniques et méthodes d'EDC demeurent incertains; à des degrés variés, des risques et défis y sont en outre associés. Des incertitudes demeurent quant à la possibilité de mettre en œuvre la BECSC à grande échelle, de procéder à un vaste boisement et de recourir aux autres techniques et méthodes d'EDC. [6.3, 6.9]

Les émissions anthropiques de GES devront diminuer fortement d'ici au milieu du siècle pour atteindre en 2100 des niveaux de concentration atmosphérique de l'ordre de 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> (*degré de confiance élevé*). Les scénarios qui parviennent à 450 ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100 sont associés à une baisse des émissions de GES de 40 à 70 % d'ici à 2050, par rapport à 2010, et à des émissions presque nulles, voire négatives, en 2100<sup>11</sup>. Les scénarios dans lesquels le recul des émissions de GES en 2050 se situe à l'extrémité inférieure de cette fourchette se caractérisent par un plus grand recours aux techniques d'EDC après le milieu du siècle. La plupart des scénarios qui atteignent quelque 500 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100, sans dépasser 530 ppm éq CO<sub>2</sub> environ à quelque moment que ce soit pendant le siècle, sont associés à une réduction des émissions de GES de 40 à 55 % d'ici à 2050 par

<sup>11</sup> Cette fourchette diffère de celle obtenue pour une catégorie de concentration similaire dans le RE4 (de 50 à 80 % plus bas qu'en 2000 pour le CO<sub>2</sub> seul). Cette différence est due notamment au fait que le RE5 évalue un nombre bien plus grand de scénarios que le RE4 et qu'il étudie tous les GES. De plus, une large proportion de nouveaux scénarios incluent les techniques d'élimination du dioxyde de carbone (EDC) et les hausses du niveau de dépassement. Les autres facteurs comprennent l'utilisation des niveaux de concentration en 2100 à la place des niveaux de stabilisation et un décalage de l'année de référence, qui passe de 2000 à 2010.



**Figure RT.8** | Évolution des émissions totales de GES selon différents niveaux de concentration à long terme (à gauche) et selon les scénarios atteignant 450 à 500 (430–530) ppm environ en 2100, avec et sans émissions négatives nettes de CO<sub>2</sub> excédant 20 GtCO<sub>2</sub>/an (à droite). Les gammes sont données pour l'intervalle du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile des scénarios. [Figure 6.7]

rapport à 2010 (figure RT.8, à gauche; tableau RT.1). À l'inverse, dans certains scénarios où les concentrations s'élèvent nettement au-dessus de 530 ppm eq CO<sub>2</sub> pendant le siècle avant de revenir à des niveaux inférieurs d'ici à 2100, les émissions peuvent atteindre en 2050 un niveau supérieur de 20 % à celui de 2010. Ces scénarios de dépassement marqué des concentrations se caractérisent par des émissions mondiales négatives qui se situent bien au-delà de 20 GtCO<sub>2</sub> par an pendant la deuxième moitié du siècle (figure RT.8, à droite). Les émissions de CO<sub>2</sub> cumulées de 2011 à 2100 s'établissent à 630–1 180 GtCO<sub>2</sub> dans les scénarios qui parviennent à 450 ppm eq CO<sub>2</sub> environ en 2100; elles se chiffrent à 960–1 550 GtCO<sub>2</sub> dans les scénarios qui atteignent 500 ppm eq CO<sub>2</sub> environ en 2100. La variation des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> entre les scénarios s'explique par des écarts dans la contribution des GES autres que le CO<sub>2</sub> et des diverses substances qui influent sur le rayonnement, ainsi que par le calendrier des mesures d'atténuation (tableau RT.1). [6.3]

**Pour atteindre des concentrations atmosphériques de l'ordre de 450 à 500 ppm eq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100, la majorité de l'atténuation par rapport aux émissions de référence au cours du siècle surviendra à l'extérieur des pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (degré de confiance élevé).** Dans les scénarios qui tentent d'attribuer avec un bon rapport coût-efficacité les baisses des émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub> entre les pays et au fil des ans, le total des réductions par rapport aux émissions de référence est plus grand à l'extérieur qu'à l'intérieur des pays de l'OCDE. La principale raison en est que les émissions de référence projetées dans les pays qui ne font pas partie de l'OCDE sont plus élevées que dans les pays de l'OCDE; en outre, l'intensité carbone y est plus élevée et la structure des échanges commerciaux y est différente. Selon ces scénarios, les émissions de GES culminent plus tôt dans les pays de l'OCDE qu'ailleurs dans le monde. [6.3]

**Il faudra, pour atteindre des concentrations atmosphériques de quelque 450 à 650 ppm eq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100, modifier profondément les systèmes énergétiques nationaux et mondiaux au cours des prochaines décennies (degré de confiance élevé).** Dans les scénarios qui parviennent à des concentrations atmosphériques d'environ 450 à 500 ppm eq CO<sub>2</sub> en 2100, la part de l'énergie sobre en carbone ou exempte de carbone provenant de sources renouvelables, du nucléaire, des combustibles fossiles avec captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) et de la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECS) est multipliée par trois, voire près de quatre, d'ici à 2050 par rapport à 2010 (17 % environ) (figure RT.10, à gauche). L'approvisionnement total en énergie sobre en carbone dans le monde est multiplié par trois à sept au cours de la même période. Beaucoup de modèles n'ont pu atteindre des concentrations de 450 ppm eq CO<sub>2</sub> environ en 2100 si toute la palette des technologies à faible intensité de carbone n'était pas disponible. Les études indiquent que la diminution de la demande d'énergie présente un grand potentiel, mais ne serait pas, à elle seule, suffisante pour entraîner les réductions nécessaires à l'atteinte de niveaux de 650 ppm eq CO<sub>2</sub> ou moins d'ici à 2100. [6.3, 7.11]

**Les scénarios d'atténuation indiquent que les mesures visant l'utilisation des terres pourraient jouer un rôle déterminant et qu'un large éventail de transformations dans ce domaine pourraient concorder avec l'atteinte de niveaux de concentration similaires (degré de confiance moyen).** Dans ces scénarios, la dynamique de l'utilisation des terres est nettement conditionnée par la production de bioénergie et par l'ampleur des activités de boisement engagées en tant que mesure d'EDC (émissions négatives). Elle est également régie par des forces qui ne relèvent pas de l'atténuation, telles l'amélioration de la productivité agricole et la hausse de la demande de nourriture. La palette des transformations de l'utilisation des terres dépeintes dans les scénarios d'atténuation traduit une diversité d'hypothèses quant à l'évolution

## Encadré RT.8 | Évaluation de la variation de la température relativement aux scénarios d'atténuation

Dans le domaine climatique, les buts à longue échéance sont exprimés en termes de concentration et de température. L'article 2 de la CCNUCC souligne la nécessité de « stabiliser » les concentrations de GES. On entend généralement par là que les concentrations d'équivalent CO<sub>2</sub> doivent atteindre un certain niveau et rester à ce niveau un temps indéfini, jusqu'à ce que le cycle mondial du carbone et d'autres paramètres parviennent à un nouvel équilibre. La notion de stabilisation n'exclut pas forcément que les concentrations puissent excéder le but à long terme avant de se maintenir à ce niveau. La possibilité d'un dépassement a des répercussions notables sur la baisse des émissions de GES qui s'avère nécessaire pour atteindre un niveau de concentration donné à longue échéance. Le dépassement de la concentration est associé à moins d'atténuation à court terme, mais à des réductions des émissions plus rapides et plus soutenues à long terme.

La réponse de la température dans les profils d'évolution de concentration évalués ici est centrée sur la variation transitoire de la température au cours du siècle. Il s'agit d'une différence notable par rapport au RE4, où le GT III analysait la réponse de la température à l'équilibre, état qui survient plusieurs millénaires après la stabilisation des concentrations. En conséquence, les effets sur la température exposés dans le présent rapport ne peuvent être comparés directement à ceux décrits dans la contribution du GT III au RE4. L'une des raisons pour lesquelles on s'intéresse à la réponse transitoire de la température est que ce paramètre renferme une incertitude moindre que la réponse à l'équilibre et présente une corrélation plus forte avec les émissions de GES à court et moyen terme. Une autre raison est que les profils d'évolution de l'atténuation étudiés par le GT III pour le RE5 ne vont pas au-delà de 2100 et visent principalement à atteindre des objectifs de concentration précis cette année-là. Dans la plupart de ces profils, les concentrations ne se stabilisent pas en 2100, ce qui introduit des ambiguïtés dans l'évaluation de la réponse de la température à l'équilibre et la fait dépendre des hypothèses retenues concernant les émissions et les concentrations au-delà de 2100.

Le but visé en ce qui a trait à la température transitoire peut être formulé en termes de température à atteindre une année précise (2100, par exemple) ou en termes de température à ne jamais dépasser. Les incidences de ces deux formes de buts sont examinées ici. L'évaluation est rendue complexe par l'incertitude qui entache notre compréhension des relations physiques clés dans le système terrestre, en particulier les liens qui existent entre la concentration et la température. Il est impossible d'affirmer catégoriquement qu'un profil d'évolution de concentration à long terme, quel qu'il soit, cantonnera la variation de la température transitoire ou à l'équilibre sous un niveau donné. Il est seulement possible d'exprimer de manière probabiliste les répercussions que des profils d'évolution de concentration pourraient avoir sur la température et ces estimations varieront selon la source de la distribution de probabilité des différents paramètres climatiques et selon le modèle choisi pour l'analyse. Nous utilisons ici le modèle MAGICC et une distribution des paramètres climatiques qui se traduit par des niveaux de température selon des processus dynamiques comparables à ceux issus des modèles du système Terre évalués par le GT I dans le cadre du RE5. On calcule, pour chaque scénario d'émissions, une réponse médiane de la température transitoire afin de montrer la variation de la température due à différents profils d'évolution des émissions. Une plage de température transitoire est également donnée dans chaque cas, afin de rendre compte des incertitudes liées au système climatique. Les informations relatives à la distribution complète des paramètres climatiques ont servi à estimer la probabilité que les scénarios maintiennent la variation de la température transitoire sous un seuil précis (tableau RT.1). Il est crucial, pour aider à formuler les politiques, de donner à la fois des précisions sur la fourchette plausible des températures résultantes et sur la probabilité d'atteindre différentes cibles; cela facilite l'évaluation de plusieurs objectifs climatiques du point de vue de la gestion des risques. [2.5.7.2, 6.3.2]

de ces forces. Beaucoup de scénarios montrent une hausse sensible de la compétition entre l'affectation des terres à la culture vivrière, à la culture fourragère et à la production d'énergie. [6.3, 6.8, 11.4.2]

**Si rien n'est fait avant 2030 pour renforcer les efforts d'atténuation déjà déployés aujourd'hui, il sera plus difficile de limiter les concentrations atmosphériques à des niveaux de 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> environ d'ici à la fin du siècle et on disposera d'une palette de solutions réduite pour ce faire (degré de confiance élevé).** La plupart des scénarios d'atténuation présentant un bon rapport coût-efficacité et conduisant à des concentrations de l'ordre de 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle se caractérisent par des émissions annuelles de GES situées approximativement entre 30 et

50 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> à l'horizon 2030. Les scénarios comportant des émissions supérieures à 55 Gt<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> en 2030 présentent les caractéristiques suivantes: taux de réduction des émissions considérablement plus élevés entre 2030 et 2050 (médiane des réductions de l'ordre de 6 % par an, contre un peu plus de 3 %) (figure RT.9, à droite); montée en puissance bien plus rapide des énergies sobres en carbone au cours de cette période (multiplication par plus de trois, contre doublement de la part des énergies à faible intensité de carbone) (figure RT.10, à droite); recours plus intense aux techniques d'EDC à long terme (figure RT.8, à droite); conséquences économiques transitoires et durables plus marquées (tableau RT.2, fond orange, figure RT.13, à droite). Compte tenu de ces défis accrus, il a été impossible à beaucoup de modèles, avec des émissions de GES de cet ordre de grandeur en 2030, de produire

**Tableau RT.1** | Caractéristiques essentielles des scénarios réunis et évalués par le GT III dans le cadre du RE5. Pour l'ensemble des paramètres, les données correspondent à l'intervalle allant du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile<sup>1,2</sup>. [Tableau 6.3]

Concentrations en éqCO <sub>2</sub> en 2100 [ppm éqCO <sub>2</sub> ] Désignation de la catégorie (plage de concentration) <sup>9</sup>	Sous-catégories	Position relative des RCP <sup>3</sup>	Émissions cumulées de CO <sub>2</sub> <sup>3</sup> [GtCO <sub>2</sub> ]		Changement des émissions en éqCO <sub>2</sub> à comparer à 2010 [%] <sup>4</sup>		Changement de température (par rapport à 1850-1900) <sup>5,6</sup>				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	Hausse de la température atteinte en 2100 [°C] <sup>7</sup>	Probabilité de ne pas dépasser au cours du XXI <sup>e</sup> siècle la hausse de température indiquée <sup>8</sup>			
								1,5 °C	2,0 °C	3,0 °C	4,0 °C
< 430	Des niveaux inférieurs à 430 ppm éqCO <sub>2</sub> , n'ont été pris en compte que dans un petit nombre d'études portant sur un modèle.										
450 (430-480)	Plage complète <sup>1,10</sup>	RCP2,6	550-1300	630-1180	entre -72 et -41	entre -118 et -78	1,5-1,7 (1,0-2,8)	Plus improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480-530)	Sans dépassement de 530 ppm éqCO <sub>2</sub>		860-1180	960-1430	entre -57 et -42	entre -107 et -73	1,7-1,9 (1,2-2,9)	Improbable	Plus probable qu'improbable		
	Avec dépassement de 530 ppm éqCO <sub>2</sub>		1130-1530	990-1550	entre -55 et -25	entre -114 et -90	1,8-2,0 (1,2-3,3)		À peu près aussi probable qu'improbable		
550 (530-580)	Sans dépassement de 580 ppm éqCO <sub>2</sub>		1070-1460	1240-2240	entre -47 et -19	entre -81 et -59	2,0-2,2 (1,4-3,6)	Improbable	Plus improbable que probable <sup>12</sup>	Probable	
	Avec dépassement de 580 ppm éqCO <sub>2</sub>		1420-1750	1170-2100	entre -16 et 7	entre -183 et -86	2,1-2,3 (1,4-3,6)				
(580-650)	Plage complète	RCP4,5	1260-1640	1870-2440	entre -38 et 24	entre -134 et -50	2,3-2,6 (1,5-4,2)	Improbable	Plus probable qu'improbable	Probable	
(650-720)	Plage complète		1310-1750	2570-3340	entre -11 et 17	entre -54 et -21	2,6-2,9 (1,8-4,5)				
(720-1000) <sup>2</sup>	Plage complète	RCP6,0	1570-1940	3620-4990	entre 18 et 54	entre -7 et 72	3,1-3,7 (2,1-5,8)	Improbable <sup>11</sup>	Plus improbable que probable	Plus improbable que probable	
>1000 <sup>2</sup>	Plage complète	RCP8,5	1840-2310	5350-7010	entre 52 et 95	entre 74 et 178	4,1-4,8 (2,8-7,8)	Improbable <sup>11</sup>	Improbable		

Notes:

- La «plage complète» pour les scénarios atteignant 430 à 480 ppm éq CO<sub>2</sub> correspond à l'intervalle du 10<sup>e</sup> au 90<sup>e</sup> centile de la sous-catégorie de ces scénarios figurant dans le tableau 6.3.
- Les scénarios de référence (voir RT.2.2) entrent dans les catégories > 1000 et 750-1 000 ppm éq CO<sub>2</sub>. Cette dernière catégorie comprend aussi des scénarios d'atténuation. Selon les scénarios de référence de cette catégorie, l'écart de température en 2100 excède de 2,5 à 5,8 °C les niveaux préindustriels. Si l'on ajoute les scénarios de la catégorie > 1000 ppm éq CO<sub>2</sub>, on obtient en 2100 une hausse globale de la température de 2,5 à 7,8 °C (fourchette fondée sur la réponse médiane du climat: 3,7 à 4,8 °C) pour les scénarios de référence des deux catégories réunies.
- Pour comparer les estimations des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> évaluées ici à celles données par le GT I dans le cadre du RE5, il faut noter qu'une quantité de 515 [445 585] Gt C (1 890 [1 630 2 150] GtCO<sub>2</sub>) avait déjà été émise entre 1870 et 2011 [GT I 12.5]. Noter aussi que les émissions cumulées de CO<sub>2</sub> sont présentées ici pour différentes périodes (2011–2050 et 2011–2100); dans le rapport du GT I, elles le sont sous la forme d'émissions totales compatibles pour les RCP (2012–2100) ou d'émissions totales compatibles avec le maintien sous un niveau de température cible suivant une probabilité donnée. [GT I tableau RID.3, GT I RID.E.8]
- Les émissions mondiales en 2010 dépassent de 31 % les niveaux de 1990 (en accord avec les estimations des émissions historiques de GES présentées dans ce rapport). Les émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> comprennent la liste des gaz régis par le Protocole de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ainsi que les gaz fluorés).
- L'évaluation réalisée par le GT III ne se limite pas aux RCP, elle englobe de nombreux scénarios ayant fait l'objet de publications scientifiques. Pour évaluer les conséquences de ces scénarios sur le climat et sur la concentration d'équivalent CO<sub>2</sub>, le modèle MAGICC a été exploité en mode probabiliste (voir annexe II). Pour comparer les résultats obtenus avec le modèle MAGICC et avec les modèles utilisés dans le rapport du GT I, voir les sections GT I 12.4.1.2, GT I 12.4.8 et 6.3.2.6. Les écarts par rapport aux valeurs indiquées dans le tableau RID.2 du rapport du GT I découlent de plusieurs différences, notamment l'année de référence (1986–2005 au lieu de 1850–1900 ici), l'année de déclaration (2081–2100 au lieu de 2100 ici), la configuration des simulations (forcées par les concentrations dans la CMIP5, forcées par les émissions dans le modèle MAGICC ici) et un éventail plus large de scénarios (RCP au lieu de l'ensemble des scénarios figurant dans la base de données du GT III ici).
- La variation de la température est donnée pour l'année 2100, ce qui ne peut être comparé directement au réchauffement à l'équilibre donné dans le RE4 [tableau 3.5, chapitre 3; voir également la section GT III 6.3.2 du RE5]. En ce qui a trait aux estimations de température en 2100, la réponse transitoire du climat (RTC) constitue la propriété du système la plus pertinente. L'intervalle supposé à 90 % du RTC pour MAGICC va de 1,2 à 2,6 °C (médiane de 1,8 °C), ce qui est comparable à l'intervalle à 90 % de 1,2 à 2,4 °C pour la CMIP5 [GT I 9.7] et à un intervalle probable supposé de 1 à 2,5 °C provenant de multiples sources de données présentées dans le rapport du GT I pour le RE5 [encadré 12.2 de la section 12.5].
- L'écart de température en 2100 est fourni comme estimation médiane des calculs de MAGICC, ce qui montre les différences entre les profils d'évolution des émissions des scénarios dans chaque catégorie. La fourchette indiquée entre parenthèses tient compte en outre des incertitudes liées au cycle du carbone et au système climatique telles que le modèle MAGICC les représente [voir 6.3.2.6 pour de plus amples détails]. Les données de température par rapport à l'année de référence 1850–1900 ont été calculées en incluant le réchauffement total prévu par rapport à 1986–2005 et en ajoutant 0,61 °C pour 1986–2005 par rapport à 1850–1900, sur la base de HadCRUT4 [voir GT I, tableau RID.2].
- L'évaluation proposée dans ce tableau est basée sur les probabilités calculées pour l'ensemble des scénarios étudiés par le GT III à l'aide du modèle MAGICC et sur l'évaluation par le GT I des incertitudes des projections de température non incluses dans les modèles climatiques. Les assertions coïncident donc avec celles du GT I, qui se fondent sur les simulations CMIP5 des RCP et sur les incertitudes évaluées. Les énoncés de probabilité reflètent donc différents éléments probants employés par les deux groupes de travail. La méthode du GT I a aussi été appliquée aux scénarios de concentrations intermédiaires pour lesquels on ne dispose d'aucune simulation CMIP5. Les énoncés de probabilité n'ont qu'une valeur indicative [6.3] et correspondent globalement aux termes utilisés dans le RID du GT I pour qualifier les températures projetées: probable 66-100 %, plus probable qu'improbable > 50-100 %, à peu près aussi probable qu'improbable 33-66 % et improbable 0-33 %. L'expression plus improbable que probable 0-50 % est également employée.
- La concentration en équivalent CO<sub>2</sub> comprend le forçage induit par tous les GES, y compris les gaz halogénés et l'ozone troposphérique, ainsi que par les aérosols et la variation de l'albédo (sur la base du forçage total issu d'un modèle simple du cycle du carbone/climat, MAGICC).
- La grande majorité des scénarios entrant dans cette catégorie dépassent la limite fixée, à savoir des concentrations de 480 ppm éq CO<sub>2</sub>.
- Pour les scénarios de cette catégorie, aucune simulation CMIP5 [GT I chapitre 12, tableau 12.3] ni aucune réalisation MAGICC [6.3] ne restent au-dessous du niveau de température correspondant. Pourtant, la mention «improbable» est retenue afin de refléter les incertitudes que pourraient négliger les modèles climatiques actuels.
- Les scénarios de la catégorie 580-650 ppm éq CO<sub>2</sub> comprennent à la fois des scénarios qui dépassent et des scénarios qui ne dépassent pas le niveau de concentration de l'extrémité supérieure de la catégorie (comme RCP4,5). On estime en général qu'il est plus improbable que probable de rester sous le niveau de 2 °C pour ce deuxième type de scénarios et improbable pour le premier type de scénarios.

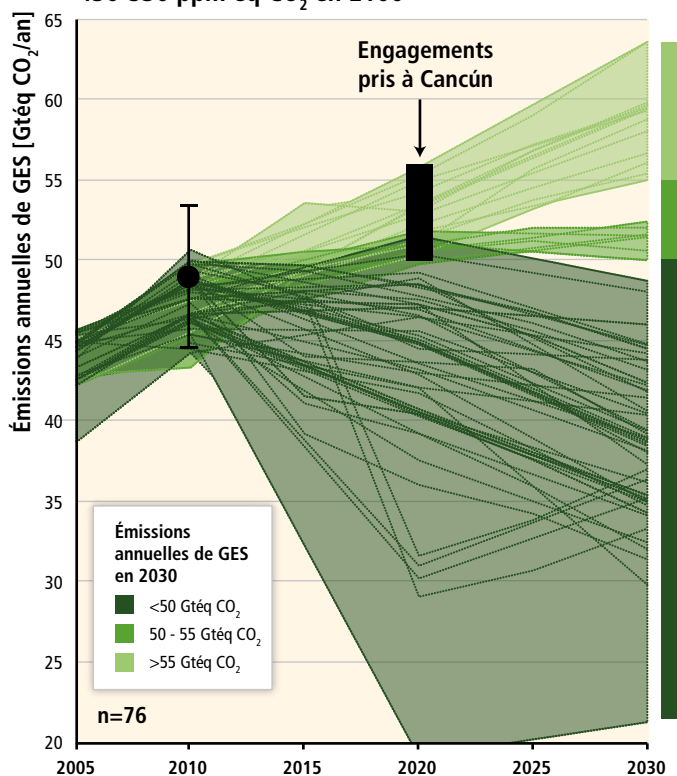
des scénarios atteignant des niveaux de concentration atmosphérique de quelque 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100. [6.4, 7.11]

Les niveaux d'émissions mondiales de GES estimés pour 2020 sur la base des engagements pris à Cancún ne coïncident pas avec les trajectoires d'atténuation à long terme présentant un bon rapport coût-efficacité qui parviennent à des concentrations atmosphériques de l'ordre de 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2010, la possibilité d'atteindre ce but n'étant cependant pas exclue (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les engagements pris à Cancún concordent dans l'ensemble avec les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité qui atteignent 550 ppm à 650 ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100. Les études confirment qu'un report des mesures d'atténuation jusqu'en 2030 a une incidence beaucoup plus marquée sur les défis ultérieurs de l'atténuation qu'un report jusqu'en 2020 (figures RT.9, RT.11). [6.4]

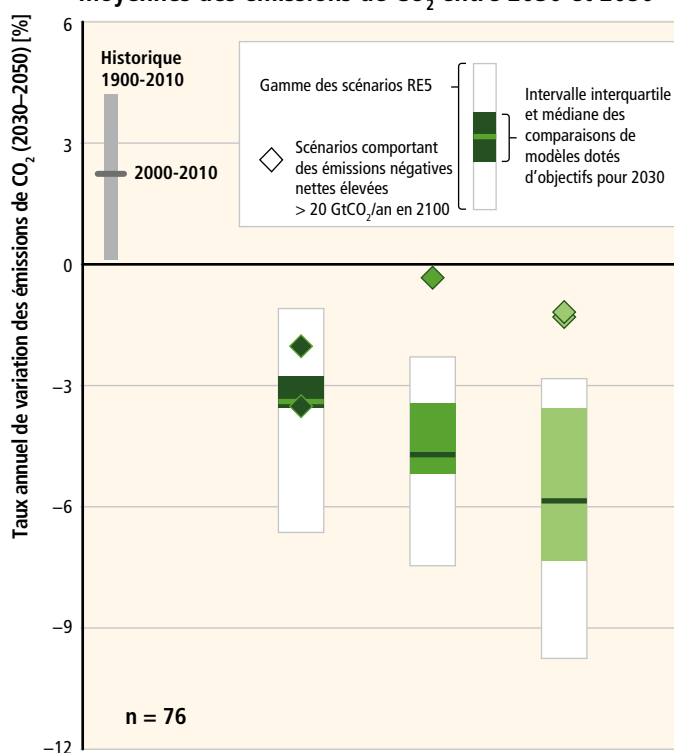
Peu d'études ont exploré les scénarios avec lesquels il est *plus probable qu'improbable* de ramener d'ici à 2100 l'écart de température à moins de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels; ces scénarios conduisent à des concentrations atmosphériques inférieures à 430 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 (*degré de confiance élevé*). Il est difficile d'évaluer cet objectif, car aucune étude multimodèle n'a encore examiné ces scénarios. Les quelques études publiées sur cet objectif aboutissent à des scénarios caractérisés par: 1) la prise immédiate de mesures d'atténuation, 2) la montée en puissance rapide de l'ensemble des technologies d'atténuation et 3) la poursuite du développement selon une trajectoire à faible demande d'énergie<sup>12</sup>. [6.3, 7.11]

<sup>12</sup> Dans ces scénarios, les émissions cumulées de CO<sub>2</sub> varient entre 680 et 800 GtCO<sub>2</sub> pour la période 2011–2050 et entre 90 et 310 GtCO<sub>2</sub> pour la période 2011–2100. Le recul des émissions mondiales d'équivalent CO<sub>2</sub> par rapport à 2010 se situe entre 70 et 95 % en 2050 et entre 110 et 120 % en 2100.

Profils d'évolution des émissions de GES jusqu'en 2030 associés aux scénarios d'atténuation qui atteignent 430-530 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100

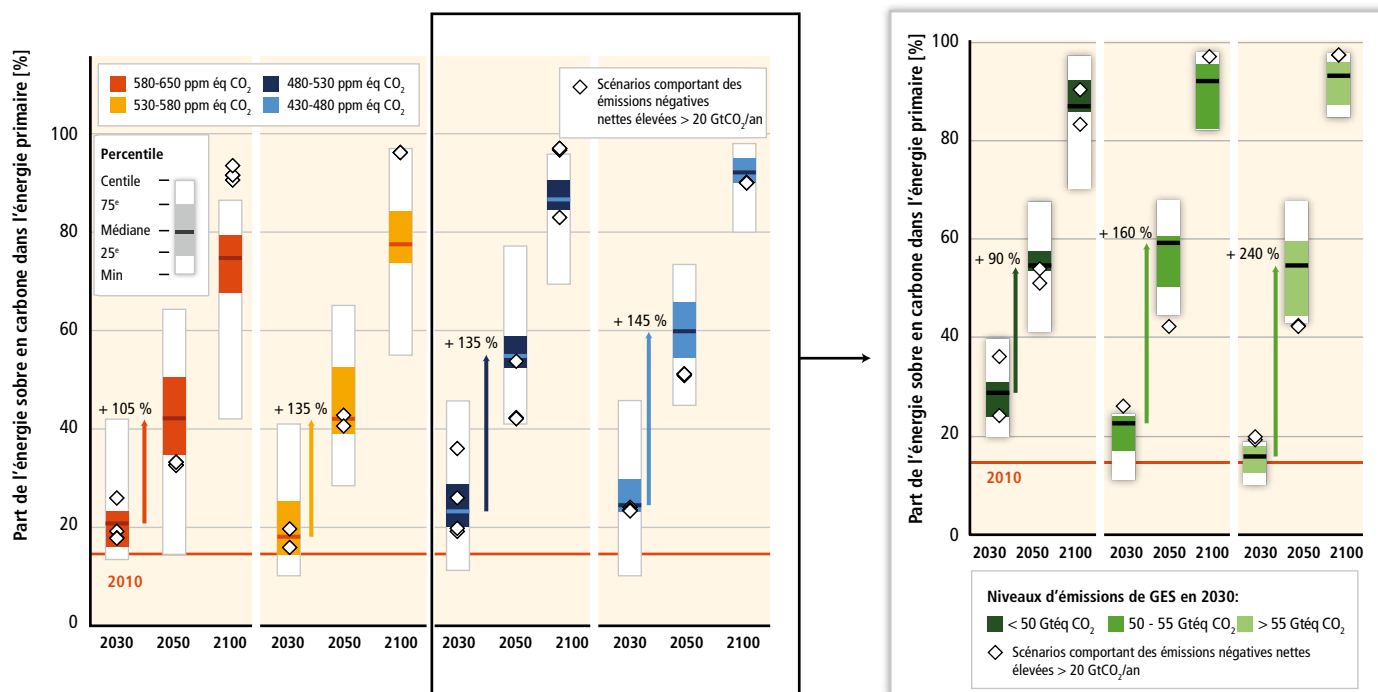


Incidence de différents niveaux d'émissions de GES en 2030 sur le rythme des réductions annuelles moyennes des émissions de CO<sub>2</sub> entre 2030 et 2050



**Figure RT.9** | Incidence des niveaux d'émissions de GES en 2030 sur le taux de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> entre 2030 et 2050 dans les scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations de 450 à 500 (430-530) ppm éq CO<sub>2</sub> environ d'ici à 2100. Les scénarios sont regroupés en fonction des niveaux d'émissions en 2030 (nuances de vert). À gauche: Profils d'évolution des émissions de GES (Gt éq CO<sub>2</sub>/an) menant à ces différents niveaux en 2030. Le rectangle noir indique la plage d'incertitude estimée des émissions de GES découlant des engagements pris à Cancún. Le point noir agrémenté de segments verticaux précise les niveaux d'émissions historiques de GES et les incertitudes correspondantes en 2010, selon les données de la figure RT.1. À droite: Taux annuels moyens de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> au cours de la période 2030–2050. On y compare la médiane et l'intervalle interquartile des différents scénarios, à partir de comparaisons récentes des modèles dotés d'objectifs intermédiaires précis en 2030, à la gamme des scénarios figurant dans la base de données constituée par le GT III pour le RE5. En gris figurent les taux annuels de variation des émissions entre 1900 et 2010 (maintenus pendant une période de 20 ans) et la variation annuelle moyenne des émissions entre 2000 et 2010. Note: Les scénarios comportant des émissions négatives nettes élevées (> 20 GtCO<sub>2</sub>/an) à l'échelle du globe ne font pas partie de la gamme des scénarios analysés par le GT III dans le cadre du RE5; ils sont représentés par des losanges séparés. Seuls sont illustrés les scénarios qui appliquent sans contrainte l'ensemble des technologies d'atténuation des modèles sous-jacents (hypothèse technologique par défaut). Sont exclus les scénarios qui comportent des hypothèses exogènes quant au prix du carbone ou à d'autres politiques ayant une incidence sur le calendrier des mesures d'atténuation (mis à part les buts intermédiaires de 2030) et les scénarios qui présentent en 2010 des émissions très éloignées de la fourchette historique. [Figure 6.32, 13.13.1.3]





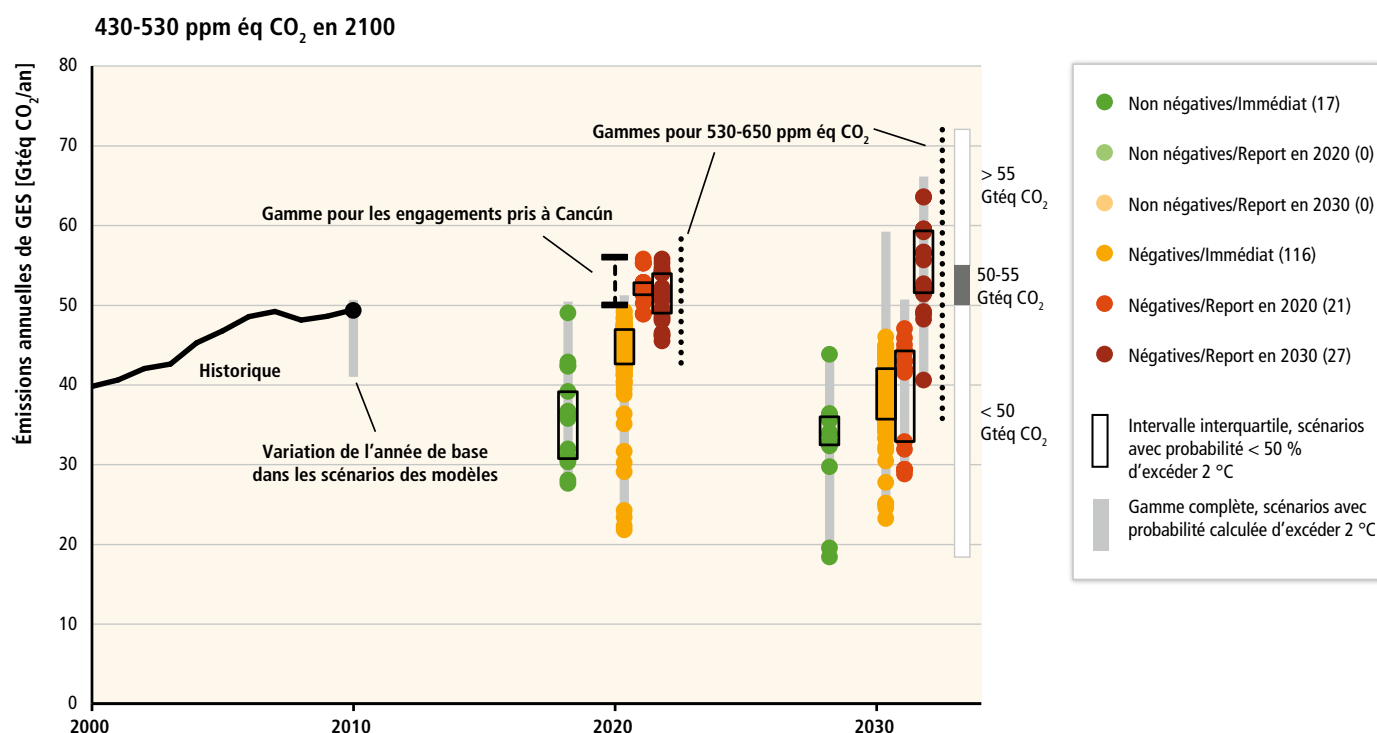
**Figure RT.10** | À gauche: Expansion de l'énergie sobre en carbone dans les scénarios qui parviennent à différents niveaux de concentration d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2100. À droite: Taux d'expansion selon différents niveaux d'émissions de GES en 2030 dans les scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations de l'ordre de 450 à 500 (430-530) ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100. Les rectangles colorés montrent l'intervalle interquartile, les rectangles blancs la gamme complète selon l'ensemble des scénarios, à l'exclusion de ceux qui comportent des émissions négatives nettes élevées (> 20 GtCO<sub>2</sub>/an) à l'échelle du globe. Ces derniers sont représentés par des losanges séparés. Les flèches montrent l'ampleur de la hausse de l'approvisionnement en énergie sobre en carbone ou exempt de carbone entre 2030 et 2050. Cette forme d'énergie provient de sources renouvelables, du nucléaire, des combustibles fossiles avec captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) et de la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECCS). Note: Seuls sont illustrés les scénarios qui appliquent sans contrainte l'ensemble des technologies d'atténuation des modèles sous-jacents (hypothèse technologique par défaut). Sont exclus, à droite comme à gauche, les scénarios qui comportent des hypothèses exogènes quant au prix du carbone. Sont également exclus, à droite, les scénarios qui comportent des politiques ayant une incidence sur le calendrier des mesures d'atténuation, mis à part les buts intermédiaires de 2030. [Figure 7.16]

### RT.3.1.3 Coûts, investissements et répartition des efforts

**L'adoption de vastes mesures d'atténuation harmonisées à l'échelon mondial procurerait des avantages économiques beaucoup plus grands qu'une approche morcelée, mais exigerait la création d'institutions efficaces (degré de confiance élevé).** L'analyse des scénarios d'atténuation montre que le coût économique global de l'atténuation est moindre quand les mesures sont étendues et concertées à l'échelle du globe, car la mise en œuvre peut se faire au moment et à l'endroit où l'intervention est la moins onéreuse (voir encadrés RT.7 et RT.9). La plupart des scénarios d'atténuation présument l'existence d'un prix mondial du carbone qui atteint tous les secteurs. Le coût économique global de l'atténuation est plus élevé si les instruments employés ont une portée limitée sur les réductions des émissions de GES dans les différents secteurs et si les politiques climatiques comportent des actions régionales morcelées. La hausse des coûts est plus accusée lorsque le niveau d'atténuation est ambitieux. [6.3.6]

**Les estimations de l'ensemble des coûts économiques de l'atténuation varient fortement, mais augmentent avec la rigueur des mesures prises (degré de confiance élevé).** Selon la majorité des scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité qui reposent sur

l'hypothèse que tous les pays prennent immédiatement des mesures d'atténuation, qu'un seul et même prix mondial du carbone est appliqué dans des marchés efficaces et que les technologies clés sont disponibles, l'atteinte d'un niveau de 450 ppm éq CO<sub>2</sub> environ d'ici à 2100 s'accompagne d'une baisse de la consommation mondiale de 1 à 4 % (médiane: 1,7 %) en 2030, de 2 à 6 % (médiane: 3,4 %) en 2050 et de 3 à 11 % (médiane: 4,8 %) en 2100 par rapport aux scénarios de référence (absence d'effort d'atténuation supplémentaire); la consommation de référence progresse quant à elle de 300 % à plus de 900 % entre 2010 et 2100 (gamme complète des scénarios de référence correspondants; figure RT.12; tableau RT.2, fond jaune). Cela correspond à une réduction annuelle moyenne de la croissance de la consommation de 0,06 à 0,2 point de pourcentage (médiane: 0,09) entre 2010 et 2030, de 0,06 à 0,17 point (médiane: 0,09) jusqu'en 2050 et de 0,04 à 0,14 point (médiane: 0,06) au cours du siècle. Ces chiffres sont établis par rapport aux taux annuels moyens de croissance de la consommation dans les scénarios de référence, qui se situent entre 1,9 et 3,8 % jusqu'en 2050 et entre 1,6 et 3 % pendant le siècle (tableau RT.2, fond jaune). Ces estimations du coût de l'atténuation ne tiennent compte ni des avantages d'un changement climatique moindre, ni des co-avantages et des effets secondaires indésirables de l'atténuation (encadré RT.9). On estime que les coûts associés au maintien des concentrations dans la fourchette de 530 à 650 ppm éq CO<sub>2</sub> sont inférieurs de



**Figure RT.11** | Émissions de GES à court terme selon les scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations de 450 à 500 (430-530) ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100. Seuls sont inclus les scénarios pour lesquels la probabilité d'excéder la température a été calculée. Les résultats des différents modèles sont indiqués par un point de donnée quand la probabilité d'excéder 2 °C est inférieure à 50 %, selon l'évaluation réalisée par un modèle simple du cycle du carbone/climat (MAGICC). Les couleurs renvoient à la classification des modèles selon deux critères: passage des émissions nettes de CO<sub>2</sub> à des valeurs négatives avant 2100 (négatives, non négatives) et début d'une action internationale en faveur de l'atténuation (immédiat, report en 2020, report en 2030). La légende indique le nombre de résultats rapportés. La gamme des émissions mondiales de GES en 2020 qui découlent des engagements pris à Cancún repose sur l'analyse de diverses interprétations des engagements nationaux. Note: Dans la base de données constituée par le GT III pour le RE5, quatre scénarios seulement ont été produits sur la base d'un report de l'atténuation sans émissions négatives nettes, tout en demeurant sous le niveau de 530 ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100. Ils n'apparaissent pas ici, car la prise en compte des espèces non gazeuses était insuffisante pour permettre de calculer la température. Dans ces scénarios, le report n'allait pas au-delà de 2020 et les émissions se situaient dans la même gamme que celles de la catégorie «Non négatives/Immédiat». Les scénarios de report englobent à la fois les scénarios de mesures mondiales retardées et les scénarios d'intervention morcelée. [Figure 6.31, 13.13.1.3]

un à deux tiers environ aux coûts liés aux scénarios de 430 à 530 ppm éq CO<sub>2</sub>. Les estimations peuvent varier sensiblement d'une région à l'autre. Les coûts augmentent fortement quand on part d'une mise en œuvre moins idéalisée des politiques et d'une disponibilité limitée des technologies, comme il en est question plus bas. Des estimations à la fois plus hautes et plus basses sont obtenues sur la base d'interactions avec les distorsions, les défaillances non climatiques du marché ou les politiques complémentaires pré-existantes. [6.3.6.2]

**Le report jusqu'en 2030 ou au-delà des mesures d'atténuation, outre celles déjà en place, risque d'augmenter sensiblement les coûts de l'atténuation au cours des décennies suivantes et pendant la deuxième moitié du siècle (degré de confiance élevé).** Bien que la prise retardée de mesures d'atténuation par les principaux émetteurs, quels qu'ils soient, réduirait les coûts à court terme,

elle se traduirait par une poursuite des investissements dans une infrastructure à forte intensité de carbone et il appartiendrait aux décideurs futurs de réaliser une transformation plus rapide, plus profonde et plus coûteuse de cette infrastructure. Les études révèlent que les coûts globaux, et les prix associés du carbone, atteignent plus vite des niveaux supérieurs dans les scénarios de report de l'atténuation que dans les scénarios d'intervention immédiate. Des simulations récentes montrent qu'un report jusqu'en 2030 risque de majorer sensiblement le coût global lié à l'atteinte en 2100 de concentrations d'environ 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub>, en particulier dans les scénarios où les émissions excèdent 55 Gt éq CO<sub>2</sub> en 2030 (figure RT.13, à droite; tableau RT.2, fond orange). [6.3.6.4]

**Les options technologiques disponibles ont une incidence majeure sur les coûts de l'atténuation et sur la difficulté d'at-**

**Tableau RT.2** | Coûts mondiaux de l'atténuation dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité<sup>1</sup> et estimations de l'augmentation des coûts découlant d'hypothèses de disponibilité restreinte de certaines technologies et du report de mesures supplémentaires d'atténuation. Les estimations de coûts ne tiennent compte ni des avantages d'un changement climatique moindre, ni des co-avantages et des effets secondaires indésirables de l'atténuation. En jaune figure la baisse de la consommation (figure RT.12, à droite), ainsi que la réduction de la croissance annualisée de la consommation dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité, par rapport à un développement de référence sans politique climatique. En gris figure le taux d'augmentation des coûts actualisés<sup>2</sup> au cours du siècle que montrent, par rapport aux scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité, les scénarios dans lesquels les technologies sont plus restreintes que dans les hypothèses technologiques par défaut (figure RT.13, à gauche)<sup>3</sup>. En orange figure l'augmentation des coûts de l'atténuation au cours des périodes 2030–2050 et 2050–2100 qu'entraîne, par rapport aux scénarios d'atténuation immédiate, le report de mesures supplémentaires d'atténuation jusqu'en 2030 (voir figure RT.13, à droite)<sup>4</sup>. Les scénarios de report de mesures supplémentaires sont regroupés en fonction du niveau d'émissions atteint en 2030 (inférieur ou supérieur à 55 Gt<sub>eq</sub> CO<sub>2</sub>) et en fonction de la gamme de concentrations atteinte en 2100 (430-530 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub>, ou 530-650 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub>). Dans l'ensemble du tableau, la médiane du groupe de scénarios est indiquée sans parenthèses, l'intervalle entre le 16<sup>e</sup> et le 84<sup>e</sup> centile du groupe de scénarios apparaît entre parenthèses et le nombre de scénarios composant le groupe figure entre crochets<sup>5</sup>. [Figures RT.12 et RT.13, 6.21, 6.24, 6.25, annexe II.10]

	Baisse de la consommation dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité <sup>1</sup>						Augmentation du total des coûts actualisés de l'atténuation dans les scénarios de disponibilité restreinte des technologies				Augmentation des coûts de l'atténuation à moyen et long terme due au report jusqu'en 2030 de mesures supplémentaires d'atténuation			
	[Baisse de la consommation par rapport à la référence (%)]			[Réduction du taux de croissance annualisée de la consommation (point de pourcentage)]			[Augmentation du total des coûts actualisés de l'atténuation (2015–2100) par rapport aux hypothèses technologiques par défaut (%)]				[Augmentation des coûts de l'atténuation par rapport à la prise immédiate de mesures d'atténuation (%)]			
Concentrations en 2100 [ppm <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> ]	2030	2050	2100	2010–2030	2010–2050	2010–2100	Pas de CSC	Abandon progressif du nucléaire	Recours modéré au solaire et à l'éolien	Recours modéré à la bioénergie	≤ 55 Gt <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>		>55 Gt <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>	
											2030 - 2050	2050- 2100	2030- 2050	2050- 2100
450 (430-480)	1,7 (1,0-3,7) [N: 14]	3,4 (2,1-6,2)	4,8 (2,9-11,4)	0,09 (0,06-0,2)	0,09 (0,06-0,17)	0,06 (0,04-0,14)	138 (29-297) [N: 4]	7 (4-18) [N: 8]	6 (2-29) [N: 8]	64 (44-78) [N: 8]	28 (14-50) [N: 34]	15 (5-59)	44 (2-78) [N: 29]	37 (16-82)
500 (480-530)	1,7 (0,6-2,1) [N: 32]	2,7 (1,5-4,2)	4,7 (2,4 -10,6)	0,09 (0,03-0,12)	0,07 (0,04-0,12)	0,06 (0,03-0,13)	s/o	s/o	s/o	s/o				
550 (530-580)	0,6 (0,2-1,3) [N: 46]	1,7 (1,2-3,3)	3,8 (1,2-7,3)	0,03 (0,01-0,08)	0,05 (0,03-0,08)	0,04 (0,01-0,09)	39 (18-78) [N:11]	13 (2-23) [N: 10]	8 (5-15) [N: 10]	18 (4-66) [N: 12]	3 (-5-16) [N: 14]	4 (-4-11)	15 (3-32) [N: 10]	16 (5-24)
580-650	0,3 (0-0,9) [N: 16]	1,3 (0,5-2,0)	2,3 (1,2-4,4)	0,02 (0-0,04)	0,03 (0,01-0,05)	0,03 (0,01-0,05)	s/o	s/o	s/o	s/o				

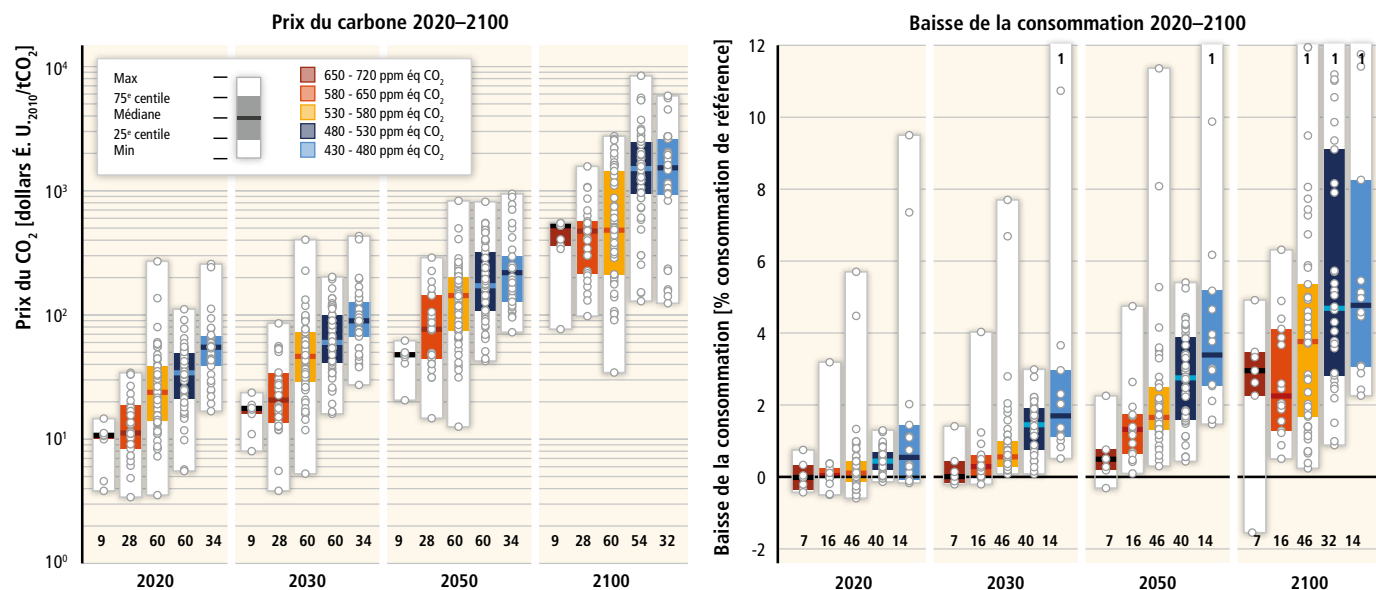
Notes:

- Les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité supposent la prise immédiate de mesures d'atténuation dans tous les pays et l'existence d'un prix unique du carbone. Dans la présente analyse, ils n'imposent aucune restriction supplémentaire des technologies par rapport aux hypothèses technologiques par défaut retenues dans les modèles.
- Augmentation de la valeur actuelle nette de la baisse de la consommation en pourcentage de la consommation de référence (pour les scénarios issus de modèles d'équilibre général) et des coûts de la réduction en pourcentage du PIB de référence (pour les scénarios issus de modèles d'équilibre partiel) au cours de la période 2015–2100, avec un taux d'actualisation (voir encadré RT.10) de 5 % par an.
- Pas de CSC: aucun recours au CSC n'est inclus dans ces scénarios. Abandon progressif du nucléaire: aucune nouvelle centrale n'est mise en service, outre celles dont la construction a débuté, et les centrales en activité fonctionnent jusqu'à la fin de leur durée de vie. Recours modéré au solaire et à l'éolien: la part du solaire et de l'éolien ne dépasse pas 20 % de la production mondiale d'électricité, quelle que soit l'année considérée dans ces scénarios. Recours modéré à la bioénergie: l'approvisionnement mondial en bioénergie moderne atteint au plus 100 EJ/an (la bioénergie moderne servant au chauffage, à la production d'électricité, aux systèmes combinés et à l'industrie s'établissait aux alentours de 18 EJ/an en 2008 [11.13.5]).
- Augmentation en pourcentage du total des coûts non actualisés de l'atténuation pour les périodes 2030–2050 et 2050–2100.
- La plage est déterminée par les scénarios centraux qui englobent l'intervalle entre le 16<sup>e</sup> et le 84<sup>e</sup> centile du groupe de scénarios. Seuls sont inclus les scénarios dont l'horizon temporel va jusqu'à 2100. Certains modèles qui figurent dans la fourchette des coûts associés à des niveaux de concentration supérieurs à 530 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub> en 2100 n'ont pu produire de scénarios pour des niveaux de concentration inférieurs à ce chiffre avec l'hypothèse d'une disponibilité restreinte des technologies et/ou d'un report des mesures supplémentaires d'atténuation (pour plus de détails, voir la légende de la figure RT.13).

**teindre des niveaux de concentration atmosphérique de l'ordre de 450 à 550 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub> d'ici à 2100 (degré de confiance élevé).** Beaucoup de modèles ayant fait l'objet de comparaisons récentes n'ont pu produire de scénarios atteignant des concentrations atmosphériques d'environ 450 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub> en 2100 avec des hypothèses largement pessimistes quant aux technologies d'atténuation clés. Ces études ont établi que la nature et la disponibilité du CSC et de la bioénergie avaient un impact particulièrement net sur les coûts de l'atténuation et sur les défis associés à cette fourchette de concentration. Lorsque les modèles ont pu produire de tels scénarios, les hypothèses pessimistes quant à ces aspects ont majoré sensiblement les coûts mondiaux actualisés des mesures à prendre pour parvenir à des

niveaux de concentration de quelque 450 et 550 ppm <sub>eq</sub> CO<sub>2</sub> d'ici à la fin du siècle, l'effet étant plus marqué dans le cas de mesures strictes d'atténuation (figure RT.13, à gauche; tableau RT.2, fond gris). Ces études ont également montré que la baisse de la demande d'énergie pourrait réduire grandement les coûts de l'atténuation. [6.3.6.3]

**La ventilation des coûts de l'atténuation entre les pays dépend en partie de la nature des dispositifs de répartition des efforts et n'est donc pas forcément identique au partage des efforts d'atténuation. Différents mécanismes de répartition des efforts se fondent sur différents principes éthiques (degré de confiance moyen).** Dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité



**Figure RT.12** | Prix mondial du carbone (à gauche) et baisse de la consommation (à droite) au fil des ans dans les scénarios présentant un bon rapport coût-efficacité et comportant une mise en œuvre idéalisée. La baisse de la consommation correspond au pourcentage de recul par rapport à la consommation de référence. Le nombre de scénarios inclus dans les rectangles est noté en bas. Les chiffres de 2030 valent pour 2020 et 2050. Le nombre de scénarios qui se situent à l'extérieur de la gamme étudiée est noté en haut. Note: Seuls sont présentés les scénarios qui comportent une baisse de la consommation (sous-ensemble de modèles qui englobe toute l'économie) ou des prix du carbone, respectivement, jusqu'en 2050 ou 2100. Les scénarios multiples issus d'un même modèle qui présentent des caractéristiques similaires sont illustrés par un seul scénario dans l'échantillon. [Figure 6.21]

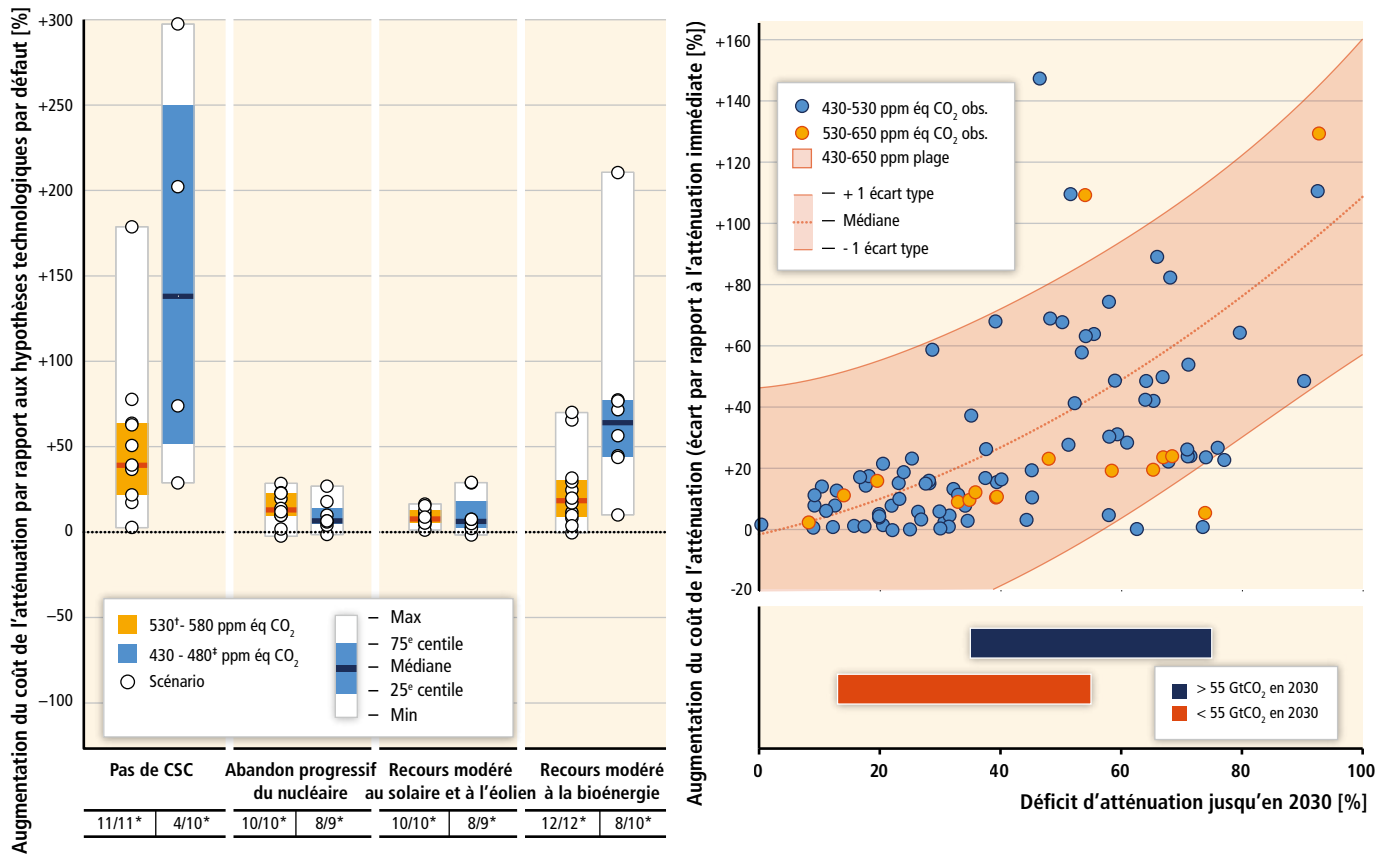
## Encadré RT.9 | Le « coût de l'atténuation » dans le contexte des scénarios d'atténuation

Le coût de l'atténuation est l'un des aspects de l'évolution du bien-être de la population qui découle des mesures prises face au changement climatique. Exprimé en termes monétaires, il est généralement évalué relativement à des scénarios de référence dont la plupart se caractérisent par une croissance économique ininterrompue, parfois de grande ampleur, et par l'absence d'efforts supplémentaires et explicites d'atténuation [3.9.3, 6.3.6]. Étant donné que les estimations du coût de l'atténuation ne s'intéressent qu'aux effets directs sur les marchés, elles ne tiennent pas compte de la valeur (éventuelle) des co-avantages et des effets secondaires indésirables des mesures d'atténuation sur le plan du bien-être (encadré RT.11) [3.6.3]. Par ailleurs, ces coûts ne reflètent pas les avantages que procure la réduction des incidences climatiques par le biais de l'atténuation (encadré RT.2).

Il existe un large éventail de métriques du coût global de l'atténuation, établies de diverses façons ou pour divers pans de l'économie, dont la variation du PIB, la baisse de la consommation, la variation équivalente et compensatoire, la baisse du surplus du consommateur et du producteur. La baisse de la consommation est fréquemment employée, car elle ressort de nombreux modèles intégrés et influe directement sur le bien-être. Elle peut être mesurée par le fléchissement de la consommation globale, une année donnée, par rapport à la consommation dans le scénario de référence correspondant ou par le recul du taux moyen de croissance de la consommation, au cours d'une période donnée, dans le scénario de référence correspondant.

Il ne faut pas confondre le coût de l'atténuation et le prix des émissions. Le prix des émissions mesure le coût d'une unité supplémentaire de baisse des émissions; il s'agit donc d'un coût marginal. Au contraire, le coût de l'atténuation représente en principe le coût total de l'ensemble des mesures d'atténuation. En outre, le prix des émissions peut interagir avec d'autres politiques et mesures, par exemple une réglementation en faveur de la réduction des GES. Si l'atténuation est en partie atteinte grâce à ces autres mesures, le prix des émissions peut ne pas refléter le coût réel d'une unité supplémentaire de baisse des émissions (selon la façon dont la réduction additionnelle des émissions est induite).

En règle générale, les modèles intégrés estiment le coût global de l'atténuation dans le monde au cours du prochain siècle à partir d'hypothèses très simplifiées quant aux modes d'intervention et aux marchés et politiques en place, hypothèses qui conditionnent nettement l'estimation. Par exemple, les scénarios de mise en œuvre idéalisée qui présentent un bon rapport coût-efficacité supposent qu'il existe un prix uniforme du CO<sub>2</sub> et des autres GES dans tous les secteurs de l'économie et tous les pays du monde et définissent la stratégie la moins coûteuse dans le cas idéal de marchés très efficaces qui ne présentent pas de déficiences outre l'effet externe du changement climatique. La plupart des scénarios mondiaux à long terme négligent les interactions entre l'atténuation et les politiques, les défaillances du marché et les distorsions pré-existantes ou nouvelles. Il est possible que le coût réel des politiques climatiques augmente ou diminue en raison des interactions de ces dernières avec les mesures déjà en place. [3.6.3.3, 6.3.6.5]



\* Les scénarios issus d'un modèle ont atteint des niveaux de concentration légèrement inférieurs à la catégorie 530-580 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100

\* Les scénarios issus de deux modèles ont atteint des niveaux de concentration légèrement supérieurs à la catégorie 430-480 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100

\* Nombre de modèles ayant réussi/Nombre de modèles ayant tenté d'exécuter les scénarios de variation technologique correspondants

**Figure RT.13** | À gauche, augmentation relative du coût net actualisé de l'atténuation (2015–2100, taux d'actualisation de 5 % par an) selon les variations du portefeuille technologique par rapport à un scénario comportant les hypothèses technologiques par défaut. La désignation des scénarios sur l'axe horizontal précise la variation technologique par rapport aux hypothèses par défaut: Pas de CSC = La technique de captage et stockage du carbone (CSC) n'est pas disponible; Abandon progressif du nucléaire = aucune nouvelle centrale n'est mise en service, outre celles dont la construction a débuté, et les centrales en activité fonctionnent jusqu'à la fin de leur durée de vie; Recours modéré au solaire et à l'éolien = la part du solaire et de l'éolien ne dépasse pas 20 % de la production mondiale d'électricité, quelle que soit l'année considérée dans ces scénarios; Recours modéré à la bioénergie = l'approvisionnement mondial en bioénergie moderne atteint au plus 100 EJ/an. [Figure 6.24] À droite, augmentation du coût de l'atténuation au cours de la période 2050–2100 (somme des coûts non actualisés) en fonction de la prise de mesures limitées d'atténuation à court terme, exprimée par la variation relative entre les scénarios de prise immédiate de mesures d'atténuation et les scénarios de report de mesures additionnelles d'atténuation jusqu'en 2020 ou 2030 (le «déficit d'atténuation»). Ce déficit correspond à l'écart que la réduction des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> jusqu'en 2030 présente dans les scénarios d'atténuation immédiate et dans les scénarios de report de mesures supplémentaires d'atténuation. Les rectangles en bas à droite indiquent l'ampleur du déficit d'atténuation où se retrouvent 75 % des scénarios dont les émissions en 2030 sont supérieures (bleu foncé) et inférieures (rouge) à 55 GtCO<sub>2</sub>. Toutes les simulations par les modèles du report de mesures supplémentaires d'atténuation jusqu'en 2030 n'ont pu atteindre les objectifs inférieurs de concentration de 450 ou 500 ppm (430-530) ppm éq CO<sub>2</sub> (pour des émissions supérieures à 55 GtCO<sub>2</sub> en 2030, 29 des 48 simulations tentées ont pu atteindre l'objectif; pour des émissions inférieures à 55 GtCO<sub>2</sub> en 2030, 34 des 51 simulations tentées ont pu atteindre l'objectif). [Figure 6.25]

qui atteignent des concentrations de l'ordre de 450 à 550 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100, la majorité des investissements dans l'atténuation au cours du siècle surviennent à l'extérieur des pays de l'OCDE. Selon certaines études portant sur des dispositifs particuliers de répartition des efforts, en supposant l'existence d'un marché mondial du carbone, les flux financiers correspondants pourraient atteindre des centaines de milliards de dollars É. U. par an avant le milieu du siècle pour que les concentrations s'établissent entre 450 et 500 ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100. La plupart des études supposent l'existence de mécanismes efficaces sur les marchés internationaux du carbone, auquel cas la théorie économique et la recherche empirique laissent penser que le choix des modalités de répartition des efforts n'aura pas d'incidence notable sur les niveaux de réduction régionale efficaces à l'échelle du globe ou sur

le total des coûts mondiaux. Les méthodes réelles de répartition des efforts peuvent s'écarter de cette hypothèse. [3.3, 6.3.6.6, 13.4.2.4]

**La géo-ingénierie englobe deux groupes de techniques très différentes: l'élimination du dioxyde de carbone (EDC) et la gestion du rayonnement solaire (GRS). Les scénarios d'atténuation évalués dans le RE5 supposent, comme seules mesures de géo-ingénierie, le déploiement à grande échelle de l'EDC par le boisement et la BECSC. Les techniques d'EDC comprennent le boisement, le recours à la bioénergie alliée au captage et au stockage du dioxyde de carbone (BECSC) et la hausse de l'absorption de CO<sub>2</sub> par les océans grâce à la fertilisation par le fer ou l'augmentation de l'alcalinité. La plupart des techniques terrestres d'EDC exigeraient de vastes changements d'affectation des terres et comporteraient sans**

## Encadré RT.10 | Le choix du taux d'actualisation des biens futurs

Les investissements destinés à atténuer le changement climatique porteront fruit dans un avenir lointain, dans plus cent ans pour la plupart. Quand on doit déterminer si un investissement est rentable, il faut comparer les avantages futurs aux coûts présents. Pour ce faire, les économistes tiennent compte du fait qu'un volume de marchandises à un moment donné n'a en principe pas une valeur équivalente au même volume des mêmes marchandises à un moment différent. Ils attribuent d'ordinaire une valeur moindre aux marchandises de demain qu'à celles d'aujourd'hui. Autrement dit, ils «actualisent» les biens futurs. Le taux auquel diminue la valeur des biens dans le temps est appelé «taux d'actualisation».

Il existe deux types de taux d'actualisation, qui servent à différents usages. Le taux d'actualisation du marché reflète la préférence de la population actuelle pour les biens présents ou pour les biens futurs. Le taux d'actualisation social sert à comparer les avantages dont bénéficie la population présente à ceux dont bénéficiera la population future. Parce que la population présente est parfois impatiente et que la population future n'intervient pas dans les échanges, le marché peut ne pas traduire avec justesse la valeur des biens dont jouira la population future par rapport à ceux dont jouit la population présente, d'où un écart possible entre le taux d'actualisation social et le taux du marché.

La principale raison pour laquelle on procède à une actualisation sociale (on favorise la population actuelle plutôt que la population future) est le fait que les biens présentent une «utilité marginale décroissante» et que le revenu par habitant tend à augmenter. La décroissance de l'utilité marginale signifie que la valeur de biens

additionnels pour la société diminue lorsque la population s'enrichit. Si l'économie continue de croître, les générations futures seront globalement plus aisées – posséderont davantage de biens – que les générations précédentes. Plus rapide est la croissance et importante la décroissance de l'utilité marginale, plus le taux d'actualisation des biens devrait être élevé. Si l'on s'attend à une croissance négative par habitant (ce qui est le cas dans certains pays), le taux d'actualisation social peut être négatif.

Certains auteurs ont fait valoir, en outre, que la génération actuelle devrait accorder moins de poids au bien-être des générations futures du seul fait qu'elles vivront plus tard. Cet élément accentuerait le taux d'actualisation social appliqué aux marchandises.

L'emploi d'un taux d'actualisation social est opportun pour évaluer les projets d'atténuation qui sont financés en réduisant la consommation présente. Si un projet est en partie financé par l'«éviction» d'autres investissements, les avantages de ces derniers sont perdus et cette perte doit entrer dans le coût de substitution du projet qui sera réalisé. Si un projet d'atténuation évince un investissement d'un montant exactement identique, la seule question est de savoir si le projet en question présente un rendement plus grand que l'investissement qui a été exclu. Pour cela, on évalue l'investissement dans l'atténuation à l'aide d'un taux d'actualisation qui est égal au rendement qui aurait été attendu de l'investissement évincé. Lorsque les mécanismes du marché fonctionnent bien, on obtient ainsi le taux d'actualisation du marché. [3.6.2]

doute des risques à l'échelle locale et régionale, tandis que les techniques maritimes pourraient créer des risques transfrontières importants pour les écosystèmes océaniques, si bien que leur déploiement présenterait des difficultés du point de vue de la coopération internationale. Les technologies actuelles ne permettraient pas un déploiement rapide de l'EDC à grande échelle. Pour sa part, la GRS comprend diverses techniques qui visent, sommairement, à neutraliser certains effets climatiques de l'accumulation de GES dans l'atmosphère. Elle consiste à modifier le bilan thermique de la planète en augmentant légèrement la réflexion du rayonnement solaire incident, par exemple en injectant des particules ou des précurseurs d'aérosols dans la haute atmosphère. La GRS a suscité beaucoup d'intérêt, notamment parce qu'elle pourrait être mise en œuvre rapidement advenant une situation d'urgence climatique. La possibilité que les coûts des différentes technologies soient faibles risque de mettre à l'épreuve la coopération internationale, dans la mesure où les pays pourraient être tentés de déployer sans concertation et de manière prématurée des systèmes qui semblent peu onéreux. La GRS soulève donc des questions quant aux

coûts, aux dangers, à la gouvernance et aux principes éthiques de sa mise au point et de sa mise en œuvre, en plus de créer des difficultés particulières sur le plan des institutions, des normes et des autres mécanismes internationaux qui pourraient coordonner les recherches et restreindre les essais et le déploiement. [1.4, 3.3.7, 6.9, 13.4.4]

**On est loin de connaître parfaitement les effets bénéfiques ou néfastes éventuels de la GRS.** Ces techniques auraient des conséquences variables sur certains paramètres du climat régional tels que la température et les précipitations et pourraient modifier profondément le cycle mondial de l'eau avec des effets incertains à l'échelle des régions, par exemple sur les pluies de mousson. Parmi les incidences non climatiques figure un possible appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique résultant de l'injection d'aérosols. Quelques études ont entrepris d'examiner les impacts climatiques et non climatiques de la GRS, mais les scientifiques sont très divisés quant aux résultats à attendre et à l'opportunité de combler ces lacunes par davantage de recherches, voire par des essais sur le terrain. [1.4, 3.3.7, 6.9, 13.4.4]

### RT.3.1.4 Incidences des profils d'évolution de l'atténuation sur d'autres objectifs

Les scénarios d'atténuation atteignant 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> environ d'ici à 2100 s'accompagnent d'une réduction des coûts associés aux objectifs de sécurité énergétique et de qualité de l'air (*degré de confiance moyen*) (figure RT.14, en bas). Dans la plupart des scénarios évalués, le coût de l'atténuation ne tient pas compte de l'incidence économique d'une baisse des coûts liés à l'atteinte de ces objectifs (encadré RT.9). Il existe un large éventail de co-avantages et d'effets secondaires indésirables, outre la qualité de l'air et la sécurité énergétique (tableaux RT.4 à RT.8). On comprend moins bien et on n'a pas évalué parfaitement l'impact de l'atténuation sur les coûts globaux associés à de nombreux autres objectifs, ni les incidences sur le bien-être de la population (encadré RT.11). [3.6.3, 4.8, 6.6]

Les scénarios d'atténuation qui atteignent 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> environ d'ici à 2100 présentent des co-avantages pour la sécurité énergétique, à savoir une disponibilité accrue de ressources pour satisfaire la demande nationale et une résilience plus grande du système énergétique (*degré de confiance moyen*). Ils s'accompagnent d'améliorations sur le plan de la diversité des sources et de la réduction des importations, créant des systèmes énergétiques moins vulnérables à la volatilité des prix et aux perturbations de l'approvisionnement (figure RT.14, en haut à gauche). [6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.13.6, 12.8]

Les politiques d'atténuation pourraient dévaloriser les actifs dans les énergies fossiles et diminuer les revenus des exportateurs de combustibles fossiles, mais il existe des différences selon les régions et les combustibles (*degré de confiance élevé*). La plupart des scénarios d'atténuation montrent une réduction des revenus découlant du commerce du charbon et du pétrole pour les grands exportateurs (*degré de confiance élevé*). Un nombre restreint d'études révèlent toutefois que les mesures d'atténuation pourraient accroître la compétitivité des formes classiques d'hydrocarbures par rapport au charbon liquéfié et au pétrole non conventionnel à forte intensité de carbone. L'effet de l'atténuation sur les revenus tirés de l'exportation de gaz naturel est moins certain; quelques études montrent d'éventuels avantages pour les revenus d'exportation à moyen terme, jusqu'à 2050 environ (*degré de confiance moyen*). La disponibilité du CSC réduirait l'effet indésirable sur la valeur des actifs dans le secteur des combustibles fossiles (*degré de confiance moyen*). [6.3.6, 6.6, 14.4.2]

Dans le cas d'une approche morcelée, les activités économiques à fort taux d'émissions pourraient être incitées à quitter les régions dans lesquelles sont mises en œuvre des mesures d'atténuation (*degré de confiance moyen*). Les études montrent que de tels

«transferts d'émissions» sont plutôt limités dans le domaine de l'énergie et dépassent rarement 20 % de la baisse des émissions. Les transferts pourraient être importants dans le domaine de l'utilisation des terres, mais peu d'études ont quantifié ce paramètre. Même s'il apparaît que les ajustements fiscaux à la frontière, dans un régime de politique climatique, améliorent la compétitivité des industries à taux élevés de GES et d'échanges commerciaux, ce genre de mesure risque aussi de porter atteinte au bien-être de la population dans les pays non participants, en particulier les pays en développement. [5.4, 6.3, 13.8, 14.4]

Les scénarios d'atténuation qui conduisent à des concentrations atmosphériques de quelque 450 à 500 ppm éq CO<sub>2</sub> en 2100 s'accompagnent de co-avantages appréciables sur le plan de la qualité de l'air et des effets sur la santé humaine et les écosystèmes. Les avantages découlant d'un net recul des émissions de polluants atmosphériques sont particulièrement importants là où les mesures de lutte contre la pollution de l'air actuellement en vigueur ou à l'étude sont peu contraignantes (*degré de confiance élevé*). Les politiques d'atténuation strictes entraînent des co contrôles accompagnés de réductions marquées des émissions de polluants atmosphériques, qui s'établissent nettement sous les niveaux des scénarios de référence (figure RT.14, en haut à droite). Les co-avantages pour la santé sont particulièrement grands dans le monde en développement. L'ampleur de l'atténuation du changement climatique qui découlerait des mesures de lutte contre la pollution, axées par exemple sur le carbone suie, reste incertaine. [5.7, 6.3, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8; GT II 11.9]

Les politiques climatiques sont susceptibles d'entraîner un large éventail d'effets secondaires indésirables, de co-avantages et d'effets d'entraînement qui sont mal quantifiés (*degré de confiance élevé*). La spécificité du cas et de l'emplacement déterminera si les effets secondaires indésirables se matérialiseront ou non, et l'ampleur qu'ils présenteront, car ces effets sont fonction des conditions locales et de l'échelle, de la portée et du rythme de la mise en œuvre. Parmi les éléments importants figurent la conservation de la biodiversité, la disponibilité des ressources en eau, la sécurité alimentaire, la répartition des revenus, l'efficacité du régime fiscal, l'offre de travail et l'emploi, l'étalement urbain et la viabilité de la croissance dans les pays en développement (encadré RT.11).

Certaines mesures d'atténuation, en majorant le prix des services énergétiques, pourraient entraver la capacité d'élargir aux populations mal desservies l'accès aux services énergétiques modernes (*degré de confiance faible*). Il est possible d'éviter ces effets secondaires indésirables en adoptant des politiques complémentaires (*degré de confiance moyen*). Rappelons que 1,3 milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à

**Figure RT.14** Co-avantages de l'atténuation pour la sécurité énergétique et la qualité de l'air dans les scénarios comportant une politique climatique stricte permettant d'atteindre des concentrations de 450 à 500 (430-530) ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100. En haut: Co-avantages selon différents indicateurs de sécurité énergétique et selon différents niveaux d'émissions de polluants atmosphériques. En bas: Coûts mondiaux des politiques visant à atteindre les objectifs de sécurité énergétique, de qualité de l'air et d'atténuation séparément (w, x, y) et simultanément (z). Les approches intégrées qui permettent d'atteindre les trois objectifs simultanément offrent le meilleur rapport coût-efficacité grâce aux synergies (w + x + y > z). Les coûts des politiques sont mesurés par la hausse du coût total des systèmes énergétiques par rapport à un scénario de référence qui exclut tout nouvel effort de réduction des émissions de GES au-delà de ceux déployés aujourd'hui. Les coûts sont approximatifs et ne représentent pas les marges complètes d'incertitude. [Figure 6.33]

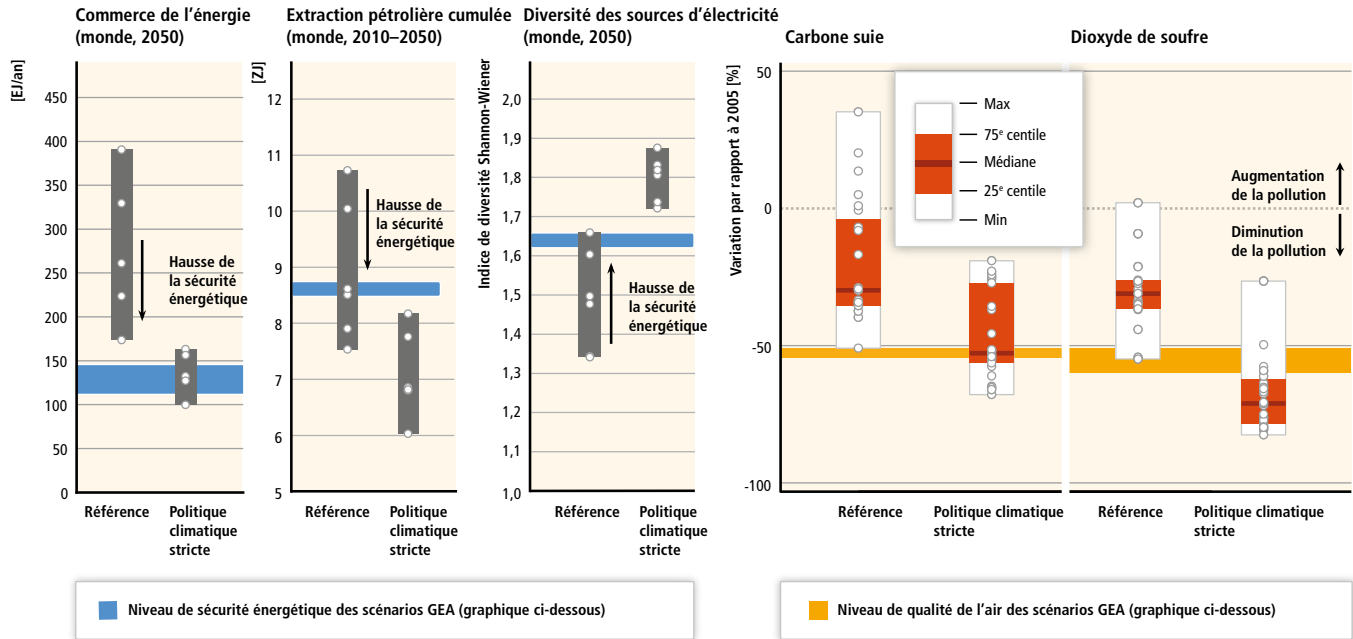
## Co-avantages de l'atténuation du changement climatique pour la sécurité énergétique et la qualité de l'air

### Comparaison de modèles LIMITS

Impact des politiques climatiques sur la sécurité énergétique

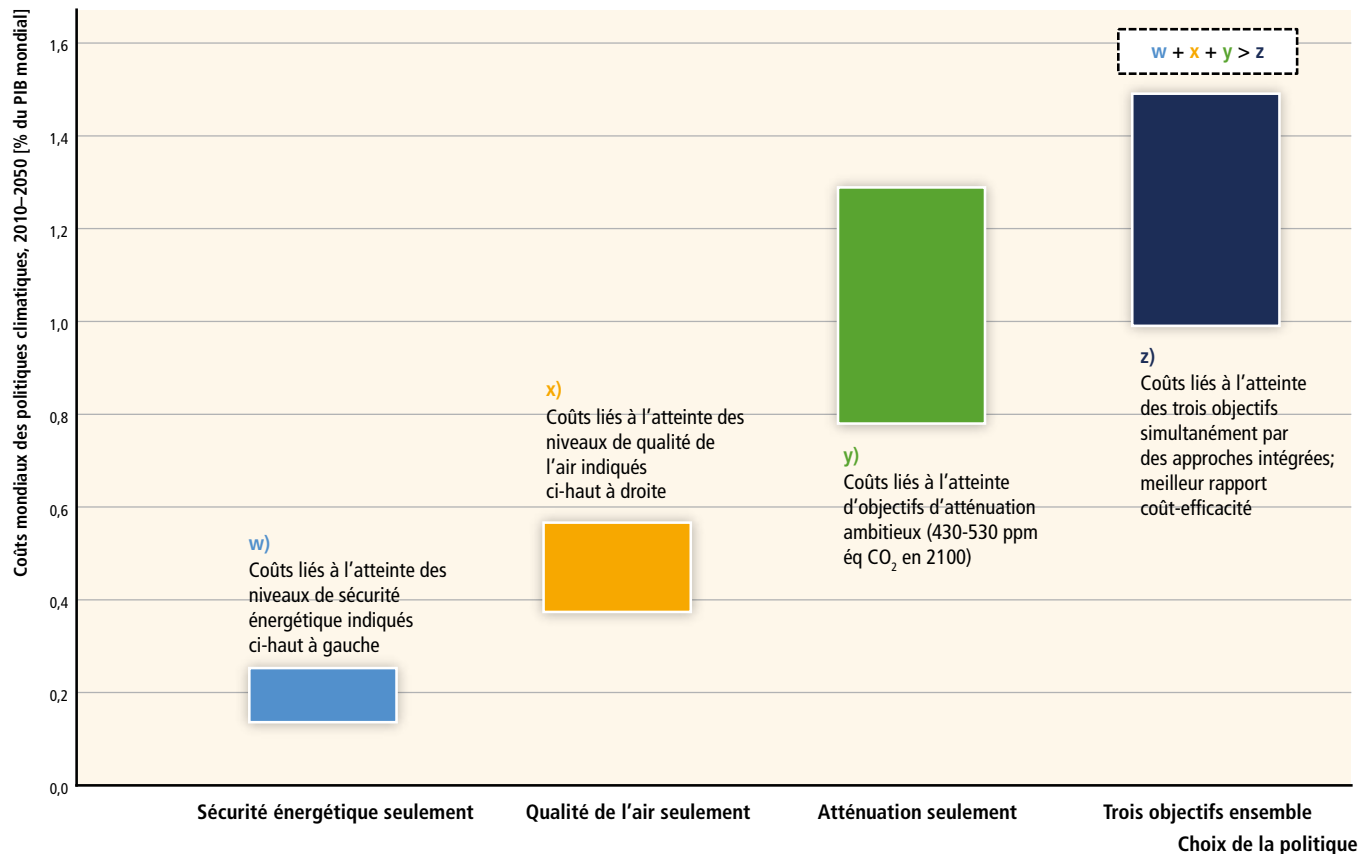
### Ensemble des scénarios RES du GIEC

Impact des politiques climatiques sur les émissions de polluants atmosphériques (monde, 2005–2050)



## Coûts des politiques visant différents objectifs

Ensemble des scénarios d'évaluation de l'énergie mondiale (GEA) [n = 624]





## Encadré RT.11 | Prise en compte des co-avantages et des effets secondaires indésirables de l'atténuation

Une mesure ou une politique gouvernementale destinée à atteindre un objectif (l'atténuation, par exemple) aura également une incidence sur d'autres objectifs (telle la qualité de l'air à un emplacement donné). Lorsque ces effets indirects sont positifs, ils sont regardés comme des «co-avantages»; dans le cas contraire, ils constituent des «effets secondaires indésirables». Les uns comme les autres sont évalués en termes non monétaires dans le présent rapport. La détermination de la valeur de ces retombées pour la société est une autre question. Peu d'études évaluent les effets des co-avantages sur le bien-être de la population, entre autres parce que la valeur d'un co-avantage dépend des circonstances locales et qu'elle peut être positive, nulle, voire négative. Ainsi, la valeur de la réduction d'une tonne supplémentaire de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) qui accompagne l'atténuation est largement fonction de la rigueur des politiques de lutte contre le SO<sub>2</sub> existantes; si ces politiques sont peu contraignantes, la valeur de la réduction peut être appréciable, mais elle peut être quasi nulle dans le cas où des politiques strictes sont déjà en place. Si la politique de lutte contre le SO<sub>2</sub> est trop contraignante, la valeur du co-avantage devient négative (en supposant que l'on n'ajuste pas cette politique). La politique climatique a un impact sur les objectifs non climatiques (tableaux RT.4 à RT.8) et, de même, les autres politiques ont un impact sur les résultats de la politique climatique. [3.6.3, 4.8, 6.6, glossaire]

Une analyse poussée s'avère délicate, car l'atténuation est susceptible d'engendrer une foule de co-avantages et d'effets

secondaires indésirables. Les avantages directs d'une politique climatique comprennent, par exemple, les effets escomptés sur la température moyenne à la surface du globe, l'élévation du niveau de la mer, la productivité agricole, la diversité biologique et les conséquences sanitaires du réchauffement de la planète [GT II RT]. Les co-avantages et les effets secondaires indésirables pourraient comprendre l'incidence de la politique climatique sur un ensemble d'objectifs qui se recoupent en partie, tels la réduction des émissions locales de polluants atmosphériques et leurs répercussions sur la santé et les écosystèmes, la conservation de la biodiversité, la disponibilité des ressources en eau, la sécurité énergétique et alimentaire, l'accès à l'énergie, la répartition des revenus, l'efficacité du régime fiscal, l'offre de travail et l'emploi, l'étalement urbain et la viabilité de la croissance dans les pays en développement. [3.6, 4.8, 6.6, 15.2].

Ces effets indirects sont tous importants, parce que l'évaluation approfondie d'une politique climatique doit tenir compte des retombées bénéfiques et des coûts liés à d'autres objectifs. Si l'on veut déterminer et quantifier le bien-être global pour la société, il faut recourir à des méthodes de valorisation et prendre en considération les efforts déjà déployés en vue d'atteindre de nombreux objectifs. La valorisation est malaisée en raison de facteurs tels que l'interaction entre la politique climatique et les politiques non climatiques, les externalités et les comportements non compétitifs pré-existants. [3.6.3]

l'électricité et que 3 milliards utilisent des combustibles solides traditionnels pour cuisiner et se chauffer, ce qui a de graves effets sur la santé, les écosystèmes et le développement. L'accès aux services énergétiques modernes est un objectif important du développement durable. Selon les projections établies, les coûts d'un accès quasi universel à l'électricité et à des combustibles propres pour la cuisson et le chauffage se situeraient entre 72 et 95 milliards de dollars É. U. par an jusqu'en 2030, avec des effets minimes sur les émissions de GES (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). L'abandon progressif de la biomasse traditionnelle<sup>13</sup> et le recours à des techniques plus efficaces de combustion réduiraient les émissions de polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et le carbone suie (CS), ce qui présente de grands avantages pour la santé (*degré de confiance élevé*). [4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

<sup>13</sup> Il s'agit de la biomasse – bois, charbon de bois, résidus agricoles et déjections animales – qui apporte l'énergie aux techniques dites traditionnelles, notamment les foyers ouverts pour la cuisson des aliments, les fourneaux rudimentaires et les fours servant à la petite industrie (voir glossaire).

**Les effets des mesures d'atténuation sur l'utilisation des ressources en eau dépendent des choix technologiques effectués et de l'éventail des mesures mises en œuvre** (*degré de confiance élevé*). Bien que le remplacement de l'énergie fossile par des sources renouvelables (solaire photovoltaïque, éolien, etc.) puisse réduire la consommation d'eau dans le système énergétique, le recours à d'autres sources renouvelables, dont certaines formes d'énergie hydraulique, le solaire thermodynamique et la bioénergie, pourrait avoir des effets indésirables sur l'utilisation des ressources en eau. [6.6, 7.9, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6]

**Les scénarios d'atténuation et les études sectorielles montrent que les co-avantages associés aux mesures visant la consommation finale d'énergie pourraient excéder les effets secondaires indésirables, tandis que les éléments disponibles laissent penser qu'il n'en irait pas forcément de même pour toutes les mesures visant l'approvisionnement en énergie et l'AFAT** (*degré de confiance élevé*). (Tableaux RT.4 à RT.8) [4.8, 5.7, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8]

## RT.3.2 Mesures sectorielles et intersectorielles d'atténuation

Les émissions anthropiques de GES résultent d'un vaste ensemble d'activités humaines, notamment celles qui se rattachent à l'approvisionnement et à la consommation d'énergie et celles qui relèvent de l'utilisation des terres pour la production alimentaire et d'autres fins. Une grande part des émissions provient des zones urbaines. Les mesures d'atténuation envisageables peuvent être regroupées en trois domaines: 1) l'approvisionnement en énergie, 2) l'utilisation finale de l'énergie dans des secteurs tels que les transports, le bâtiment et l'industrie et 3) l'AFAT. Les émissions imputables aux établissements humains et aux infrastructures recoupent ces différents secteurs. Un grand nombre d'options d'atténuation sont reliées. L'assortiment précis de mesures mises en œuvre dans un secteur ou l'autre dépendra de facteurs très divers, dont les aspects économiques, les structures d'intervention, les valeurs normatives et les liens avec d'autres objectifs de politique. La première partie s'intéresse aux questions qui traversent plusieurs secteurs, les parties suivantes aux secteurs eux-mêmes.

### RT.3.2.1 Mesures et profils d'évolution intersectoriels en matière d'atténuation

En l'absence de nouvelles mesures d'atténuation, les émissions de GES devraient augmenter dans tous les secteurs, sauf les émissions nettes de CO<sub>2</sub> dans le secteur de l'AFAT<sup>14</sup> (éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen). Le secteur de l'approvisionnement en énergie demeurerait la principale source d'émissions de GES dans les scénarios de référence et serait, en dernière analyse, responsable de hausses sensibles des émissions indirectes découlant de la consommation d'électricité dans le bâtiment et l'industrie. Le déboisement recule dans la plupart des scénarios de référence, d'où une réduction des émissions nettes de CO<sub>2</sub> provenant de l'AFAT. Dans certains scénarios, le secteur de l'AFAT qui était une source d'émissions devient un puits net vers la fin du siècle. (Figure RT.15) [6.3.1.4, 6.8]

Il peut être difficile ou très coûteux de remplacer les éléments d'infrastructure et les produits durables qui enferment les sociétés dans des profils d'évolution des émissions à forte intensité de GES, ce qui accroît l'importance d'une action rapide et ambitieuse en faveur de l'atténuation (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Ce risque de blocage est d'autant plus grand que la durée de vie de l'infrastructure est longue, que les émissions associées aux solutions de remplacement diffèrent et que le coût des investissements est élevé. Le blocage lié aux infrastructures et à l'aménagement du territoire est donc le plus difficile à lever et il importe, dans les stratégies d'atténuation élaborées pour les régions

où l'infrastructure s'étend rapidement, d'éviter les mesures qui figent pour longtemps les pratiques à fort taux d'émission. Dans les villes bien établies, les options sont restreintes par l'infrastructure et la configuration existantes, ainsi que par les possibilités de les remanier ou de les modifier. Néanmoins, les matières, les biens et les infrastructures qui présentent une longue durée de vie mais qui produisent peu d'émissions au cours de leur cycle de vie peuvent assurer un blocage positif et éviter des émissions grâce à la réduction du volume total de matériaux nécessaires pour offrir un service à l'utilisateur final. [5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

Les approches systémiques et intersectorielles de l'atténuation devraient présenter un meilleur rapport coût-efficacité et mieux parvenir à réduire les émissions que les politiques sectorielles (degré de confiance moyen). Pour présenter un bon rapport coût-efficacité, les politiques d'atténuation doivent adopter une perspective systémique afin d'intégrer les relations d'interdépendance entre les secteurs économiques et d'optimiser les effets de synergie. La stabilisation des concentrations atmosphériques d'équivalent CO<sub>2</sub> à quelque niveau que ce soit exigera à terme de réduire sensiblement les émissions, de changer en profondeur le système énergétique, tant dans les aspects de l'offre que de la consommation finale, et de modifier les modes d'utilisation des terres et les procédés industriels. Par ailleurs, nombre de technologies d'approvisionnement énergétique à forte intensité de carbone (dont le CSC) et les infrastructures qu'elles nécessitent soulèvent au sein de la population des questions d'acceptation qui limitent la mise en œuvre. Cela vaut aussi pour l'adoption de nouvelles techniques, et le changement de structure et de comportement, dans les secteurs de consommation finale de l'énergie (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé) [7.9.4, 8.7, 9.3.10, 9.8, 10.8, 11.3, 11.13]. Les problèmes d'acceptation peuvent avoir des effets sur l'atténuation dans ce secteur particulier, mais aussi sur les efforts d'atténuation en général.

Les modèles intégrés définissent trois catégories de mesures d'atténuation visant le système énergétique: la décarbonisation de l'approvisionnement, la réduction de la demande finale et le passage à des vecteurs sobres en carbone, dont l'électricité, dans les secteurs d'utilisation finale (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé) [6.3.4, 6.8, 7.11]. La large palette de mesures d'atténuation sectorielles envisageables consistent essentiellement à diminuer l'intensité des émissions de GES, à abaisser l'intensité énergétique et à modifier les activités (tableau RT.3) [7.5, 8.3, 8.4, 9.3, 10.4, 12.4]. Les options directes dans l'AFAT comprennent le stockage du carbone dans les systèmes terrestres (grâce au boisement, par exemple) et la production de matières de base pour la bioénergie [11.3, 11.13]. Il existe des possibilités de réduire les émissions de GES autres que le CO<sub>2</sub> dans tous les secteurs, mais surtout en agriculture, dans l'approvisionnement énergétique et dans l'industrie.

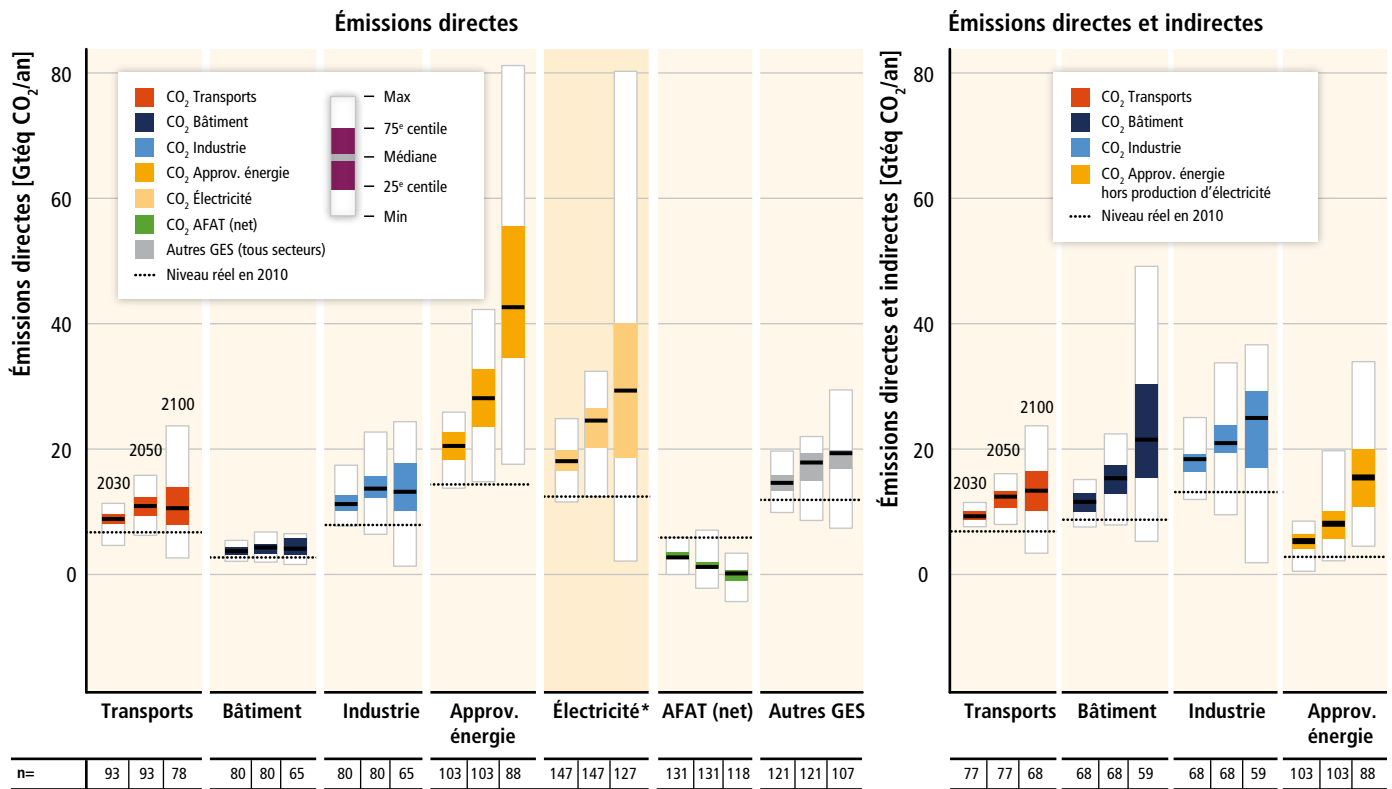
La baisse de la demande dans les secteurs d'utilisation finale de l'énergie, grâce à l'amélioration du rendement et à l'évolution

<sup>14</sup> Les émissions nettes de CO<sub>2</sub> par l'AFAT sont le bilan du CO<sub>2</sub> émis et du CO<sub>2</sub> absorbé par ce secteur, y compris les terres forestières et, dans quelques évaluations, les puits formés par les sols cultivés.

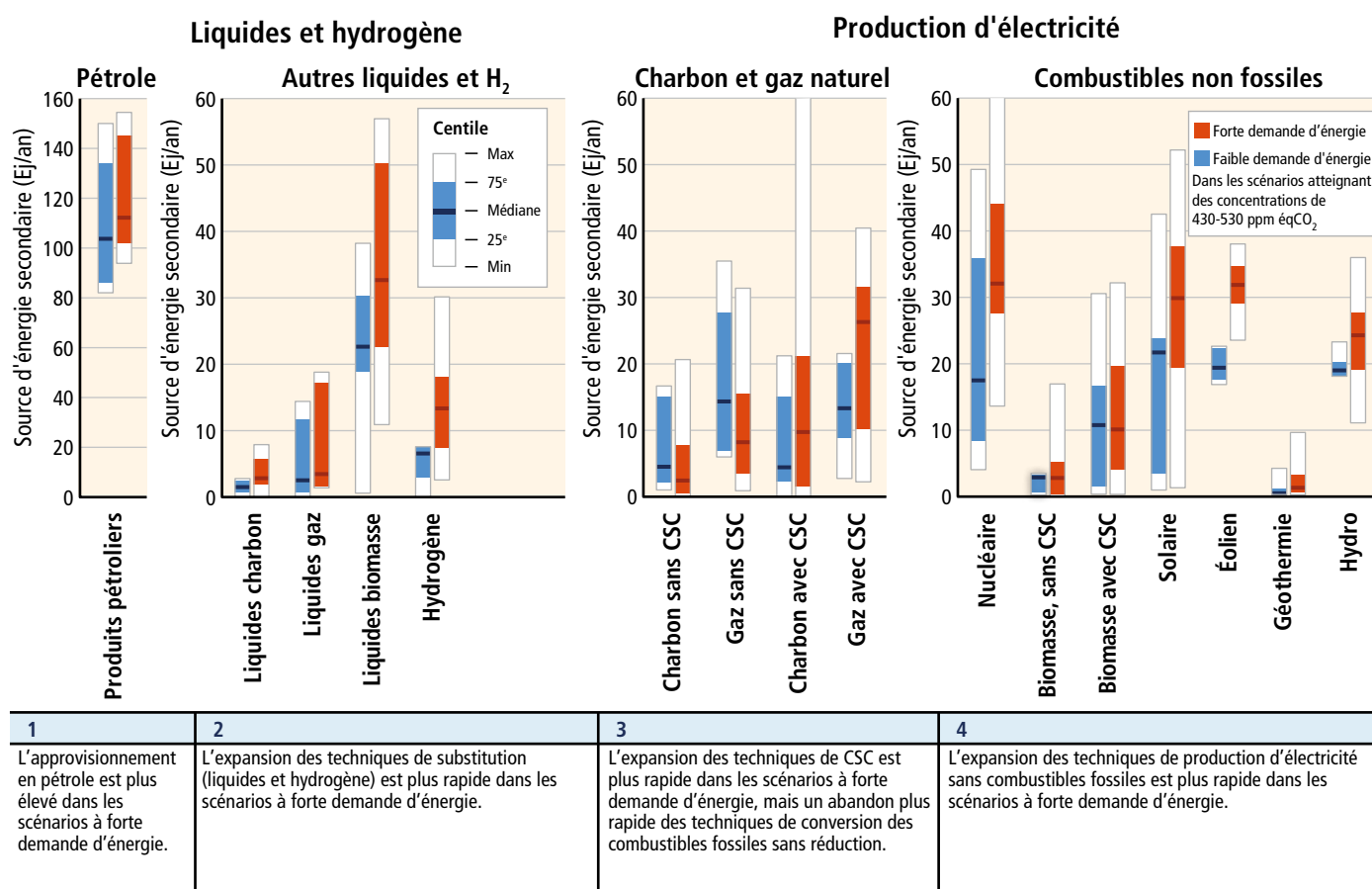
du comportement par exemple, constitue une stratégie d'atténuation essentielle qui conditionne l'ampleur du défi à relever dans le domaine de l'approvisionnement énergétique (*degré de confiance élevé*). Le fait de limiter la demande d'énergie: 1) accroît le choix de mesures possibles en gardant une souplesse dans le portefeuille technologique; 2) réduit le rythme auquel doit se faire l'expansion d'échelle des techniques d'approvisionnement sobres en carbone et préserve des risques associés à l'offre (figure RT.16); 3) prévient le blocage dans des infrastructures à forte intensité de carbone ou le déclassement prématuré de celles-ci; 4) optimise les co-avantages pour d'autres objectifs, puisque les co-avantages potentiels des mesures axées sur l'utilisation finale de l'énergie sont plus importants que les éventuels effets secondaires indésirables, ce qui n'est pas forcément le cas pour toutes les mesures axées sur l'offre (tableaux RT.4 à RT.8); 5) augmente le rapport coût-efficacité de la transformation (par rapport aux stratégies d'atténuation menées dans un contexte de forte demande d'énergie) (*degré de confiance moyen*). Toutefois, une baisse de la demande est improbable dans les pays en développement et dans les segments les plus pauvres de la société, où les services énergétiques sont limités ou ne comblent pas tous les besoins. [6.3.4, 6.6, 7.11, 10.4]

Le comportement, le mode de vie et la culture influent considérablement sur la consommation d'énergie et sur les émissions associées; le potentiel d'atténuation est élevé dans certains secteurs, en particulier lorsque les mesures prises viennent en complément d'évolutions technologiques et structurelles (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Il est possible de réduire sensiblement les émissions en faisant évoluer les modes de consommation (par exemple, la demande et la forme de mobilité, la consommation d'énergie par les ménages, le choix de produits durables), en modifiant les habitudes alimentaires et en diminuant le gaspillage de nourriture, ainsi qu'en changeant le mode de vie (stabilisation/réduction de la consommation dans certains pays très avancés, économie du partage et autres modifications de comportement qui influent sur l'activité) (tableau RT.3). [8.1, 8.9, 9.2, 9.3, encadré 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7]

Les scénarios d'atténuation montrent que la décarbonisation de l'approvisionnement en énergie est une nécessité pour stabiliser les concentrations atmosphériques d'équivalent CO<sub>2</sub> à moins de 580 ppm (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Dans la plupart des scénarios d'atténuation à long terme qui ne dépassent pas 580 ppm eq CO<sub>2</sub> en 2100, l'approvisionnement



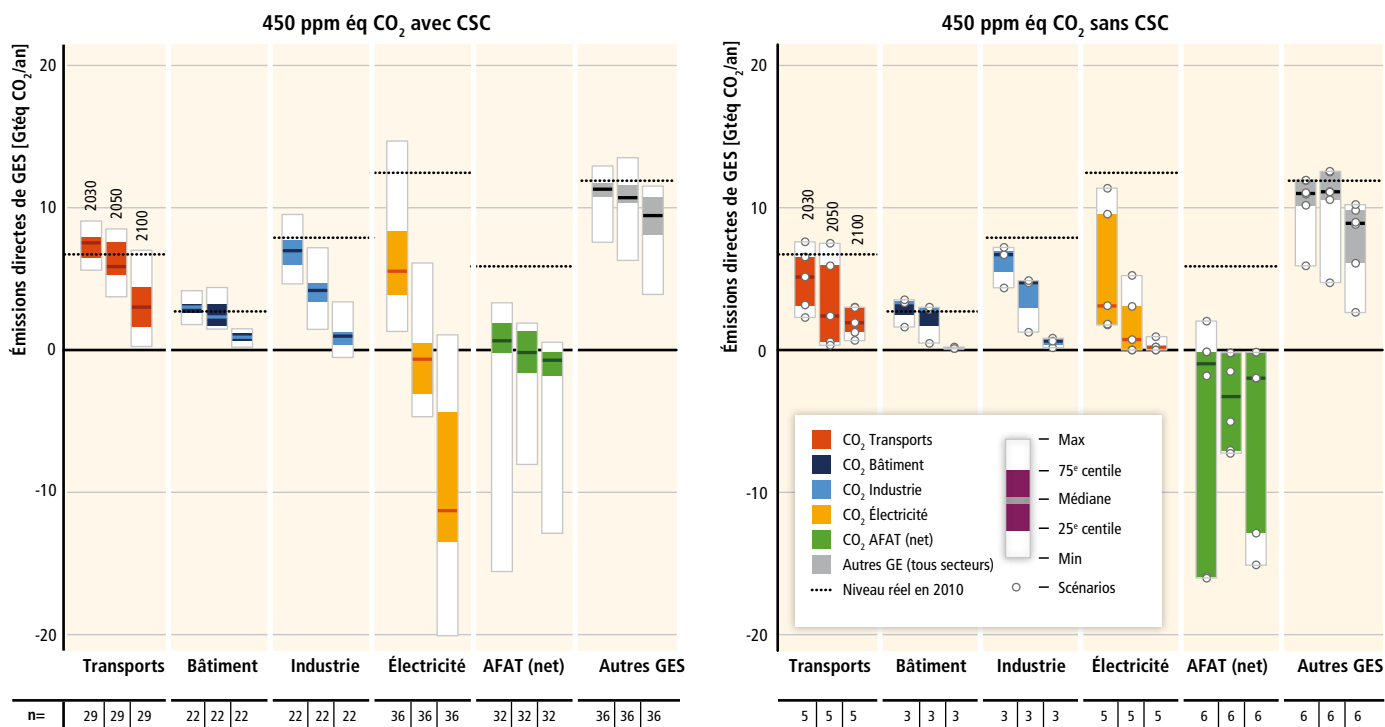
**Figure RT.15** | Émissions directes (à gauche) et directes et indirectes (à droite) de CO<sub>2</sub> et d'autres GES par les différents secteurs dans les scénarios de référence. Les émissions de GES autres que le CO<sub>2</sub> sont exprimées en équivalent-CO<sub>2</sub> sur la base des valeurs du potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG<sub>100</sub>) figurant dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (RE2) (voir encadré RT.5). À noter que dans le cas des émissions indirectes, seules les émissions liées à la production d'électricité passent de l'approvisionnement en énergie aux secteurs d'utilisation finale. À gauche, les émissions provenant du secteur de l'électricité (Électricité\*) apparaissent en plus des émissions dues au secteur de l'approvisionnement en énergie, dont elles font partie, afin de montrer la grande place qu'elles occupent sur le plan de l'offre. Les chiffres donnés au bas des graphiques indiquent le nombre de scénarios inclus dans les gammes établies, qui diffèrent selon les secteurs et le temps en raison de la résolution sectorielle et de l'horizon temporel différents des modèles. [Figure 6.34]



**Figure RT.16** | Incidence de la demande d'énergie sur le déploiement des techniques d'approvisionnement énergétique en 2050 dans les scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations de l'ordre de 450 à 500 (430–530) ppm éq CO<sub>2</sub> d'ici à 2100. Les rectangles bleus (faible demande d'énergie) montrent l'ampleur du déploiement dans les scénarios où la progression de l'énergie finale est limitée, soit < 20 % en 2050 par rapport à 2010. Les rectangles rouges montrent l'ampleur du déploiement dans le cas d'une forte demande d'énergie (croissance > 20 % en 2050 par rapport à 2010). La médiane, l'intervalle interquartile et la gamme complète de déploiement sont présentés pour chaque technique. Notes: Sont exclus les scénarios qui supposent des restrictions technologiques et les scénarios dans lesquels l'énergie finale au cours de l'année de base s'écarte d'au-delà de ± 5 % des inventaires de 2010. Les gammes englobent les résultats de nombreux modèles intégrés différents. On a calculé la moyenne des résultats de scénarios multiples issus d'un même modèle afin d'éviter les biais d'échantillonnage; le chapitre 6 donne de plus amples détails. [Figure 7.11]

mondial en énergie est entièrement décarbonisé à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, beaucoup de scénarios comportant une élimination nette du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Cependant, les filières actuelles d'approvisionnement faisant largement appel aux combustibles fossiles à forte intensité de carbone, la baisse de l'intensité énergétique peut être égale ou supérieure à la décarbonisation de l'approvisionnement à court terme. Dans le bâtiment et l'industrie, par exemple, l'amélioration de l'efficacité constitue un bon moyen de réduire les émissions indirectes imputables à la production d'électricité (figure RT.15). À long terme, la baisse des émissions dues à la production d'électricité s'accompagne d'une hausse de la part de l'électricité dans l'utilisation finale (pour le chauffage, la production de chaleur industrielle et, éventuellement, certains modes de transport, entre autres). Un net fléchissement des émissions dues aux transports apparaît généralement en dernier dans les études de modélisation intégrée, parce que les possibilités de passer à des vecteurs d'énergie sobres en carbone sont moins grandes que dans le bâtiment et l'industrie (figure RT.17). [6.3.4, 6.8, 8.9, 9.8, 10.10, 7.11, figure 6.17]

**La disponibilité des techniques d'EDC conditionne l'ampleur du défi que représente l'atténuation dans le domaine de l'utilisation finale (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé)** [6.8, 7.11]. De forts liens d'interdépendance existent, dans les scénarios d'atténuation, entre le rythme auquel doit se faire la décarbonisation de l'approvisionnement énergétique et les secteurs d'utilisation finale. Une décarbonisation rapide de l'approvisionnement procure en général une plus grande souplesse dans les secteurs consommateurs. Toutefois, certains obstacles à la décarbonisation de l'offre, dus par exemple à une disponibilité limitée des techniques de CSC pour parvenir à des émissions négatives quand on les jumelle à la bioénergie, exigent une décarbonisation plus rapide et plus étendue des secteurs qui utilisent l'énergie finale dans les scénarios qui atteignent de faibles niveaux de concentration d'équivalent CO<sub>2</sub> (figure RT.17). L'existence d'un approvisionnement en biomasse sûr et vaste pour l'énergie ou la disponibilité des techniques de piégeage du carbone dans l'AFAT offrent aussi davantage de souplesse pour mettre au point des techniques d'atténuation dans les secteurs de l'approvisionnement et de



**Figure RT.17** | Émissions directes de CO<sub>2</sub> et d'autres GES par différents secteurs dans les scénarios d'atténuation qui atteignent 450 (430-480) ppm éq CO<sub>2</sub> environ en 2100 en recourant (à gauche) et sans recourir (à droite) au captage et stockage du carbone (CSC). Les chiffres donnés au bas des graphiques indiquent le nombre de scénarios inclus dans les gammes établies, qui diffèrent selon les secteurs et le temps en raison de la résolution sectorielle et de l'horizon temporel différents des modèles. À droite, les cercles blancs indiquent les émissions associées aux divers scénarios, afin de donner une idée de l'étalement au sein des gammes indiquées vu le nombre limité de scénarios. [Figures 6.35]

l'utilisation finale d'énergie [11.3] (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*), bien que des effets préjudiciables sur le développement durable ne soient pas exclus.

**L'aménagement du territoire peut aider à gérer l'expansion de l'infrastructure et à accroître l'efficacité d'ensemble, par-delà les secteurs** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). L'utilisation des terres, le mode de transport, le logement et le comportement sont étroitement imbriqués et sont façonnés par l'infrastructure et la configuration urbaine. La planification de l'espace et de l'utilisation des terres, par exemple le zonage mixte, le développement axé sur les transports, la densification ou la colocalisation du domicile et du travail, peut contribuer à l'atténuation dans plusieurs secteurs en 1) réduisant les émissions dues aux déplacements pour le travail et les loisirs et favorisant les transports non motorisés, 2) diminuant la superficie des logements et, par conséquent, 3) abaissant la consommation directe et indirecte totale d'énergie grâce à une infrastructure efficace. Un aménagement groupé et la réhabilitation des friches en zone urbaine et une densification intelligente permettent de préserver des terres pour l'agri-

culture et la bioénergie et de maintenir les stocks de carbone dans le sol [8.4, 9.10, 10.5, 11.10, 12.2, 12.3]

**Il est avantageux d'aborder l'adaptation et l'atténuation de concert, vu les liens d'interdépendance qui existent entre les deux approches à l'échelon sectoriel** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Des mesures particulières d'atténuation peuvent conditionner la vulnérabilité d'un secteur à l'égard du climat, tant par l'incidence sur l'exposition aux impacts que par la modification de la capacité de s'y adapter [8.5, 11.5]. Parmi les autres liens d'interdépendance figurent les conséquences climatiques sur les possibilités d'atténuation, comme la protection des forêts ou la production hydroélectrique [11.5.5, 7.7], ainsi que les effets sur les émissions de GES et sur le forçage radiatif de certaines mesures d'adaptation, par exemple le chauffage et la climatisation des bâtiments ou la diversification des systèmes de culture agricole [11.5.4, 9.5]. Ces liens d'interdépendance apparaissent de plus en plus clairement dans chaque secteur, mais les connaissances actuelles sont trop lacunaires pour produire des résultats intégrés à l'échelon intersectoriel.

Tableau RT.3 | Principales mesures sectorielles selon les grandes stratégies d'atténuation (caractères gras) et indicateurs sectoriels associés (fond jaune) d'après les analyses des chapitres 7 à 12.

	Baisse de l'intensité des émissions de GES	Baisse de l'intensité énergétique grâce à la hausse de l'efficacité technique	Hausse de l'efficacité de la production et des ressources	Hausse de l'efficacité des structures et des systèmes	Variation de l'indicateur d'activité
Énergie [7.5]	Émissions / énergie secondaire produite	Énergie utilisée / énergie produite	Énergie intrinsèque / énergie produite	–	Énergie finale utilisée
	Déploiement accru des énergies renouvelables (ER), de l'énergie nucléaire et des techniques de (BE)CSC; substitution de combustible dans le groupe des matières fossiles; baisse des émissions diffuses (méthane) dans la chaîne des matières fossiles	Extraction, transport et conversion des combustibles fossiles; transport, distribution et stockage d'électricité/ chaleur/combustibles; production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) ou cogénération (voir <i>Bâtiment et Établissements humains</i> )	Énergie entrant dans la production des techniques d'extraction, de conversion, de transport et de distribution de l'énergie	Prise en compte des besoins d'intégration	Demande de différents vecteurs d'énergie par les secteurs d'utilisation finale (voir <i>Transports, Bâtiment et Industrie</i> )
Transports [8.3]	Émissions / énergie finale	Énergie finale / service de transport	–	Part de chaque mode	Distance totale par an
	<b>Intensité carbone des combustibles (éq CO<sub>2</sub>/ mégajoule (MJ)):</b> Passage aux combustibles sobres en carbone, p. ex., électricité/hydrogène de sources sobres en carbone (voir <i>Énergie</i> ); biocarburants précis dans divers modes (voir <i>AFAT</i> )	<b>Intensité énergétique (MJ/ passager-km, tonne-km):</b> Moteurs et modèles de véhicules à bon rendement énergétique; perfectionnement des modèles et systèmes de propulsion; emploi de matériaux plus légers dans les véhicules	Émissions intrinsèques lors de la fabrication des véhicules; efficacité des matériaux; recyclage des matériaux (voir <i>Industrie</i> ); émissions pendant la durée de vie de l'infrastructure (voir <i>Établissements humains</i> )	Remplacement des véhicules légers par les transports en commun, la bicyclette ou la marche, et des transports aériens et véhicules lourds par le train; écoconduite; meilleure logistique du fret; planification des transports (infrastructure)	Évitement des déplacements; hausse des taux d'occupation/ de charge; baisse de la demande de transports; urbanisme (voir <i>Établissements humains</i> )
Bâtiment [9.3]	Émissions / énergie finale	Énergie finale/ énergie utile	Énergie intrinsèque/ énergie de fonctionnement	Énergie utile/ service énergétique	Demande de service énergétique
	<b>Intensité carbone des combustibles (éq CO<sub>2</sub>/MJ):</b> Technologies ER intégrées dans le bâtiment; passage aux combustibles sobres en carbone p. ex., électricité (voir <i>Énergie</i> )	<b>Efficacité des appareils:</b> Chauffage/ refroidissement (chaudières à haut rendement, ventilation, climatisation, thermopompes); production d'eau chaude; cuisson (cuisinières à biomasse améliorées); éclairage; électroménagers	Durée de vie des bâtiments; durabilité des composantes, matériaux et appareils; choix de matériaux à taux (plus) bas d'énergie et d'émissions pour la construction (voir <i>Industrie</i> )	<b>Efficacité systémique:</b> Conception intégrée; bâtiments à énergie faible/ nulle; automatisation et contrôles des bâtiments; urbanisme; chauffage/ refroidissement urbain et PCCE; compteurs/réseaux intelligents; mise en service	Modification de comportement (réglage des thermostats, utilisation des électroménagers, etc.); évolution du mode de vie (taille des logements par habitant, confort adapté)
Industrie [10.4]	Émissions / énergie finale	Énergie finale/ matériaux produits	Matériaux utilisés / matériaux produits	Demande de produit/ demande de service	Demande de service
	<b>Intensité des émissions:</b> Baisse des émissions dans la transformation; utilisation des rebuts (déchets urbains solides/ boues résiduaires dans les fours à ciment, etc.) et CSC dans l'industrie; remplacement des HFC et colmatage des fuites; passage, dans les combustibles fossiles, à l'électricité sobre en carbone (voir <i>Énergie</i> ) ou à la biomasse (voir <i>AFAT</i> )	<b>Efficacité énergétique/ meilleures technologies existantes:</b> Systèmes à vapeur efficaces; systèmes de fours et chaudières; moteurs électriques (pompes, ventilateurs, compresseurs d'air, réfrigérateurs et manutention) et systèmes de commande électronique; échange de chaleur (perdue); recyclage	<b>Efficacité des matériaux:</b> Réduction des pertes de rendement; innovation dans la fabrication/ construction, nouvelles méthodes de conception, réutilisation des matériaux (acier de construction, etc.); conception des produits (voitures de faible poids, p. ex.); cendres volantes à la place du mâchefer	<b>Efficacité produits-services:</b> Intensification de l'utilisation des produits (partage de véhicules, remplacement moins fréquent des vêtements, produits neufs plus durables, etc.)	Baisse de la demande de produits tels les vêtements; diminution de la demande de voitures grâce à des modes de déplacement différents
Établissements humains [12.4]	Émissions / énergie finale	Énergie finale/ énergie utile	Matériaux utilisés dans l'infrastructure	Énergie utile/ service énergétique	Demande de service par habitant
	Intégration des énergies renouvelables en milieu urbain; programmes de substitution de combustible à l'échelle urbaine	Cogénération, chaleur en cascade, production d'énergie à partir de déchets	Gestion de l'expansion de l'infrastructure; réduction des matériaux primaires utilisés dans l'infrastructure	Aménagement urbain groupé; meilleure accessibilité; utilisation mixte des terres	Meilleure accessibilité: réduction du temps de déplacement et élargissement des modes de transport possibles
Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT) [11.3]	<b>Améliorations axées sur l'offre</b>			<b>Mesures axées sur la demande</b>	
	Émissions / superficie ou produit unitaire (conservé, restauré)			Consommation de produits d'origine animale/végétale par habitant	
	<b>Réduction des émissions:</b> Méthane (gestion du cheptel) et oxyde nitreux (gestion des engrais et des déjections animales); prévention des émissions dans l'atmosphère en préservant les bassins de carbone existants dans le sol ou la végétation (recul du déboisement et de la dégradation des forêts, prévention/lutte contre les incendies, agroforesterie); baisse de l'intensité des émissions (GES/produit unitaire).	<b>Piégeage:</b> Augmentation de la taille des bassins de carbone existants afin d'extraire le CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (boisement, reboisement, systèmes intégrés, piégeage du carbone dans le sol, etc.)	<b>Substitution:</b> Utilisation de produits biologiques à la place des combustibles fossiles ou des produits à forte intensité énergétique afin de réduire les émissions de CO <sub>2</sub> , p. ex. co-combustion de biomasse/ PCCE (voir <i>Énergie</i> ), biocarburants (voir <i>Transports</i> ), fours et produits isolants à base de biomasse (voir <i>Bâtiment</i> )	<b>Gestion de la demande:</b> Réduction de la perte et du gaspillage de nourriture; modification des habitudes alimentaires en faveur de produits à moindre intensité d'émissions; utilisation de produits du bois durables	

RT

### RT.3.2.2 Approvisionnement en énergie

**Le secteur de l'approvisionnement en énergie est responsable de la plus grande partie des émissions de GES dans le monde** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Les émissions annuelles de GES émanant à l'échelle mondiale du secteur de l'approvisionnement en énergie ont augmenté plus rapidement entre 2000 et 2010 qu'au cours de la décennie précédente. On observe en effet une accélération de cette augmentation qui est passée de 1,7 %/an de 1990 à 2000 à 3,1 %/an de 2000 à 2010. Cette tendance est due principalement à l'accroissement de la demande en services énergétiques et à l'augmentation de la part du charbon dans le bouquet énergétique à l'échelle mondiale. Tel qu'il est défini dans le présent rapport, le secteur de l'approvisionnement en énergie englobe tous les processus d'extraction, de conversion, de stockage, de transport et de distribution qui permettent de fournir l'énergie finale aux secteurs qui la consomment (l'industrie, les transports, le bâtiment, l'agriculture et la foresterie). [7.2, 7.3]

**Les scénarios de référence évalués dans le cinquième Rapport d'évaluation montrent une augmentation des émissions directes de CO<sub>2</sub> issues du secteur de l'approvisionnement en énergie, qui passent de 14,4 GtCO<sub>2</sub>/an, niveau atteint en 2010, à entre 24 et 33 GtCO<sub>2</sub>/an en 2050 (entre le 25<sup>e</sup> et le 75<sup>e</sup> centile; l'intervalle complet étant de 15 à 42 GtCO<sub>2</sub>/an), la plupart des scénarios de référence évalués dans le volume GT III du RE5 faisant apparaître une nette augmentation** (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RT.15). Les valeurs les plus basses de l'intervalle complet sont fournies principalement par les scénarios qui se concentrent sur des améliorations de l'intensité énergétique allant bien au-delà de celles qu'on a pu observer au cours des 40 dernières années. La disponibilité bornée des combustibles fossiles ne sera pas suffisante à elle seule pour limiter la concentration en équivalent CO<sub>2</sub> à des niveaux tels que 450 ppm, 550 ppm ou 650 ppm. [6.3.4, 6.8, 7.11, figure 6.15]

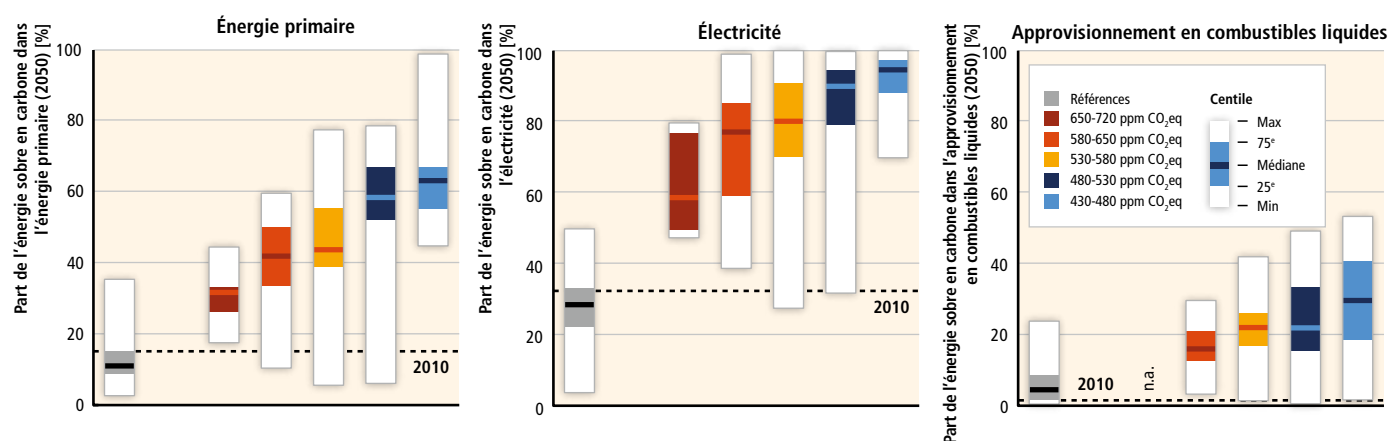
**Dans le secteur de l'approvisionnement en énergie, les solutions visant à réduire les émissions de GES sont multiples** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Il est en effet possible d'améliorer le rendement énergétique et de réduire les émissions fugitives dans le domaine de l'extraction de combustibles ainsi que dans les systèmes de conversion, de transport et de distribution de l'énergie, de remplacer les combustibles fossiles, ou de mettre en place des technologies d'approvisionnement en énergie à faible émission de GES, telles que les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire et le CSC. (tableau RT.3). [7.5, 7.8.1, 7.11]

**La stabilisation des concentrations de GES à des niveaux bas exige une transformation fondamentale du système d'approvisionnement en énergie, s'accompagnant de l'abandon à long terme du recours constant aux technologies de conversion des combustibles fossiles, en faveur de solutions à faible émission de GES** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Les concen-

trations atmosphériques de CO<sub>2</sub> ne peuvent se stabiliser que si le bilan mondial des émissions passe par un pic avant de diminuer pour tendre vers zéro à long terme. Pour atteindre une telle stabilisation, il ne suffira pas d'améliorer les rendements énergétiques des centrales à combustibles fossiles ou encore de remplacer le charbon par du gaz. Il serait nécessaire, pour atteindre un tel objectif, de faire appel à des technologies d'approvisionnement en énergie à faible émission de GES. (figure RT.19) [7.5.1, 7.8.1, 7.11]

**La décarbonisation (à savoir la réduction de l'intensité carbone) de la production d'électricité constitue un élément clé permettant aux stratégies d'atténuation d'un bon rapport coût-efficacité d'atteindre des niveaux de stabilisation bas (entre 430 et 530 ppm éqCO<sub>2</sub>); dans la plupart des scénarios de modèles intégrés, la décarbonisation survient plus rapidement dans la production d'électricité que dans les secteurs de l'industrie, du bâtiment et des transports** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*) (figure RT.7). Dans la majorité des scénarios d'atténuation qui atteignent des concentrations d'environ 450 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici 2100, la part de l'approvisionnement en électricité sobre en carbone (ce qui comprend les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire, les combustibles fossiles avec CSC et la BECSC) augmente, à partir d'une part actuelle s'élevant à environ 30 %, pour atteindre plus de 80 % en 2050, et la production d'électricité tirée de combustibles fossiles sans CSC est presque entièrement abandonnée d'ici 2100. (figures RT.17 et RT.18) [7.14]

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, on a pu observer des gains de rendement et des baisses de coûts considérables dans beaucoup de technologies du domaine des énergies renouvelables, qui sont parvenues en nombre croissant à un degré de maturité permettant leur déploiement à grande échelle** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Certaines technologies sont déjà concurrentielles sur le plan économique dans divers cas de figure. Le coût moyen actualisé de la production d'électricité photovoltaïque a surtout nettement baissé entre 2009 et 2012, la tendance étant moins marquée pour beaucoup d'autres technologies faisant appel aux énergies renouvelables. En ce qui concerne la seule production d'électricité, les énergies renouvelables représentent un peu plus de la moitié des nouvelles capacités de production installées dans le monde en 2012, la croissance de la production d'énergie éolienne, hydraulique et solaire prédominant. L'emploi décentralisé des énergies renouvelables destiné à répondre aux besoins en énergie des zones rurales a également augmenté; cela comprend diverses solutions modernes ou classiques, mais perfectionnées faisant appel à la biomasse, ainsi que de petites centrales hydro-électriques ou des systèmes photovoltaïques ou éoliens. Néanmoins, de nombreuses technologies du domaine des énergies renouvelables nécessitent encore un soutien direct (tarifs d'alimentation, obligations liées aux quotas d'énergie renouvelable ou appels d'offres, par exemple) ou indirect (un prix suffisamment élevé du carbone et le fait d'internaliser d'autres externalités, par exemple), si leurs parts de marché doivent réellement progresser. Les politiques menées en faveur des énergies renouvelables ne sont pas étrangères à la progression enre-



**Figure RT.18** | Part de l'énergie sobre en carbone dans l'ensemble des secteurs d'approvisionnement en énergie primaire, en électricité et en combustibles liquides, pour l'année 2050. Les tirets représentent la part sobre en carbone en 2010. L'énergie sobre en carbone comprend l'énergie nucléaire, les énergies renouvelables, les combustibles liquides avec captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) et la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECSC). [figure 7.14]

gistrée récemment dans le domaine. Il en faudra d'autres encore pour créer les conditions favorables à l'intégration de ces énergies dans les systèmes énergétiques du futur. (éléments moyens, degré de cohérence moyen) (figure RT.19) [7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, 11.13]

**Le recours aux énergies renouvelables est souvent associé à des co-avantages, notamment une réduction de la pollution atmosphérique, un moindre risque d'accidents graves par rapport à certaines autres technologies d'approvisionnement en énergie, ainsi qu'une amélioration de l'accès à l'énergie et de la sécurité dans ce domaine** (éléments moyens, degré de cohérence moyen) (tableau RT.4). Il est aussi possible que certaines technologies appliquées aux énergies renouvelables présentent des effets secondaires indésirables, soit intrinsèques soit propres à l'emplacement. On peut alors atteindre un certain degré d'atténuation en s'attachant à bien sélectionner la technologie, à apporter des ajustements opérationnels et à choisir l'emplacement des installations. [7.9]

**Les problèmes d'infrastructure et d'intégration que soulèvent les énergies renouvelables varient en fonction de la technologie et des caractéristiques des systèmes déjà en place** (éléments moyens, degré de cohérence moyen). Des expériences concrètes et les études de pénétration moyenne à élevée des énergies renouvelables montrent qu'il est possible de surmonter, à l'aide d'outils techniques et institutionnels, les difficultés que soulève l'intégration. La pénétration des énergies renouvelables allant en augmentant, les problèmes deviennent de plus en plus épineux et peuvent entraîner des coûts élevés. Aussi faut-il s'y attaquer scrupuleusement aux stades de la planification et de l'exploitation afin d'assurer la fiabilité de l'approvisionnement en énergie. [7.6, 7.8.2]

**L'énergie nucléaire est une source d'électricité en charge de base, à faible émission de GES, parvenue à maturité, mais sa part dans la production mondiale d'électricité décline depuis 1993. Elle pourrait apporter une contribution croissante à l'approvisionnement en énergie sobre en carbone, mais divers risques et obstacles y sont associés** (éléments robustes, degré de

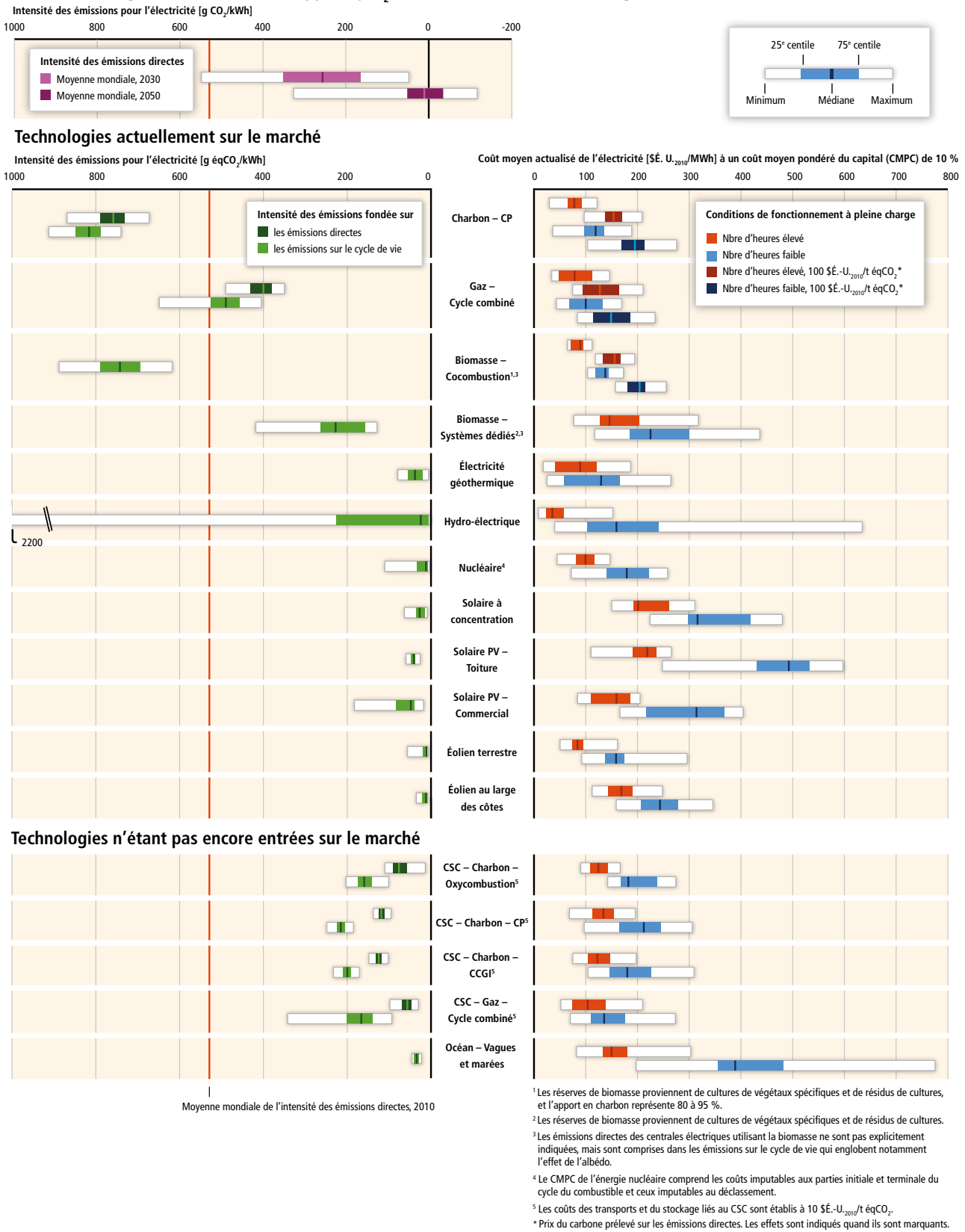
*cohérence élevé*) (figure RT.19). En 2012, la puissance nucléaire installée représentait 11 % de la production mondiale d'électricité, soit une baisse par rapport au maximum de 17 % enregistré en 1993. La tarification des externalités des émissions de GES (tarification du carbone) pourrait améliorer la compétitivité des centrales nucléaires. [7.2, 7.5.4, 7.8.1, 7.12]

**Les risques et obstacles associés à une augmentation du recours à l'énergie nucléaire comprennent les risques liés au fonctionnement et les inquiétudes que ceux-ci suscitent du point de vue de la sécurité, les risques découlant de l'extraction de l'uranium, les risques financiers et réglementaires, les problèmes non résolus que soulève le traitement des déchets, les préoccupations au sujet de la prolifération des armes nucléaires ainsi qu'une opinion publique défavorable** (éléments robustes, degré de cohérence élevé) (tableau RT.4). De nouveaux cycles de combustible et de nouvelles technologies de réacteurs visant à résoudre certains de ces problèmes sont mis au point et des progrès ont été accomplis en ce qui concerne la sécurité et la gestion des déchets. L'étude des scénarios d'atténuation selon lesquels les concentrations ne dépassent pas 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  a montré que le fait d'exclure l'énergie nucléaire de l'éventail des technologies disponibles n'entraînerait qu'une faible augmentation des coûts d'atténuation comparativement aux coûts obtenus grâce à un éventail complet de technologies (figure RT.13). En cas de restrictions portant sur d'autres technologies, tel le CSC, l'énergie nucléaire tiendrait un rôle plus important. [6.3.6, 7.5.4, 7.8.2, 7.9, 7.11]

**Il est possible de réduire fortement les émissions de GES liées à l'approvisionnement en énergie en remplaçant les centrales électriques à charbon d'un rendement moyen, actuellement en service dans le monde, par des centrales modernes à haut rendement, à cycle combiné, alimentées au gaz naturel ou par des centrales de cogénération, à condition qu'on dispose de gaz naturel et que les émissions fugitives liées à son extraction et à son approvisionnement soient faibles ou atténuées** (éléments robustes, degré de cohérence élevé). Dans les scénarios d'at-



Scénarios atteignant entre 430 et 530 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 dans les modèles intégrés



**Figure RT.19** | Émissions directes définies et émissions sur le cycle de vie (g  $\text{eqCO}_2/\text{kWh}$  (kilowatt-heure)) ainsi que coût moyen actualisé de l'électricité (\$É.-U.2010/MWh) pour différentes technologies de production d'énergie électrique (voir les données et hypothèses dans la partie 2 de l'annexe III et les questions de méthodologie dans les parties 3.1 et 9.3 de l'annexe III). Le graphique supérieur gauche fournit les moyennes mondiales des émissions directes définies de  $\text{CO}_2$  (g  $\text{eqCO}_2/\text{kWh}$ ) associées à la production d'énergie électrique en 2030 et 2050, pour l'ensemble des scénarios figurant dans la base de données des scénarios du volume GT III du RE5, pour lesquels les concentrations de  $\text{CO}_2$  se situeraient entre environ 450 et 500 (430 – 530) ppm  $\text{eqCO}_2$  (voir la partie 10 de l'annexe II). La moyenne mondiale des émissions directes définies de  $\text{CO}_2$  (g  $\text{eqCO}_2/\text{kWh}$ ) associées à la production d'énergie électrique en 2010 est indiquée par une ligne verticale. La comparabilité des mesures du coût moyen actualisé de l'électricité présente des limites. Voir les détails concernant les questions générales de méthodologie et d'interprétation dans les parties en annexes déjà indiquées. CSC: captage et stockage du dioxyde de carbone; CCGI: cycle combiné à gazéification intégrée (du charbon); CP: charbon pulvérisé; PV: photovoltaïque; CMPC: coût moyen pondéré du capital. [figure 7.7]

ténuation atteignant des concentrations d'environ 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100, la production d'électricité au gaz naturel sans CSC sert généralement de technologie de transition; son déploiement croît jusqu'à un maximum puis redevient inférieur aux niveaux actuels d'ici 2050 et continue de décliner dans la seconde moitié du siècle (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). [7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

**Les technologies de captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) pourraient réduire les émissions de GES sur l'ensemble de la durée de vie des centrales électriques à combustible fossile (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*).** Alors que toutes les composantes des systèmes intégrés de CSC existent et sont utilisées par l'extraction et le raffinage industriels des combustibles fossiles, le CSC n'a pas encore été utilisé à échelle réelle dans une grande installation commerciale de production d'électricité à combustible fossile. Des centrales électriques équipées du CSC n'apparaîtront sur le marché qu'à condition qu'une réglementation soit mise en place ou qu'elles deviennent compétitives vis-à-vis d'unités de production non équipées, ce qui serait le cas par exemple si les coûts d'investissement et de fonctionnement supplémentaires, résultant en partie de baisses de rendement, pouvaient être compensés par un prix suffisamment élevé du carbone (ou directement par des aides financières). Pour que se dessine à l'avenir un déploiement à grande échelle du CSC, des réglementations explicites concernant les responsabilités à court et à long termes en matière de séquestration sont aussi nécessaires que les incitations économiques. [7.5.5]

**Des obstacles s'opposent au déploiement à grande échelle du CSC, notamment des inquiétudes liées à la sécurité et au maintien à long terme de l'intégrité du stockage du  $\text{CO}_2$ , ainsi que les risques liés au transport de ce gaz et la nécessité d'augmenter la taille des infrastructures (*éléments limités, degré de cohérence moyen*)** (tableau RT.4). Les publications se multiplient cependant sur la manière de garantir l'intégrité des puits de  $\text{CO}_2$ , sur les conséquences éventuelles d'une augmentation de pression du  $\text{CO}_2$  au sein d'une formation géologique (comme un séisme induit) et sur les incidences éventuelles sur la santé et l'environnement du  $\text{CO}_2$  qui s'échapperait d'une zone d'injection principale (*éléments limités, degré de cohérence moyen*). [7.5.5, 7.9, 7.11]

**Le fait de combiner bioénergie et CSC (BECSC) ouvre la perspective d'un approvisionnement en énergie s'accompagnant d'un bilan négatif des émissions à grande échelle; cette technologie, qui joue un rôle important dans de nombreux scénarios de stabilisation basse, est aussi synonyme d'enjeux et de risques (*éléments limités, degré de cohérence moyen*).** Jusqu'en 2050, le potentiel d'économie se situe entre 2 et 10  $\text{GtCO}_2/\text{an}$  selon les estimations que fournissent les études ascendantes [11.13]. Certains scénarios d'atténuation montrent un déploiement de la BECSC allant en augmentant vers la fin du siècle. Les enjeux et les risques technologiques incluent ceux qu'on associe en amont à l'approvisionnement à grande échelle de biomasse utilisée par les installations de CSC ainsi que ceux qu'on

associe à la technologie même du CSC. Pour le moment, aucun projet de grande échelle n'a encore été financé. [6.9, 7.5.5, 7.9, 11.13]

### RT.3.2.3 Transports

**Depuis la parution du quatrième Rapport d'évaluation, les émissions émanant du secteur des transports à l'échelle mondiale ont augmenté, et ce en dépit de l'apparition de modes de transport (routier, ferroviaire, maritime, fluvial et aérien) offrant des gains sur le plan du rendement énergétique et des politiques adoptées (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*).** C'est au transport routier qu'on attribue la plus grande partie de l'ensemble des émissions, mais la navigation aérienne pourrait jouer à l'avenir un rôle grandissant dans les émissions totales de  $\text{CO}_2$ . [8.1, 8.3, 8.4]

**En 2010, 27 % de la consommation d'énergie finale était imputée au secteur des transports, ainsi que des émissions directes s'élevant à 6,7  $\text{GtCO}_2$ ; les émissions de  $\text{CO}_2$  de référence devraient augmenter pour atteindre entre 9,3 et 12  $\text{GtCO}_2/\text{an}$  en 2050 (entre le 25<sup>e</sup> et le 75<sup>e</sup> centile; l'intervalle complet étant de 6,2 à 16  $\text{GtCO}_2/\text{an}$ ), la plupart des scénarios de référence évalués dans le volume GT III du RE5 faisant apparaître une nette augmentation (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*)** (figure RT.15). Sans la mise en œuvre de politiques d'atténuation à la fois énergiques et durables, on pourrait assister à une augmentation des émissions dues au secteur des transports plus rapide que dans les autres secteurs consommateur d'énergie finale, ainsi qu'à un doublement, voire plus, des émissions de  $\text{CO}_2$  d'ici 2050. [6.8, 8.9, 8.10]

**Alors que l'activité, tant passagers que fret, en croissance constante constitue un défi en matière de réduction future des émissions, les analyses portant sur les études à la fois sectorielles et intégrées font apparaître, dans le secteur des transports, un potentiel d'atténuation supérieur à celui dont il était question dans le RE4 (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*).** La demande d'énergie par habitant pour les transports dans les pays en développement et les pays émergents est bien moindre que dans les pays de l'OCDE. Il est vraisemblable cependant qu'elle subira une forte accélération au cours des prochaines décennies en conséquence d'une augmentation des revenus et du développement des infrastructures. Les scénarios de référence montrent donc des augmentations touchant la demande d'énergie pour les transports, de 2010 jusqu'à 2050, voire au-delà. Toutefois, les scénarios d'atténuation sectoriels et intégrés indiquent qu'il sera possible de parvenir à des réductions de la demande d'énergie se situant entre 10 et 45 % d'ici 2050 par rapport aux scénarios de référence (figure RT.20, graphique de gauche) (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). [6.8.4, 8.9.1, 8.9.4, 8.12, figure 8.9.4]

**Le potentiel d'atténuation est élevé si l'on combine les combustibles à faible émission de carbone, l'utilisation effective de technologies améliorant le rendement des véhicules et des**

**Tableau RT.4** | Tour d’horizon des co-avantages éventuels (flèches vertes) et des effets secondaires indésirables (flèches orange) des principales mesures d’atténuation s’appliquant au secteur de l’approvisionnement en énergie; suivant qu’elles pointent vers le haut ou vers le bas, les flèches indiquent un effet positif ou négatif sur les objectifs ou préoccupations correspondants; un point d’interrogation (?) indique un effet net incertain. Les co-avantages et les effets secondaires indésirables varient en fonction des circonstances locales, mais aussi des pratiques de mise en œuvre et du rythme et de l’échelle de cette mise en œuvre. Voir le tableau RT.8 au sujet de la possibilité d’effets en amont découlant de l’approvisionnement en biomasse pour les besoins de la bioénergie. Voir par exemple les sections 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 et 14.4.2 au sujet de l’évaluation des effets macroéconomiques intersectoriels associés à la mise en place de politiques d’atténuation (tarification de l’énergie, consommation, croissance, commerce, etc.). Les indicateurs d’incertitude figurant entre parenthèses qualifient les éléments dont on dispose et le degré de cohérence pour chaque effet cité (voir RT.1). Abréviations correspondant aux éléments disponibles: l = limités, m = moyens, r = robustes; au degré de cohérence: f = faible, m = moyen, é = élevé. [tableau 7.3]

Approvisionnement en énergie	Effet sur des objectifs ou préoccupations supplémentaires			
	Domaine économique	Domaine social	Domaine environnemental	Autres domaines
<b>Remplacer le charbon par le nucléaire</b>	↑ Sécurité énergétique (moindre exposition à la volatilité des prix des combustibles) (m/m) ↑ Incidence sur l’emploi à l’échelon local (mais effet net incertain) (l/m) ↑ Héritage financier des déchets et de l’abandon des réacteurs (m/é)	↓ Causes d’incidences sur la santé Pollution atmosphérique et accidents de houillères (m/é) ↑ Accidents nucléaires et traitement des déchets, extraction et traitement du minerai d’uranium (m/f) ↑ Préoccupations relatives à la sécurité et aux déchets (r/é)	↓ Causes d’incidences sur les écosystèmes: Pollution atmosphérique (m/é) et extraction de la houille (l/é) ↑ Accidents nucléaires (m/m)	Risque de prolifération (m/m)
<b>Remplacer le charbon par les sources renouvelables (éolien, photovoltaïque, solaire à concentration, houille blanche, géothermie, bioénergie)</b>	↑ Sécurité énergétique (diversité des ressources et capacité de subvenir aux besoins à court ou à moyen terme) (r/m) ↑ Incidence sur l’emploi à l’échelon local (mais effet net incertain) (m/m) ↑ Irrigation, maîtrise des crues, navigation, disponibilités en eau (pour un usage multiple des réservoirs et des cours d’eau régulés) (m/é) ↑ Mesures supplémentaires pour répondre à la demande (pour le photovoltaïque, l’éolien et le solaire à concentration dans une certaine mesure) (r/é)	↓ Causes d’incidences sur la santé Pollution atmosphérique (sauf bioénergie) (r/é) ↓ Accidents de houillères (m/é) ↑ Contribution à l’accès à l’énergie (hors réseau) (m/f) ? Problème de l’acceptation du public suivant le projet (ex.: visibilité des éoliennes) (l/m) ↑ Menace de déplacement (pour les grands projets hydro-électriques) (m/é)	↓ Causes d’incidences sur les écosystèmes: Pollution atmosphérique (sauf bioénergie) (m/é) ↓ Extraction du charbon (l/é) ↑ Incidences sur l’habitat (certains projets hydro-électriques) (m/m) ↑ Incidences sur le paysage et la faune (éolien) (m/m) ↓ Usage de l’eau (éolien et photovoltaïque) (m/m) ↑ Usage de l’eau (bioénergie, solaire à concentration, géothermie et réservoirs pour l’hydro-électrique) (m/é)	Usage accru de métaux critiques (photovoltaïque et turbines éoliennes à entraînement direct) (r/m)
<b>Remplacer le charbon par des combustibles fossiles avec CSC</b>	↑↑ Préservation par opposition à un blocage du capital humain et physique dans l’industrie fossile (m/m)	↑ Causes d’incidences sur la santé ↑ Risques de fuites de CO <sub>2</sub> (m/m) ↑ Activités en amont dans la chaîne d’approvisionnement (m/é) ↑ Problèmes de sécurité (stockage et transport du CO <sub>2</sub> ) (m/é)	↑ Incidences sur les écosystèmes causées par les activités en amont dans la chaîne d’approvisionnement (m/m) ↑ Usage de l’eau (m/é)	Surveillance à long terme du stockage du CO <sub>2</sub> (m/é)
<b>Remplacer le charbon par la BECSC</b>	<i>Le cas échéant, voir les combustibles fossiles avec CSC. Pour les effets éventuels en amont de l’approvisionnement en biomasse, voir le tableau RT.8.</i>			
<b>Prévention des fuites, capture ou traitement pour le méthane</b>	↑ Sécurité énergétique (utilisation possible du gaz dans certains cas) (l/é)	↓ Incidences sur la santé causées par une moindre pollution atmosphérique (m/m) ↑ Sécurité du travail dans les houillères (m/m)	↓ Incidences sur les écosystèmes causées par une moindre pollution atmosphérique (l/m)	

moteurs, des changements de comportement permettant d’éviter les déplacements et conduisant à des transferts modaux, des investissements dans les infrastructures adaptées ainsi que des modifications touchant l’environnement bâti (degré de confiance élevé) [8.3, 8.8]. Il est possible de réduire les émissions directes de GES (du réservoir à la roue) émanant du transport de passagers et de marchandises:

- En utilisant des combustibles de moindre intensité carbone (éqCO<sub>2</sub>/MJ (mégajoule));
- En abaissant l’intensité énergétique des véhicules (MJ/passager-km ou MJ/tonne-km);

- En encourageant un transfert vers des modes de transport de passagers et de marchandises sobres en carbone avec des investissements dans les infrastructures et des formes urbaines relativement compactes ;
- En évitant les déplacements dans la mesure du possible (tableau RT.3).

La réduction du carbone suie (CS), celle des traînées de condensation des avions et la baisse des émissions d’oxydes d’azote (NO<sub>x</sub>) constituent d’autres stratégies d’atténuation à court terme. [8.4]

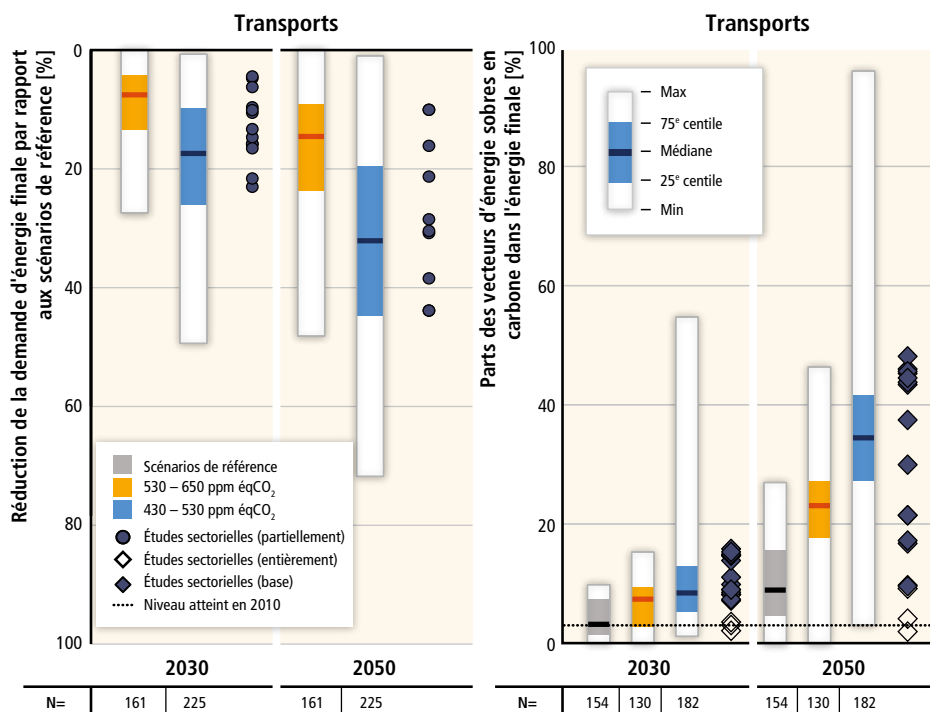
**Les difficultés associées au stockage de l’énergie et à la densité énergétique relativement faible des carburants sobres en**

carbone destinés aux transports entravent les stratégies visant à réduire l'intensité carbone des carburants et limitent le taux de réduction de l'intensité carbone; les études intégrées et sectorielles s'accordent en général sur le fait qu'il sera possible à court terme d'utiliser des combustibles à faible émission de carbone et que ces combustibles prendront de plus en plus de place au fil du temps (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RT.20, graphique de droite). Les technologies associées à l'électricité, à l'hydrogène et à certains biocarburants liquides pourraient permettre de réduire l'intensité carbone des combustibles, mais leur potentiel total d'atténuation demeure très incertain (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). Pour les véhicules routiers et les navires, la consommation de carburant à base de méthane augmente déjà. Dans un avenir proche, les trains pourraient être propulsés à l'aide d'électricité produite à partir de sources sobres en carbone. À court et à moyen termes, ce type d'électricité pourrait aussi répondre aux besoins des autobus, des véhicules automobiles légers et des deux-roues électriques mis sur le marché. Les combustibles à hydrogène obtenus à partir de sources sobres en carbone constituent des solutions à long terme. Les biocarburants liquides et gazeux disponibles dans le commerce offrent déjà des co-avantages, tout comme les mesures d'atténuation qui peuvent faire évoluer les progrès technologiques, en particulier les biocarburants de substitution directe pour l'aviation. Dans le secteur des transports, la réduction des émissions de particules (y compris le carbone suie), d'ozone troposphérique et de précurseurs d'aérosols (y compris les  $\text{NO}_x$ ) peut présenter à court terme des co-avantages en matière de

santé et d'atténuation (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). Selon la majorité des études intégrées, on continuera vraisemblablement à utiliser les combustibles liquides et gazeux jusqu'en 2030, le recours aux biocarburants allant en augmentant. Au cours de la seconde moitié du siècle, de nombreuses études intégrées montrent aussi que l'électricité et/ou l'hydrogène seront utilisés pour mouvoir un nombre important de véhicules automobiles légers électriques ou à pile à combustible. [8.2, 8.3, 11.13]

**Les mesures d'amélioration du rendement énergétique, se traduisant par une amélioration de la conception des véhicules et des moteurs, disposent du potentiel le plus élevé de réduction des émissions à court terme (*degré de confiance élevé*).** La marge d'amélioration du rendement énergétique et des performances des véhicules se situe entre 30 et 50 % par rapport à 2010, en fonction du mode de transport et du type de véhicule (figures RT.21, RT.22). Ce potentiel ne se réalisera qu'à condition que les fabricants de véhicules consentent de gros investissements, ce qui pourra nécessiter des mesures d'incitation et de réglementation importantes pour que les objectifs de réduction des émissions de GES puissent être atteints (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). [8.3, 8.6, 8.9, 8.10]

**Sous l'influence de la mise en place de nouvelles infrastructures et de l'aménagement ou du réaménagement urbain, les changements de comportement et les transferts modaux peuvent contribuer à la réduction des émissions associées au secteur des transports (*éléments moyens, degré de cohérence***



**Figure RT.20** | Réduction de la demande d'énergie finale par rapport aux scénarios de référence (graphique de gauche) et évolution des parts des vecteurs d'énergie sobres en carbone dans l'énergie finale (y compris l'électricité, l'hydrogène et les biocarburants liquides; graphique de droite), dans le secteur des transports, d'ici 2030 et 2050, selon les scénarios d'atténuation appartenant à trois intervalles de concentration en équivalent CO<sub>2</sub>, représentés dans les boîtes à moustaches (voir section 6.3.2), par comparaison à des études sectorielles évaluées dans les chapitres 8 à 10 et représentées ici par différentes formes. Les cercles pleins correspondent aux études sectorielles offrant une couverture complète du secteur. [figures 6.37 et 6.38]

RT

*faible*). À moyen terme (jusqu'en 2030) et à long terme (jusqu'en 2050 et au-delà), les réaménagements urbains et les investissements dans de nouvelles infrastructures, associés à une planification urbaine intégrée, les aménagements axés sur le transport et les formes urbaines plus compactes favorisant les déplacements à pied et à bicyclette peuvent tous conduire à des transferts modaux. De telles mesures d'atténuation sont difficiles à mettre en place et leurs résultats sont incertains, mais elles pourraient conduire à une réduction des émissions de GES dues aux transports se situant entre 20 et 50 % par rapport aux scénarios de référence (*éléments limités, degré de cohérence faible*). Lorsqu'elles s'accompagnent d'initiatives en faveur de leur acceptation par le public, qu'elles sont soutenues par le public et que des infrastructures de transport non motorisé sont mises en place, les stratégies de tarification peuvent réduire la demande de déplacement, augmenter la demande de véhicules à meilleur rendement énergétique (si des normes d'économie de carburant sont mises en place par exemple) et conduire à un transfert vers des modes de transport sobres en carbone (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). Si le fait de réaliser des investissements supplémentaires en matière d'infrastructure peut paraître onéreux, il est plus facile de justifier une planification urbaine durable et les mesures qu'il faut y associer quand on met dans la balance des co-avantages tels que les améliorations dans les domaines de la santé, de l'accessibilité et de la résilience (tableau RT.5). Les entreprises ont commencé à décarboniser le transport de marchandises, mais elles auront besoin de l'aide supplémentaire que peuvent leur apporter des mesures fiscales, des mesures de mise en garde et des politiques de réglementation pour les encourager à passer, dans la mesure du possible, du transport routier à d'autres modes sobres en carbone, tels le transport ferroviaire et le transport fluvial et maritime, ainsi qu'à améliorer la logistique (figure RT.22). [8.4, 8.5, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10]

**Tant les études sectorielles que les études intégrées indiquent que l'application de mesures importantes et orientées, prises sur la durée, pourrait limiter les émissions imputables aux transports pour qu'elles coïncident avec les objectifs de faible concentration, les coûts d'atténuation à supporter par la société (\$É.-U./t éqCO<sub>2</sub> évitée) demeurant cependant incertains** (figures RT.21, RT.22, RT.23). En ce qui concerne les véhicules légers et les véhicules utilitaires lourds pour longs trajets, le potentiel de réduction des émissions est bon qu'il s'agisse de mettre en service des véhicules d'intensité énergétique plus faible ou de remplacer les carburants actuels. En outre, le coût moyen actualisé de la conservation du carbone (CMACC) correspondant aux gains de rendement peut être très bas, voire négatif (*éléments limités, degré de cohérence faible*). Comme on associe des émissions relativement faibles aux trains, aux autobus et autocars, aux deux-roues motorisés et aux navires destinés au transport de marchandises, le potentiel de réduction est également faible. À l'heure actuelle, le coût de l'atténuation correspondant aux véhicules électriques est élevé, en particulier si le réseau électrique utilisé présente un coefficient d'émission élevé, mais il est vraisemblable que leur CMACC diminuera d'ici 2030. L'intensité des émissions pour l'aviation pourrait baisser d'environ 50 % d'ici 2030, mais le CMACC, bien

qu'incertain, se situe probablement au-dessus de 100 \$É.-U./t éqCO<sub>2</sub>. On s'attend à ce que les coûts de l'atténuation baissent à l'avenir, l'ampleur de la baisse restant toutefois incertaine. (*éléments limités, degré de cohérence faible*) [8.6, 8.9]

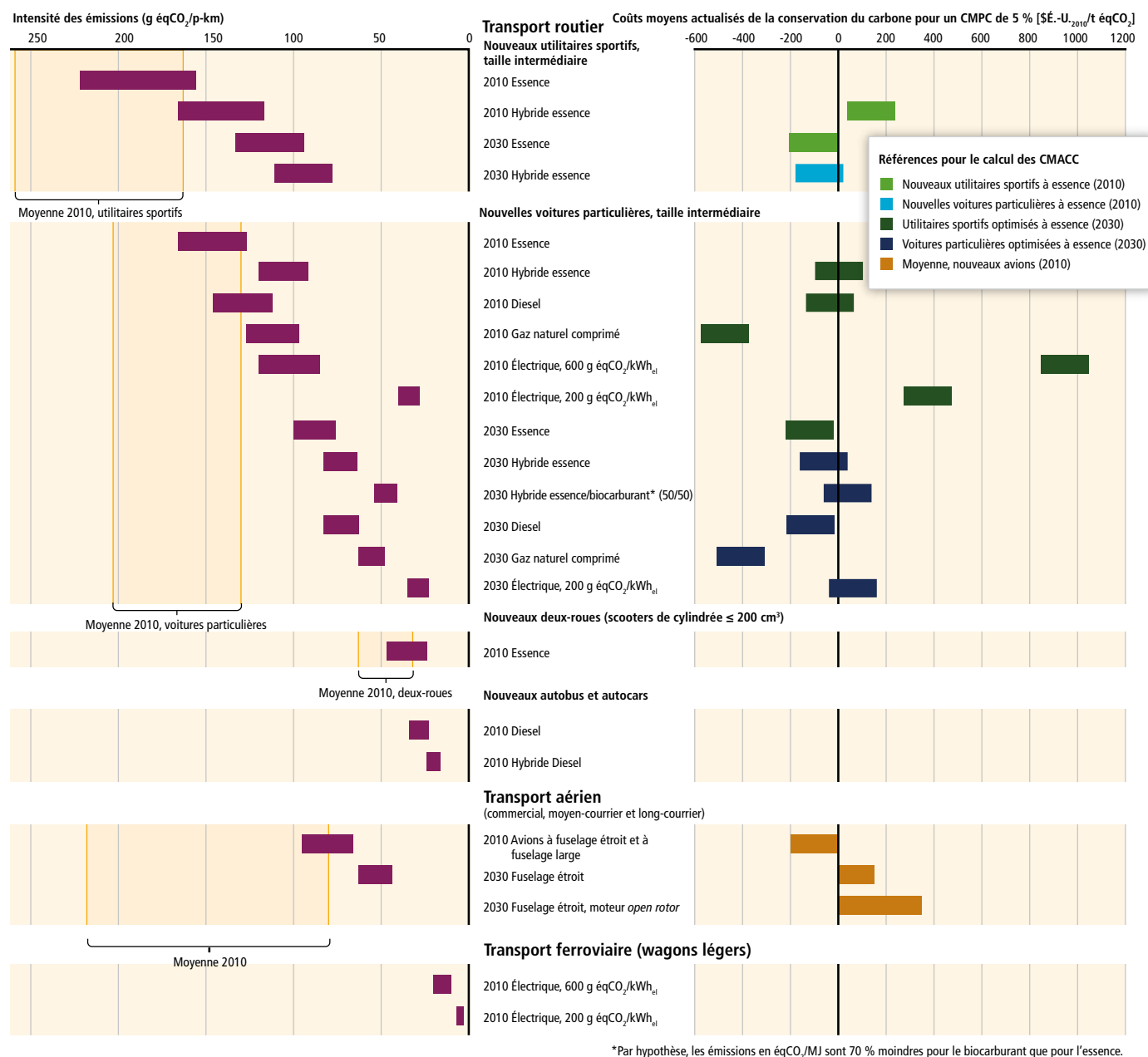
**Les obstacles s'opposant à la décarbonisation de tous les modes de transport varient suivant les régions. Il est toutefois possible de les franchir en ayant recours notamment à des incitations d'ordre économique** (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). Des barrières financières, institutionnelles, culturelles et juridiques font obstacle au recours aux technologies sobres en carbone et à l'évolution des comportements. Ces barrières comprennent les coûts élevés des investissements à consentir pour élaborer des systèmes de transport à faible émission, la lenteur du renouvellement des stocks et des infrastructures et la faible incidence de la tarification du carbone sur des carburants déjà fortement taxés. Les différences entre les régions sont dues probablement à des contraintes relevant des coûts et de la réglementation. L'évolution du prix du pétrole, les instruments de tarification des émissions de GES et d'autres mesures telles que la tarification routière et les taxes d'aéroport peuvent constituer des incitations économiques fortes qui conduiraient les consommateurs à adopter des mesures d'atténuation. [8.8]

**Les profils d'atténuation s'appliquant aux transports varient suivant les régions. Aussi existe-t-il de fortes possibilités de concevoir des systèmes et des infrastructures de transport autour de solutions sobres en carbone, en particulier dans les pays en développement et les pays émergents qui enregistrent à l'avenir la plus grande partie de la croissance urbaine** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Les éventuels profils d'évolution des transformations varient d'une région ou d'un pays à l'autre, en raison de différences propres à la dynamique de la motorisation, à l'âge et au type des flottes de véhicules, aux infrastructures en place et aux processus relatifs à l'aménagement urbain. Le fait de donner la priorité aux infrastructures favorisant les piétons, d'intégrer des services non motorisés et des services de transport en commun, et de maîtriser la vitesse excessive sur les routes urbaines et rurales peut engendrer des co-avantages économiques et sociaux dans toutes les régions. Dans tous les pays, en particulier ceux qui connaissent des coefficients élevés de croissance urbaine, les investissements dans les systèmes de transport en commun et les infrastructures sobres en carbone peuvent éviter un blocage sur des modes à forte intensité carbone. Les infrastructures en place peuvent limiter les possibilités de transfert modal et conduire à une plus grande dépendance vis-à-vis de technologies de pointe pour les véhicules; un ralentissement de la croissance de la demande de véhicules automobiles légers est déjà évident dans certains pays de l'OCDE. (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*) [8.4, 8.9]

**Il faudra mettre en place un éventail de mesures à la fois énergiques et synergiques, si on veut pouvoir décarboniser le secteur des transports en tirant profit des éventuels co-avantages** (*éléments robustes, degré de cohérence élevé*). Les stratégies d'atté-

## Transport de voyageurs

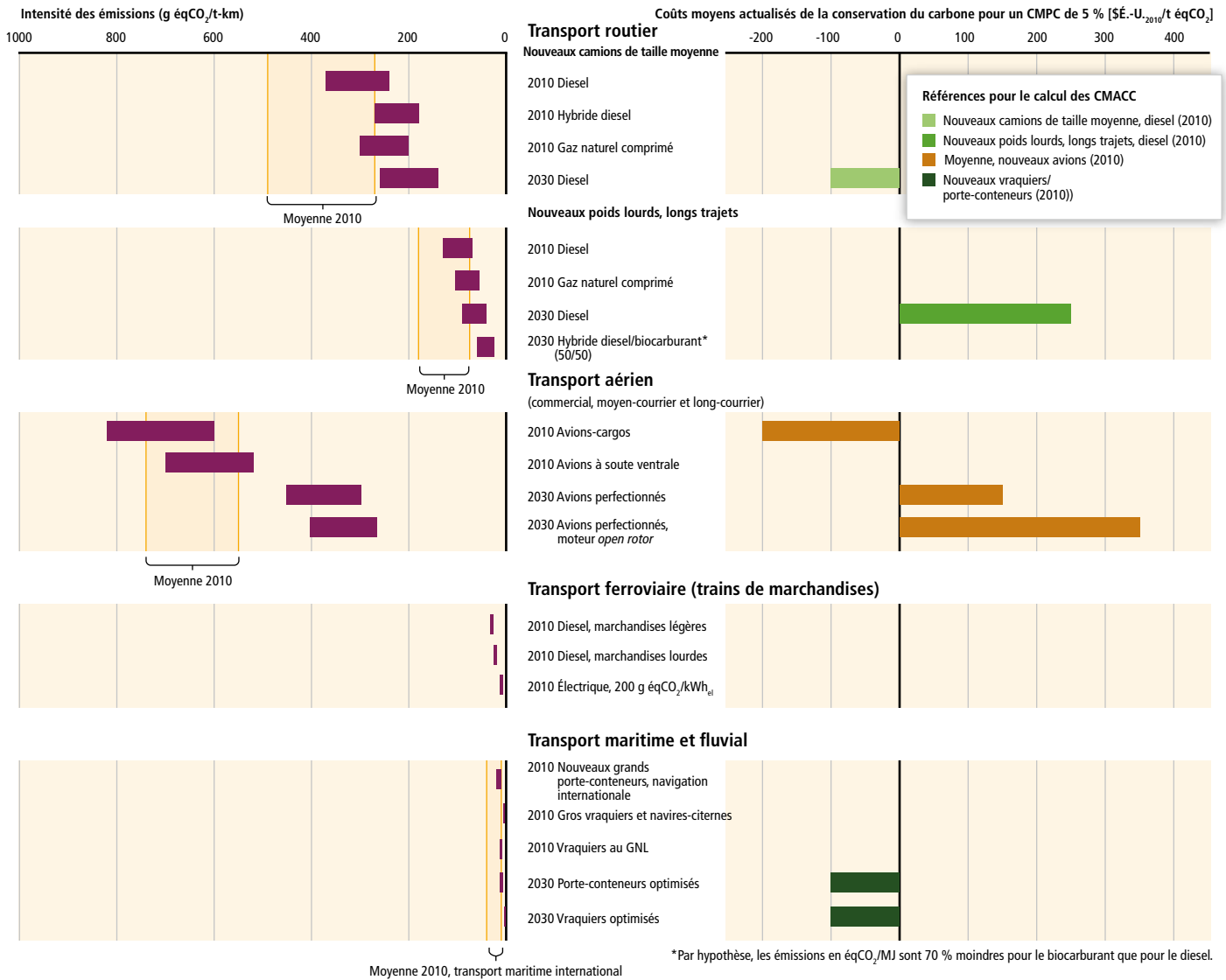
### Technologies actuellement sur le marché et prévues jusqu'en 2030



**Figure RT.21** | Intensité indicative des émissions (t éqCO<sub>2</sub>/p-km) et coûts moyens actualisés de la conservation du carbone (CMACC en \$É.-U.2010/t éqCO<sub>2</sub> économisé) d'un ensemble choisi de modes de transports de voyageurs. Les variations touchant l'intensité des émissions découlent des différences relatives au rendement des véhicules et au coefficient de remplissage. Les estimations des CMACC pour les différents types de véhicules de transport de voyageurs par la route correspondent à des évaluations ponctuelles ± 100 en \$É.-U.2010/t éqCO<sub>2</sub> fondées sur des estimations médianes de paramètres d'entrée très sensibles aux hypothèses (par exemple, l'amélioration des économies de carburant touchant les véhicules jusqu'en 2030, l'intensité en éqCO<sub>2</sub> propre au biocarburant, le coût des véhicules ou le prix des carburants). Elles sont obtenues à partir de différentes références (voir la légende des couleurs utilisées) et doivent être interprétées en conséquence. Les estimations pour 2030 reposent sur les projections d'études récentes, mais demeurent intrinsèquement incertaines. Pour l'aviation, les CMACC sont directement tirés de la documentation. Le tableau 8.3 fournit davantage de détails sur le contexte (voir les données et hypothèses sur le calcul de l'intensité des émissions et des coûts dans la partie 3 de l'annexe III et les questions de méthodologie concernant la mesure des coûts moyens actualisés dans la partie 3.1 de l'annexe II). CMPC: coût moyen pondéré du capital. [tableau 8.3]

## Transport de marchandises

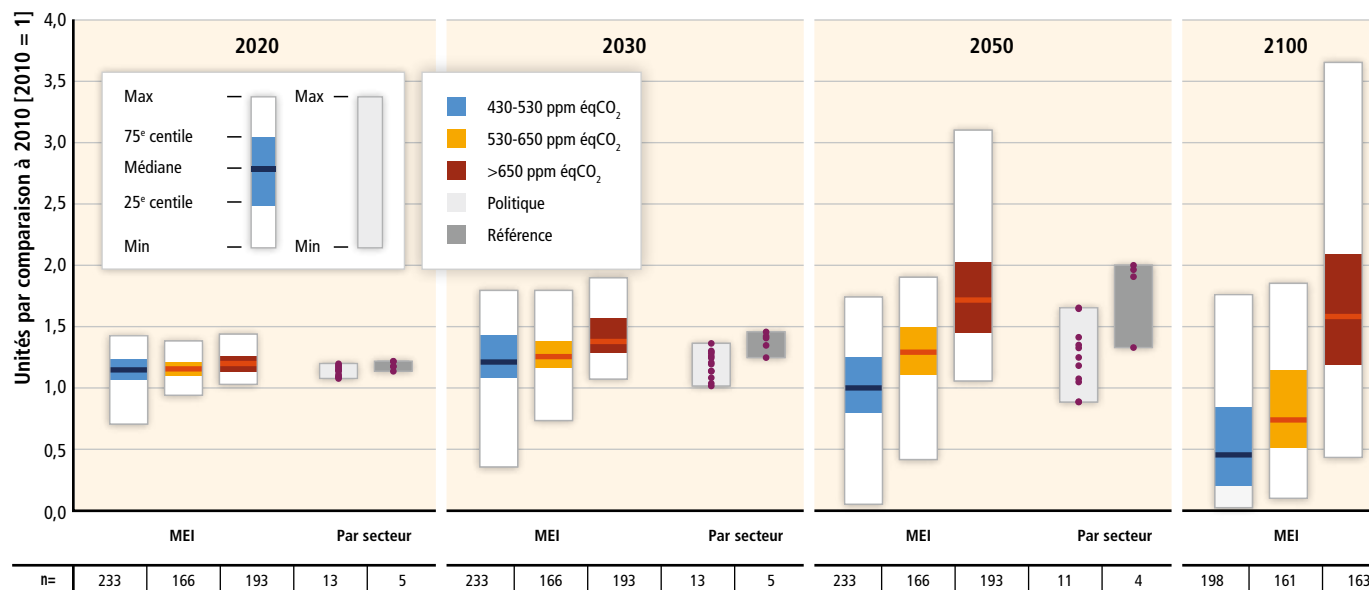
### Technologies actuellement sur le marché et prévues jusqu'en 2030



**Figure RT.22** | Intensité indicative des émissions (t eqCO<sub>2</sub>/t-km) et coûts moyens actualisés de la conservation du carbone (CMACC en \$.-U.2010/t eqCO<sub>2</sub> économisé) d'un ensemble choisi de modes de transports de marchandises. Les variations touchant l'intensité des émissions découlent des différences relatives au rendement des véhicules et au coefficient de charge. Les CMACC sont directement tirés de la documentation et très sensibles aux hypothèses (par exemple, l'amélioration des économies de carburant touchant les véhicules jusqu'en 2030, l'intensité en eqCO<sub>2</sub> propre au biocarburant, le coût des véhicules ou le prix des carburants). Ils sont exprimés par rapport à des technologies de référence actuelles (voir la légende des couleurs utilisées) et doivent être interprétés en conséquence. Les estimations pour 2030 reposent sur les projections d'études récentes, mais demeurent intrinsèquement incertaines. Le tableau 8.3 fournit davantage de détails sur le contexte (voir les données et hypothèses sur le calcul de l'intensité des émissions et des coûts dans la partie 3 de l'annexe III et les questions de méthodologie concernant la mesure des coûts moyens actualisés dans la partie 3.1 de l'annexe II). GNL: gaz naturel liquéfié; CMPC: coût moyen pondéré du capital. [tableau 8.3]

nuation relatives au secteur des transports, lorsqu'elles sont appliquées à tous les niveaux gouvernementaux, dans le cadre de grandes politiques non climatiques, peuvent viser plusieurs objectifs simultanément pour conduire à une baisse du prix des déplacements, une amélioration de l'accessibilité et de la mobilité, une amélioration de la santé et de la sécurité, une augmentation de la sécurité énergétique et des gains de temps. Les mesures visant à réduire l'activité présentent le meilleur potentiel en ce qui concerne la réalisation des co-avantages. C'est en fonction du contexte régional, en particulier sur le plan de la faisabilité économique, sociale et politique, qu'il sera possible de tirer profit de

co-avantages et aussi d'obtenir l'accès, pour un rapport coût-efficacité intéressant, à des technologies de pointe utiles (tableau RT.5) (*éléments moyens, degré de cohérence élevé*). Étant donné que les effets de rebond peuvent réduire les avantages associés aux améliorations de rendement et saper un type de mesure en particulier, il pourrait se révéler utile d'avoir recours à un ensemble équilibré de mesures, comprenant des initiatives en matière de tarification, afin de parvenir à des signaux de prix stables, d'éviter les résultats imprévus et d'améliorer l'accessibilité, la mobilité, la productivité, la sécurité et la santé (*éléments moyens, degré de cohérence moyen*). [8.4, 8.7, 8.10]



**Figure RT.23 |** Émissions directes de CO<sub>2</sub> dans le monde pour tous les modes de transport de voyageurs et de marchandises, indexées par rapport aux valeurs de 2010 pour chaque scénario, les études de modèles d'évaluation intégrés (MEI) étant groupées par niveaux de concentration en éqCO<sub>2</sub> d'ici à 2100 et les études sectorielles, par catégories de références et de politiques. [figure 8.9]

**Tableau RT.5 |** Tour d'horizon des co-avantages éventuels (flèches vertes) et des effets secondaires indésirables (flèches orange) des principales mesures d'atténuation s'appliquant au secteur des transports; suivant qu'elles pointent vers le haut ou vers le bas, les flèches indiquent un effet positif ou négatif sur les objectifs ou préoccupations correspondants; un point d'interrogation (?) indique un effet net incertain. Les co-avantages et les effets secondaires indésirables varient en fonction des circonstances locales, mais aussi des pratiques de mise en œuvre et du rythme et de l'échelle de cette mise en œuvre. Voir le tableau RT.4 au sujet de la possibilité d'effets en amont découlant de l'approvisionnement en électricité sobre en carbone. Voir le tableau RT.8 au sujet de la possibilité d'effets en amont découlant de l'approvisionnement en biomasse. Voir par exemple les sections 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 et 14.4.2 au sujet de l'évaluation des effets macroéconomiques intersectoriels associés à la mise en place de politiques d'atténuation (tarification de l'énergie, consommation, croissance, commerce, etc.). Les indicateurs d'incertitude figurant entre parenthèses qualifient les éléments dont on dispose et le degré de cohérence pour chaque effet cité (voir RT.1). Abréviations correspondant aux éléments disponibles: l = limités, m = moyens, r = robustes; au degré de cohérence: f = faible, m = moyen, é = élevé. [tableau 8.4]

Transports	Effet sur des objectifs ou préoccupations supplémentaires		
	Domaine économique	Domaine social	Domaine environnemental
<b>Réduire l'intensité carbone des carburants: électricité, hydrogène (H<sub>2</sub>), gaz naturel comprimé, biocarburants et autres carburants</b>	↑ Sécurité énergétique (diversification, réduction de la dépendance vis-à-vis du pétrole et de l'exposition à la volatilité des prix du pétrole) (m/m) ↑ Retombées technologiques (ex.: technologie des batteries pour l'électronique grand public) (l/f)	? Causes des incidences sur la santé découlant de la pollution atmosphérique urbaine: Gaz naturel comprimé, biocarburants – effet net non déterminé (m/f) Électricité, H <sub>2</sub> – conduisant à une diminution de la plupart des polluants (r/é) ↑ Transfert vers le diesel – avec une augmentation éventuelle de la pollution (l/m) ↓ Incidences sur la santé causées par une réduction du bruit (véhicules légers électriques ou à cellule à combustible) (l/m) ↓ Sécurité routière (absence de bruit provenant des véhicules légers électriques à faible vitesse) (l/f)	↓ Causes des incidences sur les écosystèmes découlant de l'adoption de l'électricité et de l'hydrogène: Pollution atmosphérique urbaine (m/m) ↑ Utilisation de matières (extraction des ressources non viable) (l/f) ? Incidences sur les écosystèmes du recours aux biocarburants, voir AFAT
<b>Réduire l'intensité énergétique</b>	↑ Sécurité énergétique (réduction de la dépendance vis-à-vis du pétrole et de l'exposition à la volatilité des prix du pétrole) (m/m)	↓ Incidences sur la santé causées par une réduction de la pollution atmosphérique urbaine (r/é) ↑ Sécurité routière (amélioration de la résistance des véhicules aux chocs) (m/m)	↓ Incidences sur les écosystèmes et sur la diversité biologique causées par une réduction de la pollution atmosphérique urbaine (m/é)
<b>Rendre les formes urbaines plus compactes et améliorer les infrastructures de transport</b>	↑ Sécurité énergétique (réduction de la dépendance vis-à-vis du pétrole et de l'exposition à la volatilité des prix du pétrole) (m/m) ↑ Productivité (réduction des encombrements urbains et des temps de trajet, transports abordables et accessibles) (m/é)	↓ Causes d'incidences sur la santé pour les moyens non motorisés Augmentation de l'activité physique (r/é) ↑ Augmentation probable de l'exposition à la pollution atmosphérique (r/é) ↓ Bruit (transferts modaux et réduction des déplacements) (r/é) ↑ Accès équitable aux occasions d'emploi, en particulier dans les pays en développement (r/é)	↓ Causes d'incidences sur les écosystèmes: Pollution atmosphérique urbaine (r/é) ↓ Mise en concurrence des terres (m/m)
<b>Conduire au transfert modal</b>	? Perspectives d'emplois dans le secteur des transports publics par opposition à l'industrie automobile (l/m)	↑ Sécurité routière (transferts modaux et/ou infrastructures pour piétons et cyclistes) (r/é)	
<b>Réduire la distance des déplacements, voire éviter les déplacements</b>	↑ Sécurité énergétique (réduction de la dépendance vis-à-vis du pétrole et de l'exposition à la volatilité des prix du pétrole) (r/é) ↑ Productivité (réduction des encombrements urbains et des temps de trajet, déplacements à pied) (r/é)	↓ Incidences sur la santé (moyens de transport non motorisés) (r/é)	↓ Causes d'incidences sur les écosystèmes: Pollution atmosphérique urbaine (r/é) ↑ Routes de navigation nouvelles ou plus courtes (r/é) ↓ Concurrence exercée par les infrastructures de transport sur l'utilisation des terres (r/é)



### RT.3.2.4 Bâtiments

**Les émissions de gaz à effet de serre du secteur du bâtiment<sup>15</sup> ont plus que doublé depuis 1970 et représentaient, en 2010, 19 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, y compris les émissions indirectes provenant de la production d'électricité.** Cette proportion monte à 25 % si l'on exclut du total les émissions de l'AFAT. Le secteur du bâtiment représentait également 32 % du total de la consommation mondiale d'énergie finale, soit près d'un tiers des émissions de carbone suie, et de un huitième à un tiers des gaz F, avec un degré d'incertitude élevé (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). (figure RT.3) [9.2]

**Les émissions directes et indirectes de CO<sub>2</sub> imputables au secteur du bâtiment devraient passer de 8,8 GtCO<sub>2</sub>/an en 2010 à 13-17 GtCO<sub>2</sub>/an en 2050 (25-75e centile; plage complète 7,9-22 GtCO<sub>2</sub>/an) dans les scénarios de référence; la plupart des scénarios de référence examinés dans le cinquième Rapport d'évaluation du Groupe de travail III font état d'une augmentation importante** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RT.15) [6.8]. La partie inférieure de la plage complète est dominée par les scénarios centrés sur des améliorations de l'intensité énergétique qui vont bien au-delà des améliorations constatées au cours des 40 dernières années. Si de nouvelles mesures ne sont pas prises, la consommation d'énergie finale pourrait passer d'environ 120 exajoules par an (EJ/an) en 2010 à 270 EJ/an en 2050 [9.9].

**D'importants risques de blocage sont associés à la longue durée de vie des bâtiments et des infrastructures connexes** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Si l'on ne met en œuvre que les politiques actuellement prévues, la consommation d'énergie finale des bâtiments qui pourrait être bloquée d'ici 2050, par rapport à un scénario où les meilleures pratiques deviennent la norme dans la construction neuve et la rénovation, équivaut à environ 80 % de la consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment en 2005. [9.4]

**L'enrichissement, les changements de mode de vie, l'accès à des services énergétiques modernes et à un habitat décent, ainsi que l'urbanisation, vont favoriser l'augmentation de la demande d'énergie des bâtiments** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). La manière dont ceux qui n'ont pas accès à un habitat décent (près de 0,8 milliard de personnes), à des vecteurs énergétiques modernes et à des services énergétiques (y compris des installations propres pour la cuisson et le chauffage) d'un niveau suffisant (près de 3 milliards de personnes) satisferont ces besoins influera sur l'évolution des émissions liées aux bâtiments. De plus, les migrations vers les villes, la diminution de la taille des ménages, l'augmentation des niveaux de richesse et les changements de mode de vie,

notamment l'augmentation de la superficie des logements et la multiplication des appareils et de leur intensité d'utilisation, contribuent à accroître de manière considérable la demande de services énergétiques liés aux bâtiments. L'intense activité en matière de construction neuve dans les pays en développement constitue à la fois un risque et une chance dans la perspective d'une atténuation des changements climatiques. [9.2, 9.4, 9.9]

**Dans le secteur du bâtiment, les progrès récents des technologies, du savoir-faire et des politiques permettront peut-être de stabiliser, voire de réduire, d'ici le milieu du siècle la consommation d'énergie finale totale du secteur au niveau mondial** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen*). Les progrès récents des technologies, des pratiques de conception et du savoir-faire, conjugués aux changements de comportement, peuvent permettre de réduire de 2 à 10 fois la consommation d'énergie des constructions nouvelles, et de 2 à quatre fois celle des bâtiments existants, et ce avec un bon rapport coût-efficacité, voire, parfois, à coût net négatif (voir l'encadré RT.12) (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). [9.6]

**Parmi les progrès accomplis depuis le quatrième Rapport d'évaluation, on peut citer la large démonstration faite, au niveau mondial, de la faisabilité de bâtiments à consommation d'énergie très faible, voire nulle, que ce soit dans la construction neuve ou dans la rénovation** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Dans certains pays, ce type de construction a déjà gagné d'importantes parts de marché; ainsi, en Europe, plus de 25 millions de mètres carrés de bâtiments satisfaisaient en 2012 à la norme « bâtiment passif ». Toutefois, les bâtiments zéro énergie/zéro carbone ne constituent peut-être pas toujours la solution la plus économique, et cette dernière peut même être inapplicable selon le type de bâtiment ou selon l'emplacement. [9.3]

**La rénovation de haute performance occupe une place centrale dans les stratégies d'atténuation des pays disposant d'un bâti existant conséquent, car les bâtiments ont une longue durée de vie et une grande partie des bâtiments dont disposeront les pays développés en 2050 existent déjà** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). La consommation d'énergie destinée au chauffage et à la climatisation des bâtiments a été réduite de 50 à 90 % en utilisant les meilleures pratiques. Il apparaît clairement que la construction et la rénovation selon les principes de la très basse énergie peuvent être une solution économiquement intéressante. [9.3]

**Avec des politiques ambitieuses, il est possible au niveau mondial de maintenir la consommation énergétique des bâtiments à un niveau constant ou de la réduire de manière significative d'ici le milieu du siècle par rapport aux scénarios de référence qui prévoient un doublement de cette consommation** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RT.24). Par rapport aux études intégrées, les études détaillées portant sur le secteur du bâtiment font état de possibilités d'économies d'énergie plus

<sup>15</sup> Le secteur du bâtiment englobe les parcs immobiliers résidentiels, commerciaux et publics, ainsi que le secteur des services; les émissions provenant de la construction sont comptabilisées dans le secteur de l'industrie.

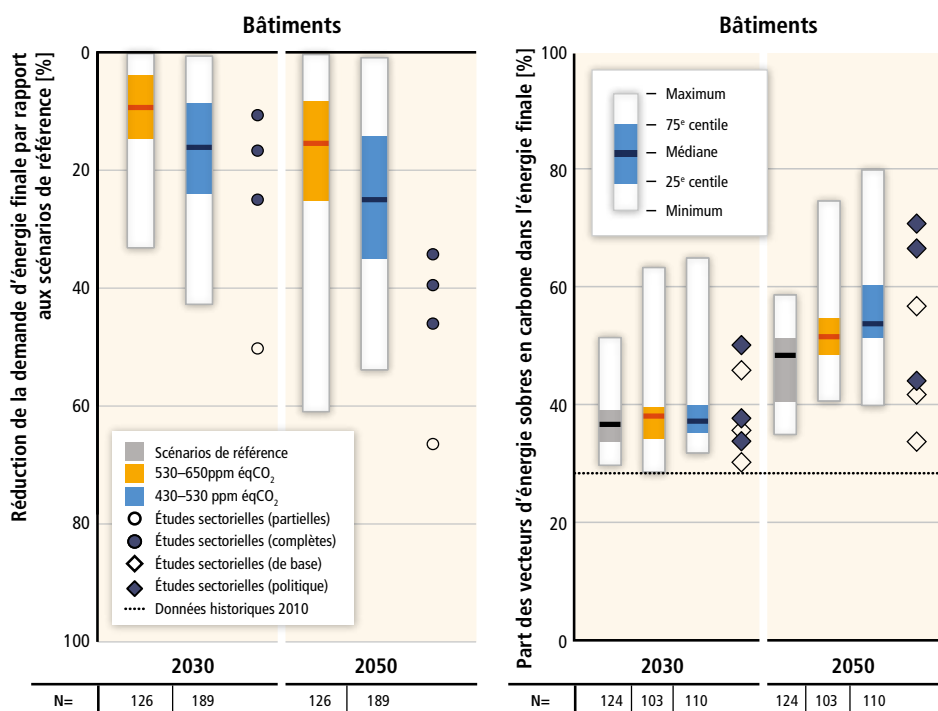
### Encadré RT.12 | Coût négatif de certaines mesures d'atténuation mises en œuvre par des particuliers ou par le secteur privé

Une question qui revient sans cesse dans l'analyse des possibilités d'atténuation et de leur coût est celle de savoir s'il existerait des mesures générant des gains supérieurs au coût de l'investissement correspondant, mais que les consommateurs ou le secteur privé ne mettraient pas en œuvre de manière volontaire. De fait, des possibilités d'atténuation dont le coût pour les particuliers ou les entreprises serait négatif existent bel et bien. Elles concernent entre autres les véhicules [8.1], l'éclairage et le chauffage des maisons et des bâtiments commerciaux [9.3], ainsi que des procédés industriels [10.1].

L'expérience montre que les entreprises et les particuliers ne saisissent pas les chances de faire des économies qui leur sont offertes, et ce pour diverses raisons. Ainsi, la préférence pour le statu quo peut inhiber le passage aux nouvelles technologies ou aux nouveaux produits [2.4, 3.10.1]. Par ailleurs, les entreprises et les particuliers ont tendance à se polariser sur des objectifs à court terme et à ne tenir aucun compte des coûts et avantages futurs; c'est ce que font les consommateurs lorsqu'ils doivent choisir

entre plusieurs mesures d'économie d'énergie ou investir dans des technologies à basse consommation [2.4.3, 2.6.5.3, 3.10.1]. L'aversion au risque et à l'ambiguïté peuvent également expliquer ce comportement lorsque les résultats attendus sont incertains [2.4.3, 3.10.1]. D'autres explications sont possibles: information insuffisante sur les moyens d'économiser l'énergie; asymétrie de l'information (par exemple le propriétaire ne parvient pas à faire comprendre à son locataire l'intérêt de réduire sa consommation d'énergie); incitations contradictoires (c'est une partie qui finance l'investissement, mais c'est l'autre qui en tire les bénéfices) ou dysfonctionnements du marché du crédit, qui rendent difficile ou onéreuse l'obtention d'un crédit destiné à financer des économies d'énergie [3.10.1, 16.4].

Certaines études techniques montrent que les mesures d'atténuation à coût négatif présentent un gros potentiel. La mesure dans laquelle elles peuvent effectivement être mises en œuvre reste un sujet de désaccord dans la littérature spécialisée. Les preuves empiriques sont contradictoires. [encadré 3.10]



**Figure RT.24 |** Réduction de la demande d'énergie finale par rapport aux scénarios de référence (graphique de gauche) et évolution de la part des vecteurs d'énergie sobres dans l'énergie finale (électricité; graphique de droite) dans les bâtiments en 2030 et en 2050, selon des scénarios d'atténuation basés sur trois différentes fourchettes de concentrations en équivalent CO<sub>2</sub> figurant dans les diagrammes (voir la section 6.3.2) par rapport aux études sectorielles (figures évaluées au chapitre 9). Les cercles pleins correspondent aux études sectorielles couvrant l'ensemble du secteur, alors que les cercles vides correspondent aux études qui couvrent une partie seulement du secteur (chauffage, climatisation, etc.). [figures 6. 37 et 6.38]

importantes d'ici 2050. D'après ces études, les économies pourraient atteindre 70 % de la consommation destinée seulement au chauffage et à la climatisation dans les scénarios de référence, et près de 35 à 45 % pour l'ensemble du secteur. En général, les possibilités de réduction sont supérieures pour les utilisations de l'énergie thermique que pour les autres services énergétiques reposant principalement sur l'électricité. En ce qui concerne les autres possibilités de substitution de combustible par rapport aux scénarios de référence, les études sectorielles comme les études intégrées font état de possibilités modestes. En général, les unes comme les autres indiquent que sur le long terme, l'électricité va représenter une part croissante de la consommation d'énergie des bâtiments, surtout si la consommation destinée au chauffage baisse sous l'effet combiné de l'amélioration des rendements énergétiques, des progrès architecturaux et du changement climatique. [6.8.4, 9.8.2, figure 9.19]

**L'historique des programmes d'économie d'énergie dans le bâtiment montre que 25 à 30 % des améliorations de rendement ont été possibles à des coûts très inférieurs à ceux de l'approvisionnement énergétique marginal (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Le progrès technique permet de conserver un bon rapport coût-efficacité en matière d'amélioration des rendements énergétiques malgré le durcissement constant des normes. Depuis le quatrième Rapport d'évaluation, des progrès substantiels ont été accomplis sur le plan des normes volontaires et obligatoires, parmi lesquels l'adoption de codes et d'objectifs ambitieux en matière de construction, de normes de construction volontaires et de normes applicables aux appareils. Parallèlement, dans le neuf comme dans la rénovation, ainsi qu'en ce qui concerne les appareils et les technologies de l'information, de la communication et des médias, des améliorations notables ont été enregistrées sur le plan du rendement énergétique et des coûts. D'importantes économies d'énergie thermique dans les bâtiments sont possibles à des coûts inférieurs à ceux de l'appro-

**Tableau RT.6 | Aperçu des co-avantages potentiels (flèches vertes) et des effets secondaires indésirables (flèches orange) des principales mesures d'atténuation dans le secteur du bâtiment;** les flèches pointées vers le haut/bas indiquent un effet positif/négatif sur l'objectif ou le problème concerné. Les co-avantages et les effets secondaires indésirables dépendent des circonstances locales et des pratiques de mise en œuvre, ainsi que du rythme et de l'ampleur de ces pratiques. Pour les éventuels effets en amont de la substitution de combustible et des énergies renouvelables, voir les tableaux RT.4 et RT.8. Pour une évaluation des effets macro-économiques intersectoriels associés aux politiques d'atténuation (par exemple sur les prix de l'énergie, la consommation, la croissance et le commerce), voir par exemple les sections 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 et 14.4.2. Les qualificatifs d'incertitude figurant entre parenthèses indiquent le niveau des éléments disponibles et le degré de cohérence des effets concernés (voir RT.1). Les abréviations ci-après sont utilisées: pour les éléments disponibles, l=limités, m=moyens, r=robustes; pour le degré de cohérence, f=faible, m=moyen et é=élevé. [tableau 9.7]

Bâtiments	Effet sur d'autres objectifs/problèmes			
	Économique	Social	Environnemental	Autres
<b>Substitution de combustible, incorporation de sources d'énergie renouvelable, toits verts et autres mesures de réduction de l'intensité des émissions de gaz à effet de serre</b>	↑ Sécurité énergétique (m/é) ↑ Incidence sur l'emploi (m/m) ↑ Réduction des besoins en matière de subventions à l'énergie (l/f) ↑ Valeur actuarielle des bâtiments (l/m)	↓ Précarité énergétique (résidentiel) par la demande d'énergie (m/é) ↑ le coût de l'énergie (l/m) ↓ Accès à l'énergie (pour un coût de l'énergie plus élevé) (l/m) ↑ Temps productif pour les femmes/ les enfants (remplacement des fourneaux traditionnels) (m/é)	↓ Incidence sur la santé dans les bâtiments résidentiels par la pollution de l'air extérieur (r/é) ↓ la pollution de l'air intérieur (dans les pays en développement) (r/é) ↓ la précarité énergétique (r/é) ↓ Incidence sur l'écosystème (diminution de la pollution de l'air extérieur) (r/é) ↑ Biodiversité urbaine (pour les toits verts) (m/m)	Réduction de l'effet d'îlot de chaleur en milieu urbain (l/m)
<b>Rénovation des bâtiments existants (toits froids, solaire passif, etc.)</b> <b>Bâtiments neufs exemplaires</b> <b>Équipement à haut rendement</b>	↑ Sécurité énergétique (m/é) ↑ Incidence sur l'emploi (m/m) ↑ Productivité (pour les bâtiments commerciaux) (m/é) ↑ Réduction des besoins en matière de subventions à l'énergie (l/f) ↑ Valeur actuarielle des bâtiments (l/m) ↑ Résistance aux catastrophes (l/m)	↓ Précarité énergétique (pour les bâtiments rénovés et les équipements à haut rendement) (m/é) ↓ Accès à l'énergie (coût plus élevé pour le logement en raison des investissements nécessaires) (l/m) ↑ Confort thermique (pour les bâtiments rénovés et les bâtiments neufs exemplaires) (m/é) ↑ Temps productif pour les femmes/ les enfants (remplacement des fourneaux traditionnels) (m/é)	↓ Incidence sur la santé par la pollution de l'air extérieur (r/é) ↓ la pollution de l'air intérieur (pour les fourneaux à haut rendement) (r/é) ↓ l'amélioration de l'environnement intérieur (m/é) ↓ la précarité énergétique (r/é) ↓ la ventilation insuffisante (m/m) ↓ Incidence sur l'écosystème (réduction de la pollution de l'air extérieur) (r/é) ↓ Consommation d'eau et production d'eaux usées (l/f)	Réduction de l'effet d'îlot de chaleur en milieu urbain (pour les bâtiments rénovés et les bâtiments neufs exemplaires) (l/m)
<b>Changements de comportement entraînant une réduction de la demande d'énergie</b>	↑ Sécurité énergétique (m/é) ↑ Réduction des besoins en matière de subventions à l'énergie (l/f)		↓ Incidence sur la santé par la réduction de la pollution de l'air extérieur(r/é) et l'amélioration de l'environnement intérieur (m/é) ↓ Incidence sur l'écosystème (réduction de la pollution de l'air extérieur) (r/é)	

visionnement énergétique marginal; les meilleurs rapports coût-efficacité ont été obtenus avec des bâtiments commerciaux neufs à basse consommation. Il en va de même pour la réduction de la consommation de certains appareils et équipements de cuisine. [9.5, 9.6, 9.9]

**Les changements de mode de vie et de culture et d'autres changements de comportement pourraient entraîner de nouvelles réductions importantes de la consommation d'énergie des bâtiments et des appareils, au-delà de celles rendues possibles par les technologies et l'architecture. Pour un niveau similaire de service énergétique dans les bâtiments, la différence de consommation d'énergie peut aller de trois à cinq.** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence élevé*) Pour les pays développés, les scénarios indiquent que les changements de mode de vie et de comportement pourraient réduire la demande d'énergie jusqu'à 20 % à court terme et jusqu'à 50 % d'ici le milieu du siècle par rapport aux niveaux actuels (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Les pays émergents risquent fort de suivre le même chemin que les pays développés en ce qui concerne l'architecture appliquée aux bâtiments, les modes de vie et les comportements. Mais la documentation spécialisée suggère qu'il existe des modèles de développement différents offrant des services énergétiques aux bâtiments d'un niveau élevé mais beaucoup moins gourmands en énergie, qui reposent sur des stratégies consistant par exemple à s'inspirer des modes de vie, des méthodes architecturales et des techniques de construction traditionnelles. [9. 3]

**La plupart des mesures d'atténuation dans le secteur du bâtiment s'accompagnent de co-avantages divers et considérables** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). On peut citer entre autres l'amélioration de la sécurité énergétique, la réduction des besoins en matière de subventions à l'énergie, les bénéfices en matière de santé et d'environnement (liés à la réduction de la pollution de l'air intérieur et extérieur), les gains en matière de productivité et d'emploi net, la réduction de la précarité énergétique, la baisse des dépenses énergétiques, la valorisation des infrastructures immobilières et l'amélioration du confort et des services. (tableau RT. 6) [9. 6, 9. 7]

**Dans ce secteur, des obstacles particulièrement sérieux empêchent l'adoption par le marché de technologies et de pratiques d'un bon rapport coût-efficacité; l'adoption de programmes et de réglementations est dès lors plus efficace que les seuls instruments de fixation des prix** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Ces obstacles sont entre autres l'insuffisance de l'information et le manque de connaissances, les problèmes concernant les relations entre mandants et mandataires et d'autres divergences d'intérêt, les coûts de transaction, l'accès limité aux financements, l'insuffisance de la formation dans tous les métiers liés à la construction et les obstacles d'ordre cognitif et comportemental. Dans les pays en développement, l'importance du secteur informel, les subventions à l'énergie, la corruption, les taux d'actualisation implicitement élevés et les niveaux de service insuffisants constituent des

obstacles supplémentaires. Par conséquent, faute d'incitations extérieures, les seules forces du marché ne sauraient susciter les transformations nécessaires. Des mesures permettant d'intervenir à tous les stades du cycle de vie et d'utilisation des bâtiments et des appareils, ainsi que de nouveaux modèles commerciaux et financiers, sont indispensables. [9. 8, 9. 10]

**Un large portefeuille de politiques d'amélioration du rendement énergétique portant spécifiquement sur les bâtiments a déjà été mis en exergue dans le quatrième Rapport d'évaluation, mais de nouveaux progrès considérables ont depuis été enregistrés en ce qui concerne les instruments existants et leur mise en œuvre** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). On sait qu'au niveau mondial, un grand nombre de ces politiques ont déjà permis de réduire les émissions de gaz à effet de serre pour un coût largement négatif. Parmi les plus efficaces sur le plan de l'environnement et du rapport coût-efficacité, on compte des instruments réglementaires comme les normes et labels de performance énergétique applicables aux bâtiments et aux appareils ou les programmes directifs et les politiques d'achat du secteur public. Les progrès réalisés au cours des dix dernières années dans certains pays développés en matière de codes de la construction et de normes sur les appareils ont contribué à stabiliser, voire à réduire, la consommation totale d'énergie des bâtiments, malgré la croissance démographique et l'enrichissement et l'augmentation correspondante de la demande de services énergétiques. Les pays en développement ont eux aussi adopté diverses politiques qui ont fait la preuve de leur efficacité, et qui concernent surtout la normalisation des appareils. Toutefois, pour atteindre les objectifs ambitieux fixés en matière de climat, ces normes doivent être considérablement renforcées et adoptées dans d'autres pays, et être appliquées à d'autres types de bâtiments et d'appareils. Compte tenu de l'augmentation des besoins en capitaux, les pays développés comme les pays en développement doivent absolument disposer d'instruments financiers pour parvenir à une réduction importante de la consommation d'énergie. [9. 10]

### RT.3.2.5 Industrie

En 2010, environ 28 % de la consommation d'énergie finale était imputée au secteur de l'industrie, et les émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre (ces dernières étant associées à la consommation d'électricité) étaient supérieures aux émissions provenant des secteurs d'utilisation finale que sont le bâtiment et les transports, et représentaient un peu plus de 30 % des émissions mondiales de GES (cette part passe à 40 % si l'on exclut du total les émissions de l'AFAT) (degré de confiance élevé). Malgré la diminution de la part de l'industrie dans le PIB mondial, les émissions mondiales de GES provenant de l'industrie, des déchets et des eaux usées sont passées de 10 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 1990 à 13 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2005 et à 15 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2010 (dont 1,4 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> pour les déchets et les eaux usées). [10.3]

Les émissions de dioxyde de carbone provenant de l'industrie, y compris les émissions directes et indirectes et les émissions inhérentes aux procédés, devraient passer de 13 GtCO<sub>2</sub>/an en 2010 à 20–24 GtCO<sub>2</sub>/an en 2050 (25–75<sup>e</sup> centile; plage complète 9,5–34 GtCO<sub>2</sub>/an) dans les scénarios de base; la plupart des scénarios de base évalués dans le cinquième Rapport d'évaluation du Groupe de travail III montrent une augmentation significative (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen) (figure RT.15) [6.8]. La partie inférieure de la plage complète est dominée par des scénarios centrés sur des améliorations de l'intensité énergétique qui vont bien au-delà des améliorations constatées au cours des 40 dernières années.

Une modernisation à grande échelle qui se traduirait par la mise en place des meilleures technologies disponibles, en particulier dans les pays où ces dernières ne sont pas exploitées, et dans les industries peu gourmandes en énergie, permettrait d'emblée de réduire d'environ 25 % l'intensité énergétique dans le secteur de l'industrie par rapport au niveau actuel (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Bien que l'industrie se préoccupe depuis longtemps de la question du rendement énergétique, les possibilités d'améliorer ce dernier restent nombreuses. Grâce à l'innovation, des réductions supplémentaires de l'intensité énergétique de près de 20 % sont possibles (éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen). Les obstacles à l'amélioration du rendement éner-

gétique sont imputables en grande partie aux coûts d'investissement initiaux et au manque d'information. Les programmes d'information sont couramment utilisés pour améliorer le rendement énergétique, devant d'autres approches comme l'interventionnisme économique, la réglementation et les actions volontaires. [10.4, 10.7, 10.9, 10.11]

Une réduction absolue des émissions de l'industrie exigera la mise en place de tout un ensemble de mesures d'atténuation allant au-delà de la réduction de la consommation d'énergie (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé) [10.4, 10.7]. Dans un contexte de croissance générale continue de la demande dans l'industrie, une réduction substantielle dans ce secteur exigera que des efforts soient déployés en parallèle pour réduire les émissions (via par exemple la substitution de combustible et de matières de base ou le captage et le stockage du carbone); pour utiliser plus efficacement les matériaux (réduire les rebuts, concevoir de nouveaux produits, etc.); pour recycler et réutiliser les matériaux et les produits; pour améliorer l'efficacité des produits et des services (utilisation plus intensive des produits par le covoiturage, allongement de la durée de vie des produits, etc.); pour concevoir des produits radicalement nouveaux (substitués au ciment, etc.); pour réduire la demande de services. L'absence de politiques et de données d'expérience sur l'efficacité d'utilisation des matières, des produits et des services constitue un obstacle majeur. (tableau RT.3, figure RT.25) [10.4, 10.7, 10.11]

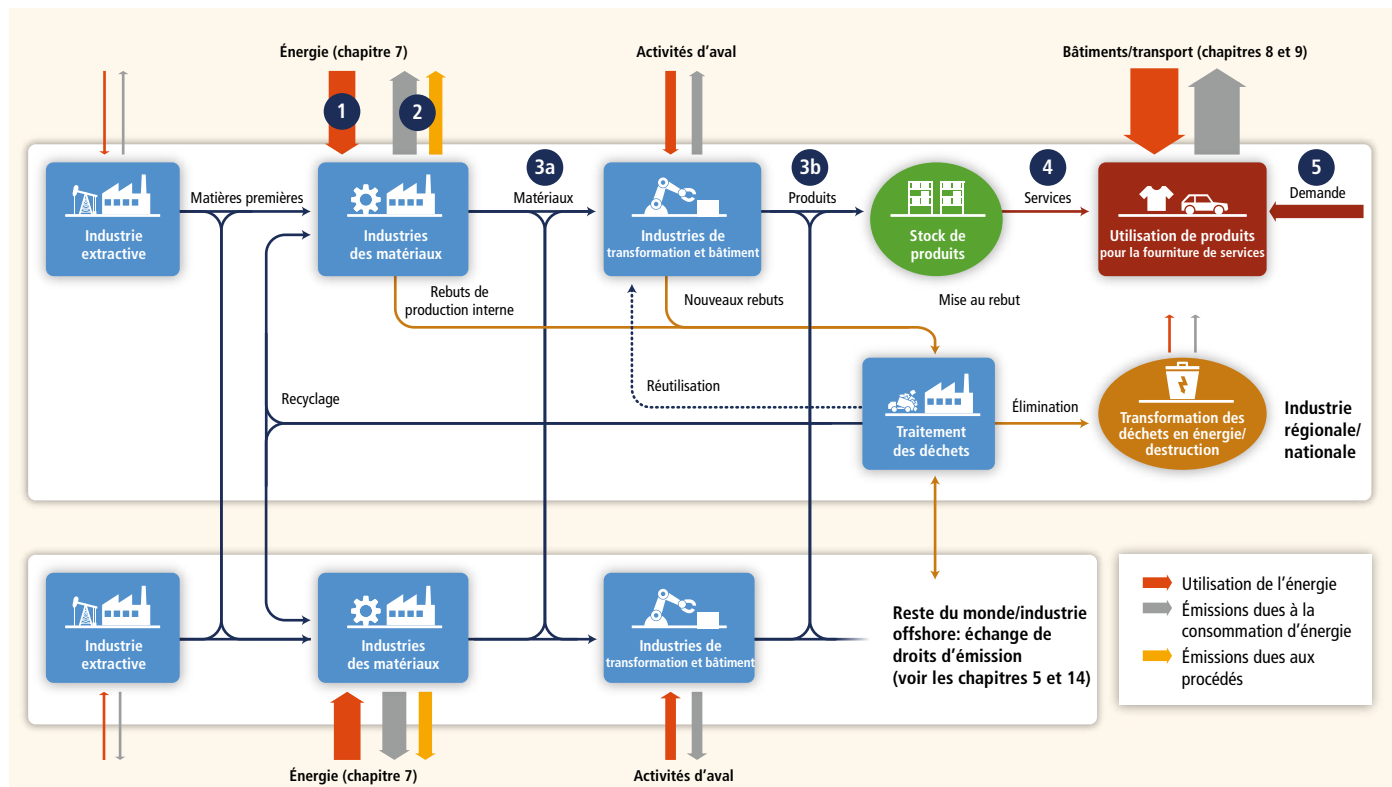


Figure RT.25 | Illustration schématique de l'activité industrielle le long de la chaîne d'approvisionnement. Les possibilités d'atténuation dans le secteur de l'industrie sont indiquées par les nombres encadrés: 1) rendement énergétique; 2) réduction des émissions; 3a) efficacité dans l'utilisation des matériaux - industrie manufacturière; 3b) efficacité dans l'utilisation des matériaux - conception des produits; 4) efficacité des produits et des services; 5) réduction de la demande de services. [figure 10.2]

Bien que les études détaillées ciblant l'industrie soient généralement plus prudentes que les études intégrées, les unes comme les autres font état de possibilités d'économie d'énergie finale dans l'industrie d'environ 30 % d'ici 2050 dans les scénarios d'atténuation qui n'excèdent pas 650 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100 par rapport aux scénarios de référence (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) (figure RT.26). Les modèles intégrés traitent généralement le secteur industriel de manière plus globale, et le plus souvent ils ne fournissent pas d'informations détaillées sur les flux de matière sous-sectoriels, les possibilités de réduction de la demande de matériaux et les possibilités de substitution entre intrants induites par le prix. Compte tenu du caractère hétérogène du secteur industriel, une comparaison cohérente des études sectorielles et des études intégrées reste difficile. [6.8.4, 10.4, 10.7, 10.10.1, figure 10.14]

Dans le secteur industriel, l'atténuation peut également être obtenue en réduisant la demande de matériaux et de combustibles fossiles par une amélioration de l'utilisation des déchets, ce qui du même coup réduit les émissions directes de gaz à effet de serre issues de l'élimination des déchets (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Dans le domaine de la gestion des déchets, la réduction occupe la première place, devant la réutilisation, le recyclage et la récupération d'énergie. La part des matériaux recyclés ou réutilisés étant encore faible, le recours à des technologies de traitement des déchets et de récupération d'énergie en vue de réduire la demande de combustibles fossiles peut entraî-

ner une réduction des émissions directes provenant de l'élimination des déchets. Au niveau mondial, 20 % seulement des déchets solides urbains sont recyclés, et environ 14 % font l'objet d'un traitement destiné à la récupération d'énergie, le reste étant déposé dans des décharges à ciel ouvert. Près de 47 % des eaux usées produites par les ménages et par l'industrie manufacturière ne sont pas traitées. La fourchette des coûts la plus large est celle qui s'applique à la réduction des émissions de gaz à effet de serre provenant des décharges au moyen du traitement des déchets par digestion anaérobie. Cette fourchette va de négatif (voir l'encadré RT.12) à très élevé. Les technologies de pointe pour le traitement des eaux usées peuvent permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant de ce traitement, mais elles sont concentrées dans le haut de la fourchette (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). (figure RT.29) [10.4, 10.14]

Les politiques et règlements en matière de gestion des déchets ont largement influé sur la consommation de matières, mais rares sont les politiques portant spécifiquement sur le rendement d'utilisation des matières ou des produits et services (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*) [10. 11]. Les obstacles à l'amélioration du rendement d'utilisation des matières sont notamment l'insuffisance des capacités humaines et institutionnelles propres à encourager la prise de décisions et la participation du public. Par ailleurs, l'expérience fait défaut dans ce domaine et souvent, il n'y a pas d'incitations claires, qu'il s'agisse d'inviter les fournisseurs ou les

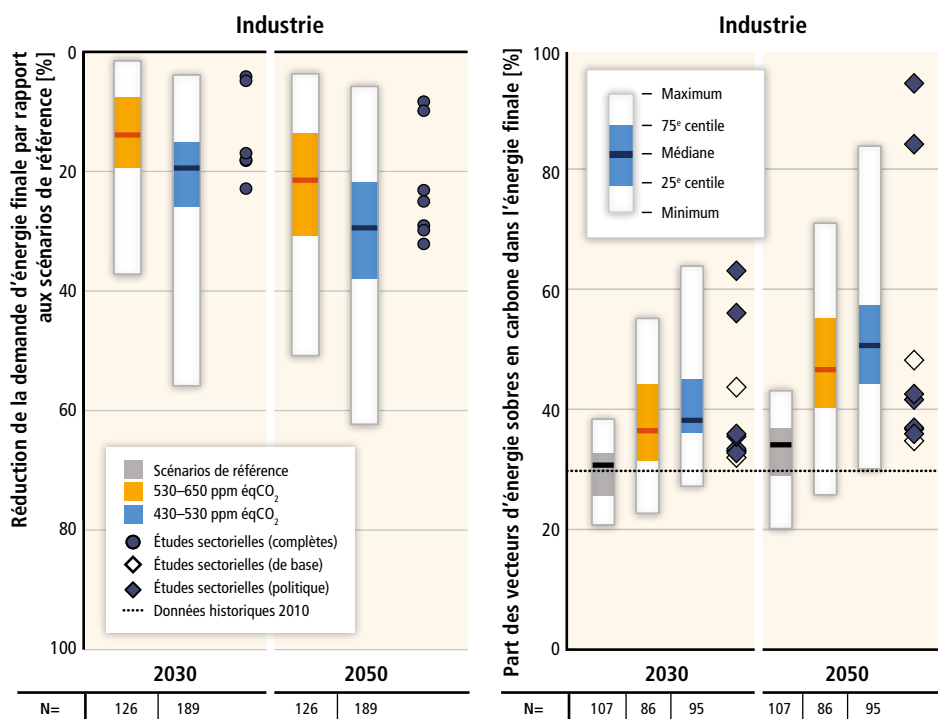
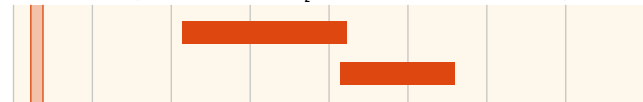


Figure RT.26 | Réduction de la demande d'énergie finale par rapport aux scénarios de référence (graphique de gauche) et évolution de la part des vecteurs d'énergie sobres dans l'énergie finale (y compris l'électricité, le chauffage, l'hydrogène et les bioénergies; graphique de droite) dans l'industrie en 2030 et en 2050, selon des scénarios d'atténuation basés sur trois différentes fourchettes de concentrations en équivalent  $\text{CO}_2$ , figurant dans les diagrammes (voir la section 6.3.2) par rapport aux études sectorielles (figures évaluées au chapitre 10). Les cercles pleins correspondent aux études sectorielles couvrant l'ensemble du secteur [figures 6.37 et 6.38]

RT

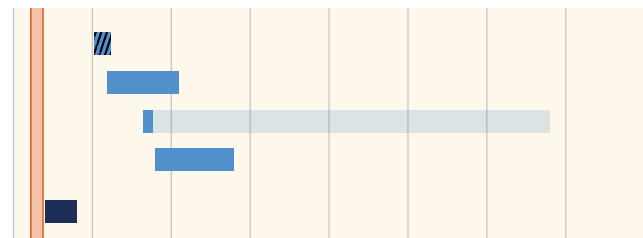
Scénarios atteignant 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 dans les modèles intégrés



Moyenne mondiale, 2030

Moyenne mondiale, 2050

Technologies actuellement disponibles dans le commerce



Meilleures pratiques en matière d'intensité énergétique

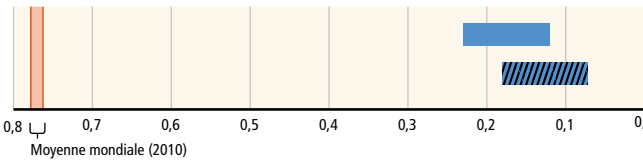
Meilleures pratiques en matière de substitution du clinker

Amélioration du bouquet énergétique hors électricité

Meilleures pratiques en matière d'intensité énergétique et de substitution du clinker combinées

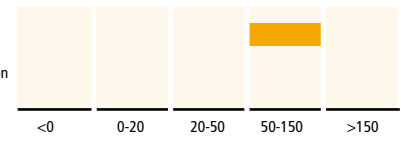
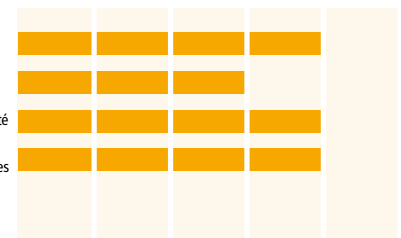
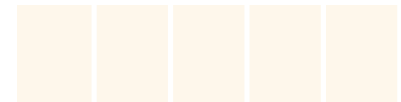
Décarbonisation de la production d'électricité

Technologies au stade précommercial



Captage et stockage du carbone

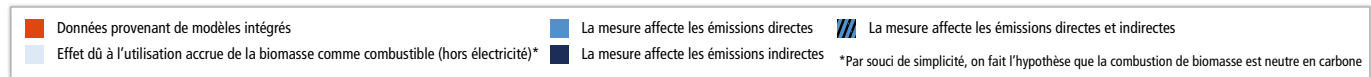
Captage et stockage du carbone et décarbonisation complète de la production d'électricité combinés



0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0  
Moyenne mondiale (2010)

Intensité des émissions [ $\text{t CO}_2/\text{t ciment}$ ]

Coût indicatif de la conservation du carbone [dollars E.-U. de  $_{2010}/\text{t CO}_2$ ]



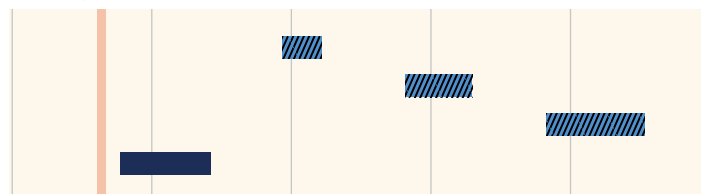
Scénarios atteignant 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  en 2100 dans les modèles intégrés



Moyenne mondiale (2030)

Moyenne mondiale (2050)

Technologies actuellement disponibles dans le commerce



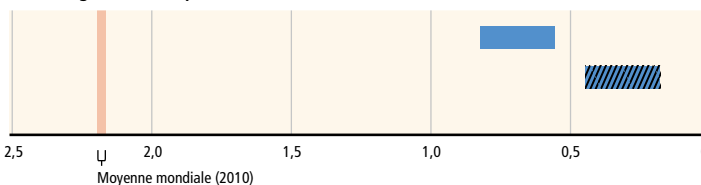
Procédé de production par haut fourneau perfectionné

Procédé de production de fer par réduction directe à l'aide de gaz naturel

Four à arc électrique alimenté avec de la ferraille

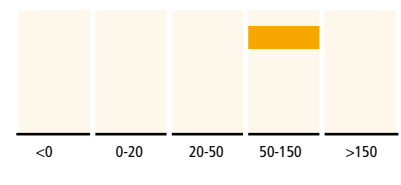
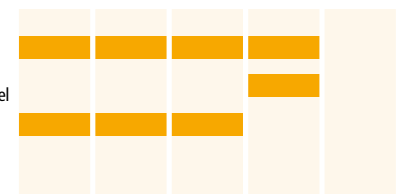
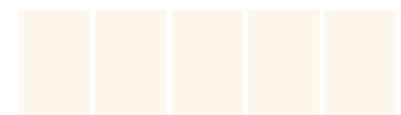
Décarbonisation de la production d'électricité

Technologies au stade précommercial



Captage et stockage du carbone

Captage et stockage du carbone et décarbonisation complète de la production d'électricité combinés



2,5 2,0 1,5 1,0 0,5 0,0  
Moyenne mondiale (2010)

Intensité des émissions [ $\text{t CO}_2/\text{t acier brut}$ ]

Coût indicatif de la conservation du carbone [dollars E.-U. de  $_{2010}/\text{t CO}_2$ ]



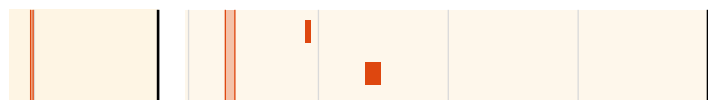
Figure RT.27 | Intensités indicatives des émissions de  $\text{CO}_2$  pour la production de ciment (graphique du haut) et d'acier (graphique du bas), et coût moyen actualisé indicatif de la conservation du carbone pour divers modes et technologies de production et pour les scénarios prévoyant 450 ppm  $\text{eqCO}_2$  dans un nombre limité de modèles intégrés (pour les données et la méthodologie, voir l'annexe III). [figures 10.7, 10.8]

consommateurs à améliorer le rendement d'utilisation des matières ou des produits et services, ou de réduire la demande de produits. [10. 9]

Les émissions de  $\text{CO}_2$  dominent les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'industrie, mais des possibilités d'atténuation importantes existent pour les gaz autres que le  $\text{CO}_2$  (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le

protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et les gaz fluorés (gaz F) issus de l'industrie représentaient en 2010 des émissions de 0,9  $\text{Gt eqCO}_2$ . Les possibilités d'atténuation principales comprennent, par exemple, la réduction des émissions d'hydrofluorocarbures (HFC) par la réparation des fuites et la récupération et le recyclage des fluides frigorigènes, ainsi que par l'élimination appropriée de ces derniers et leur remplacement par d'autres fluides (ammoniac, HC et  $\text{CO}_2$ ). Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  provenant de la

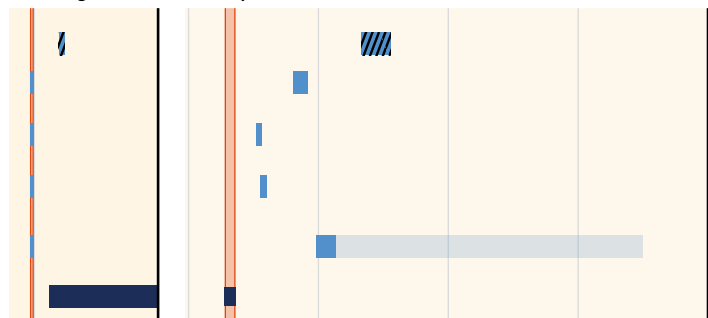
Scénario IEA ETP 2DS



Total mondial (2030)

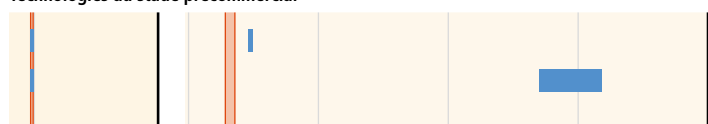
Total mondial (2050)

Technologies actuellement disponibles dans le commerce



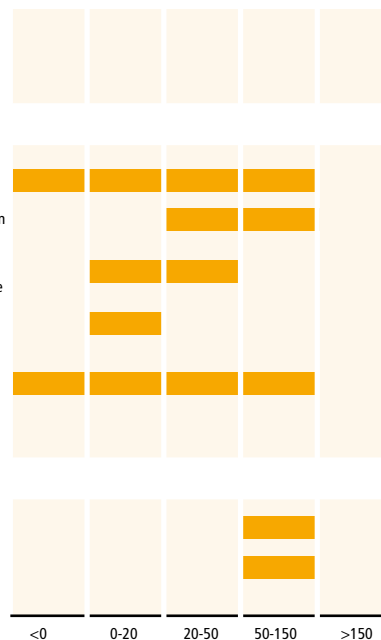
Meilleures pratiques en matière d'intensité énergétique  
 Amélioration du recyclage, cogénération et intensification des procédés  
 Réduction du N<sub>2</sub>O provenant de la production d'acide nitrique et adipique  
 Réduction des émissions de HFC-23 provenant de la production de HFC-22  
 Amélioration du bouquet énergétique hors électricité  
 Décarbonisation de la production d'électricité

Technologies au stade précommercial



Captage et stockage du carbone pour la production d'ammoniac  
 Captage et stockage du carbone appliqués aux émissions liées aux combustibles (hors électricité)

0,5 0,0 2,0 Moyenne mondiale (2010) 0,5 1,5 1,0 0,5 0,0 Moyenne mondiale (2010)



Émissions indirectes [Gt eq CO<sub>2</sub>]

Émissions directes [Gt eq CO<sub>2</sub>]

Coût indicatif de la conservation du carbone [dollars É.-U. de 2010/t CO<sub>2</sub>]

■ Données provenant de modèles intégrés ■ La mesure affecte les émissions directes ■ La mesure affecte les émissions directes et indirectes  
 ■ Effet dû à l'utilisation accrue de la biomasse comme combustible (hors électricité)\* ■ La mesure affecte les émissions indirectes \*Par souci de simplicité, on fait l'hypothèse que la combustion de biomasse est neutre en carbone

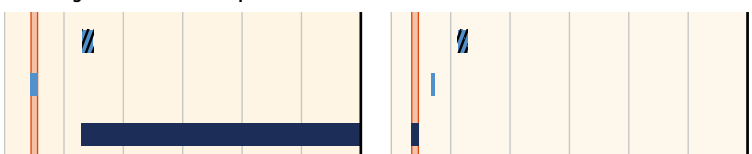
Scénario IEA ETP 2DS



Moyenne mondiale (2030)

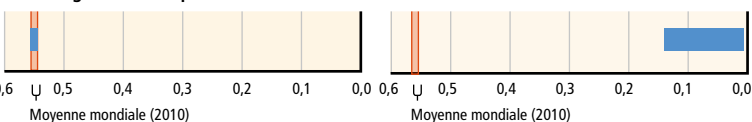
Moyenne mondiale (2050)

Technologies actuellement disponibles dans le commerce



Meilleures pratiques en matière d'intensité énergétique  
 Cogénération  
 Décarbonisation de la production d'électricité

Technologies au stade précommercial



Captage et stockage du carbone

Intensité des émissions indirectes [t CO<sub>2</sub>/t papier]

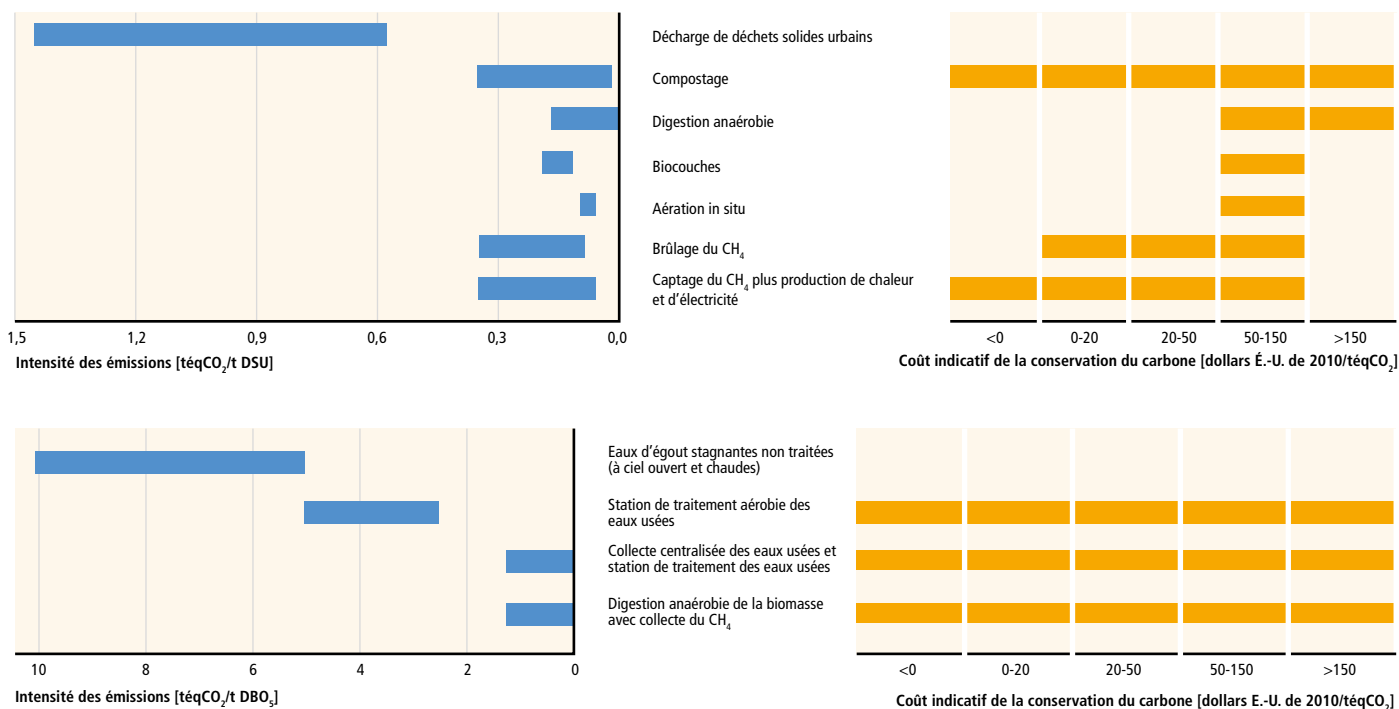
Intensité des émissions directes [t CO<sub>2</sub>/t papier]

Coût indicatif de la conservation du carbone [dollars É.-U. de 2010/t CO<sub>2</sub>]

■ Données provenant de modèles intégrés ■ La mesure affecte les émissions directes ■ La mesure affecte les émissions indirectes ■ La mesure affecte les émissions directes et indirectes

Figure RT.28 | Émissions mondiales indicatives en eqCO<sub>2</sub> issues de la production de produits chimiques (graphique du haut), intensité des émissions mondiales indicatives de CO<sub>2</sub> issues de la production de papier (graphique du bas) et coût moyen actualisé indicatif de la conservation du carbone pour divers modes et technologies de production et pour les scénarios prévoyant 450 ppm eqCO<sub>2</sub> dans un nombre limité de modèles intégrés (pour les données et la méthodologie, voir l'annexe III). [figures 10.9, 10.10]





**Figure RT.29** | Intensités indicatives des émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> pour les déchets (graphique du haut) et les eaux usées (graphique du bas) pour diverses pratiques, et coût moyen actualisé indicatif de la conservation du carbone (pour les données et la méthodologie, voir l'annexe III). DSU: déchets solides urbains [figures 10.19 et 10.20]

production d'acide adipique et nitrique peuvent être réduites par destruction thermique et au moyen de catalyseurs secondaires. La réduction des gaz à effet de serre autres que le CO<sub>2</sub> se heurte également à de nombreux obstacles, notamment le manque d'information, d'incitations économiques et de technologies disponibles dans le commerce (par ex., pour le recyclage et l'incinération des HFC). [tableau 10.2, 10.7]

**Des approches systémiques et des activités de collaboration entre les entreprises (grosses industries à forte intensité énergétique et petites et moyennes entreprises (PME)) et entre les secteurs peuvent permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** L'application de technologies transversales, telles que les moteurs à haut rendement, et des mesures transversales comme la réduction des fuites d'air ou de vapeur, permettent d'optimiser la performance des procédés industriels et d'améliorer l'efficacité des usines, très souvent avec un bon rapport coût-efficacité, des économies d'énergie et une réduction des émissions. Les pôles de compétitivité contribuent également à l'atténuation, en particulier dans les PME. [10. 4] La coopération et la collaboration intersectorielle à différents niveaux – par exemple, le fait de partager des infrastructures, des informations, la chaleur résiduelle, les installations de climatisation, etc. – peuvent offrir des possibilités supplémentaires d'atténuation dans certaines régions ou dans certains types d'industries [10. 5].

**Plusieurs options de réduction des émissions dans le secteur industriel présentent un bon rapport coût-efficacité et sont rentables (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen).** S'il existe des options offrant des fourchettes de coûts de 0-20 et 20-50

dollars É.-U./t<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>, voire inférieures à zéro dollar É.-U./t<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>, il faudrait aussi, pour parvenir à des émissions proches de zéro dans le secteur de l'industrie, mettre en place des mesures radicales portant sur le long terme (par exemple le captage et le stockage du carbone), qui sont associées à des coûts moyens actualisés de la conservation du carbone plus élevés, dans la fourchette de 50-150 dollars É.-U./t<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>. On ne dispose pas d'estimations de coût similaires pour la mise en place de stratégies d'amélioration du rendement d'utilisation des matières et des produits et services et de réduction de la demande de services. En ce qui concerne les options à long terme, certaines mesures applicables à un secteur particulier permettent de réduire de manière significative certaines émissions de gaz à effet de serre mais peuvent ne pas être applicables à l'échelle voulue, par exemple dans la production de fer à partir de ferrailles et dans la production d'acier. La décarbonisation de la production d'électricité peut jouer un rôle important dans certains sous-secteurs (par exemple les produits chimiques, la pâte à papier et le papier, l'aluminium), mais aura une incidence limitée dans d'autres (par exemple le ciment, le fer et l'acier, les déchets). En général, les coûts d'atténuation varient d'une région à l'autre et dépendent des conditions propres au site. (figures RT.27, RT.28, RT.29) [10.7]

**Les mesures d'atténuation sont souvent associées à des co-avantages (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé),** entre autres l'amélioration de la compétitivité par la réduction des coûts, la création de nouvelles possibilités d'activité, un meilleur respect de l'environnement, des effets bénéfiques pour la santé par l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau au niveau local et des conditions de travail, ou la réduction du volume de déchets, dont les avantages individuels et collectifs indirects sont nombreux (tableau RT.7). [10.8]

**Tableau RT.7** | Aperçu des co-avantages potentiels (flèches vertes) et des effets secondaires indésirables (flèches orange) des principales mesures d'atténuation dans le secteur de l'industrie; les flèches pointées vers le haut/bas indiquent un effet positif/négatif sur l'objectif ou le problème concerné. Les co-avantages et les effets secondaires indésirables dépendent des circonstances locales et des pratiques de mise en œuvre, ainsi que du rythme et de l'ampleur de ces pratiques. Pour les éventuels effets en amont de l'approvisionnement en énergie sobre en carbone (y compris le captage et le stockage du carbone), voir le tableau RT.4. Pour les éventuels effets en amont de la fourniture de biomasse, voir le tableau RT.8. Pour une évaluation des effets macro-économiques intersectoriels associés aux politiques d'atténuation (par exemple sur les prix de l'énergie, la consommation, la croissance et le commerce), voir par exemple les sections 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 et 14.4.2. Les qualificatifs d'incertitude figurant entre parenthèses indiquent le niveau des éléments disponibles et le degré de cohérence des effets concernés (voir le tableau RT.1). Les abréviations ci-après sont utilisées: pour les éléments disponibles, l=limités, m=oyens, r=robustes; pour le degré de cohérence, f=faible, m=moyen et é=élevé. [tableau 10.5]

Industrie	Effet sur des objectifs ou préoccupations supplémentaires		
	Économique	Social	Environnemental
<b>Réduction de l'intensité des émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et autres que CO<sub>2</sub>)</b>	↑ Compétitivité et productivité (m/é)	↓ Incidence, sur la santé, de la réduction de la pollution de l'air au niveau local et de l'amélioration des conditions de travail (pour les hydrocarbures perfluorés issus de la production d'aluminium) (m/m)	↓ Incidence sur l'écosystème par la réduction de la pollution de l'air au niveau local et par la réduction de la pollution de l'eau (m/m) ↑ Préservation de l'eau (l/m)
<b>Améliorations techniques de l'efficacité énergétique au moyen de nouveaux procédés et de nouvelles technologies</b>	↑ Sécurité énergétique (grâce à la baisse de l'intensité énergétique) (m/m) ↑ Incidence sur l'emploi (l/f) ↑ Compétitivité et productivité (m/é) ↑ Retombées technologiques dans les pays en développement (grâce aux maillons de la chaîne d'approvisionnement) (l/f)	↓ Incidence, sur la santé, de la réduction de la pollution au niveau local (l/m) ↑ Nouvelles possibilités d'activité (m/m) ↑ Disponibilité et qualité de l'eau (l/f) ↑ Sécurité, conditions de travail et satisfaction au travail (m/m)	↓ Incidence sur l'écosystème via: l'extraction de combustible fossile (l/f) la pollution et les déchets locaux (m/m)
<b>Efficacité d'utilisation des produits, recyclage</b>	↓ Recettes de la taxe nationale sur les ventes, moyen terme (l/f) ↑ Incidence sur l'emploi sur le marché du recyclage des déchets (l/f) ↑ Compétitivité dans le secteur manufacturier (l/f) ↑ Nouvelle infrastructure pour les pôles de compétitivité (l/f)	↓ Incidence sur la santé et problèmes de sécurité (l/m) ↑ Nouvelles possibilités d'activité (m/m) ↓ Conflits locaux (réduction du volume de ressources extraites)(l/m)	↓ Incidence sur l'écosystème par la réduction de la pollution de l'air et de l'eau au niveau local et l'élimination des déchets (m/m) ↓ Utilisation de matériaux bruts/vierges et de ressources naturelles supposant une réduction de l'extraction des ressources selon des modalités non durables (l/f)
<b>Réduction de la demande de produits</b>	↓ Recettes de la taxe nationale sur les ventes, moyen terme (l/f)	↑ Amélioration du bien-être grâce à différents choix de mode de vie (l/f)	↓ Déchets de consommation (l/f)



Il n'existe pas de politique unique regroupant l'ensemble des mesures d'atténuation susceptibles d'être mises en œuvre dans l'industrie et permettant de surmonter les obstacles correspondants. Si l'on ne supprime pas les obstacles à l'atténuation dans l'industrie, le rythme et l'ampleur des mesures d'atténuation dans ce secteur seront limités et des mesures pourtant efficaces ne seront pas mises en œuvre (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). [10. 9, 10. 11]

### RT.3.2.6 Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT)

Depuis le quatrième Rapport d'évaluation, les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'AFAT se sont stabilisées, mais leur part dans les émissions totales de GES d'origine humaine a baissé (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Le flux total annuel moyen de GES provenant de ce secteur était de 10–12 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> en 2000–2010, avec des émissions mondiales moyennes de 5,0 – 5,8 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an en provenance de l'agriculture, et de près de 4,3–5,5 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an en provenance de la foresterie et des autres modes d'utilisation des terres. Les émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub> proviennent en grande partie de l'agriculture, et sont dominées par les émissions de N<sub>2</sub>O issues des terres agricoles, les émissions de CH<sub>4</sub> issues de la fermentation entérique des animaux d'élevage et de

la gestion du fumier, et les émissions des rizières, pour un total de 5,0–5,8 Gt<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub>/an en 2010 (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Au cours des dernières années, la plupart des estimations des flux de CO<sub>2</sub> issus de la foresterie et des autres modes d'utilisation des terres font état d'une baisse des émissions, due en grande partie à la diminution des cadences de déboisement et à l'augmentation du reboisement (éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen). Les niveaux absolus des émissions provenant du déboisement et de la dégradation des forêts ont chuté de 1990 à 2010 (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Au cours de la même période, les émissions totales des pays à revenu élevé ont baissé, alors que celles des pays à faible revenu ont augmenté. En général, les émissions AFAT des pays à revenu élevé sont dominées par les activités agricoles, alors que celles des pays à faible revenu sont dominées par le déboisement et la dégradation des forêts. [figures 1.3, 11.2]

Les émissions annuelles nettes de CO<sub>2</sub> attribuées à l'AFAT dans les scénarios de référence devraient diminuer avec le temps, et pourraient atteindre d'ici 2050 moins de la moitié du niveau de 2010, et le secteur de l'AFAT pourrait devenir un puits net de CO<sub>2</sub> avant la fin du siècle. Cependant, l'incertitude qui entoure les émissions nettes passées est plus grande dans le cas de l'AFAT que dans celui des autres secteurs; viennent s'ajouter à cela des incertitudes supplémentaires sur les émissions nettes de l'AFAT dans les projections

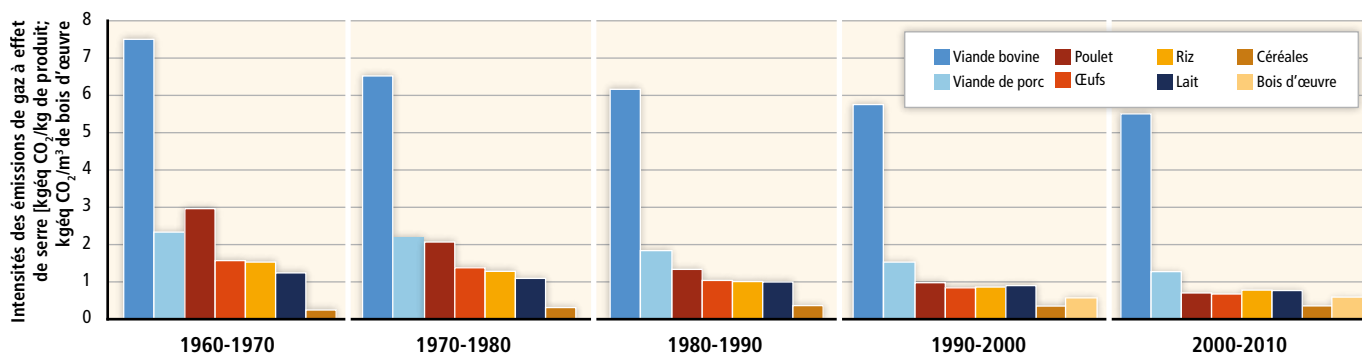
des scénarios de référence (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*) (figure RT.15) [6.3.1.4, 6.8, figure 6.5] Comme dans le quatrième Rapport d'évaluation, la plupart des projections suggèrent une baisse des émissions nettes annuelles de CO<sub>2</sub> à long terme. Cette baisse est due en partie à l'évolution technologique et à la diminution prévue du rythme d'expansion des zones agricoles liée au ralentissement attendu de la croissance démographique. Toutefois, contrairement à ce qui était indiqué dans le quatrième Rapport d'évaluation, aucun des scénarios les plus récents ne prévoit une augmentation à moyen terme. Par ailleurs, la fourchette de variation est un peu plus large plus tard au cours du siècle, certains modèles prévoyant à partir de 2050 une diminution nette plus forte (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Certaines projections des scénarios de référence concernant les émissions mondiales de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> d'origine terrestre indiquent une augmentation au fil du temps. En valeur cumulée, les émissions de CH<sub>4</sub> d'origine terrestre devraient représenter de 44 à 53 % du total des émissions de CH<sub>4</sub> jusqu'à 2030, et de 41 à 59 % jusqu'à 2100, et pour les émissions de N<sub>2</sub>O d'origine terrestre, ces chiffres devraient être respectivement de 85–89 % et de 85–90 %. (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). [11.9]

**Parmi les possibilités d'atténuation dans le secteur de l'AFAT figurent des mesures axées sur l'offre et des mesures axées sur la demande** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les mesures axées sur l'offre sont notamment la réduction des émissions liée à la modification des modes d'utilisation des terres, en particulier la réduction du déboisement, la gestion des terres et de l'élevage, l'accroissement des stocks de carbone par la fixation dans les sols et la biomasse, ou la substitution des combustibles fossiles par la biomasse pour la production d'énergie (tableau RT.3). D'autres technologies nouvelles axées sur l'offre, qui ne sont pas évaluées dans le quatrième Rapport d'évaluation, telles que le biochar ou les produits du bois destinés aux matériaux de construction à forte intensité énergétique, pourraient contribuer au potentiel d'atténuation du secteur de l'AFAT, mais rares sont encore les études sur lesquelles on puisse se

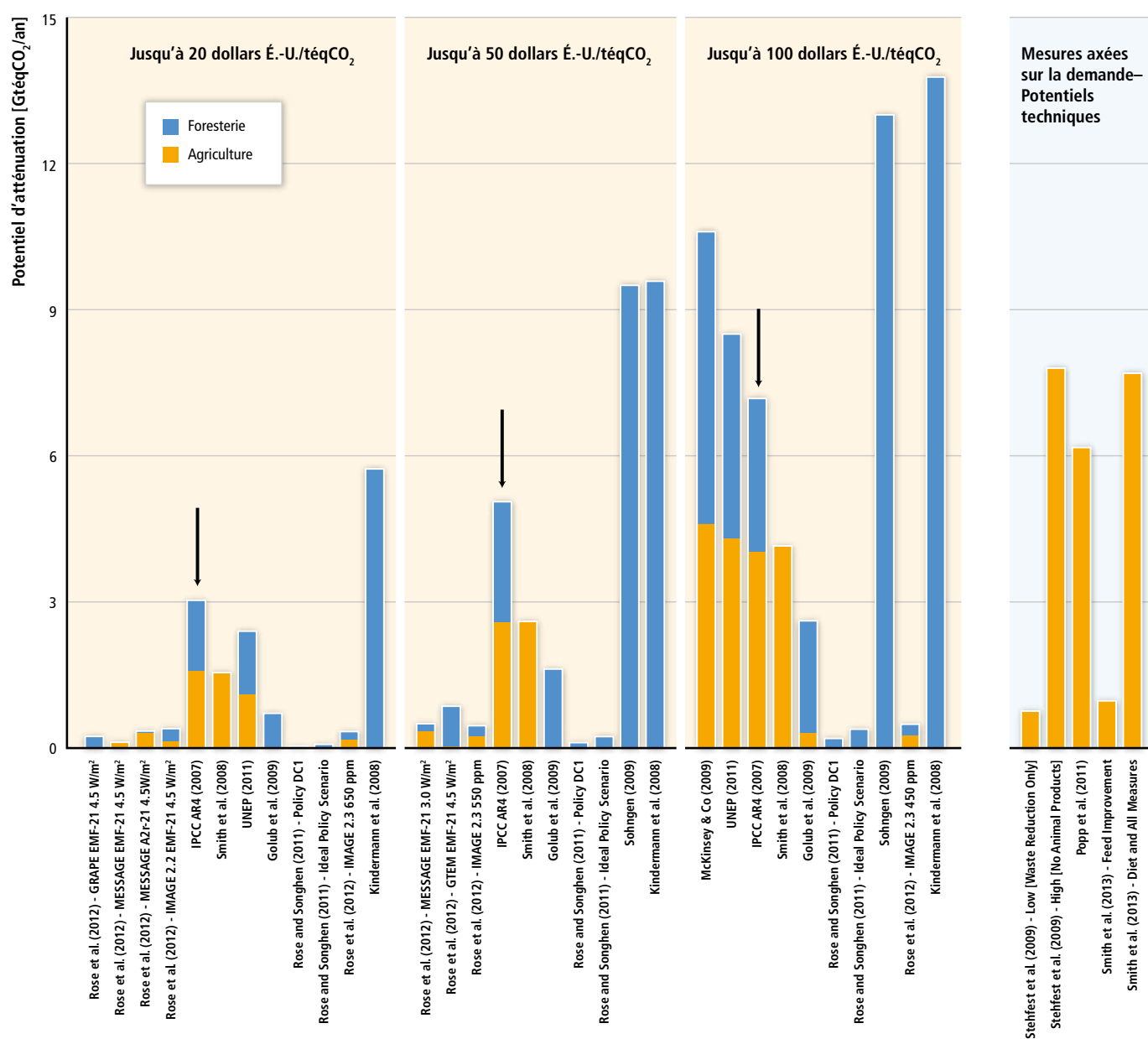
fonder pour formuler des estimations robustes. Les mesures axées sur la demande sont notamment la modification du régime alimentaire et la réduction des pertes dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire. L'accroissement de la production forestière et agricole sans augmentation proportionnelle des émissions (qui est une composante de l'intensification durable; figure RT.30) permet également de réduire l'intensité des émissions (c'est-à-dire les émissions de gaz à effet de serre par unité de production), mécanisme d'atténuation très peu pris en compte pour l'AFAT dans le quatrième Rapport d'évaluation, ce qui pourrait se traduire par une réduction des émissions absolues si les volumes de production n'augmentent pas. [11.3, 11.4]

**Parmi les mesures d'atténuation axées sur l'offre, celles qui présentent le meilleur rapport coût-efficacité s'agissant de la foresterie sont le boisement, la gestion durable des forêts et la réduction du déboisement; leur importance relative varie grandement suivant les régions; dans l'agriculture, un prix du carbone bas<sup>16</sup> (20 dollars É.-U./tqCO<sub>2</sub>) favorise la gestion des terres cultivées et des pâturages, et un prix du carbone élevé (100 dollars É.-U./tqCO<sub>2</sub>) favorise la restauration des sols organiques** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Si l'on ne se fonde que sur les études portant à la fois sur la foresterie et sur l'agriculture et qui prennent en compte la fixation du carbone dans les sols agricoles, le potentiel d'atténuation du secteur de l'AFAT est estimé à 7,18–10,6 (fourchette complète de toutes les études: 0,49–10,6) GtqCO<sub>2</sub>/an en 2030 pour des mesures d'atténuation compatibles avec un prix du carbone allant jusqu'à 100 dollars É.-U./tqCO<sub>2</sub>, près d'un tiers de ces mesures pouvant être mises en œuvre à un prix inférieur à 20 dollars É.-U./tqCO<sub>2</sub> (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). La fourchette des estimations mondiales pour un prix du carbone donné reflète partiellement

<sup>16</sup> Dans de nombreux modèles utilisés pour évaluer les coûts économiques de l'atténuation, le prix du carbone sert de donnée indirecte pour représenter le niveau d'effort dans les politiques d'atténuation (voir le glossaire).



**Figure RT.30** | Intensités des émissions de gaz à effet de serre pour certains grands produits de l'AFAT pour les décennies 1960–2000. 1) Viande bovine - émissions de gaz à effet de serre (fermentation entérique + gestion du fumier de bovins laitiers et non laitiers) par rapport à la quantité de viande produite; 2) Viande de porc - émissions de gaz à effet de serre (fermentation entérique + gestion du fumier de cochons de marché et de reproduction) par rapport à la quantité de viande produite; 3) Viande de volaille - émissions de gaz à effet de serre (gestion du fumier de volaille) par rapport à la quantité de viande produite; 4) Lait - émissions de gaz à effet de serre (fermentation entérique + gestion du fumier de bovins laitiers) par rapport à la quantité de lait produite; 5) Œufs - émissions de gaz à effet de serre (gestion du fumier de volailles pondeuses) par rapport au nombre d'œufs produit; 6) Riz - émissions de gaz à effet de serre (culture du riz) par rapport à la quantité de riz produite; 7) Céréales - émissions de gaz à effet de serre (engrais chimiques) par rapport à la quantité de céréales produite; 8) Bois - émissions de gaz à effet de serre (perte de carbone due aux récoltes) par rapport au volume de bois d'œuvre produit. [figure 11.15]



**Figure RT.31 |** Estimations des potentiels économiques d'atténuation dans le secteur de l'AFAT publiées depuis le quatrième Rapport d'évaluation (les estimations figurant dans ce rapport sont indiquées à titre de comparaison par des flèches noires), y compris les études sectorielles ascendantes et les études multisectorielles descendantes. Les potentiels d'atténuation axés sur l'offre sont estimés pour la période située autour de l'année 2030 (2025–2035) et concernent l'agriculture, la foresterie ou les deux secteurs réunis. Les études sont agrégées pour les potentiels allant jusqu'à 20 dollars É.-U./t $\text{eqCO}_2$  (fourchette effective 1,64–21,45), jusqu'à 50 dollars É.-U./t $\text{eqCO}_2$  (fourchette effective 31,39–50,00), et jusqu'à 100 dollars É.-U./t $\text{eqCO}_2$  (fourchette effective 78,0–120,91). Les mesures axées sur la demande (côté droit de la figure) concernent l'année 2050 environ et ne sont pas évaluées à un prix du carbone spécifique; elles devraient être considérées comme des potentiels techniques. Les valeurs fournies par Smith (2013) constituent la moyenne de la fourchette. Toutes les études ne portent pas sur les mêmes mesures ou sur les mêmes gaz à effet de serre. [11.6.2, figure 11.14]

ment l'incertitude qui entoure, dans la littérature spécialisée, le potentiel d'atténuation du secteur de l'AFAT, et les hypothèses d'utilisation des terres retenues dans les scénarios considérés. Cette fourchette reflète également la variété des gaz à effet de serre et des options examinés dans les études. On trouvera dans la figure RT.31 une comparaison des estimations du potentiel d'atténuation de l'AFAT publiées depuis le quatrième Rapport d'évaluation. [11.6]

**Bien que les mesures axées sur la demande soient insuffisamment étudiées, les changements touchant au régime alimentaire, la réduction des pertes dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire et d'autres mesures offrent un potentiel net, bien qu'incertain, de réduction des émissions de GES provenant de la production alimentaire (0,76–8,55 Gt $\text{eqCO}_2$ /an d'ici 2050) (figure RT.31) (éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen). Les obstacles à la mise en œuvre sont importants: risques pour la santé et le bien-être, résistance culturelle et sociale aux changements de comportement, etc.**

**Tableau RT.8** | Aperçu des co-avantages potentiels (flèches vertes) et des effets secondaires indésirables (flèches orange) des principales mesures d'atténuation dans le secteur de l'AFAT; les flèches pointées vers le haut/bas indiquent un effet positif/négatif sur l'objectif ou le problème concerné. Ces effets dépendent du contexte (y compris les aspects biophysiques, institutionnels et socio-économiques), ainsi que de l'échelle de mise en œuvre. Pour une évaluation des effets macro-économiques intersectoriels associés aux politiques d'atténuation (sur les prix de l'énergie, la consommation, la croissance, le commerce, etc.), voir par exemple les sections 3.9, 6.3.6, 13.2.2.3 et 14.4.2. Les qualificatifs d'incertitude figurant entre parenthèses indiquent le niveau des éléments disponibles et le degré de cohérence des effets concernés (voir RT.1). Les abréviations ci-après sont utilisées: pour les éléments disponibles, l=limités, m=oyens, r=robustes; pour le degré de cohérence, f=faible, m=moyen et é=élevé. [tableaux 11.9. et 11.12]

AFAT	Effet sur d'autres objectifs/problèmes							
	Économique	Social	Environnemental	Institutionnel				
<b>Mesures axées sur l'offre (signalées par un astérisque):</b> Foresterie, agriculture, élevage, systèmes intégrés et bioénergie  <b>Mesures axées sur la demande:</b> Réduction des pertes dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire, modification des régimes alimentaires humains, modification de la demande de bois et de produits de la foresterie	* ↑	Incidence sur l'emploi par le développement de l'entrepreneuriat (m/é)	↑*	Production de cultures vivrières au moyen de systèmes intégrés et intensification de l'agriculture durable (r/m)	↑	Prestation de services écosystémiques par la préservation et la gestion durable des écosystèmes et l'agriculture durable (r/é)	↑↓*	Régime foncier et droits d'utilisation au niveau local (pour les peuples autochtones et les populations locales), en particulier pour l'organisation d'activités dans les forêts naturelles (r/é)
	↓	le recours à des techniques agricoles nécessitant une main-d'œuvre moins nombreuse (m/m)	↓*	Production alimentaire (au niveau local) basée sur la monoculture non vivrière à grande échelle (r/f)	↓*	la monoculture à grande échelle (r/é)		
	↑*	Diversification des sources de revenus et accès aux marchés (r/é)	↑	Habitats culturels et zones de loisirs par la gestion (durable) et la préservation des forêts (m/m)	↑*	Concurrence pour l'utilisation des terres (r/m)	↑↓	Accès à des mécanismes de participation aux décisions en matière de gestion des terres (r/é)
	↑*	Revenus supplémentaires pour la gestion (durable) du paysage (m/é)	↑*	Bien-être humain et animal, par exemple dû à la réduction des pesticides et à la pratique du brûlis et à des pratiques comme l'agroforesterie ou les systèmes sylvo-pastoraux (m/é)	↑	Qualité des sols (r/é)	↑	Application des politiques en vigueur en matière de gestion durable des ressources (r/é)
	↑*	Concentration des revenus (m/m)	↓*	Préservation de la santé humaine lors de la pratique du brûlis (agriculture ou bioénergie) (m/m)	↓	Érosion (r/é)	↑	
	↑*	Sécurité énergétique (ressources suffisantes) (m/é)	*	Égalité entre les sexes et égalité intra et intergénérationnelle grâce à la participation et à la répartition équitable des avantages (r/é)	↑	Résilience des écosystèmes (m/é)		
	↑	Mécanismes de financement novateurs pour la gestion durable des ressources (m/é)	↑		↑	Albédo et évaporation (r/é)		
	↑	Innovation technologique et transfert de technologies (m/m)	↑					
			↑	la concentration des avantages (m/m)				

Toutefois, dans les pays à forte consommation de protéines animales, les co-avantages se reflètent dans les effets positifs pour la santé résultant des modifications du régime alimentaire (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). [11.4.3, 11.6, 11.7, 11.9]

**Le potentiel d'atténuation de l'AFAT est fortement tributaire de facteurs plus généraux liés à la politique et aux modalités d'utilisation des terres (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé).** Les nombreuses utilisations possibles des terres peuvent entrer en concurrence ou donner lieu à une synergie. Les principaux obstacles à l'atténuation sont de nature institutionnelle (absence de régime foncier et mauvaise gouvernance) et tiennent aussi à l'accessibilité aux mécanismes de financement, aux ressources en terres et en eau et à la pauvreté. En revanche, les mesures d'atténuation dans ce secteur peuvent favoriser l'innovation, et de nombreuses mesures techniques d'atténuation axées sur l'offre permettent également d'accroître l'efficacité de l'agriculture et de la sylviculture et de réduire la vulnérabilité du climat en améliorant la résilience. Des systèmes multifonctionnels qui permettent de fournir des services divers et variés dans le domaine foncier peuvent servir de nombreux objectifs politiques allant au-delà de l'atténuation, en matière par exemple de gestion des terres et des ressources naturelles et d'équité [11.8] (éléments

disponibles limités, degré de cohérence élevé). Des cadres récemment mis en place, tels que ceux destinés à l'évaluation des services concernant l'environnement ou les écosystèmes, pourraient fournir des outils d'évaluation des multiples synergies et compensations pouvant résulter des mesures d'atténuation (tableau RT.8) (éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen) [11.7, 11.8]

**Les politiques régissant les pratiques agricoles, ainsi que la préservation et la gestion des forêts, doivent tenir compte des besoins en matière d'atténuation comme en matière d'adaptation (éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé).** Certaines mesures d'atténuation dans le secteur de l'AFAT (notamment celles concernant les réserves de carbone dans les sols et les forêts) peuvent se révéler vulnérables aux changements climatiques. Les incitations économiques (par ex., les crédits spéciaux en faveur de l'agriculture à faible empreinte carbone, l'agriculture et la foresterie durables, les crédits négociables et le paiement des éco-services) et les approches réglementaires (par ex., l'adoption de législations sur l'environnement destinées à protéger les stocks de carbone dans les forêts en réduisant le déboisement, de politiques de gel et de mesures de maîtrise de la pollution de l'air et de l'eau par la réduction de la teneur en nitrates et des émissions de N<sub>2</sub>O) se sont avérées efficaces dans

différents cas. L'investissement dans la recherche, le développement et la diffusion (par exemple l'augmentation de l'efficacité d'utilisation des ressources (engrais) ou l'amélioration des méthodes d'élevage et des modalités de gestion des forêts) pourraient aboutir à des synergies entre adaptation et atténuation. L'examen d'expériences réussies en matière de réduction du déboisement dans différentes régions montrent l'intérêt qu'il y a à combiner des politiques comme la planification des terres, l'adoption de mesures réglementaires et les incitations économiques (*éléments disponibles limités, degré de cohérence élevé*). [11.3.2, 11.10, 15.11]

**La réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts (REDD+)<sup>17</sup> peut, si elle est mise en œuvre de manière durable, constituer une mesure d'un bon rapport coût-efficacité pour atténuer le changement climatique** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). La REDD+ englobe la réduction des émissions dues au déboisement et à la dégradation des forêts, la conservation des stocks de carbone forestiers, la gestion durable des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestiers. Elle pourrait contribuer en grande partie à la réduction des émissions du secteur de l'AFAT, notamment par la réduction du déboisement dans les régions tropicales, ce qui présenterait des co-avantages économiques, sociaux et environnementaux. Pour s'assurer ces co-avantages, les stratégies nationales REDD+ devront prévoir des mécanismes de financement destinés aux acteurs locaux, des garanties (droits fonciers, préservation de la biodiversité et d'autres ressources naturelles, etc.), ainsi que la mise en place, au niveau approprié, de capacités institutionnelles de suivi et de vérification. [11.10]

**La bioénergie peut jouer un rôle crucial en faveur de l'atténuation, mais certaines questions doivent être éclaircies, telles que la durabilité des pratiques et l'efficacité des systèmes bioénergétiques** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence moyen*) [11.4.4, encadré 11.5, 11.13.6, 11.13.7]. Parmi les obstacles à un déploiement à grande échelle de la bioénergie figurent les problèmes liés aux émissions de GES provenant des sols, à la sécurité alimentaire, aux ressources en eau, à la préservation de la biodiversité et aux moyens de subsistance. Le débat scientifique sur les effets climatiques globaux de la concurrence pour l'utilisation des terres découlant de certains profils d'évolution de la bioénergie n'est toujours pas tranché (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*) [11.4.4, 11.13]. Les bioénergies sont diverses et couvrent un large éventail de solutions et de trajectoires technologiques. Les éléments disponibles suggèrent que les solutions à faibles émissions durant le cycle de vie (ex.: canne à sucre, miscanthus, espèces d'arbres à croissance rapide ou utilisation durable des résidus de la biomasse), dont certaines sont déjà disponibles, peuvent réduire les

émissions de GES; les résultats sont spécifiques au site et s'appuient sur des «systèmes de biomasse pour la bioénergie» intégrés et efficaces, ainsi que sur une gestion et une gouvernance durables des terres. Dans certaines régions, des solutions bioénergétiques comme l'amélioration des fourneaux et la production à petite échelle de biogaz et de bioélectricité pourraient réduire les émissions de GES et améliorer les moyens de subsistance et la santé dans le contexte du développement durable (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). [11.13]

### RT.3.2.7 Établissements humains, infrastructure et planification spatiale

**Établissements humains, infrastructure et planification spatiale** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). En 1900, alors que la population mondiale comptait 1,6 milliard d'individus, seulement 13 % d'entre eux, soit 200 millions de personnes, vivaient en ville. En 2011, c'était le cas de plus de 52 % de la population mondiale, soit environ 3,6 milliards de personnes. D'ici 2050, le nombre de citadins devrait s'établir aux environs de 5,6–7,1 milliards, soit entre 64 et 69 % de la population mondiale. [12.2]

**Les zones urbaines consomment plus de la moitié de l'énergie primaire utilisée dans le monde et sont responsables de plus de la moitié des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). La part exacte de l'énergie consommée et des quantités de gaz à effet de serre produites par les villes varie en fonction des mécanismes de comptabilisation des émissions et des définitions retenues. Si l'on prend en compte les émissions directes et indirectes, les zones urbaines consomment de 67 à 76 % de l'énergie utilisée au niveau mondial (estimation centrale) et sont responsables de 71 à 76 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie. Si l'on ne tient compte que des émissions directes, la part des villes dans les émissions est de 44 % (figure RT.32). [12.2, 12.3]

**Il n'existe pas de facteur unique expliquant les variations des émissions par habitant entre les villes, et les émissions de GES par habitant varient considérablement entre villes d'un même pays** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les émissions de GES des zones urbaines sont sous l'influence de divers facteurs physiques, économiques et sociaux, des niveaux de développement et de l'historique de l'urbanisation propre à chaque ville. Les principaux facteurs qui influent sur les émissions de GES des villes sont notamment le revenu, la dynamique démographique, la forme urbaine, les facteurs liés au site, la structure économique et les défaillances du marché. La consommation d'énergie finale et les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant dans les villes des pays visés à l'annexe I est généralement inférieure aux moyennes nationales, et dans les villes des pays non visés à l'annexe I, elles sont généralement plus élevées. [12.3]

<sup>17</sup> Programme des Nations unies sur la réduction des émissions liées au déboisement et à la dégradation des forêts dans les pays en développement, y compris la préservation et la gestion durable des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestiers.

**La majorité des infrastructures et des zones urbaines ne sont pas encore construites** (*éléments disponibles limités, degré de cohérence élevé*). Si l'on tient compte de la tendance à la baisse des densités de population et de la poursuite de la croissance économique et démographique, la couverture spatiale des zones urbaines devrait augmenter de 56 à 310 % entre 2000 et 2030. Si la population mondiale passe à 9,3 milliards d'individus d'ici 2050 et si les pays en développement augmentent leurs zones et infrastructures bâties jusqu'à concurrence des niveaux moyens actuellement atteints dans le monde en utilisant les technologies disponibles aujourd'hui, la production de matériaux d'infrastructure émettrait à elle seule près de 470 GtCO<sub>2</sub>. À l'heure actuelle, la moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> par habitant provenant des infrastructures des pays industrialisés est cinq fois plus élevée que celle des pays en développement. [12. 2, 12. 3]

**Les infrastructures et la forme urbaine sont étroitement imbriquées et verrouillent les modèles d'utilisation des terres, les choix de transport, le logement et les comportements** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). La forme urbaine et les infrastructures influent à long terme sur la gestion de l'utilisation des terres, ainsi que sur les choix de transport des individus, le logement et les comportements et affectent l'efficacité globale d'une ville. Une fois en place, la forme urbaine et les infrastructures sont difficiles à changer (figure RT.33). [12.2, 12.3, 12.4]

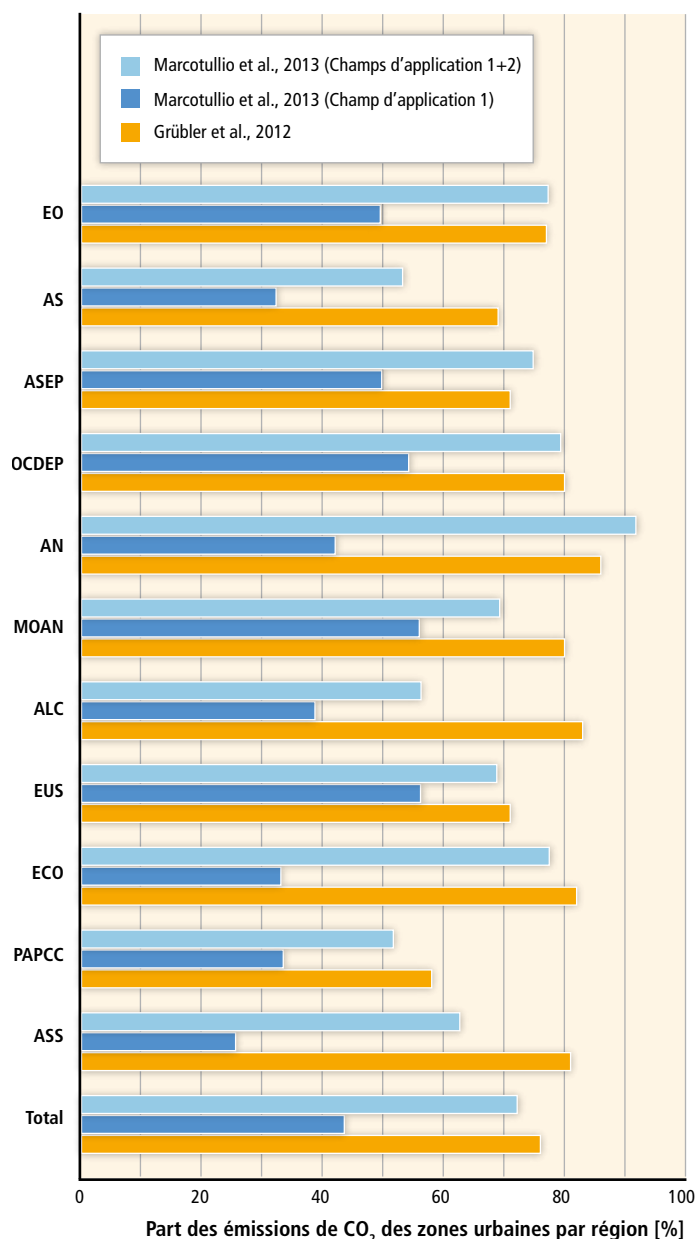
**Les mesures d'atténuation dans les zones urbaines varient en fonction des trajectoires d'urbanisation et devraient être les plus efficaces quand les instruments politiques sont regroupés** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Pour les villes connaissant un développement rapide, l'une des mesures consisterait à orienter le développement de leur urbanisation et de leurs infrastructures vers des solutions plus durables et à faible empreinte carbone. Dans les villes qui ont atteint leur maturité, les choix sont limités par la forme urbaine et les infrastructures existantes et par les possibilités de rénovation des systèmes et infrastructures en place. Parmi les principales stratégies d'atténuation, on peut citer la co-localisation des zones à haute densité résidentielle et des zones à haute densité d'emploi, la diversification et l'intégration en matière d'utilisation des terres, l'amélioration de l'accès aux transports publics et l'investissement dans ces derniers, et d'autres mesures d'accompagnement en matière de gestion de la demande (figure RT.33). Le fait de combiner ces stratégies peut permettre de réduire les émissions à court terme, et peut-être davantage à long terme. [12.4, 12.5]

**Les plus importantes possibilités de réduction future des émissions de GES des villes pourraient se situer dans les pays d'urbanisation rapide où la forme urbaine et les infrastructures ne sont pas verrouillées, mais où les capacités de gouvernance et les capacités techniques, financières et institutionnelles sont souvent limitées** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Il est prévu que la croissance future des infrastructures et des zones urbaines se produira en majeure partie dans les villes de

taille petite à moyenne des pays en développement, où ces capacités peuvent être limitées ou faibles. [12.4, 12.5, 12.6, 12.7]

**Des milliers de villes lancent des plans d'action pour le climat sans qu'on soit certain de leur incidence globale sur les émissions urbaines** (*éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé*). Les gouvernements et institutions locaux ont une chance unique de mettre en place des activités d'atténuation dans les villes, et les

RT



**Figure RT.32** | Part estimée des émissions de CO<sub>2</sub> directes (Champ d'application 1) et indirectes des zones urbaines dans les émissions totales par région (GtCO<sub>2</sub>). Les émissions indirectes (Champ d'application 2) tiennent compte des émissions des centrales thermiques vers les zones urbaines. PAPCC: pays d'Asie à planification centralisée et Chine; ECO: Europe centrale et orientale; EUS: ex-Union soviétique; ALC: Amérique latine et Caraïbes; MOAN: Moyen-Orient et Afrique du Nord; AN: Amérique du Nord; ASEP: Asie du Sud-Est et Pacifique; OCDEP: pays de l'OCDE de la région Pacifique; AS: Asie du Sud; ASS: Afrique subsaharienne; EO: Europe occidentale. [12.2.2, figure 12.4]

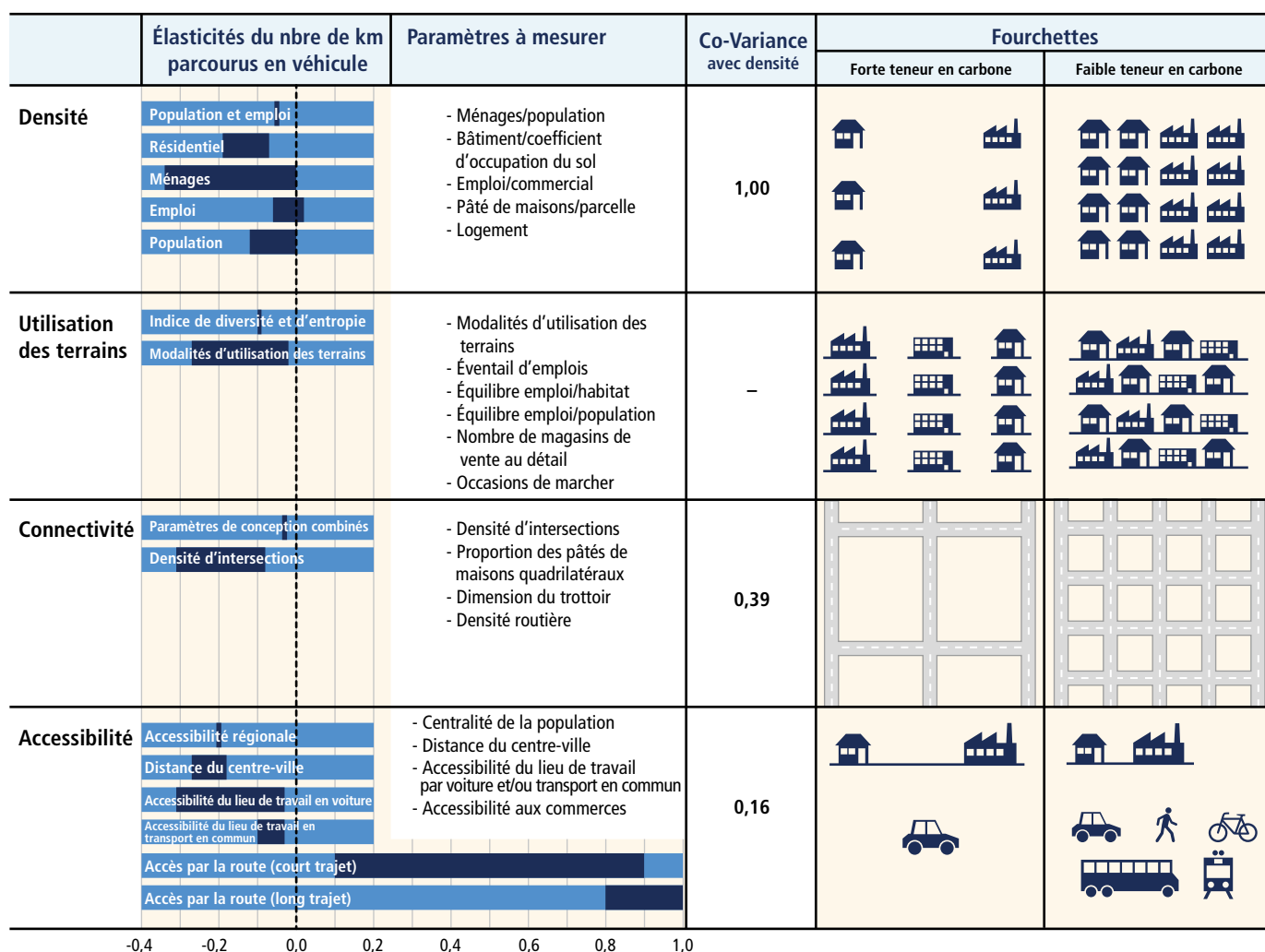


Figure RT.33 | Quatre grands aspects de la forme et de la structure urbaines (densité, modalités d'utilisation des terrains, connectivité et accessibilité), élasticité du nombre de kilomètres parcourus en véhicule, paramètres couramment utilisés et symboles graphiques stylisés. Dans la colonne « Élasticité du nombre de kilomètres parcourus en véhicule », les segments qui apparaissent en bleu foncé indiquent la fourchette des élasticité correspondant aux études retenues. [Figure 12.14]

efforts d'atténuation locaux ont connu un développement rapide. Toutefois, rares sont les évaluations systématiques des moyens globalement mis en œuvre par les villes pour atténuer les émissions, ainsi que de la mesure dans laquelle les objectifs de réduction des émissions sont atteints ou les émissions sont réduites. Les plans d'action pour le climat comportent un large éventail de mesures intersectorielles largement axées sur l'efficacité énergétique plutôt que sur des stratégies générales de planification de l'utilisation des terrains et sur des mesures intersectorielles destinées à réduire l'étalement urbain et à promouvoir l'aménagement axé sur les transports en commun (figure RT.34). [12.6, 12.7, 12.9]

La mise en œuvre d'instruments d'aménagement du territoire destinés à atténuer le changement climatique est fortement tributaire de la capacité des villes sur le plan des finances et de la gouvernance (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Les déterminants des émissions de GES dans les villes sont interdépendants et peuvent être traités par voie réglementaire, par des techniques de gestion ou par des moyens faisant appel au

marché. Nombre de ces instruments sont applicables dans les villes des pays développés comme des pays en développement, mais la mesure dans laquelle ils peuvent être mis en œuvre varie. De plus, chaque instrument est différent sur le plan de sa capacité à générer des recettes publiques ou à exiger des dépenses publiques, et du niveau administratif auquel il peut être appliqué (figure RT.35). Un regroupement des instruments et un niveau élevé de coordination entre les institutions peuvent accroître la probabilité de parvenir à des réductions d'émissions et d'éviter des résultats imprévus. [12.6, 12.7]

**Pour concevoir et mettre en œuvre efficacement des politiques pour le climat, les dispositifs institutionnels, les mécanismes de gouvernance et les ressources financières devraient être alignés sur les objectifs de réduction des émissions de GES par les villes (degré de confiance élevé).** Ces objectifs refléteront les défis spécifiques auxquels sont confrontés les villes et les gouvernements locaux. Les facteurs ci-après ont été désignés comme des facteurs clés: 1) dispositifs institutionnels visant à faciliter l'intégration des mesures d'atténuation avec d'autres mesures hautement prioritaires pour les





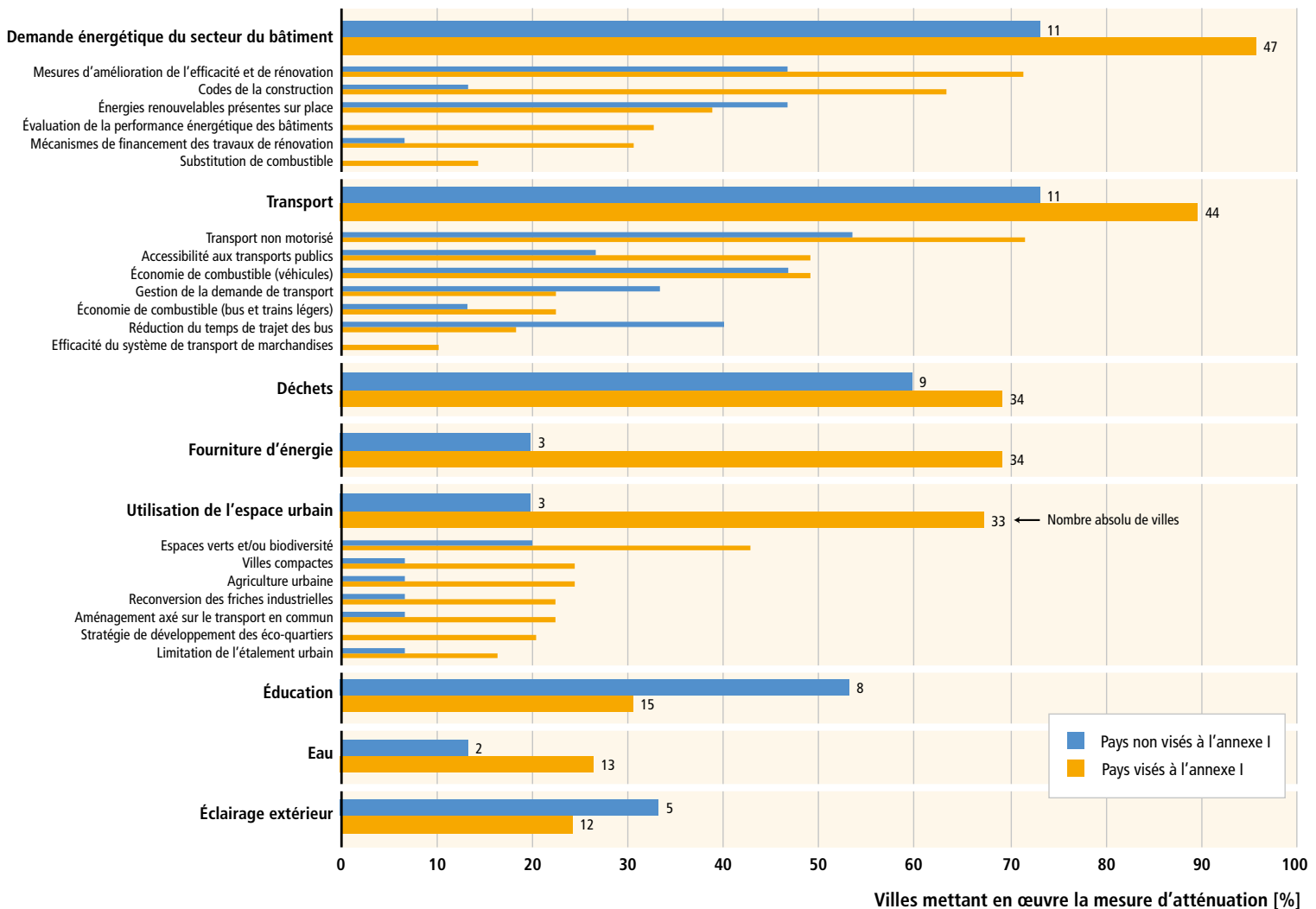
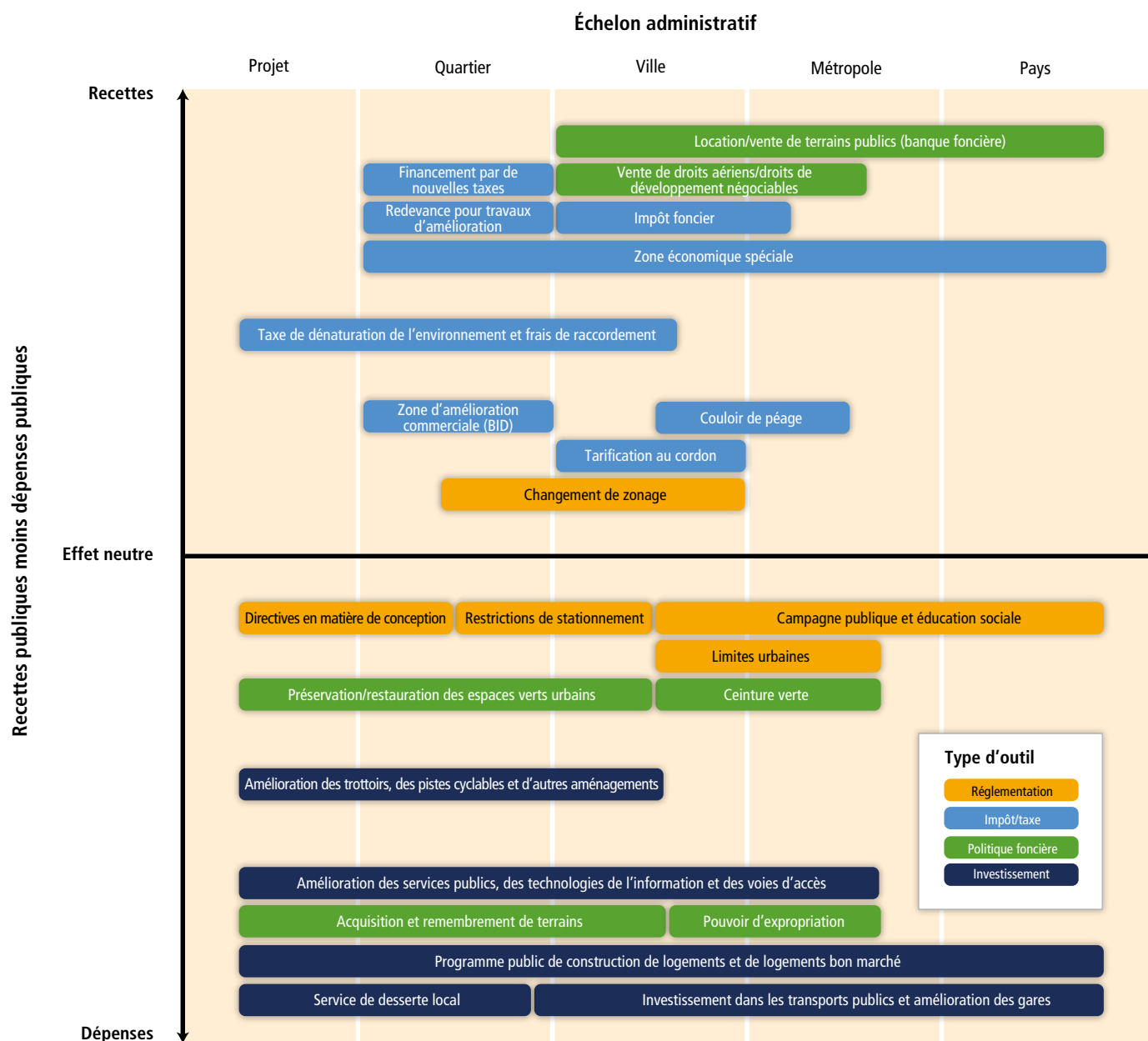


Figure RT.34 | Mesures d'atténuation courantes dans les plans d'action pour le climat [figure 12.22]

ville; 2) contexte de gouvernance à plusieurs niveaux permettant aux villes de promouvoir la transformation du tissu urbain; 3) compétences en matière de planification spatiale et volonté politique d'appuyer la planification intégrée de l'utilisation des terrains et des transports; 4) flux financiers et incitations suffisants pour accompagner les stratégies d'atténuation. [12.6, 12.7]

**Quand elle aboutit, la mise en œuvre de stratégies d'atténuation du changement climatique à l'échelle urbaine peut procurer des co-avantages (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé).** Partout dans le monde, les zones urbaines restent

confrontées à des défis, notamment en ce qui concerne l'accès à l'énergie, la lutte contre la pollution de l'air et de l'eau et le maintien de l'emploi et de la compétitivité. Le succès des mesures d'atténuation à l'échelle urbaine est souvent fonction de la capacité à faire le lien entre les efforts d'atténuation des changements climatiques et leurs co-avantages à l'échelle locale. Ces co-avantages peuvent être la réduction des dépenses publiques, l'amélioration de la qualité de l'air et ses effets bénéfiques pour la santé, ainsi que l'augmentation de la productivité dans les centres urbains, qui constituent des motivations supplémentaires pour entreprendre des activités d'atténuation. [12.5, 12.6, 12.7, 12.8]



**Figure RT.35** | Principaux instruments de planification spatiale et effets sur les recettes et les dépenses publiques aux divers échelons administratifs. La figure montre quatre grands instruments de planification spatiale (indiqués par un code couleur) et l'échelon de gouvernance auquel ils sont mis en œuvre (abscisse), ainsi que le volume des recettes ou dépenses publiques que l'État génère en mettant en œuvre chaque instrument (ordonnée). [figure 12.20]

## RT.4 Politiques d'atténuation et institutions

Comme le laisse constater la section précédente, depuis la parution du RE4, les études portant sur les profils d'évolution de l'atténuation ont commencé à examiner en détails l'éventail de facteurs concrets — contraintes institutionnelles et politiques, incertitudes associées aux risques liés au changement climatique, disponibilité des technologies et autres — qui influent sur les types de politiques et de mesures adoptées. Ces facteurs ont une incidence non négligeable sur la concep-

tion, le coût et l'efficacité des mesures d'atténuation retenues. Dans la présente section, nous mettons l'accent sur la façon dont les pouvoirs publics et d'autres parties prenantes des secteurs privé et public s'emploient à élaborer, à mettre en œuvre et à évaluer les politiques d'atténuation. Nous présentons une analyse «normative» visant à définir la manière dont les politiques devraient être conçues pour répondre à des critères particuliers, ainsi qu'une analyse «descriptive» ayant pour but de décrire la façon dont ces politiques sont conçues et mises en œuvre en conditions réelles. Nous nous employons dans un premier temps à caractériser les enjeux conceptuels fondamentaux, avant de présenter un résumé des principales conclusions du Groupe de travail III

du RE5 sur les politiques locales, nationales et sectorielles. La plupart des études stratégiques pratiques réalisées depuis la parution du RE4 l'ont été dans ces contextes. Nous passons ensuite à des niveaux d'agrégation de plus en plus élevés pour conclure enfin par une analyse du contexte mondial et des questions transversales relatives aux investissements et aux finances

### RT.4.1 Conception des politiques, comportement et économie politique

L'évaluation des politiques peut s'appuyer sur de nombreux critères, dont quatre sont le plus fréquemment retenus [3.7.1, 13.2.2, 15.4.1]:

- L'efficacité environnementale — Mesure dans laquelle les politiques sont parvenues à atteindre les objectifs fixés de réduction des émissions ou d'atténuation des autres pressions exercées sur l'environnement, ou d'améliorer la qualité de l'environnement.
- L'efficacité économique — Incidence des politiques sur l'économie globale. Ce critère englobe la notion d'efficacité économique, c'est-à-dire de l'optimisation des avantages économiques nets. Le bien-être économique englobe également le concept de la justification économique, c'est-à-dire de l'atteinte d'un niveau donné de performance environnementale au coût global le plus bas possible.
- Les impacts distributifs et sociaux — Aussi connu sous le nom d'«équité distributive», ce critère a trait à la répartition, au fil du temps, des coûts et des avantages des diverses politiques entre les divers groupes et secteurs économiques. Il met souvent l'accent sur les répercussions subies par les membres les moins nantis de la société, à l'échelle nationale et mondiale.
- La faisabilité institutionnelle et politique — Mesure dans laquelle les politiques peuvent être mises en œuvre à la lumière des moyens institutionnels disponibles, des obstacles politiques auxquels font face les pouvoirs publics, et d'autres facteurs ayant une incidence déterminante sur la viabilité des politiques.

Tous ces critères peuvent servir à l'évaluation des incidences «statiques» immédiates des politiques, ainsi qu'à l'évaluation des perspectives «dynamiques» à long terme qui prend en compte les nombreux ajustements apportés aux systèmes économiques, sociaux et politiques. Ils peuvent être complémentaires, mais il arrive que leur application engendre des conflits et nécessite des arbitrages. Par exemple, certaines politiques conçues pour satisfaire en priorité à des impératifs d'efficacité environnementale ou de performance économique risquent de ne pas répondre aussi bien aux autres critères. Des compromis devront être faits dans de tels cas à divers niveaux des systèmes publics. Par exemple, il pourrait s'avérer nécessaire d'assouplir certaines dispositions des accords internationaux pour les rendre plus acceptables à un large éventail de pays, mais une souplesse excessive risquera de décourager l'investissement dans des solutions plus rentables à long terme.

**Les décideurs peuvent recourir simultanément à plusieurs instruments politiques.** La théorie peut fournir un certain éclairage sur les avantages et inconvénients normatifs des divers instruments envisageables en s'appuyant sur les critères énumérés plus haut. Au nombre de ces instruments politiques, on peut mentionner [3.8, 15.3]:

- les incitations économiques, y compris les mesures fiscales, les quotas négociables, les amendes et les subventions;
- les approches réglementaires directes — par exemple, les normes relatives aux technologies ou aux performances;
- les programmes d'information — par exemple, les programmes d'étiquetage et les audits énergétiques;
- l'intervention de l'État — par exemple, introduction de nouvelles technologies ou mise sur pied d'entreprises publiques;
- les actions volontaires entreprises par l'État, les entreprises ou les organisations non gouvernementales (ONG).

Depuis la parution du RE4, les recherches portant sur ces différents instruments se sont multipliées, la plupart s'appuyant sur les enseignements tirés de l'adoption de diverses politiques au sein de secteurs ou de pays particuliers et de l'observation des interactions nombreuses entre ces politiques. Ces recherches ont en particulier permis de constater que les accords internationaux de coordination des interventions reflètent les aspects pratiques des choix politiques particuliers des administrations publiques nationales ou autres.

**La diversité des objectifs et des instruments politiques met en évidence les différents modes d'organisation économique et politique des pays et des secteurs ainsi que les multiples niveaux possibles d'atténuation.** Depuis la parution du RE4, les recherches réalisées dans ce domaine ont en particulier donné à conclure que le succès des mesures d'atténuation dépend en partie de l'existence d'institutions capables de concevoir et de mettre en œuvre des mesures réglementaires, ainsi que de la volonté des publics respectifs de les accepter. Beaucoup de politiques influent, de façon parfois inattendue, sur de multiples niveaux de l'administration publique — municipale, régionale ou nationale. Leurs effets économiques et les options technologiques envisageables ne sont pas limités à une seule sphère de compétence. [13.2.2.3, 14.1.3, 15.2, 15.9]

**Les interactions entre les instruments politiques peuvent être propices ou nuisibles au bien-être des populations.** Les chances de bénéficier d'interactions positives sont particulièrement élevées lorsque les instruments politiques permettent de corriger un éventail de défaillances des marchés — par exemple, une subvention ou un autre instrument visant à stimuler l'investissement dans la R&D sur les technologies produisant moins d'émissions peuvent servir de compléments utiles aux politiques de lutte contre les émissions, à l'instar des mesures réglementaires visant à améliorer le rendement énergétique dans les secteurs d'utilisation finale. En revanche, le risque d'interactions négatives est particulièrement grand lorsque plusieurs politiques sont conçues pour atteindre les mêmes objectifs. Les politiques très ciblées — par exemple, celles qui, au détriment de la R&D,

soutiennent le déploiement de techniques énergétiques particulières et interviennent en parallèle avec des politiques plus larges de réduction des émissions s'appliquant à l'ensemble de l'économie (par exemple, un système d'échange de quotas d'émissions) risquent d'orienter l'effort d'atténuation vers des secteurs particuliers de l'économie d'une manière qui engendrera typiquement une hausse des coûts globaux. [3.8.6, 15.7, 15.8]

**Les pays sont de plus en plus nombreux à élaborer des politiques d'adaptation en sus des politiques d'atténuation, et il pourrait s'avérer avantageux d'intégrer les deux approches dans un cadre stratégique commun** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence faible*). Cependant, les points de vue divergent sur la question de savoir si l'ajout des mesures d'adaptation aux mesures d'atténuation dans le cadre stratégique encourage ou décourage la participation à des programmes internationaux de coopération [1.4.5, 13.3.3]. Il est reconnu qu'une approche intégrée peut être utile puisqu'elle offre à la fois des occasions de synergie et de compromis [16.6].

**Les activités d'élaboration, de mise en œuvre et d'évaluation des politiques ont traditionnellement été l'apanage des autorités publiques. Cependant, de nouvelles études ont commencé à mettre en évidence des situations où les autorités se réservent plutôt un rôle de coordination** (*degré de confiance moyen*). Dans de tels cas, les autorités publiques s'emploient elles-mêmes à promouvoir les approches volontaires, en particulier lorsque les formes traditionnelles de réglementation sont jugées inadéquates ou lorsque les meilleurs choix d'instruments et d'objectifs politiques restent incertains. Mentionnons à titre d'exemple les programmes volontaires qui permettent aux particuliers et aux entreprises d'acheter des crédits d'émissions afin de compenser les émissions dues à leurs propres activités — par exemple, leurs déplacements en avion ou en voiture. Depuis la parution du RE4, on assiste à la publication de nombreux documents proposant des analyses descriptives et normatives de ce type de programmes. [13.12, 15.5.7]

**Le succès de ces politiques dépend de nombreux facteurs liés au comportement humain et institutionnel** (*niveau de confiance très élevé*). Une des difficultés de la conception d'instruments efficaces découle du fait que les activités sur lesquelles la politique est censée influencer — par exemple, le choix des technologies énergétiques et des vecteurs, et un large éventail de pratiques agricoles et forestières — subissent également l'influence des normes sociales, des règles de prise de décision, des biais comportementaux et des processus institutionnels [2.4, 3.10]. On connaît des exemples d'instruments politiques rendus plus efficaces grâce à la prise en compte de ces facteurs — par exemple, mécanismes financiers encourageant les ménages à investir dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, éliminant ainsi la nécessité de recourir à des investissements en amont [2.4, 2.6.5.3]. Par ailleurs, les normes qui servent à mesurer le niveau d'acceptabilité des pratiques pourraient avoir une incidence profonde sur les niveaux de référence à l'aune desquels les mesures d'interven-

tion sont évaluées, en relevant ou en réduisant le niveau requis de ces interventions [1.2.4, 4.3, 6.5.2].

**Les politiques climatiques peuvent encourager l'investissement qui, autrement, pourrait rester insuffisant à cause des imperfections du marché** (*degré de confiance très élevé*). Nombre des options de promotion de l'efficacité énergétique et des mesures propices aux sources d'énergie sobres en carbone requièrent des investissements initiaux élevés auxquels viennent s'ajouter des primes de risque liées à la mise en place des nouvelles technologies. Les risques comprennent ceux liés aux conditions futures du marché, aux mesures réglementaires, à l'acceptation par le public, et au coût et à la performance des diverses technologies. Il existe des sources de financement conçues spécialement pour atténuer ces risques pour les intervenants privés — par exemple, l'assurance-crédit, les tarifs d'alimentation, les financements conditionnels ou les réductions [16.4]. D'autres politiques d'atténuation peuvent également incorporer des éléments visant à réduire les risques — par exemple, systèmes d'échange de quotas d'émissions incluant un plancher et un plafond de prix. [2.6.5, 15.5, 15.6]

## RT.4.2 Politiques sectorielles et nationales

**Depuis la parution du RE4, le nombre de plans et de stratégies d'atténuation nationaux et infranationaux a considérablement augmenté** (figure RT.36). Dans de nombreux pays, les plans et stratégies n'en sont qu'aux premiers stades de l'élaboration ou de la mise en œuvre, aussi se révèle-t-il difficile de déterminer dans quelle mesure et de quelle manière ils pourront conduire à des changements institutionnels et politiques appropriés, et quelles incidences ils auront sur les émissions futures de GES. Cependant, ces politiques n'ont pas permis jusqu'à maintenant dans leur ensemble de réduire de façon sensible les émissions de GES par rapport aux tendances passées. Les théories du changement institutionnel donnent à penser qu'elles pourraient guider l'élaboration des mesures d'incitation, et influencer sur le contexte et les paradigmes politiques d'une façon qui encouragera les réductions des émissions de GES à l'avenir [15.1, 15.2]. Cependant, beaucoup de scénarios de référence (par exemple, ceux dans lesquels aucun effort d'atténuation supplémentaire n'est déployé) laissent constater des concentrations supérieures à 1 000 ppm  $\text{eqCO}_2$  d'ici 2100, c'est-à-dire très supérieures au seuil en-deçà duquel il est jugé probable qu'une hausse de température de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels ne sera pas dépassée au cours du présent siècle. Les scénarios d'atténuation donnent à penser qu'un grand nombre de politiques efficaces permettraient d'atteindre un tel but [6.3]. En pratique, les stratégies climatiques et les politiques qui en découlent dépendent d'un certain nombre de facteurs liés à l'économie politique, de considérations sectorielles et des possibilités de co-avantages. Beaucoup de pays ont aussi travaillé activement à la mise en œuvre de politiques d'atténuation à l'échelon national et local. [15.2, 15.5, 15.8]

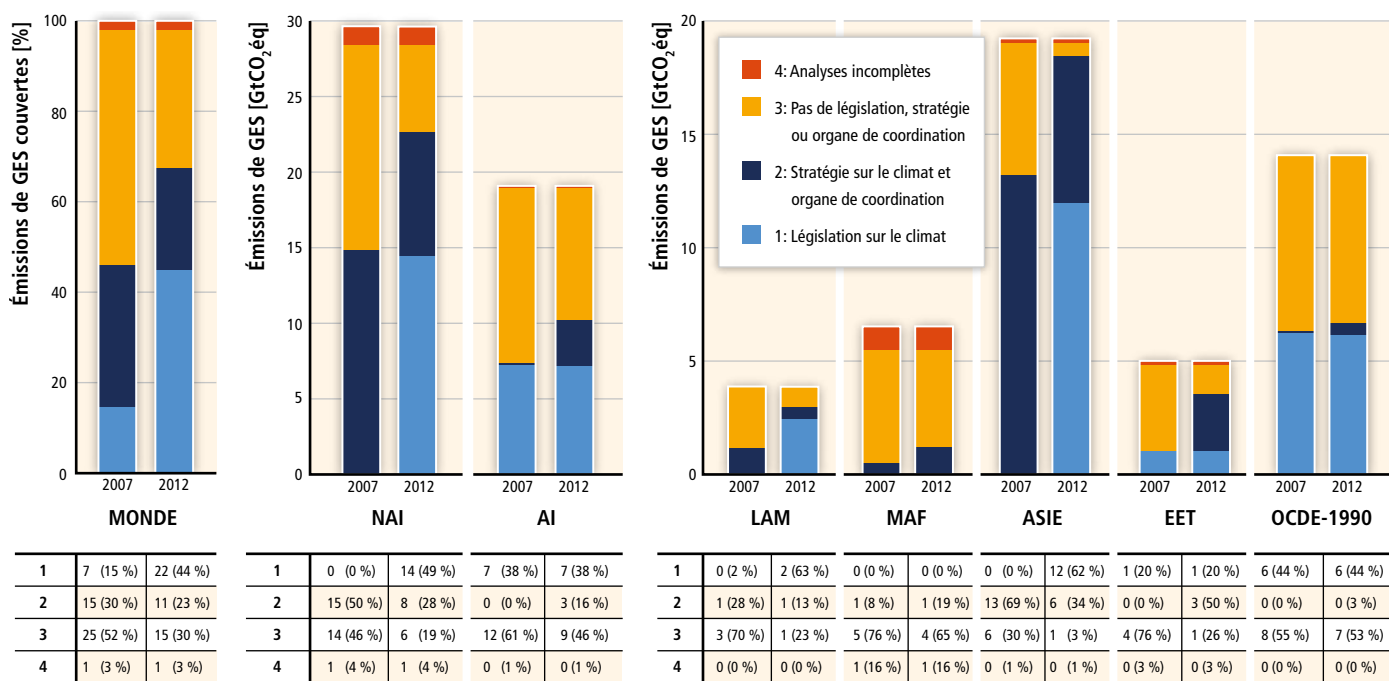
**Depuis la parution du RE4, les co-avantages et les effets secondaires indésirables des politiques climatiques sur les autres**

objectifs (et vice versa) attirent de plus en plus l'attention tant dans la sphère politique que scientifique, et on met donc davantage l'accent sur des politiques visant à intégrer de multiples objectifs (*niveau de confiance élevé*). Il est souvent explicitement fait état des co-avantages que présentent les plans et stratégies climatiques et sectoriels, ce qui contribue souvent à accroître le soutien politique dont ils peuvent bénéficier [15.2]. Cependant, les fondements analytiques et empiriques permettant de comprendre bon nombre d'effets interactifs — notamment les incidences en matière de bien-être — sont relativement peu étudiés [1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 6.6]. Les co-avantages ont une portée plus grande dans les pays à faible revenu où les politiques complémentaires axées sur la réalisation d'autres objectifs — par exemple, la qualité de l'air — sont souvent déficientes. [5.7, 6.6, 15.2]

**Le cadre institutionnel influe sur le choix et la faisabilité des options politiques ainsi que sur le financement pérenne des mesures d'atténuation.** Les institutions conçues pour encourager la participation des représentants des nouvelles industries et technologies peuvent faciliter la transition à des profils d'émissions à plus faibles émissions de GES [15.2, 15.6]. Les politiques varient quant au degré de capacités institutionnelles qu'elles requièrent pour leur mise en œuvre. La taxation du carbone peut dans la plupart des cas s'appuyer principalement sur l'infrastructure fiscale existante, et est plus facile à mettre en œuvre du point de vue administratif que plusieurs des autres options comme les systèmes d'échange de quotas d'émissions [15.5]. L'ampleur des innovations institutionnelles requises pour

la mise en œuvre des politiques peut influencer sur le choix des instruments, en particulier dans les pays en développement.

**Il est davantage fait usage de politiques sectorielles que de politiques fondées sur le marché et s'appliquant à l'ensemble de l'économie (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*).** Selon la plupart des théories économiques, les politiques s'appliquant à l'ensemble de l'économie avec comme seul objectif l'atténuation présenteraient un meilleur rapport coût-efficacité que les politiques sectorielles, mais les obstacles administratifs et politiques peuvent rendre les politiques macroéconomiques plus difficiles à concevoir et à mettre en œuvre que des politiques touchant des secteurs en particulier [15.2.3, 15.2.6, 15.5.1]. Certains pays ont adopté des systèmes d'échange de droits d'émission et des taxes sur le carbone pour faire face aux externalités du marché liées aux émissions de GES et ont ainsi contribué à la concrétisation des objectifs sectoriels de réduction des GES (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*) [7.12]. À plus long terme, la tarification des GES peut favoriser l'adoption de technologies énergétiques à faible intensité de GES. Même si des politiques macroéconomiques sont mises en œuvre, il pourrait s'avérer nécessaire d'adopter également des politiques sectorielles pour combler les lacunes du marché à ce niveau. Par exemple, l'adoption d'un code du bâtiment et l'amélioration du rendement énergétique qu'elle suppose peuvent conduire à des investissements privés qui n'auraient pas été consentis en d'autres circonstances [9.10]. Dans le secteur des transports, les politiques de tarification qui augmentent le coût des modes de transport



**Figure RT.36** | Législations et stratégies nationales sur le climat en vigueur en 2007 et 2012. Groupes de pays : NAI (pays en développement non visés à l'Annexe I); AI (pays développés visés à l'annexe I), LAM (Amérique latine), MAF (Moyen-Orient et Afrique); ASIE; EET (Économies en transition); OCDE-1990; voir annexe II.2 pour plus de détails. La législation sur le climat dont il est question dans ce graphique est une législation axée sur l'atténuation qui va au-delà de la simple action sectorielle. La stratégie sur le climat est un plan ou un cadre non législatif axé sur l'atténuation, englobant plus qu'un petit nombre de secteurs et incluant un organe de coordination chargé de la mise en œuvre. Les engagements internationaux et les plans et stratégies infranationaux ne sont pas inclus. Le graphique de gauche indique la proportion des émissions de GES couvertes par les législations et les stratégies. [figure 15.1]

privé énergivores sont plus efficaces lorsqu'elles peuvent s'appuyer sur des investissements publics en faveur de solutions de recharge viables [8.10]. Le tableau RT.9 présente un éventail de politiques sectorielles qui ont été effectivement mises en pratique. [15.1, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

**Certains pays ont mis en œuvre des taxes sur le carbone qui, parallèlement aux mesures technologiques et autres, ont contribué à dissocier les émissions de GES du PIB** (*degré de confiance élevé*). La différenciation par secteur, passablement courante, a pour effet de réduire la rentabilité attribuable aux changements de méthodes de production, aux habitudes de consommation, à l'évolution du mode de vie et aux progrès technologiques, mais elle risque en revanche d'accroître la faisabilité politique ou d'être jugée préférable pour des raisons de compétitivité ou d'équité distributive. Dans certains pays, les taxes élevées imposées sur le carbone et les carburants sont devenues politiquement acceptables grâce à des mesures de soutien du revenu ou de réduction d'autres taxes instaurées dans le cadre d'une réforme budgétaire axée sur l'environnement. Les politiques d'atténuation qui augmentent les recettes de l'État (par exemple, permis d'émission mis aux enchères dans le cadre d'un système d'échange de quotas, ou taxes sur les émissions) ont généralement des coûts sociaux inférieurs aux approches qui ne le font pas, mais tout dépend de la façon dont les recettes sont utilisées [3.6.3]. [15.2, 15.5.2, 15.5.3]

**Les taxes sur les carburants constituent un exemple de politique sectorielle. Elles sont souvent mise en place au départ pour augmenter les recettes publiques, et ne sont donc pas nécessairement conçues à des fins d'atténuation** (*degré de confiance élevé*). En Europe, où les taxes sur le carburant sont les plus élevées, elles ont contribué à réduire les émissions de carbone du secteur des transports d'environ 50 % pour ce groupe de pays. La réaction à court terme à une hausse du prix des carburants est souvent limitée, mais l'élasticité des prix à plus long terme est passablement élevée, atteignant environ -0,6 à -0,8. Cela signifie qu'à long terme, une hausse de 10 % du prix des carburants correspondra à une réduction de 7 % de la consommation de carburant et des émissions. Dans le secteur des transports, les taxes présentent l'avantage d'être progressives ou neutres dans la plupart des pays, et fortement progressives dans les pays à faible revenu. [15.5.2]

**Des systèmes d'échange de quotas d'émissions de GES sont en voie d'être mis en place dans un nombre croissant de pays et régions.** Leurs effets environnementaux sont jusqu'à ce jour restés limités parce que les quotas ne sont pas appliqués rigoureusement ou ne sont toujours pas contraignants (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Il semble qu'on se soit efforcé, dans l'attribution des permis, de dégager une solution de compromis entre la faisabilité politique et l'efficacité environnementale de ces programmes, ainsi qu'entre la faisabilité politique et l'équité distributive. Il serait peut-être possible de combiner une plus grande efficacité environnementale fondée sur l'application de quotas plus rigoureux à un système de plafonnement des prix qui améliorerait la faisabilité politique. [14.4.2, 15.5.3]

**Divers facteurs ont contribué à réduire le prix des permis du système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne en deçà des niveaux anticipés, ce qui a réduit les investissements en faveur de l'atténuation** (*degré de confiance élevé*). Bien que l'Union européenne ait démontré la faisabilité d'un système transfrontalier d'échange de droits d'émissions, le bas prix des permis du système pratiqué ces récentes années n'a pas été de nature à encourager les nouveaux investissements en faveur de l'atténuation. Cette situation découle de la gravité et de la durée inattendues de la récession économique, de l'incertitude qui entoure les cibles de réduction à long terme des émissions de GES, de l'importation de crédits du mécanisme pour un développement propre (MDP) et de l'interaction avec d'autres instruments politiques, notamment ceux liés au développement de l'utilisation des énergies renouvelables et à la réglementation concernant l'efficacité énergétique. Il s'est avéré politiquement difficile de corriger ce problème en retirant temporairement les permis d'émissions, en resserrant les quotas ou en fixant des objectifs d'atténuation à long terme. [14.4.2]

**Le cumul des politiques d'atténuation ne permet pas nécessairement d'améliorer l'atténuation.** Par exemple, si un système d'échange de quotas met en place un plafond suffisamment contraignant, l'adoption d'autres politiques telles que les subventions aux énergies renouvelables n'aura plus d'effets sur la réduction des émissions totales de GES (bien que de telles politiques puissent influencer sur les coûts, et éventuellement sur la viabilité de plafonds encore plus stricts à l'avenir). L'imposition d'un plafond moins strict comparativement aux dispositions des autres politiques rendra le système d'échange de quotas inefficace. C'est là un exemple d'une interaction négative entre les instruments d'action. Comme il n'est pas possible d'«ajouter» d'autres politiques à un système d'échange de quotas, il conviendra de définir un plafond assez contraignant pour atteindre les objectifs particuliers visés. Une taxe sur le carbone, en revanche, peut avoir un effet additionnel sur l'environnement par rapport à des politiques telles que des subventions pour la fourniture d'énergie renouvelable. [15.7]

**La réduction des subventions en faveur des énergies fossiles peut conduire à des réductions importantes des émissions à un coût social négatif** (*degré de confiance très élevé*). Bien que les barrières économiques nationales soient de taille, beaucoup de pays ont réformé leur régime fiscal et leur budget pour réduire les subventions aux combustibles, qui bénéficient en réalité aux segments relativement plus riches de la population, et les remplacer par des transferts d'argent forfaitaires ou par d'autres mécanismes ciblant les pauvres. [15.5.3]

**Les approches réglementaires directes et les mesures d'information sont largement utilisées et souvent efficaces du point de vue de l'environnement, bien que leur incidence véritable sur l'environnement et leur rapport coût-efficacité reste matière à débat** (*degré de confiance moyen*). Les normes de rendement énergétique sont des exemples d'approches réglementaires. Les programmes d'étiquetage qui peuvent aider les consommateurs à prendre des

Tableau RT.9 | Instruments de politique sectorielle. Résumé des instruments de politique d'atténuation examinés dans les chapitres 7 à 12. [Tableau 15.2]

Instruments de politique	Énergie [7.12]	Transports [8.10]	Bâtiment [9.10]	Industrie [10.11]	AFAT [11.10]	Établissements humains et infrastructures
<b>Instruments économiques —taxes (les taxes carbone peuvent s'appliquer à l'ensemble de l'économie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxes carbone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxes sur les carburants</li> <li>Péages urbains, frais d'enregistrement des véhicules, péages routiers</li> <li>Taxes sur les véhicules</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxe carbone ou taxes sur l'énergie (sectorielles ou applicables à l'ensemble de l'économie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxe carbone ou taxes sur l'énergie</li> <li>Taxes ou frais pour l'élimination des déchets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxes sur les engrais ou sur l'azote pour réduire les émissions d'oxyde nitreux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxes sur l'étalement urbain, taxes d'impact, frais excessifs, taxes foncières à taux fractionnés, financement par de nouvelles taxes foncières, taxes de valorisation foncière, péages urbains</li> </ul>
<b>Instruments économiques —crédits négociables (peuvent s'appliquer à l'ensemble de l'économie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échange de droits d'émissions (EU ETS, etc.)</li> <li>Crédits d'émissions du Mécanisme pour un développement propre (MDP)</li> <li>Certificats verts négociables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normes sur les carburants et les véhicules</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Certificats négociables pour l'amélioration du rendement énergétique (certificats blancs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échange de droits d'émissions</li> <li>Crédits d'émissions du MDP</li> <li>Certificats verts négociables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crédits d'émissions au titre du Mécanisme de développement propre établi dans le cadre du Protocole de Kyoto</li> <li>Programmes de conformité hors Protocole de Kyoto (nationaux)</li> <li>Marchés volontaires du carbone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmes de plafonnement des émissions et d'échange des droits d'émission l'échelle urbaine</li> </ul>
<b>Instruments économiques — subventions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppression des subventions aux combustibles fossiles</li> <li>Tarifs de distribution pour l'énergie renouvelable</li> <li>Subventions et assurances pour les dispositifs de captage et de stockage du CO<sub>2</sub> (CSC) de première génération</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subventions aux biocarburants</li> <li>Subventions à l'achat de véhicules</li> <li>Taxation avec remise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subventions ou exemptions fiscales pour l'investissement dans les bâtiments, les travaux de transformation et les produits sobres en énergie</li> <li>Prêts subventionnés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subventions (p. ex., pour les audits énergétiques)</li> <li>Incitations fiscales (p. ex., pour substitution de combustible)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lignes de crédit pour l'agriculture sobre en carbone ou la gestion durable des forêts.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Districts voués à des travaux spéciaux d'amélioration ou de remise en état</li> </ul>
<b>Approches réglementaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normes d'efficacité ou de performance environnementale</li> <li>Normes relatives aux sources d'énergie renouvelable</li> <li>Accès équitable au réseau électrique</li> <li>Statut juridique des installations de stockage à long terme du CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normes relatives à la consommation de carburant</li> <li>Normes relatives à la qualité du carburant</li> <li>Normes relatives aux émissions de GES</li> <li>Contraintes réglementaires pour encourager les transferts modaux (passage du transport routier au transport ferroviaire)</li> <li>Restrictions de circulation de véhicules dans certaines zones</li> <li>Limites de capacité environnementale imposées aux aéroports</li> <li>Planification urbaine et zonage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Codes et normes du bâtiment</li> <li>Normes concernant les équipements et les appareils</li> <li>Obligation faite aux détaillants d'aider leurs clients à investir dans les sources d'énergie efficaces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normes d'efficacité énergétique pour les équipements</li> <li>Systèmes de gestion de l'énergie (aussi actions volontaires)</li> <li>Accords volontaires (liés à la réglementation)</li> <li>Règlements sur l'étiquetage et les acquisitions publiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Politiques nationales à l'appui de REDD+, y compris sur le suivi, la notification et la vérification</li> <li>Lois pour réduire le déboisement</li> <li>Lutte contre la pollution de l'air et de l'eau, surveillance des précurseurs de GES</li> <li>Planification et gouvernance de l'utilisation des terres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonage mixte</li> <li>Contraintes à l'aménagement</li> <li>Exigences concernant la construction de logements abordables</li> <li>Réglementation de l'accès aux sites</li> <li>Cession des droits d'exploitation</li> <li>Normes de conception</li> <li>Codes du bâtiment</li> <li>Codes de la voirie</li> <li>Normes de conception</li> </ul>
<b>Programmes d'information</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Étiquetage relatif aux carburants</li> <li>Étiquetage relatif à l'efficacité énergétique des véhicules</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Audits énergétiques</li> <li>Programmes d'étiquetage</li> <li>Programmes de conseils en matière d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Audits énergétiques</li> <li>Étalonnage</li> <li>Médiation pour la coopération industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes de certification des pratiques d'exploitation forestière durables</li> <li>Politiques d'information à l'appui de la REDD+, y compris pour le suivi, la notification et la vérification</li> </ul>	
<b>Fourniture de biens ou de services par l'État</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche et développement</li> <li>Expansion des infrastructures (climatisation / chauffage urbains ou exploitant public)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement dans le transport commun et les modes de transport non motorisés</li> <li>Investissement dans les infrastructures de combustibles de rechange</li> <li>Achat de véhicules à faibles émissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisitions publiques de bâtiments et d'appareils sobres en énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation et éducation</li> <li>Médiation pour la coopération industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection des forêts nationales, domaniales et locales.</li> <li>Investissement dans l'amélioration et la diffusion de technologies novatrices en agriculture et en foresterie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction d'infrastructures de services publics —distribution d'électricité, climatisation/ chauffage urbains, réseaux d'égouts, etc.</li> <li>Amélioration des parcs</li> <li>Amélioration des sentiers pédestres</li> <li>Transport ferroviaire urbain</li> </ul>
<b>Actions volontaires</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Programmes d'étiquetage pour bâtiments à haut rendement énergétique</li> <li>Éco-étiquetage des produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accords volontaires sur les cibles énergétiques, l'adoption de systèmes de gestion de l'énergie ou l'utilisation efficace des ressources</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promotion de la durabilité par l'élaboration de normes et de campagnes de sensibilisation</li> </ul>	

décisions plus éclairées sont des exemples de programmes d'information. Bien que ce type d'approche présente un avantage social net, on observe dans la documentation scientifique un certain clivage au sujet de la mesure dans laquelle de telles politiques peuvent être mises en œuvre avec des coûts privés négatifs (voir encadré RT.12) pour les entreprises et les particuliers [3.9.3, 15.5.5, 15.5.6]. Depuis la parution du RE4, les recherches se sont poursuivies sur les «effets rebond» (voir encadré RT.13) qui peuvent se produire lorsqu'une plus grande efficacité conduit à une baisse des prix de l'énergie et à une hausse de la consommation. Il est généralement admis que de tels effets se produisent, mais on relève un degré de cohérence faible au sujet de leur ampleur dans la documentation scientifique [3.9.5, 5.7.2, 15.5.4].

**Les politiques technologiques ont un rôle évident à jouer en complétant les autres politiques d'atténuation** (*degré de confiance élevé*). Lorsqu'elles sont correctement mises en œuvre, elles peuvent réduire le coût de la réalisation d'un objectif environnemental donné. Elles s'avèrent particulièrement efficaces lorsque l'effet de stimulation par la technologie (p. ex., R&D soutenus par des fonds publics) et l'effet d'induction par la demande (p. ex., marchés publics ou réglementation sur la performance) peuvent être utilisés de concert. Cependant, bien que ces deux effets soient nécessaires, ils ne seront

vraisemblablement pas suffisants sans la réalisation préalable de certaines conditions de base. La gestion des enjeux sociaux ou des changements apportés aux politiques technologiques pourrait requérir des changements dans la conception des politiques et des institutions, et notamment la mise en place de politiques intégrées faisant un usage complémentaire des incitatifs du marché, de l'intervention des autorités publiques et des normes (*degré de confiance moyen*). Depuis la parution du RE4, plusieurs pays et entités infranationales ont adopté des politiques de promotion des énergies renouvelables comme les tarifs de distribution et les normes relatives à l'éventail des énergies renouvelables. Ces politiques ont favorisé l'élaboration et la diffusion des nouvelles technologies énergétiques telles que les éoliennes et les cellules photovoltaïques, mais elles ont soulevé des questions quant à leur efficacité économique, et créé de nouveaux défis concernant l'intégration des réseaux et des marchés. [2.6.5, 7.12, 15.6.5]

**Les investissements consentis à l'échelle mondiale dans la recherche à l'appui de l'atténuation sont limités comparativement au total des sommes consacrées à la recherche publique** (*degré de confiance moyen*). L'aide à la recherche sera la plus efficace si elle progresse lentement et régulièrement, plutôt que par bonds erratiques. Il est important que les activités de collecte des données requises

RT

### Encadré RT.13 | L'effet rebond peut réduire les économies d'énergie réalisées grâce aux améliorations technologiques

Les améliorations technologiques de l'efficacité énergétique (EE) ont une incidence directe sur la consommation d'énergie et sur les émissions de GES, mais elles peuvent donner lieu à d'autres changements touchant la consommation, la production et les prix qui influenceront eux aussi à leur tour sur les émissions de GES. On donne en général à ce phénomène le nom de «rebond» puisqu'il diminue la réduction nette de consommation d'énergie ou d'émissions de GES rendue possible au départ par l'amélioration technologique. L'ampleur de l'effet rebond prête à controverse, certains articles de recherche laissant conclure qu'il est petit ou nul, tandis que d'autres concluent qu'il neutralise presque totalement les réductions pouvant découler des politiques d'efficacité énergétique. [3.9.5, 5.7.2]

L'effet rebond peut être subdivisé en trois parties distinctes : l'effet de substitution, l'effet de revenu et l'effet sur l'économie générale [3.9.5]. En ce qui a trait à la consommation finale, l'effet de substitution, ou effet rebond direct, laisse supposer que le consommateur utilisera davantage un dispositif moins énergivore puisque cela lui coûtera moins cher. L'effet de revenu, ou effet rebond indirect, se produit lorsqu'une plus grande efficacité énergétique rend le consommateur plus riche et l'incite ainsi à consommer d'autres produits qui nécessitent une dépense d'énergie. L'effet sur l'éco-

nomie générale se rapporte aux impacts observables au-delà du comportement du bénéficiaire direct d'une efficacité énergétique améliorée — par exemple, les impacts sur le prix de l'énergie.

Les effets rebond analogues des améliorations de l'efficacité énergétique dans le secteur de la production prennent la forme d'un effet de substitution en faveur d'un intrant à efficacité énergétique améliorée ou de produits de consommation, lorsque l'amélioration apportée influe sur les prix relatifs des produits, ou d'un effet de revenu lorsque l'amélioration apportée réduit les coûts de production et crée plus de richesse.

L'effet rebond est parfois confondu avec le concept du transfert d'émissions de carbone, souvent utilisé pour décrire la tendance des activités économiques à forte intensité d'émissions à se déplacer d'une région limitant les émissions de GES (ou d'autres polluants) à une région où les restrictions sont moins importantes ou inexistantes [5.4.1, 14.4]. L'effet rebond de l'efficacité énergétique peut se produire indépendamment de la portée géographique de la politique adoptée. Cependant, comme dans le cas du transfert d'émissions, le risque d'un rebond important illustre l'importance de prendre en considération la somme des effets positifs et négatifs d'une politique d'atténuation [3.9.5, 15.5.4].



pour l'évaluation des programmes soient intégrées dans les programmes de politiques technologiques, étant donné les limites actuelles des éléments empiriques concernant l'efficacité relative des différents mécanismes de promotion de la conception, de l'innovation et de la diffusion de la technologie. [15.6.2, 15.6.5]

**L'intervention de l'État dans la planification et l'exécution des projets peut faciliter la transition vers des infrastructures et des modes de vie plus avarés en énergie et produisant moins d'émissions** (*degré de confiance élevé*), en particulier lorsque les coûts de mise à disposition d'infrastructures sont indivisibles, comme dans le secteur énergétique [7.6] (par exemple, réseaux de transmission et de distribution d'électricité ou réseaux de chauffage urbain), dans le secteur des transports [8.4] (par exemple, transport non motorisé ou transport public) et dans le secteur de la planification urbaine [12.5]. La mise à disposition d'infrastructures adéquates est importante pour promouvoir les changements de comportement [15.5.6].

**Les accords volontaires fructueux sur l'atténuation conclus entre les autorités publiques et les industries se caractérisent par un cadre institutionnel solide et la participation d'associations professionnelles compétentes** (*degré de confiance moyen*). Les principaux atouts des accords volontaires sont la rapidité et la souplesse d'exécution des mesures, et leur efficacité à lever les obstacles qui s'opposent à l'efficacité énergétique et aux technologies à faible intensité d'émissions. La menace d'un recours à la réglementation, même si elle n'est pas toujours explicite, joue aussi un rôle important dans la motivation des entreprises. À défaut de l'instauration d'un cadre institutionnel, les incidences sur l'environnement seront limitées. [15.5.7]

### RT.4.3 Développement et coopération régionale

**La coopération régionale offre d'importantes possibilités d'atténuation en raison de la proximité géographique, du partage des infrastructures et des cadres stratégiques qu'elle suppose, des échanges commerciaux et des investissements transfrontaliers que chaque pays aurait du mal à réaliser seul** (*degré de confiance élevé*). Les politiques de coopération régionale peuvent par exemple porter sur le développement des sources d'énergie renouvelable ou de réseaux d'approvisionnement en gaz naturel, ou sur l'élaboration de politiques coordonnées sur la foresterie. [14.1]

**Parallèlement, il semble y avoir un décalage entre les opportunités et les capacités d'atténuation** (*degré de confiance moyen*). Les régions qui ont la possibilité de sauter des étapes et de choisir un développement économe en carbone sont les régions en développement les plus pauvres, où les effets de blocage risquent peu d'influer sur la mise en place de systèmes énergétiques et de modèles d'urbanisation modernes. En revanche, ces régions sont aussi celles qui, en

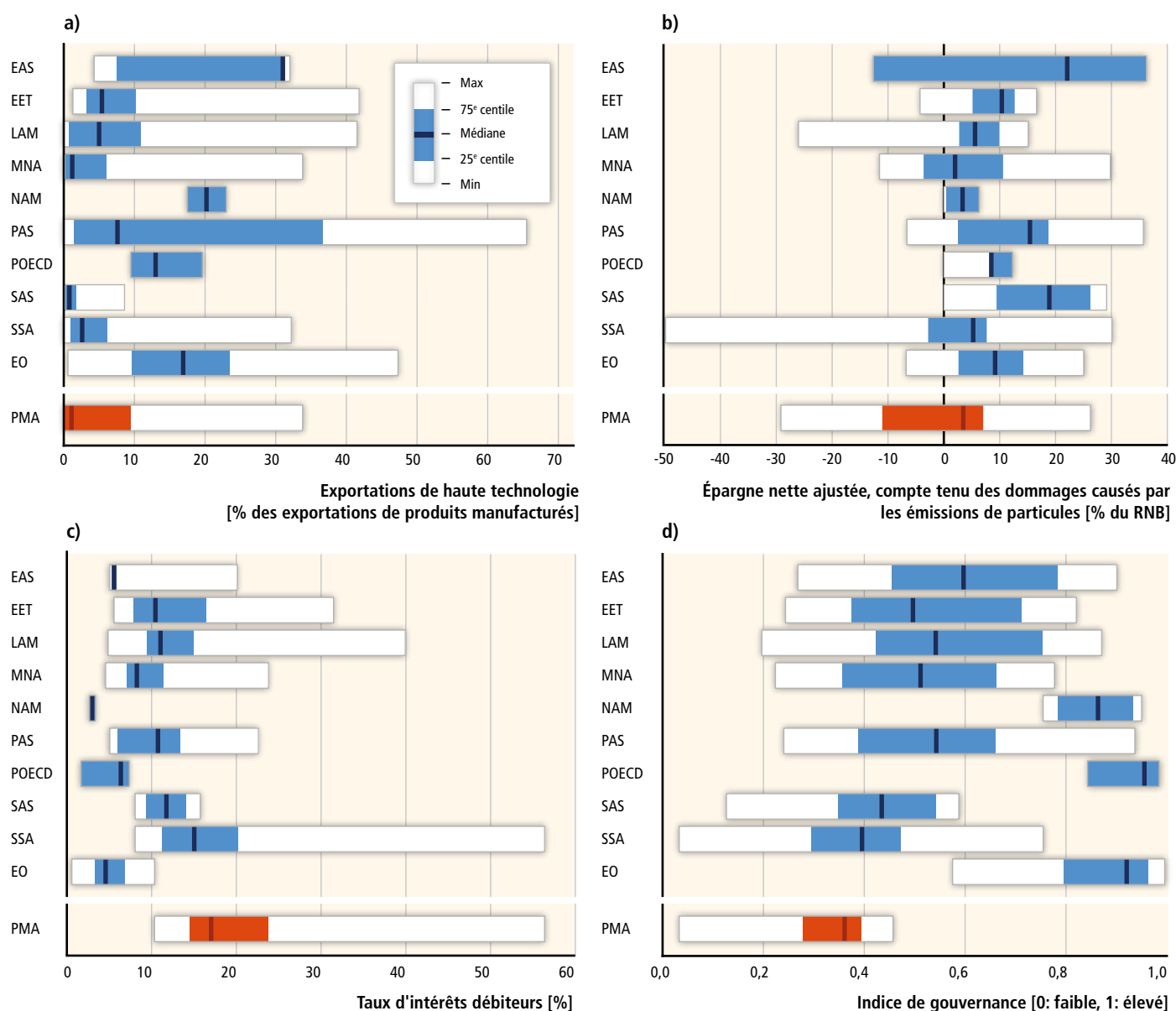
raison de capacités financières, technologiques et institutionnelles limitées, sont les moins en mesure de s'orienter vers un mode de développement sobre en carbone (figure RT.37), et pour lesquelles le coût d'option de l'attente est élevé en raison des besoins non satisfaits en matière d'énergie et de développement. Les économies émergentes subissent déjà plus d'effets de blocage, mais la construction rapide de systèmes énergétiques et d'agglomérations urbaines modernes leur offre toujours des possibilités non négligeables de développement sobre en carbone. Elles sont mieux équipées pour lancer une stratégie de développement à faible intensité de carbone, bien qu'elles soient aussi confrontées à des obstacles de nature financière et technologique, ainsi qu'au coût élevé de tout retard dans l'installation de nouvelles capacités énergétiques. Enfin, les économies industrialisées sont celles qui sont aux prises avec les blocages les plus considérables, mais elles sont en revanche les mieux équipées pour rendre leurs systèmes énergétiques, leurs réseaux de transport et leurs modèles d'urbanisation plus sobres en carbone. [14.1.3, 14.3.2]

**La coopération régionale n'a jusqu'à maintenant eu qu'un effet (positif) limité sur l'atténuation** (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence élevé*). Elle pourrait néanmoins jouer un rôle plus important dans la promotion des mesures d'atténuation à l'avenir, en particulier si elle intègre implicitement les objectifs d'atténuation dans les stratégies relatives au commerce, aux infrastructures et à l'énergie, et encourage l'action directe à l'échelle régionale. [14.4.2, 14.5]

**Les études donnent pour la plupart à conclure que les accords de coopération régionale sur l'orientation des politiques climatiques n'ont pas beaucoup contribué à relever les défis de l'atténuation** (*degré de confiance moyen*). Ce problème est dû en grande partie au faible niveau d'intégration régionale et à la réticence des États à confier à des organisations régionales supranationales la tâche de veiller à la mise en œuvre d'accords contraignants sur l'atténuation. [14.4.2, 14.4.3]

**La coopération régionale en matière de climat axée sur la mise en vigueur de dispositions réglementaires contraignantes dans les secteurs fortement intégrés — par exemple, directives européennes sur l'efficacité énergétique, l'énergie renouvelable et les biocarburants — a eu une certaine incidence sur la réalisation des objectifs d'atténuation** (*degré de confiance moyen*). Néanmoins, les modèles théoriques et l'expérience passée donnent à penser qu'on pourrait encore accroître sensiblement le rôle des accords de coopération régionale et des instruments y afférents, y compris les instruments économiques et réglementaires. Il importe dans ce contexte de se pencher sur les problèmes de « fuite de carbone » que posent de telles initiatives régionales et de chercher des moyens de les corriger. [14.4.2, 14.4.1]

**Par ailleurs, les modes de coopération régionale non liée au climat pourraient avoir des incidences importantes sur l'atténuation, même si l'atténuation ne compte pas parmi les**



**Figure RT.37** Indicateurs économiques et indicateurs de gouvernance influant sur les capacités régionales de mise en œuvre de politiques d'atténuation. Groupes de pays: EAS (Asie de l'Est), EET (économies en transition), LAM (Amérique latine), MNA (Moyen-Orient et Afrique du Nord), NAM (Amérique du Nord), POECD (membres océaniques de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) - 1990), PAS (Asie du Sud-Est et Pacifique), SAS (Asie du Sud), SSA (Afrique subsaharienne), EO (Europe occidentale), PMA (pays les moins avancés). Les statistiques se rapportent à l'année 2010 ou à la dernière année pour laquelle on dispose de valeurs chiffrées. Note: le taux d'intérêts débiteurs est le taux d'intérêts moyen exigé par les banques à leurs clients du secteur privé pour les financements à court ou à moyen terme. L'indice de gouvernance est une mesure composite des indicateurs de gouvernance établie à partir de sources diverses, ajustée sur une échelle de 0 à 1 ou 0 représente l'indice de gouvernance le plus faible et 1 l'indice le plus élevé. [Figure 14.2]

**objectifs implicites de cette coopération (degré de confiance moyen).** Les accords de coopération régionale visant des objectifs non climatiques, mais qui peuvent néanmoins influencer sur l'atténuation — par exemple, accords commerciaux, accords de coopération en matière de technologie, d'infrastructures ou d'énergie — n'ont à ce jour eu qu'une incidence négligeable sur l'atténuation. Des effets modestes ont été observés sur les niveaux d'émissions de GES des États parties à des accords commerciaux préférentiels régionaux, lorsque ces accords comportaient des dispositions relatives à la pro-

tection de l'environnement. La création de synergies entre l'adaptation et l'atténuation peut accroître la rentabilité des mesures liées au changement climatique. L'intégration des réseaux de distribution d'électricité et de gaz naturel à l'échelle régionale a aussi eu un impact modeste sur l'atténuation en favorisant une utilisation plus poussée de sources d'énergie renouvelable sobres en carbone; les accords de ce type présentent d'importantes possibilités supplémentaires d'atténuation. [14.4.2]

## RT.4.4 Coopération internationale

L'atténuation du changement climatique est un «problème de bien commun» qui nécessite une coopération internationale, mais depuis la parution du RE4, d'autres études ont mis en lumière un aspect plus complexe et plus multiforme des politiques climatiques (*degré de confiance très élevé*). Deux caractéristiques du changement climatique rendent essentielle la coopération internationale: il s'agit d'un problème de bien commun qui se caractérise par ailleurs par un haut degré d'hétérogénéité quant à l'origine des émissions de GES, aux possibilités d'atténuation, aux incidences et à la capacité d'atténuation et d'adaptation [13.2.1.1]. Les décideurs ont jusqu'à maintenant surtout assimilé la coopération internationale à une entreprise centrée sur la coordination des politiques nationales adoptées en faveur de l'atténuation. Cependant, les législations adoptées récemment laissent deviner l'existence d'un ensemble plus complexe de rapports entre les décisions prises à l'échelle nationale, régionale et mondiale, prenant en compte la multiplicité des objectifs, les co-avantages des politiques et les obstacles qui s'opposent à l'innovation et à la diffusion de la technologie [1.2, 6.6, 15.2]. Un des défis majeurs consiste à mesurer la cohérence de l'action stratégique décentralisée et à déterminer si cette action peut conduire à la mise en œuvre de mesures d'atténuation efficaces et équitables [6.1.2.1, 13.13].

La coopération internationale en matière de changement climatique a connu une plus grande diversification institutionnelle au cours de la dernière décennie (*degré de confiance très élevé*). Une perception d'équité peut faciliter la coopération en améliorant la légitimité d'un accord [3.10, 13.2.2.4]. La CCNUCC demeure un des principaux forums internationaux de négociations sur le climat, mais d'autres institutions ont commencé à intervenir à diverses échelles — mondiale, régionale, nationale et locale [13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]. Cette diversité institutionnelle découle en partie de l'intérêt croissant que suscitent les enjeux du changement climatique dans l'arène politique (développement durable, commerce international et droits de l'homme). Ces liens et d'autres encore créent des opportunités, des co-avantages possibles ou des difficultés qui n'ont toujours pas fait l'objet d'une analyse exhaustive. Ils donnent par ailleurs aux pays l'occasion de faire l'expérience de différents forums de coopération, ce qui risque d'accroître le coût des négociations, et peut-être aussi de détourner l'attention des principaux enjeux de la coopération internationale en matière de climat ou de réduire l'efficacité de cette coopération [13.3, 13.4, 13.5]. Enfin, on a constaté l'apparition de nouvelles institutions transnationales dont l'action climatique n'est pas centrée sur les États souverains (p. ex., partenariats public-privé, projets privés de renforcement de la gouvernance, programmes d'ONG transnationales et projets municipaux). [13.3.1, 13.12]

Les dispositions de coopération internationales existantes et proposées sur le changement climatique présentent divers degrés de centralisation. Comme l'illustre la figure RT.38, l'éven-

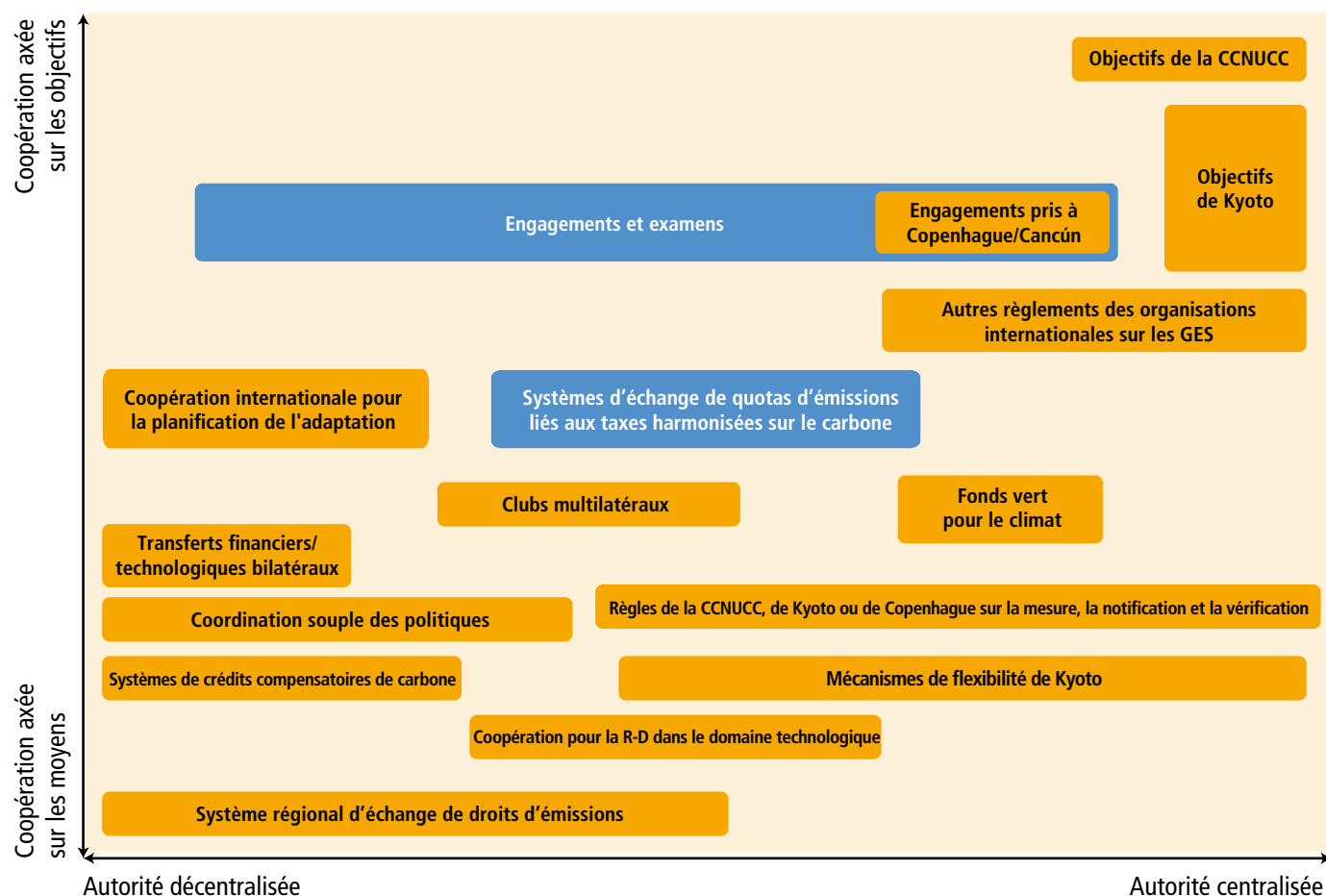
tail des formes possibles de coopération en cette matière s'étend des accord solides (portant par exemple sur les cibles du Protocole de Kyoto) aux politiques nationales harmonisées (par exemple, les engagements pris à Copenhague/Cancún) et aux politiques nationales décentralisées, mais néanmoins coordonnées (par exemple, liens établis entre les systèmes nationaux et infranationaux d'échanges de droits d'émission) [13.4.1, 13.4.3]. Quatre autres caractéristiques propres aux accords internationaux méritent aussi de retenir notre attention: le niveau de contrainte juridique; les buts et objectifs; les mécanismes souples et les formules équitables de partage de l'effort [13.4.2]. Les modes existants et proposés de coopération internationale sont évalués dans le tableau RT.10. [13.13]

À l'heure actuelle, la CCNUCC est le seul traité international de lutte contre le changement climatique jouissant d'une large légitimité, laquelle est due en partie à l'adhésion quasi universelle qu'elle recueille (*degré de confiance élevé*). La CCNUCC continue d'influer sur l'évolution des institutions et des systèmes voués au renforcement de la gouvernance sur les changements climatiques. [13.2.2.4, 13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

Les mesures d'encouragement de la coopération internationale peuvent interagir avec d'autres politiques (*degré de confiance moyen*). Les interactions entre les politiques proposées et existantes, qui peuvent aller à l'encontre du but recherché, rester sans effet ou présenter au contraire des avantages, sont difficiles à prédire et n'ont pas beaucoup retenu l'attention des chercheurs [13.2, 13.13, 15.7.4]. Les études qui ont évalué les accords conclus concernant le changement climatique en s'appuyant sur la théorie des jeux ont laissé constater que les accords auto-exécutoires encouragent et maintiennent la participation et la conformité des parties. L'auto-exécution peut être encouragée par les avantages nationaux tirés des retombées directes de l'application des accords sur le climat, les co-avantages de l'atténuation sur la réalisation d'autres objectifs nationaux, le transfert de la technologie et le financement climatique. [13.3.2]

La levée des incertitudes entourant les coûts et les avantages de l'atténuation peut réduire la volonté des États de prendre des engagements dans les forums de coopération internationale (*degré de confiance moyen*). Dans certains cas, la levée graduelle des incertitudes entourant les coûts et les avantages de l'atténuation peut réduire l'efficacité des accords en décourageant la participation des États [13.3.3, 2.6.4.1]. Par ailleurs, l'incertitude quant à la capacité des politiques mises en œuvre par les États à donner les résultats escomptés peut réduire la volonté des États de s'engager à travailler pour atteindre ces résultats. [2.6.3].

La coopération internationale peut stimuler les investissements publics et privés et l'adoption de mesures d'incitation économique et de réglementation directe propres à promouvoir l'innovation technologique (*degré de confiance moyen*). Les politiques technologiques peuvent contribuer à réduire les coûts de l'atténuation



Coordination souple des politiques – par exemple: réseaux transnationaux de villes; mesures d'atténuation appropriées au niveau national (MAAN). Coopération pour la R-D dans le domaine technologique – par exemple: Forum des grandes puissances économiques (FGPE) sur l'énergie et le climat; Initiative mondiale sur le méthane (IMM); Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP). Autres règlements des organisations internationales sur les GES – par exemple: Protocole de Montréal, Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), Organisation maritime internationale (OMI).

**Figure RT.38** | Autres formes possibles de coopération internationale. Ce diagramme présente un aperçu des formes existantes et possibles de coopération internationale inspiré des résultats d'un recensement des documents de recherche publiés. Cette liste des politiques actuelles ou possibles n'est pas exhaustive, et ne vise pas à prescrire quelque démarche que ce soit. Les exemples sur fond orange sont des accords existants; ceux sur fond bleu représentent des possibilités proposées dans la documentation spécialisée. La largeur des boîtes fournit une indication du degré possible de centralisation de chacun des accords énumérés, c'est-à-dire de l'ampleur des pouvoirs conférés à l'institution internationale intéressée; elle est sans rapport avec le processus de négociation qui a mené à la conclusion de ces accords. [Figure 13.2]

et encourager ainsi la participation aux efforts internationaux de coopération, en particulier à long terme. Les régimes de droit de propriété intellectuelle peuvent influencer sur les taux de transfert et de développement des nouvelles technologies et poser des problèmes d'équité. [13.3, 13.9]

**En l'absence d'un accord international contraignant sur le changement climatique ou en complément d'un tel accord, les liens stratégiques établis entre les politiques nouvelles ou existantes adoptées en faveur du climat à l'échelon régional, national et infranational s'annoncent prometteurs pour l'atténuation du changement climatique et pour l'adaptation (*degré de confiance moyen*).** Les liens directs ou indirects établis entre les marchés du carbone à l'échelon infranational, national et régional peuvent servir à améliorer l'efficacité des marchés. Ces liens peuvent

être stimulés par la concurrence entre les régimes publics et privés de gouvernance, les dispositifs de responsabilisation, et le désir de profiter des acquis de l'expérience politique. Cependant, l'intégration des politiques sur le climat soulève un certain nombre de préoccupations relatives à la performance d'un système de règles juridiques et d'activités économiques interreliées [13.3.1, 13.5.3, 13.13.2.3]. On peut trouver des exemples notoires de ces liens au sein des initiatives nationales et régionales en faveur du climat (par exemple, liens entre l'EU ETS et le système australien d'échange de droits d'émission, droits d'émission internationaux qu'on envisage de soumettre à l'approbation d'un certain nombre d'États), y compris celles liées au Protocole de Kyoto (par exemple, l'EU ETS est lié aux marchés internationaux du carbone par le biais des mécanismes de Kyoto). [13.6, 13.7; figure 13.4, 14.4.2]

**Tableau RT.10** | Résumé de l'évaluation des performances des formes existantes et proposées de coopération. Cette évaluation s'appuie sur quatre critères décrits dans les sections 3.7.1 et 13.2.2. [tableau 13.3]

Mode de coopération internationale	Critère d'évaluation				
	Efficacité environnementale	Performance économique globale	Impacts distributifs	Faisabilité institutionnelle	
<b>Coopération existante</b> [13.13.1]	<b>CCNUCC</b>	Les émissions globales de GES des pays visés à l'annexe I affichaient en 2000 une baisse de 6,0 à 9,2 % par rapport à leurs niveaux de 1990. Il s'agissait d'une baisse supérieure à l'objectif de ramener en 2000 les émissions de GES à leurs niveaux de 1990.	Réalisation conjointe autorisée des engagements, approche à gaz multiples, sources et puits, et choix de politique intérieure. Les estimations des coûts-avantages dépendent du niveau de référence, du taux d'actualisation, de la participation, des fuites, des co-avantages, des effets néfastes et d'autres facteurs.	Distinction entre les engagements des pays visés à l'annexe I (industrialisés) et ceux non visés à l'annexe I. Principe de responsabilités communes mais différenciées. Engagement en faveur de contributions équitables et appropriées par chaque [partie prenante].	Ratifiée (ou l'équivalent) par 195 pays et organisations régionales. La conformité dépend des communications nationales.
	<b>Protocole de Kyoto</b>	Les émissions globales de GES des pays visés à l'annexe 1 affichaient en 2011 une baisse de 8,5 à 13,6 % par rapport à leurs niveaux de 1990. Il s'agissait d'une baisse supérieure à la cible conjointe de réduction de 5,2 % établie pour la première période d'engagement (PE1). Les réductions ont surtout été réalisées dans les économies en transition; les émissions ont augmenté dans d'autres pays. Participation incomplète au cours de la PE1 (encore moins dans la PE2).	Amélioration du rapport coût-efficacité grâce aux mécanismes souples (mise en œuvre conjointe (MOC), échange international de droits d'émission) et au choix de politiques intérieures. Les estimations des coûts-avantages dépendent du niveau de référence, du taux d'actualisation, de la participation, des fuites, des co-avantages, des effets néfastes et d'autres facteurs.	Distinction entre les engagements des pays développés et des pays en développement, mais la corrélation entre la distinction dichotomique, les tendances historiques des émissions et les circonstances économiques changeantes n'est que partielle (et va en diminuant). Les actions à court terme influent sur l'équité entre les générations.	Ratifié (ou l'équivalent) par 192 pays et organisations régionales, mais n'est entré en vigueur qu'au bout de 7 ans. La conformité dépend des communications nationales et du système de mise en conformité du Protocole. Approches adoptées plus tard pour améliorer les mesures, la notification et la vérification.
	<b>Mécanismes de Kyoto</b>	Crédits d'environ 1,4 milliard de tCO <sub>2</sub> éq pour le MDP, de 0,8 milliard pour l'application conjointe, et de 0,2 milliard pour l'échange international de droits d'émission (jusqu'en juillet 2013). La complémentarité des projets du MDP reste problématique, mais des réformes réglementaires sont en cours.	Mise en œuvre dans le cadre du MDP d'options moins coûteuses, notamment dans le cas des gaz industriels. Sous-performance de certains types de projets. Certains signes de transfert de la technologie aux pays non visés à l'annexe I.	Investissements directs des pays visés à l'annexe I limités. L'investissement intérieur domine, conduisant à une concentration des projets MDP dans un petit nombre de pays. Contributions limitées au développement durable local.	Ont contribué à accroître la faisabilité politique du Protocole de Kyoto. Gouvernance à plusieurs niveaux. Plus importants marchés du carbone à ce jour. Renforcement de la capacité institutionnelle des pays en développement.
	<b>Autres accords conclus au titre de la CCNUCC</b>	Engagements à limiter les émissions pris par tous les grands émetteurs en vertu des accords de Cancún. Vraisemblablement insuffisants pour limiter à 2 °C le réchauffement planétaire. Les résultats dépendent de l'application des mesures au-delà des engagements actuels en matière d'atténuation et de financement. La Plate-forme de Durban préconise la conclusion, d'ici 2015, d'un nouvel accord qui entrera en vigueur en 2020 et qui engagera l'ensemble des parties.	Efficacité non évaluée. Le rapport coût-efficacité pourrait être amélioré par l'adoption d'instruments de politique basés sur le marché, l'inclusion du secteur forestier, l'engagement de pays autres que ceux visés à l'annexe I (tel qu'envisagé dans la Plate-forme de Durban).	Les résultats dépendent des sources de financement, en particulier dans les pays en développement.	Décision de la Conférence des parties à Cancún; 97 pays ont pris des engagements de réduction des émissions ou de réalisation d'autres mesures d'atténuation pour l'horizon 2020.
	<b>Accords conclus hors CCNUCC</b>	<b>G8, G20, Forum des grandes puissances économiques sur l'énergie et le climat (FGPE)</b>	Le G8 et le FGPE ont recommandé les réductions à effectuer par tous les principaux émetteurs. Le G20 pourrait encourager les réductions d'émissions de GES en supprimant graduellement les subventions aux combustibles fossiles.	Les mesures prises par l'ensemble des principaux émetteurs pourraient réduire les fuites et améliorer le rapport coût-efficacité si elles sont mises en œuvre à l'aide de mécanismes souples. Améliorations possibles de l'efficacité grâce à la suppression des subventions. Trop tôt pour une évaluation empirique de la performance économique.	Pas de mobilisation des financements en faveur du climat. La suppression des subventions aux combustibles fossiles serait progressive, mais elle aurait des effets négatifs sur les pays exportateurs de pétrole ainsi que sur les pays à très faible revenu si aucune aide ne leur était consentie.
	<b>Protocole de Montréal sur les substances appauvrissant la couche d'ozone</b>	Taux de réduction des émissions de SAO environ cinq fois supérieur aux cibles du Protocole de Kyoto établies pour la PE1. Les effets pourraient être réduits à néant en raison du potentiel élevé de réchauffement planétaire (PRP) des substances de rechange, bien que les efforts consacrés à l'élimination progressive des HFC augmentent.	L'approche multi-gaz est propice à une amélioration du rapport coût-efficacité. Certains pays ont eu recours à des mécanismes basés sur les principes du marché pour la mise en œuvre de mesures à l'échelle nationale.	Période de transition plus longue accordée aux pays en développement. Fonds attribués à ces pays dans le cadre du Protocole de Montréal.	Participation universelle, mais échéanciers variables pour les pays développés ou en développement.
	<b>Marché volontaire du carbone</b>	Couvre 0,13 milliard de tCO <sub>2</sub> éq, mais la certification reste problématique.	Prix des crédits hétérogènes, laissant deviner l'inefficacité du marché.	[Aucune documentation.]	Marché fragmenté et non transparent.



Mode de coopération internationale		Critère d'évaluation				
		Efficacité environnementale	Performance économique globale	Impacts distributifs	Faisabilité institutionnelle	
Coopération proposée [13.13.2]	Architectures proposées	Multilatéralisme solide	Arbitrage entre l'ambition (profonde) et la participation (large).	Plus rentable, grâce à la place plus grande accordée aux mécanismes du marché.	Le multilatéralisme facilite l'intégration des impacts distributifs dans les négociations; possibilité d'appliquer des critères fondés sur l'équité, comme décrit au chapitre 4.	Dépend du nombre de parties prenantes et du degré d'ambition
		Politiques nationales harmonisées	Dépend de l'incidence de l'harmonisation sur l'ambition globale des pays.	Plus rentable, grâce à la place plus grande accordée aux mécanismes du marché.	Dépend des politiques nationales en vigueur.	Dépend du degré de similitude des politiques nationales: un haut degré de similitude pourrait favoriser l'harmonisation, mais les circonstances intérieures peuvent varier. Mise en œuvre à l'échelle nationale.
		Architectures décentralisées, politiques nationales coordonnées	L'efficacité dépend de la qualité des normes et des crédits en vigueur dans les pays.	Se rapporte souvent (mais pas nécessairement) aux liens avec les systèmes nationaux d'échange de droits d'émission; rentable dans ce cas.	Dépend des politiques nationales en vigueur.	Dépend du degré de similitude des politiques nationales. Mise en œuvre à l'échelle nationale.
	Accords sur la répartition des efforts		Voir la section 4.6.2 pour en savoir plus sur les principes qui sous-tendent les accords sur la répartition des efforts, et la section 6.3.6.6 pour une évaluation quantitative.			

Le commerce international peut promouvoir ou décourager la coopération internationale en matière de changement climatique (*degré de confiance élevé*). L'élaboration de liens constructifs entre les accords commerciaux internationaux et les accords sur le climat doit tenir compte de la façon dont les politiques et règles commerciales existantes peuvent être modifiées pour devenir plus respectueuses du climat, de l'efficacité des ajustements frontaliers ou d'autres mesures commerciales à satisfaire aux objectifs des politiques internationales sur le climat, y compris la participation aux accords sur le climat et le respect de ces accords, et de la mesure dans laquelle la CCNUCC, l'Organisation mondiale du commerce (OMC), un hybride de ces deux dernières ou une nouvelle institution pourraient le mieux servir d'assise à l'architecture commerce-climat. [13.8]

Le Protocole de Montréal, qui vise à protéger la couche d'ozone stratosphérique, a conduit à une réduction des émissions mondiales de GES (*degré de confiance très élevé*). Il établit des limites d'émissions de gaz appauvrissant la couche d'ozone qui constituent en même temps de puissants GES — par exemple, les chlorofluorocarbones (CFC) et les hydrochlorofluorocarbones (HCFC). Les substances utilisées en remplacement des gaz destructeurs d'ozone (par exemple, les hydrofluorocarbures (HFC), qui sont sans danger pour l'ozone) pourraient être de puissants GES. Les enseignements tirés de la mise en œuvre du Protocole de Montréal — par exemple, au sujet des effets des transferts financiers et technologiques sur le degré d'adhésion aux accords internationaux de protection de l'environnement — pourraient être utiles pour l'élaboration des futurs accords internationaux sur le changement climatique (voir tableau RT.10). [13.3.3, 13.3.4, 13.13.1.4]

Le Protocole de Kyoto constituait la première étape incontournable de la mise en œuvre des principes et objectifs établis par la CCNUCC, mais ses effets sur les émissions mondiales de GES sont limités puisque certains pays ne l'ont pas ratifié, que

certaines parties n'ont pas rempli leurs engagements, et que ses dispositions ne s'appliquent qu'à une portion de l'économie mondiale (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence faible*). Les parties à ce protocole ont globalement dépassé leurs cibles de réduction des émissions au cours de la première période d'engagement, mais le protocole prenait en compte certaines réductions qui auraient été réalisées même en l'absence d'un accord. Le Protocole de Kyoto n'influe pas directement sur les émissions des pays visés à l'annexe I, lesquelles ont affiché une croissance rapide au cours de la dernière décennie. [5.2, 13.13.1.1]

Les mécanismes souples du Protocole de Kyoto offrent des possibilités d'économies, mais leur efficacité environnementale est moins claire (*degré de confiance moyen*). Un de ces mécanismes, le MDP, a créé un marché pour l'échange de droits d'émission de GES dans les pays en développement qui avait engendré en octobre 2013 des crédits équivalant à près de 1,4 GtCO<sub>2</sub>éq. Le MDP a montré une efficacité environnementale mitigée à cause des préoccupations suscitées par l'additionnalité limitée de ses projets, la validité de ses périodes de référence, les risques de fuites d'émissions et les baisses récentes des prix des crédits. Son impact distributif s'est montré inégal à cause de la concentration des projets dans un nombre limité de pays. Les autres mécanismes souples du Protocole, la mise en œuvre conjointe et l'échange international de droits d'émission, ont été lancés par des administrations publiques et par des acteurs privés du marché, mais ont suscité des préoccupations liées aux ventes par les autorités publiques de quotas d'émissions (tableau RT.10). [13.7.2, 13.13.1.2, 14.3.7.1]

Les négociations menées récemment sous l'égide de la CCNUCC ont cherché à inclure des contributions plus ambitieuses des pays qui avaient déjà pris des engagements au titre du Protocole de Kyoto, l'engagement d'un éventail plus grand de pays

**en faveur de mesures d'atténuation, et de nouveaux mécanismes financiers et technologiques.** En vertu de l'accord de Cancún de 2010, les pays développés ont officialisé leurs objectifs chiffrés de réduction volontaire des émissions de GES pour l'ensemble de leur économie, et certains pays en développement ont officialisé leur contribution volontaire aux mesures d'atténuation. L'impact distributif de l'accord dépendra en partie des sources de financement et de leur importance. Cependant, les données scientifiques portant sur cette question restent limitées puisque les mécanismes de financement évoluent à un rythme plus rapide que leurs évaluations scientifiques respectives (*éléments disponibles limités, degré de cohérence faible*). En vertu de la Plate-forme de Durban pour une action renforcée (2011), les délégués sont convenus d'élaborer «au titre de la Convention... [un] instrument juridique, applicable à toutes les Parties» qui inclura d'importantes nouvelles dispositions concernant l'aide financière et la technologie en faveur des pays en développement. Ils n'ont cependant pas précisé par quels moyens ces objectifs pourraient être réalisés. [13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

#### RT.4.5 Investissements et questions financières

**La transition à une économie sobre en carbone nécessite l'adoption de nouveaux modes d'investissement.** Peu d'études ont cherché à chiffrer les investissements nécessaires dans les différents scénarios d'atténuation. Les informations disponibles sont pour l'essentiel limitées à l'utilisation d'énergie, les investissements annuels totaux mondiaux consentis dans le secteur énergétique s'établissant à environ 1 200 milliards de dollars. Les scénarios d'atténuation qui conduisent à une stabilisation des concentrations atmosphériques d'équivalent CO<sub>2</sub> dans une fourchette de 430 à 530 ppm éqCO<sub>2</sub> d'ici 2100 (sans dépassement) laissent constater des fluctuations sensibles des flux d'investissements annuels pendant la période 2010-2029 par comparaison avec les scénarios de référence (figure RT.39): l'investissement annuel dans les technologies existantes liées au secteur de l'approvisionnement en énergie (par exemple, centrales classiques utilisant des combustibles fossiles et extraction des combustibles fossiles) accuserait une baisse de 30 (2 à 166) milliards de dollars par année (médiane: -20 % par rapport à 2010) (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). L'investissement dans les technologies de production d'énergie à faibles émissions (énergies renouvelables, énergie nucléaire et centrales électriques avec CSC) augmenterait de 147 (31 à 360) milliards de dollars par année (médiane: + 100 % par rapport à 2010) pendant la même période (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*) et s'accompagnerait d'une hausse de 336 (1 à 641) milliards de dollars des investissements en faveur de l'efficacité énergétique dans les secteurs du bâtiment, des transports et de l'industrie (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). Une plus grande efficacité énergétique et la transition aux technologies de production d'énergie à faibles émissions contribuent à réduire la demande de combustibles fossile et entraînent de ce fait un recul des investissements dans l'extraction, la transformation et le trans-

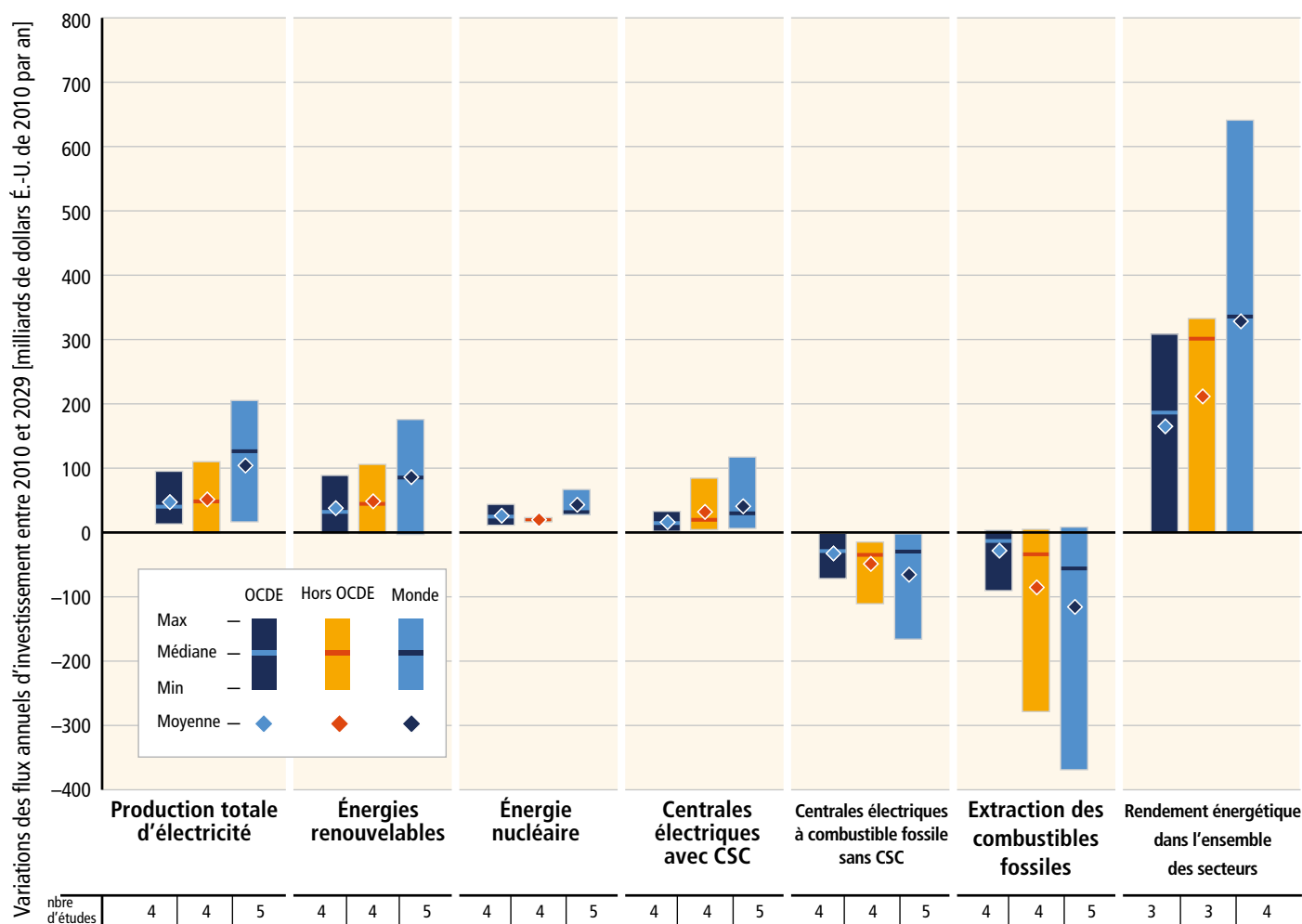
port des combustibles fossiles. Les scénarios donnent à penser que la réduction annuelle moyenne des investissements dans l'extraction des combustibles fossiles au cours de la période 2010-2029 s'établirait à 116 (-8 à 369) milliards de dollars (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*). De tels effets d'entraînement pourraient exercer une pression à la baisse sur les recettes des pays exportateurs de combustibles fossiles. Les scénarios d'atténuation entraînent aussi une réduction du déboisement par rapport aux tendances actuelles (50 % de réduction avec un investissement de 21 à 35 milliards de dollars par année (*degré de confiance faible*)). [16.2.2]

**Les estimations du total des financements consacrés au domaine du climat varient de 343 à 385 milliards de dollars par année entre 2010 et 2012 (degré de confiance moyen).** Cette fourchette a été établie à partir des données de 2010, 2011 et 2012. Les financements consacrés au domaine du climat ont été répartis dans des proportions presque égales entre les pays développés et les pays en développement. Environ 95 % du total ont été consacrés à l'atténuation (*degré de confiance moyen*). Les chiffres reflètent les flux financiers totaux consacrés aux investissements sous-jacents, et non *l'investissement supplémentaire*, c'est-à-dire la portion attribuée à l'augmentation des coûts de l'atténuation/adaptation (voir encadré RT.14). En règle générale, les données quantitatives portant sur les financements consacrés au domaine du climat sont limitées, se rapportent à des concepts différents et sont incomplètes. [16.2.1.1]

**Selon les définitions et les approches retenues, on estime que les flux du financement global pour le climat vers les pays en développement se situaient dans une fourchette de 39 à 120 milliards de dollars par année pendant la période 2009-2012 (degré de confiance moyen).** Ces chiffres représentent le total des flux publics et privés consacrés à l'atténuation et à l'adaptation. Les financements publics en faveur du climat se situaient dans une fourchette de 35 à 49 milliards de dollars (2011/2012) (*degré de confiance moyen*). La plupart des fonds publics en faveur du climat fournis aux pays en développement prennent la forme de dons et de prêts consentis à des conditions de faveur par des institutions bilatérales ou multilatérales. Les financements consentis en vertu de la CCNUCC par les pays visés à l'annexe II pour répondre aux besoins des pays en développement ont atteint en moyenne près de 10 milliards de dollars par année de 2005 à 2010 (*degré de confiance moyen*). De 2010 à 2012, le «financement rapide» consenti par certains pays développés a atteint plus de 10 milliards de dollars par année (*degré de confiance moyen*). Les estimations de la finance climatique internationale privée circulant vers les pays en développement vont de 10 à 72 milliards de dollars par an, ce qui inclut les investissements directs provenant de l'étranger sous forme de prêts et de prises de participation pour une fourchette de 10 à 37 milliards de dollars par an sur la période 2008-2011 (*degré de confiance moyen*). La figure RT.40 présente un aperçu des financements climatiques en indiquant les sources des fonds, les gestionnaires du capital, les instruments financiers, les projets et leurs propriétaires. [16.2.1.1]

À la faveur d'un environnement propice, le secteur privé peut jouer, au côté du secteur public, un rôle important dans le financement de l'atténuation. Selon les estimations, la contribution du secteur privé au financement global pour le climat aurait atteint en moyenne 267 milliards de dollars (74 %) par année au cours de la période 2010-2011, et 224 milliards de dollars (62 %) par année au cours de la période 2011-2012 (*éléments disponibles limités, degré de cohérence moyen*) [16.2.1]. Dans divers pays, une large part des investissements du secteur privé en faveur du climat dépend de prêts à long terme et à faible taux d'intérêt ainsi que de garanties contre les risques fournies par les institutions du secteur public pour couvrir les coûts et les risques supplémentaires que présentent plusieurs investissements en faveur de l'atténuation. Dans plusieurs pays, la qualité de l'environnement habitant se mesure par l'efficacité des institutions,

des lois et des principes directeurs concernant le secteur privé, par la sécurité en matière de droits de propriété, par la crédibilité des politiques et par d'autres facteurs ayant une grande incidence sur la décision des entreprises privées d'investir dans les nouvelles technologies et les infrastructures [16.3]. À la fin de 2012, les 20 plus importants pays développés ou en développement émetteurs de GES appartenant à la catégorie de risque inférieure pour les investissements du secteur privé produisaient 70 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie (*degré de confiance faible*) ce qui les rend intéressants pour les bailleurs privés internationaux qui souhaitent investir dans les technologies à faible intensité de carbone. Dans beaucoup d'autres pays, y compris la plupart des pays les moins avancés, l'investissement dans ses technologies devra dépendre principalement de sources intérieures ou de financements publics internationaux. [16.4.2]



**Figure RT.39** | Variation des flux annuels d'investissement dans les scénarios d'atténuation (2010-2029). Les changements d'investissement sont basés sur un nombre limité d'études et de comparaisons de modèles pour les scénarios d'atténuation qui stabilisent la concentration dans la fourchette approximative de 430 à 530 ppm éqCO<sub>2</sub> en 2100 par rapport aux niveaux de référence moyens respectifs. Les barres verticales indiquent la plage entre les estimations minimale et maximale des changements d'investissement; la barre horizontale indique la médiane des résultats des modèles. La proximité de la médiane n'indique pas une vraisemblance plus élevée, compte tenu des différences de degrés de regroupements des résultats de modèles, du faible nombre d'études disponibles et des écarts entre les hypothèses des études considérées. Au bas de la figure est indiqué le nombre total d'études publiées utilisées pour cette évaluation. [Figure 16.3]



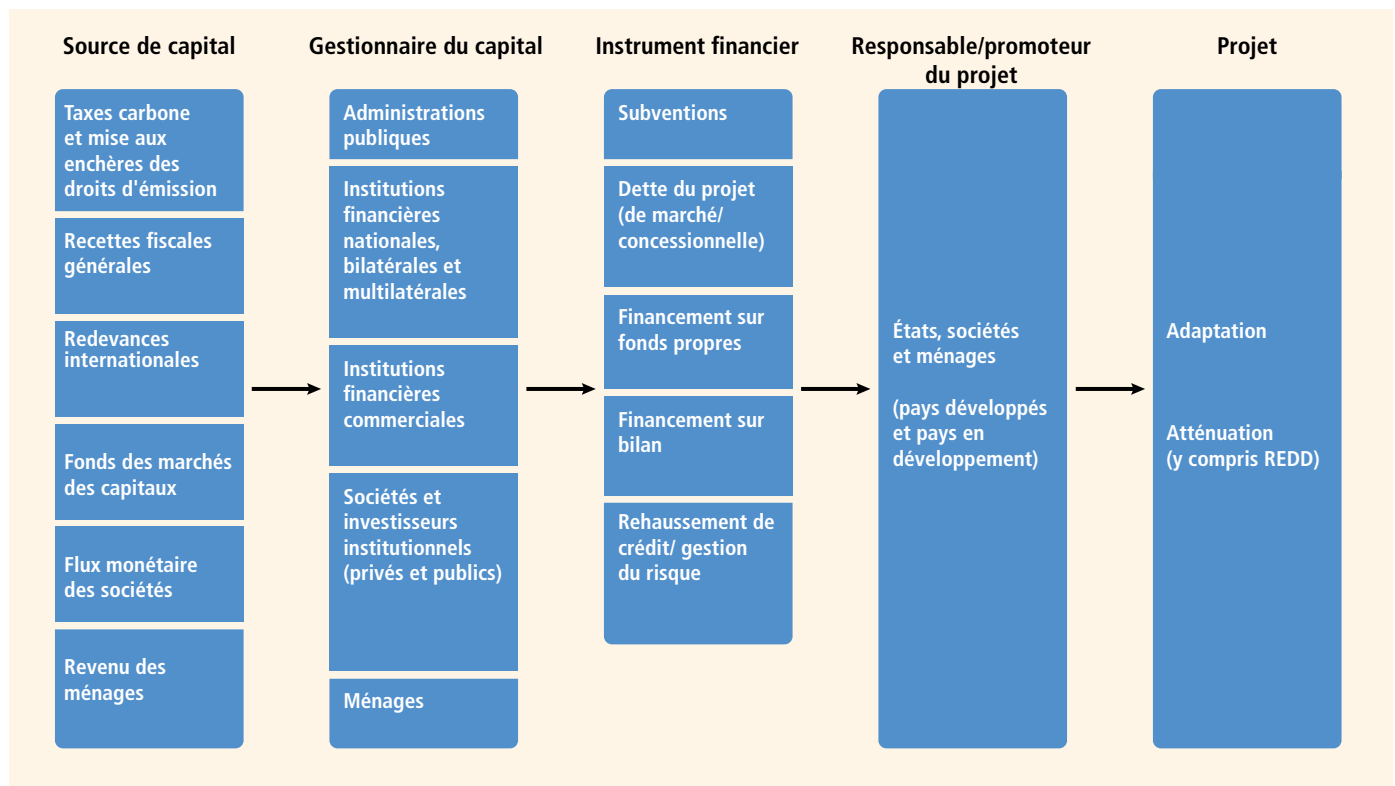


Figure RT.40 | Aperçu des flux de financement des activités liées au climat. Note: Le terme « capital » s'entend ici de l'ensemble des flux financiers pertinents. La taille des boîtes n'est pas liée à l'ampleur des flux financiers. [Figure 16.1]

**Le faible taux de retour sur investissement ajusté en fonction des risques de la mise en valeur de technologies à faible émission de carbone par rapport aux solutions à émissions plus élevées constitue un obstacle important à surmonter** (*degré de confiance élevé*). Les politiques publiques et les instruments d'appui peuvent contribuer à corriger ce problème en influant sur les taux moyens de retour de diverses options d'investissement, ou en créant des mécanismes propres à réduire les risques auxquels les investisseurs privés doivent faire face [15.12, 16.3]. Les mécanismes de tarification du carbone (taxes carbone, systèmes d'échange de quotas d'émissions), ainsi que les primes sur l'utilisation des énergies renouvelables, les tarifs d'alimentation (FIT), les normes relatives

aux sources d'énergie renouvelable (RPS), les subventions d'équipement, les prêts de faveur et l'assurance-crédit peuvent orienter les profils de risque dans la bonne direction [16.4]. L'incertitude non négligeable qui entoure l'importance à donner à certains de ces instruments (par exemple, la valeur d'une future taxe sur le carbone par rapport aux différences entre les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement) peut conduire à une réduction de l'efficacité de ces instruments. Ce problème ne semble pas se poser dans le cas des instruments qui encouragent directement l'investissement dans les technologies peu polluantes — par exemple, subventions d'équipement, prêts à des conditions avantageuses ou tarifs d'alimentation. [2.6.5]

## Il n'existe pas de définitions bien établies de l'«investissement pour le climat» ni du «financement pour le climat».

Le «*financement global pour le climat*» comprend l'ensemble des flux financiers dont l'effet prévu est de réduire les émissions nettes de GES ou d'augmenter la résilience au changement et à la variabilité climatiques. Cela inclut les fonds privés et publics, les flux nationaux et internationaux, les dépenses en faveur de l'atténuation et de l'adaptation face aux variations actuelles du climat ainsi qu'au changement climatique futur. Il s'agit en l'occurrence de la valeur globale des flux financiers, et non simplement de la portion de ces flux qui a directement contribué à l'atténuation des changements climatiques, laquelle est désignée sous le nom de «*coût supplémentaire*». Le «*financement global pour le climat transitant vers les pays en développement*» est la partie du financement global pour le climat investie dans les pays en développement, émanant des pays industrialisés. Cela inclut les fonds privés et publics destinés aux mesures d'atténuation et d'adaptation. Le «*flux de la finance climatique, du secteur public vers les pays en développement*» est la partie du financement émanant des pouvoirs publics et d'institutions bilatérales des pays industrialisés, ainsi que d'institutions multilatérales, destinés à financer des activités d'atténuation ou d'adaptation dans les pays en développement. Le «*flux de la finance climatique, du secteur privé vers les pays en développement*» est constitué des fonds et investissements émanant d'acteurs du secteur privé des pays industrialisés, destinés à financer des activités d'atténuation et d'adaptation dans les pays en développement. La CCNUCC ne propose pas une définition bien établie du «financement pour le climat». Les parties visées à l'annexe II fournissent et mobilisent des financements pour les activités liées au climat conduites dans les pays en développement.

L'«*investissement supplémentaire*» est l'apport supplémentaire en capital que nécessite un projet d'atténuation ou d'adaptation par comparaison à un projet de référence. Cet investissement ne fait pas l'objet d'estimations ni de rapports réguliers, mais les modèles en fournissent des estimations. Le «*coût supplémentaire*» représente le coût en capital de l'investissement supplémentaire et la différence de coûts de fonctionnement et de maintenance entre un projet d'atténuation ou d'adaptation et un projet de référence; il correspond à la différence entre les valeurs nettes actuelles des deux projets. Beaucoup de mesures d'atténuation présentent des coûts d'investissement plus élevés et des coûts de fonctionnement et de maintenance moindres que les mesures qu'elles remplacent, et le coût supplémentaire a donc tendance à être inférieur à l'investissement supplémentaire. Les valeurs dépendent de l'investissement supplémentaire ainsi que des coûts de fonctionnement projetés, y compris les prix des combustibles fossiles et le taux d'actualisation. Le «*coût macroéconomique de la politique d'atténuation*» correspond à la réduction de la consommation globale ou PIB induit par la réaffectation des investissements et des dépenses occasionnées par la politique climatique (voir encadré RT.9). Ces coûts ne prennent pas en compte les avantages de l'atténuation du changement climatique d'origine anthropique et devraient donc être évalués en fonction des avantages économiques de la prévention des incidences du changement climatique. [16.1]





# Annexe



# Glossaire, sigles, acronymes et symboles chimiques

## Glossaire

### Coordonnateurs

Julian M. Allwood (Royaume-Uni), Valentina Bosetti (Italie), Navroz K. Dubash (Inde), Luis Gómez-Echeverri (Autriche/Colombie), Christoph von Stechow (Allemagne)

### Collaborateurs

Marcio D'Agosto (Brésil), Giovanni Baiocchi (Royaume-Uni/Italie), John Barrett (Royaume-Uni), John Broome (Royaume-Uni), Steffen Brunner (Allemagne), Micheline Cariño Olvera (Mexique), Harry Clark (Nouvelle-Zélande), Leon Clarke (États-Unis d'Amérique), Heleen C. de Coninck (Pays-Bas), Esteve Corbera (Espagne), Felix Creutzig (Allemagne), Gian Carlo Delgado (Mexique), Manfred Fischedick (Allemagne), Marc Fleurbaey (France/ États-Unis d'Amérique), Don Fullerton (États-Unis d'Amérique), Richard Harper (Australie), Edgar Hertwich (Autriche/Norvège), Damon Honnery (Australie), Michael Jakob (Allemagne), Charles Kolstad (États-Unis d'Amérique), Elmar Kriegler (Allemagne), Howard Kunreuther (États-Unis d'Amérique), Andreas Löschel (Allemagne), Oswaldo Lucon (Brésil), Axel Michaelowa (Allemagne/Suisse), Jan C. Minx (Allemagne), Luis Mundaca (Chili/Suède), Jin Murakami (Japon/Chine), Jos G. J. Olivier (Pays-Bas), Michael Rauscher (Allemagne), Keywan Riahi (Autriche), H.-Holger Rogner (Allemagne), Steffen Schlömer (Allemagne), Ralph Sims (Nouvelle-Zélande), Pete Smith (Royaume-Uni), David I. Stern (Australie), Neil Strachan (Royaume-Uni), Kevin Urama (Nigéria/Royaume-Uni/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hongrie), David G. Victor (États-Unis d'Amérique), Elke Weber (États-Unis d'Amérique), Jonathan Wiener (États-Unis d'Amérique), Mitsutsune Yamaguchi (Japon), Azni Zain Ahmed (Malaisie)

### Il convient de citer la présente annexe comme suit:

Allwood J. M., V. Bosetti, N. K. Dubash, L. Gómez-Echeverri et C. von Stechow, 2014: Glossaire. In: *Changements climatiques 2014, L'atténuation du changement climatique* Contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel et J.C. Minx]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique).

## Table des matières

Glossaire .....	125
Sigles, acronymes et symboles chimiques .....	154
Bibliographie .....	157

## Glossaire

Sont définis ici les termes auxquels les auteurs principaux veulent donner un sens précis dans le contexte du présent rapport. Les **entrées** du glossaire (en gras) correspondent à des sujets mis en vedette; une entrée peut contenir des **entrées secondaires** (en italiques et en gras), par exemple: **Énergie primaire** est définie sous l'entrée **Énergie**. Les *caractères italiques bleus* indiquent les termes définis dans le présent glossaire. Le glossaire est suivi d'une liste d'acronymes, de sigles et de symboles chimiques. Se référer à l'annexe II du rapport principal pour les unités et préfixes normalisés et la conversion d'unités (Section A.II.1), ainsi que pour les régions et groupements de pays (Section A.II.2).

**Accès à l'énergie (Energy access):** Accès à des *services énergétiques* propres, fiables et économiques pour la cuisson des aliments, le chauffage, l'éclairage ou les communications, et à des fins de production (AGECC, 2010).

**Accord de Copenhague (Copenhagen Accord):** Accord politique (par opposition à juridique) qui a vu le jour lors de la quinzième session de la *Conférence des Parties (COP)* au cours de laquelle les délégués sont convenus de constater que le consensus requis par un accord ne serait pas atteint. En voici quelques éléments clés: l'importance de l'opinion scientifique sur la nécessité de limiter l'augmentation de la *température moyenne à la surface du globe* à 2 °C est reconnue; l'engagement est pris, par les *Parties visées à l'annexe I*, de réaliser les objectifs fixés en matière d'émissions pour l'ensemble de l'économie pour 2020 et, par les *Parties non visées à l'annexe I*, d'appliquer des mesures d'*atténuation*; il est convenu de mesurer, notifier et vérifier les réductions opérées par les *Parties visées à l'annexe I* ainsi que les moyens de financement fournis aux *pays en développement*, et d'en faire de même, au niveau national, pour les mesures d'atténuation prises par les *Parties non visées à l'annexe I*; un appel est lancé en faveur d'un financement accru comprenant un apport rapide de 30 milliards de dollars des États-Unis d'Amérique, ainsi que 100 milliards de dollars d'ici à 2020; un nouveau *Fonds vert pour le climat (FVC)* est constitué; un nouveau mécanisme technologique est créé. Certains de ces éléments ont été adoptés ultérieurement dans les *Accords de Cancún*.

**Accord volontaire (Voluntary agreement):** Accord librement conclu entre une instance gouvernementale et une ou plusieurs parties relevant du secteur privé au sujet de la réalisation de certains objectifs environnementaux ou de l'amélioration des résultats en matière d'environnement au-delà des obligations à remplir. Les accords volontaires ne sont pas tous véritablement volontaires; certains comportent des récompenses et/ou des pénalités liées à l'adhésion aux engagements pris ou à leur réalisation.

**Accords de Cancún (Cancún Agreements):** Ensemble de décisions adoptées lors de la seizième session de la *Conférence des Parties*

(COP) à la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, portant notamment sur les points suivants: le nouveau *Fonds vert pour le climat (FVC)*, un nouveau mécanisme technologique, un processus visant à faire avancer les débats portant sur l'*adaptation*, un processus officiel pour l'établissement de rapports relativement aux engagements en matière d'*atténuation*, l'objectif de limiter l'augmentation de la *température moyenne à la surface du globe* à 2 °C et un accord sur la mesure, la notification et la vérification des efforts d'*atténuation* s'appliquant aux pays qui reçoivent une aide internationale pour déployer de tels efforts.

**Action volontaire (Voluntary action):** Programmes non officiels, engagements personnels et déclarations par lesquels les parties prenantes (entreprises ou groupe d'entreprises) déterminent leurs propres objectifs et s'emploient souvent à assurer elles-mêmes leurs activités de surveillance et de notification.

**Actualisation (Discounting):** Opération mathématique permettant de comparer des montants en numéraire (ou autres) reçus ou dépensés à des moments (années) différents. L'opérateur utilise un taux d'actualisation fixe ou, éventuellement, variable (> 0) d'une année à l'autre, qui fait qu'une valeur future vaut moins aujourd'hui. Voir aussi *Valeur actuelle*.

**Adaptabilité (Adaptability):** Voir *Capacité d'adaptation*.

**Adaptation (Adaptation):** Démarche d'ajustement au *climat* actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au *climat* attendu ainsi qu'à ses conséquences.<sup>1</sup>

**Additionnalité (Additionality):** On dira de projets d'*atténuation* (entrepris par exemple dans le cadre des *mécanismes de Kyoto*), de *politiques d'atténuation* ou de financements en faveur du climat qu'ils sont additionnels s'ils permettent d'améliorer la situation par rapport à un niveau *correspondant à la poursuite inchangée des activités* ou par rapport à la *situation de départ (ou de référence)*. L'additionnalité se révèle nécessaire pour qu'il soit possible de garantir l'intégrité environnementale des mécanismes de compensation fondés sur des projets, mais elle est difficile à établir dans la pratique en raison de la nature hypothétique de la *situation de départ (ou de référence)*.

**Aérosol (Aerosol):** Particule solide ou liquide en suspension dans l'air, dont la taille varie généralement de quelques nanomètres à dix micromètres et qui séjourne dans l'*atmosphère* plusieurs heures au moins. Pour plus de commodité, le terme *aérosol*, qui s'applique à la fois aux particules et aux gaz en suspension, est souvent utilisé au

<sup>1</sup> Les progrès scientifiques étant pris en compte, le champ d'application et le thème central de cette définition sont différents de ce qu'ils étaient dans le quatrième Rapport d'évaluation et d'autres rapports du GIEC.



pluriel dans le présent rapport pour signifier *particules aérosols*. Les aérosols peuvent être d'origine naturelle ou anthropique. Ils peuvent influencer sur le *climat* de diverses façons: directement, par diffusion ou absorption du rayonnement et indirectement, en agissant comme des noyaux de condensation des nuages ou des noyaux glaciogènes, ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages. Les aérosols atmosphériques, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, suivent deux voies de propagation: les émissions de *matières particulaires (MP)* primaires et la formation de *matières particulaires (MP)* secondaires à partir de gaz *précurseurs*. La plupart des aérosols sont d'origine naturelle. Certains scientifiques regroupent les aérosols en fonction de la composition chimique, à savoir: sel marin, carbone organique, *carbone suie (CS)*, espèces minérales (poussière des déserts, principalement), sulfates, nitrates et ammonium. Ce classement est cependant imparfait puisque les aérosols combinent différentes particules pour former des mélanges complexes. Voir aussi *Polluants climatiques de courte durée de vie (PCCV)*.

**Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT) (Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)):** L'agriculture, la foresterie et les autres affectations des terres jouent un rôle de premier plan en ce qui concerne la *sécurité alimentaire* et le *développement durable*. Dans ce secteur, les principales options d'*atténuation* reposent sur une ou plusieurs des trois stratégies suivantes: la prévention des émissions dans l'*atmosphère* qui consiste à conserver les *bassins de carbone* existants, dans les sols ou la végétation, ou à réduire les émissions de *méthane (CH<sub>4</sub>)* et d'*oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)*; le *piégeage* qui consiste à donner une ampleur accrue aux *bassins de carbone* existants et à extraire par conséquent du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* de l'*atmosphère*; et la substitution qui consiste à remplacer des *combustibles fossiles* ou des produits à forte *intensité énergétique* par des produits biologiques et à réduire ainsi les émissions de CO<sub>2</sub>. Les mesures portant sur la demande (moins de pertes et de *déchets* dans l'alimentation, évolution du régime alimentaire des êtres humains, changement touchant la consommation de bois, etc.) peuvent aussi jouer un rôle. En tant que sous-ensemble de l'AFAT, la FAT (foresterie et autres affectations des terres), également appelée *UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)*, regroupe les émissions et l'absorption des *gaz à effet de serre (GES)* découlant des activités humaines directement liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie, hormis les *émissions agricoles*.

**Albédo (Albedo):** Fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée sous forme de pourcentage. Les surfaces enneigées ont un albédo élevé, les sols, un albédo élevé à faible et les surfaces couvertes de végétation et les océans, un albédo faible. L'albédo de la Terre fluctue principalement en fonction des variations de la nébulosité, de l'enneigement, de l'englacement, de la surface foliaire et du couvert terrestre.

**Alliance des petits États insulaires (AOSIS) (Alliance of Small Island States (AOSIS)):** L'AOSIS est une coalition de petits pays

insulaires ou à zones côtières de faible élévation regroupant 44 États membres et observateurs qui ont des intérêts communs et sont actifs au cours des débats et des négociations sur l'environnement à l'échelle mondiale, en particulier en ce qui concerne leur vulnérabilité face aux effets néfastes du changement climatique. Fondée en 1990, l'AOSIS agit en tant que groupe de pression spécifique et représente la voix des petits États insulaires en développement (PEID) dans les négociations conduites au sein des Nations Unies, notamment celles qui portent sur le *changement climatique* en relation avec la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*.

**Aménagement axé sur le transport en commun (Transit oriented development (TOD)) :** Aménagement urbain situé à une courte distance à pied d'un mode de transport en commun, habituellement dense et varié, et présentant les caractéristiques d'une zone piétonne.

**Analyse coût-efficacité (Cost-effectiveness analysis (CEA)) :** Outil basé sur une optimisation contrainte permettant de comparer les différentes *politiques* conçues pour atteindre un objectif fixé.

**Analyse coûts-avantages (Cost-benefit analysis (CBA)) :** Estimation monétaire de toutes les conséquences positives et négatives d'une activité donnée. Les coûts et les avantages sont comparés du point de vue de leur différence et/ou de leur rapport et peuvent de ce fait servir d'indicateur des retombées d'un investissement donné ou de toute autre politique du point de vue de la société.

**Analyse de flux de matière (AFM) (Material flow analysis (MFA)) :** Étude systématique des flux et stocks de matières à l'intérieur d'un système défini dans l'espace et le temps (Brunner et Rechberger, 2004). Voir aussi l'annexe II.6.1.

**Analyse de l'équilibre général (General equilibrium analysis) :** Méthode consistant à analyser simultanément l'ensemble des marchés et des effets de rétroaction entre ces marchés dans une économie où le marché tend à l'équilibre. Les *modèles d'équilibre général calculable (MEGC)* sont les outils opérationnels employés pour réaliser ce type d'analyse.

**Analyse descriptive (Descriptive analysis) :** Les méthodes d'analyse dites descriptives ou positives sont axées sur la façon dont le monde fonctionne ou les acteurs se comportent et non pas sur la manière dont il devrait se comporter dans un monde idéalisé. Voir aussi *Analyse normative*.

**Analyse de sensibilité (Sensitivity analysis) :** Analyse quantitative de l'influence de modifications apportées aux hypothèses de départ sur les résultats. À titre d'exemple, il est possible de modifier la valeur de paramètres discrets et d'exécuter de nouveau un *modèle* donné pour évaluer l'incidence de ces modifications sur les résultats obtenus.

**Analyse du cycle de vie (ACV) (Lifecycle Assessment (LCA)) :** Technique couramment employée, que l'Organisation internationale

de normalisation définit comme suit (ISO 14040): compilation et évaluation des entrants et sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie. Les résultats d'une ACV varient grandement en fonction des limites du système dans lequel l'étude est menée. La technique a pour objet la comparaison relative de deux moyens similaires conduisant à la fabrication d'un produit. Voir aussi l'annexe II.6.3.

**Analyse entrées-sorties (*Input-output analysis*)** : Voir *Analyse entrées-sorties appliquée à l'environnement*.

**Analyse entrées-sorties appliquée à l'environnement (*Environmental input-output analysis*)** : Méthode analytique employée pour l'attribution des incidences de la production sur l'environnement à la consommation finale suivant différentes catégories, par le tableau inverse de Leontief des entrées-sorties relevant de l'économie d'un pays. Voir aussi l'annexe II.6.2.

**Analyse multi-attributs (*Multi-attribute analysis*)** : Voir *Analyse multicritère*.

**Analyse multicritère (*Multi-criteria analysis (MCA)*)** : Dans une analyse quantitative, prise en compte de divers paramètres de décision et de différentes valeurs sans attribution d'une valeur monétaire à tous les paramètres. L'analyse multicritère permet de combiner des informations quantitatives et qualitatives.

**Analyse normative (*Normative analysis*)** : Analyse économique selon laquelle des appréciations sont formulées sur le bien-fondé de diverses *politiques*. Les conclusions sont fondées sur des jugements de valeur ainsi que sur des faits et des théories. Voir aussi *Analyse descriptive*.

**Analyse positive (*Positive analysis*)** : Voir *Analyse descriptive*.

**Apprentissage technologique (*Technological learning*)** : Voir *Courbe, taux d'apprentissage*.

**Atmosphère (*Atmosphere*)** : Enveloppe gazeuse de la Terre, divisée en cinq couches – la *troposphère* qui contient la moitié de l'atmosphère terrestre, la *stratosphère*, la *mésosphère*, la *thermosphère* et l'*exosphère* qui constitue la limite supérieure de l'atmosphère. L'atmosphère sèche est composée presque entièrement d'azote (rapport de mélange en volume de 78,1 %) et d'oxygène (rapport de mélange en volume de 20,9 %) ainsi que d'un certain nombre de *gaz* présents à l'état de *trace*, tels que l'argon (rapport de mélange en volume de 0,93 %), l'hélium et des *gaz à effet de serre (GES)* qui influent sur le rayonnement, notamment le *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* (rapport de mélange en volume de 0,035 %) et l'*ozone (O<sub>3</sub>)*. En outre, l'atmosphère contient de la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), un GES, en proportion très variable, mais généralement dans un rapport de mélange en volume d'environ 1 %. L'atmosphère contient également des nuages et des *aérosols*.

**Atténuation (des changements climatiques) (*Mitigation (of climate change)*)** : Intervention humaine visant à réduire les *sources* ou à renforcer les *puits de gaz à effet de serre (GES)*. Dans le présent rapport, on évalue aussi les interventions humaines qui visent à réduire les *sources* d'autres substances et qui peuvent contribuer directement ou indirectement à limiter le *changement climatique*, par exemple celles qui réduisent les émissions de *matières particulaires (MP)* pouvant directement influencer sur le bilan radiatif (ex.: le *carbone suie (CS)*) ou des mesures prises pour lutter contre les émissions de monoxyde de carbone, d'*oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)*, de *composés organiques volatils (COV)* et d'autres polluants pouvant modifier la concentration de l'*ozone (O<sub>3</sub>)* troposphérique qui a un effet indirect sur le *climat*.

**Autorité nationale désignée (AND) (*Designated national authority (DNA)*)** : Institution nationale qui autorise et approuve les projets du *mécanisme pour un développement propre (MDP)* dans son pays. Dans les pays hôtes du *MDP*, l'AND évalue si les projets proposés aident le pays hôte à atteindre les objectifs de *développement durable*, leur certification étant une condition préalable à leur enregistrement par le Conseil exécutif du *MDP*.

**Avantages connexes (*Ancillary benefits*)** : Voir *Co-avantages*.

**Bassin de carbone (*Carbon pool*)** : Voir *Réservoir*.

**Bien public (*Public good*)** : Bien répondant au critère de non-rivalité, à savoir que la consommation de ce bien par un individu n'entraîne aucune réduction de la consommation des autres individus et au critère de non-exclusivité, à savoir qu'il est impossible d'exclure qui-que de la consommation de ce bien.

**Biodiversité (*Biodiversity*)** : Variabilité des organismes vivants des *écosystèmes* terrestres, marins ou autres. La biodiversité comprend la variabilité au niveau génétique, à celui des espèces et à celui des *écosystèmes*.<sup>2</sup>

**Bioénergie (*Bioenergy*)** : *Énergie* tirée de toute forme de *biomasse*, notamment d'organismes morts depuis peu ou de leurs sous-produits métaboliques.

**Bioénergie et captage et stockage du dioxyde de carbone (BECCS) (*Bioenergy and Carbon Dioxide Capture and Storage (BECCS)*)** : Application de la technologie du *captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC)* aux processus de conversion en *bioénergie*. En fonction des émissions totales sur le cycle de vie, y compris l'ensemble des effets marginaux conséquents (découlant du *changement d'affectation des terres indirect (CATi)* et d'autres processus), il serait possible grâce à la BEPSC de parvenir à une diminution nette du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* dans l'*atmosphère*. Voir aussi *Piégeage*.

<sup>2</sup> Définition s'inspirant de celles qui figurent dans les ouvrages suivants: Heywood, 1995 et MEA, 2005.

**Bioéthanol (Bioethanol)** : Éthanol obtenu à partir de la *biomasse* (ex.: canne à sucre ou maïs). Voir aussi *Biocarburant*.

**Biocarburant (Biofuel)** : Carburant, généralement sous forme liquide, obtenu à partir de matière organique ou d'huiles combustibles produites à partir de plantes vivantes ou récoltées depuis peu. L'alcool (*bioéthanol*), la liqueur noire issue de la préparation de la pâte à papier et l'huile de soja sont des exemples de biocarburants.

**Biocarburant manufacturé de première génération (First-generation manufactured biofuel)** : Les biocarburants manufacturés de première génération sont tirés de céréales, de graines oléagineuses, de matières grasses animales et d'huiles végétales usagées au moyen de technologies de conversion bien maîtrisées.

**Biocarburant de deuxième génération (Second-generation biofuel)** : Les biocarburants de deuxième génération sont obtenus par des procédés de conversion biochimique et thermochimique non conventionnels et à partir de matières biologiques principalement tirées des fractions lignocellulosiques des résidus agricoles et forestiers, des déchets urbains solides, etc.

**Biocarburant de troisième génération (Third-generation biofuel)** : Les biocarburants de troisième génération seront produits à partir de matières biologiques telles que les algues ou les cultures énergétiques par des procédés perfectionnés encore au stade de la mise au point.

Ces biocarburants de deuxième et troisième génération obtenus par de nouveaux procédés sont aussi appelés biocarburants de nouvelle génération, améliorés ou obtenus au moyen de technologies de pointe.

**Biochar (Biochar)** : Dans le cadre d'une stratégie d'*atténuation* terrestre, la *stabilisation* de la biomasse peut se révéler une solution ou apporter un supplément de *bioénergie*. La transformation de la *biomasse* par la chaleur en l'absence d'air donne un sous-produit stable riche en carbone, le biochar. Ajouté au sol, le biochar crée un système doté d'un potentiel de réduction supérieur à celui de la *bioénergie* en général. Les avantages relatifs des systèmes à base de biochar augmentent si l'on prend en compte les modifications du rendement agricole et des émissions de *méthane* ( $CH_4$ ) et d'*oxyde nitreux* ( $N_2O$ ) par les sols.

**Biomasse (Biomass)** : Masse totale des organismes vivants dans un périmètre ou un volume donné; les végétaux morts peuvent être inclus en tant que biomasse morte. Dans le contexte du présent rapport, la biomasse comprend des produits, des sous-produits et des déchets d'origine biologique (matière végétale ou animale), à l'exclusion des substances incorporées dans les formations géologiques et transformées en *combustibles fossiles* ou en tourbe.

**Biomasse traditionnelle (Traditional biomass)** : Il s'agit de la biomasse – bois, charbon de bois, résidus agricoles et déjections

animales – qui apporte l'énergie aux techniques dites traditionnelles, notamment les foyers ouverts pour la cuisson des aliments, les fourneaux rudimentaires et les fours servant à la petite industrie. La biomasse traditionnelle est largement utilisée dans les *pays en développement*, dans lesquels 2,6 milliards d'individus se servent de foyers ouverts pour cuisiner et qui comptent des centaines de milliers de petites industries. L'utilisation de ces techniques rudimentaires est source de niveaux élevés de pollution et, dans des circonstances particulières, elle cause une dégradation des *forêts* et mène au *déboisement*. Partout dans le monde, nombreuses sont les initiatives qui aboutissent en faveur d'une utilisation plus efficace et plus propre de la biomasse traditionnelle, notamment grâce à l'emploi de fours et de fourneaux performants qui constituent une technique durable synonyme d'avantages importants sur le plan de la santé et de l'économie pour les populations locales des *pays en développement*, en particulier dans les zones rurales et périurbaines.

**Biomasse moderne (Modern biomass)** : Toute la biomasse utilisée par des systèmes de transformation hautement performants.

**Biosphère (terrestre et marine) (Biosphere (terrestrial and marine))** : Partie du système terrestre comprenant tous les *écosystèmes* et organismes vivants présents dans l'*atmosphère*, sur terre (biosphère terrestre) ou dans les océans (biosphère marine), y compris la matière organique morte qui en provient, telle que la litière, la matière organique des sols et les détritiques des océans.

**Blocage, enfermement (Lock-in)** : Un blocage se produit lorsqu'un marché bute sur une *norme* alors que les parties prenantes auraient tout intérêt à adopter une solution différente.

**Boisement (Afforestation)** : Plantation de nouvelles *forêts* sur des terres qui, historiquement, n'en possédaient pas. Les projets de boisement peuvent s'inscrire sous différents dispositifs, notamment la *mise en œuvre conjointe (MOC)* et le *mécanisme pour un développement propre (MDP)* en vertu du *Protocole de Kyoto*, pour lesquels des critères précis s'appliquent (ex. : apporter la preuve que les terres n'ont pas porté de forêts pendant au moins 50 ans ou qu'elles n'ont pas été converties pour être destinées à d'autres utilisations avant le 31 décembre 1989).

Le rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GIEC, 2000) propose une analyse plus approfondie du terme *forêt* et d'autres termes connexes tels que boisement, *reboisement* et *déboisement*. Voir aussi le rapport sur les définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines (GIEC, 2003).

**Budget (d'émissions de) carbone (Carbon budget)** : Objectifs estimatifs sous-jacents à une trajectoire suivie relativement aux émis-

sions de *gaz à effet de serre (GES)*, fixés pour satisfaire des hypothèses quant à la réduction de la somme des émissions à réaliser afin de ne pas dépasser un certain niveau d'augmentation de la *température moyenne à la surface du globe*. Il est possible d'établir un budget carbone à l'échelle mondiale, nationale ou infranationale.

**Calcul du prix fictif (*Shadow pricing*)** : Détermination du prix des biens et services dont le prix n'est pas établi ou est établi de façon incomplète par les forces du marché ou par des réglementations administratives à hauteur de leur valeur sociale marginale. Cette technique est utilisée dans les *analyses coûts-avantages*.

**Capacité d'adaptation (*Adaptive capacity*)** : Capacité d'ajustement des systèmes, des *institutions*, des êtres humains et des autres organismes, leur permettant de se prémunir contre les risques de dégâts, de tirer parti des opportunités ou de réagir aux conséquences.<sup>3</sup>

**Capacité d'atténuation (*Mitigation capacity*)** : Capacité d'un pays de réduire les émissions de *gaz à effet de serre (GES)* anthropiques ou de renforcer les *puits* naturels, cette capacité se rapportant aux savoir-faire, aux aptitudes et aux compétences dont dispose le pays et dépendant de la technologie, des *institutions*, de la richesse, de l'équité, des infrastructures et de l'information. La capacité d'atténuation est un élément essentiel de tout *développement durable* au niveau national.

**Captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) (*Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS)*)** : Processus consistant à extraire (piéger ou capter) un courant gazeux relativement pur de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* des sources d'émission industrielles et énergétiques, à le conditionner, à le comprimer et à le transporter vers un site de stockage afin de l'isoler de l'atmosphère pendant une longue période de temps. Voir aussi *Bioénergie et captage et stockage du dioxyde de carbone (BECCS)*, *Piégeage* et *Prêt pour le PSC*.

**Carbone suie (CS) (*Black carbon (BC)*)** : Espèce d'*aérosol* définie de manière opérationnelle à partir de mesures de l'absorption de la lumière, de la réactivité chimique et/ou de la stabilité thermique. Le carbone suie est aussi appelé suie ou carbone noir. Il se forme principalement à partir de la combustion incomplète des *combustibles fossiles*, des *biocarburants* et de la *biomasse*, mais il est aussi présent naturellement. Il ne demeure dans l'atmosphère que quelques jours ou semaines. Parmi les composants des *matières particulaires (MP)*, c'est celui dont le pouvoir d'absorption du rayonnement lumineux est le plus fort; il possède aussi un effet de réchauffement, puisqu'il absorbe la chaleur dans l'*atmosphère* et réduit l'*albédo* de la glace ou de la neige quand il s'y dépose.

**Carburants conventionnels (*Conventional fuels*)** : Voir *Combustibles fossiles*.

**Cellules photovoltaïques (*Photovoltaic cells (PV)*)** : Dispositif électronique qui convertit l'*énergie* lumineuse en courant électrique. Voir aussi *Énergie solaire*.

**Changement climatique (*Climate Change*)** : Variation de l'état du *climat*, qu'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, notamment les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'*atmosphère* ou dans l'*utilisation des terres*. On notera que la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, dans son article premier, définit les changements climatiques comme des «changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables». La CCNUCC établit ainsi une distinction entre les changements climatiques attribuables aux activités humaines altérant la composition de l'*atmosphère* et la variabilité du *climat* imputable à des causes naturelles. Voir aussi *Inertie du changement climatique*.

**Changement climatique brusque (*Abrupt climate change*)** : Changement de grande échelle touchant le *système climatique* et s'étalant sur quelques décennies voire moins. Il persiste (ou est prévu de persister) durant quelques décennies au moins et provoque des bouleversements dans les systèmes humains et naturels. Voir aussi *Seuil climatique*.

**Changement d'affectation des terres indirect (CATi) (*Indirect land use change (iLUC)*)** : Voir *Utilisation des terres*.

**Changement de comportement (*Behaviour change*)** : Dans le présent rapport, modification des décisions et actions humaines dans le sens de l'*atténuation* des *changements climatiques* et/ou de la réduction des conséquences néfastes des *changements climatiques*. Voir aussi *Déterminants du comportement*.

**Changement structurel (*Structural change*)** : Changement, par exemple, des parts relatives du *Produit intérieur brut (PIB)* imputables aux différents secteurs de l'économie (industrie, agriculture, services, etc.). De façon plus générale, un changement structurel correspond à la transformation d'un système, à l'occasion de laquelle on remplace ou on prévoit de remplacer certains éléments par d'autres.

**Chlorofluorocarbones (CFC) (*Chlorofluorocarbons (CFCs)*)** : Composé organique contenant du chlore, du carbone, de l'hydrogène et du fluor, employé pour la réfrigération, la climatisation, l'emballage et l'isolation, dans la mousse plastique ainsi que comme solvant et comme propulseur d'*aérosols*. Échappant à la destruction dans la basse *atmosphère*, les CFC atteignent la haute *atmosphère* où, quand

<sup>3</sup> Définition s'inspirant de celles qui figurent dans les rapports précédents du GIEC et dans MEA, 2005.

les conditions s'y prêtent, ils détruisent les molécules d'*ozone* ( $O_3$ ). C'est un des *gaz à effet de serre* (GES) visés par le Protocole de Montréal de 1987; la fabrication de ces gaz ayant été progressivement abandonnée, ceux-ci sont remplacés par d'autres composés, notamment les *hydrofluorocarbones* (HFC), qui sont des GES pris en compte dans le *Protocole de Kyoto*.

**Climat (Climate)** : Au sens étroit du terme, le climat désigne en général le temps moyen ou, plus précisément, se réfère à une description statistique fondée sur les moyennes et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années. La période type, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans. Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent. Dans un sens plus large, le climat désigne l'état du *système climatique*, y compris sa description statistique.

**Co-avantages (Co-benefits)** : Effets positifs qu'une *politique* ou une *mesure* ciblée pourrait avoir sur d'autres objectifs, sans qu'en soit évalué l'effet net sur le bien-être social global. Les co-avantages sont souvent incertains et dépendent, entre autres choses, de circonstances locales et de pratiques de mise en œuvre. Les co-avantages sont également désignés par l'expression avantages connexes. Voir aussi *Effet secondaire indésirable*, *Risque* et *Substituabilité des risques*.

**Coefficient d'émission, intensité des émissions (Emission factor/intensity)** : Émissions rejetées par unité d'activité. Voir aussi *Intensité carbone*.

**Cogénération (Cogeneration)** : Appelée aussi production combinée de chaleur et d'électricité, ou PCCE, la cogénération consiste en la production simultanée et l'application à des fins utiles d'électricité et de chaleur utilisable.

**Cohérence (Agreement)** : Dans le présent rapport, le degré de cohérence correspond au niveau de convergence des publications scientifiques portant sur un résultat en particulier, tel que les auteurs l'ont évalué. Voir aussi *Confiance*, *Éléments probants*, *Incertitude* et *Probabilité*.

**Combustibles fossiles (Fossil fuels)** : Combustibles carbonés extraits des dépôts de carbone fossile (charbon, tourbe, pétrole, gaz naturel, etc.).

**Combustion de biomasse (Biomass burning)** : Combustion des organismes végétaux vivants ou morts.

**Combustion en torchère (Flaring)** : Combustion à l'air libre des gaz et liquides volatils résiduels évacués par une cheminée, dans les puits ou les plates-formes pétrolières, les raffineries ou les usines chimiques et les décharges.

**Compensation (en matière de politique climatique) (Offset (in climate policy))** : Unité d'émission en équivalent  $CO_2$  qui a été réduite, évitée ou séquestrée pour compenser des émissions rejetées ailleurs.

**Comportement (Behaviour)** : Dans le présent rapport, décisions et actions humaines (et perceptions et jugements sur lesquels elles se fondent) qui influent directement ou indirectement sur l'*atténuation* ou les effets de conséquences éventuelles des *changements climatiques* (*adaptation*). Ces décisions et actions entrent en ligne de compte à différents niveaux, qu'elles émanent d'acteurs à l'échelle internationale, nationale ou infranationale, d'ONG, de tribus, ou de décideurs à l'échelon d'une entreprise, ou encore de communautés, de ménages, de citoyens à titre individuel et de consommateurs. Voir aussi *Changement de comportement* et *Déterminants du comportement*.

**Composés organiques volatils (COV) (Volatile Organic Compounds (VOCs))** : Les COV forment un groupe important de substances chimiques organiques contribuant à la pollution atmosphérique et ayant la propriété de se volatiliser dans l'air ambiant. D'autres termes servent à désigner les COV: hydrocarbures (HC), gaz organiques réactifs et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Les COVNM contribuent en grande partie (avec les *oxydes d'azote* ( $NO_x$ ) et le monoxyde de carbone (CO)) à la formation d'oxydants photochimiques, tel l'*ozone* ( $O_3$ ).

**Comptabilisation basée sur la consommation (Consumption-based accounting)** : La comptabilisation basée sur la consommation fournit une mesure des émissions rejetées dans l'*atmosphère* pour produire les biens et les services que consomme une entité donnée (une personne, une entreprise, un pays, une région, etc.). Voir aussi *Comptabilisation basée sur la production*.

**Comptabilisation basée sur la production (Production-based accounting)** : La comptabilisation basée sur la production fournit une mesure des émissions rejetées dans l'*atmosphère* pour qu'une entité donnée (une personne, une entreprise, un pays, une région, etc.) produise des biens et des services. Voir aussi *Comptabilisation basée sur la consommation*.

**Compteur intelligent (Smart meter)** : Compteur qui communique la consommation d'électricité ou de gaz au distributeur.

**Concentration en équivalent  $CO_2$  ( $CO_2$ -equivalent concentration)** : Concentration de *dioxyde de carbone* ( $CO_2$ ) qui entraînerait le même *forçage radiatif* qu'un mélange donné de  $CO_2$  et d'autres facteurs de forçage. Parmi ces facteurs, on peut ne tenir compte que des *gaz à effet de serre* (GES) ou alors à la fois des GES et des *aérosols*. Si la concentration en équivalent  $CO_2$  est une mesure permettant de comparer le *forçage radiatif* d'un mélange de différents GES à un moment donné, elle n'implique cependant pas d'équivalence en ce qui concerne les réponses correspondantes du *changement climatique* ou le forçage futur. Il n'existe en général aucune corrélation entre des *émissions en équivalent  $CO_2$*  et les concentrations en équivalent  $CO_2$  qui en résultent.

**Conception passive (*Passive design*):** Dans ce contexte, le mot passif fait référence à un objectif selon lequel l'énergie nécessaire à l'utilisation du produit ou service ainsi conçu proviendrait idéalement de sources renouvelables uniquement.

**Conférence des Parties (COP) (*Conference of the Parties (COP)*):** Organe suprême de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, composé des représentants des pays ayant droit de vote qui ont ratifié la Convention ou y ont adhéré. Voir aussi *Réunion des Parties (CMP)*.

**Confiance (*Confidence*):** Validité d'un résultat, selon la nature, la quantité, la qualité et la cohérence des *éléments probants* correspondants (compréhension mécaniste, théorie, données, *modèles*, avis d'experts, etc.) et selon le niveau de *cohérence* sur ce résultat. Dans le présent rapport, elle s'exprime en termes qualitatifs (Mastrandrea *et al.*, 2010). Dans la contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, voir les degrés de confiance indiqués à la figure 1.11 et la liste des qualificatifs s'appliquant à la *probabilité* dans le tableau 1.1. Voir aussi *Incertitude*.

**Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) (*United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*):** Convention adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée par plus de 150 pays et par la Communauté européenne lors du Sommet Planète Terre, qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992. Son objectif ultime est de «stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique». Elle contient des engagements pour toutes les Parties, conformément au principe des «responsabilités communes, mais différenciées». En application de la Convention, les Parties citées dans l'annexe I doivent s'employer à ramener en 2000 les émissions de *gaz à effet de serre (GES)* non réglementées par le *Protocole de Montréal* à leur niveau de 1990. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. En 1997, les Parties de la CCNUCC ont adopté le *Protocole de Kyoto*.

**Courbe, taux d'apprentissage (*Learning curve/rate*):** Diminution du coût ou du prix des technologies, exprimée comme une fonction de l'accroissement des approvisionnements (total ou annuel). Le taux d'apprentissage correspond à la diminution en pourcentage du coût ou du prix pour chaque doublement des approvisionnements cumulés (aussi appelé taux de progrès).

**Courbe de Kuznets appliquée à l'environnement (*Environmental Kuznets Curve*):** Hypothèse selon laquelle les différentes incidences sur l'environnement commencent par augmenter pour ensuite diminuer au fur et à mesure que le revenu par habitant augmente.

**Coût de la conservation de l'énergie (CCE) (*Cost of conserved energy (CCE)*):** Voir *Coût moyen actualisé de la conservation de l'énergie (CMACE)*.

**Coût des transactions (*Transaction costs*):** Coût associé aux activités consistant à amorcer et à mener à bien des transactions, telles que la recherche de partenaires, la tenue de négociations, la prise de conseils auprès d'avocats ou d'autres experts, le suivi des accords, ou coûts d'opportunité, tels que les pertes de temps ou de ressources (Michaelowa *et al.*, 2003).

**Coût marginal de réduction (CMR) (*Marginal abatement costs (MAC)*):** Coût d'une unité d'*atténuation* additionnelle.

**Coût moyen actualisé de la conservation de l'énergie (CMACE) (*Levelized cost of conserved energy (LCCE)*):** Voir les concepts et la définition dans l'annexe II.3.1.2.

**Coût moyen actualisé de la conservation du carbone (CMACC) (*Levelized cost of conserved carbon (LCCC)*):** Voir les concepts et la définition dans l'annexe II.3.1.3.

**Coût moyen actualisé de l'énergie (CMAE) (*Levelized cost of energy (LCOE)*):** Voir les concepts et la définition dans l'annexe II.3.1.1.

**Coût privé (*Private costs*):** Le coût privé est l'ensemble des coûts supportés par des personnes, des entreprises ou d'autres entités qui engagent une action, alors que le coût social comprend en plus l'*externalité* ou *coût externe* que supportent l'environnement et la société dans son ensemble. Les estimations quantitatives tant du coût privé que du coût social peuvent se révéler incomplètes, car il est difficile de mesurer tous les facteurs qui entrent en jeu.

**Coût social (*Social costs*):** Voir *Coût privé*.

**Coût social du carbone (*Social cost of carbon (SCC)*):** Valeur nette actuelle des dommages (leur gravité étant exprimée par une valeur positive) que l'émission d'une tonne supplémentaire de carbone sous la forme de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* fait subir au climat, subordonnée à la trajectoire mondiale suivie concernant les émissions.

**Coûts supplémentaires (*Incremental costs*):** Voir *Finance ou financement pour le climat ou climatique*.

**Crédit d'émission de carbone (*Carbon credit*):** Voir *Droit d'émission*.

**Cycle du carbone (*Carbon cycle*):** Expression utilisée pour désigner le flux de carbone (sous diverses formes telles que le *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*) dans l'*atmosphère*, les océans, la *biosphère* terrestre et marine et la lithosphère. Dans le présent rapport, on utilise comme unité de référence la gigatonne de carbone (GtC) ou la gigatonne de CO<sub>2</sub> (1 GtC correspond à 3,667 GtCO<sub>2</sub>), pour le cycle global du carbone. Le carbone est l'élément chimique principal constituant de la matière organique; il est stocké dans les grands *réservoirs* que sont les molé-

cules organiques de la *biosphère*, le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, la matière organique présente dans les sols, la lithosphère et les océans.

**Déboisement (Deforestation):** Comme le précise l'article 3.3 du *Protocole de Kyoto*, la conversion d'une forêt en zone non forestière constitue une des *sources* principales d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)*: «Les variations nettes des émissions de gaz à effet de serre par les sources et de l'absorption par les puits résultant d'activités humaines directement liées au changement d'affectation des terres et à la foresterie et limitées au boisement, au reboisement et au déboisement depuis 1990, variations qui correspondent à des variations vérifiables des stocks de carbone au cours de chaque période d'engagement, sont utilisées par les *Parties visées à l'annexe I* pour remplir leurs engagements prévus au présent article.» La réduction des émissions résultant du déboisement n'est pas éligible au titre des projets de la *mise en œuvre conjointe (MOC)* ou du *mécanisme pour un développement propre (MDP)*, mais elle a été introduite dans le programme de travail *REDD (réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts)* au titre de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*.

Le rapport spécial du GIEC portant sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GIEC, 2000) propose une analyse détaillée du terme *forêt* et de termes apparentés tels que *boisement*, *reboisement* ou *déboisement*. Voir aussi le rapport qui traite des définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines (GIEC, 2003).

**Décarbonisation (Decarbonization):** Processus par lequel les pays et d'autres entités visent une économie sobre en carbone, ou par lequel les individus cherchent à réduire leur consommation de carbone.

**Défaillance du marché (Market failure):** Lorsque des décisions privées sont fondées sur des prix du marché qui ne reflètent pas la pénurie réelle de certains biens et services, mais davantage les distorsions du marché, elles ne peuvent donner lieu à une allocation efficace des ressources et entraînent des baisses du niveau de vie. Par distorsion du marché, on entend toute situation dans laquelle le marché atteint un prix d'équilibre s'éloignant considérablement du prix que celui-ci atteindrait s'il fonctionnait dans des conditions de concurrence parfaite et d'application par les pouvoirs publics du régime juridique des contrats et de celui de la propriété privée. Les facteurs responsables de la déviation des prix du marché par rapport à la pénurie économique réelle sont les suivants: *externalités* environnementales, *biens publics*, pouvoir de monopole, asymétrie de l'information, *coût des transactions* et *comportement* non rationnel. Voir aussi *Efficiences économique*.

**Demande biochimique d'oxygène (DBO) (Biochemical oxygen demand (BOD)):** Quantité d'oxygène dissous consommé par des micro-organismes (bactéries) lors de l'oxydation biochimique des

matières organiques et non organiques présentes dans les eaux usées. Voir aussi *Demande chimique d'oxygène (DCO)*.

**Demande chimique d'oxygène (DCO) (Chemical oxygen demand (COD)):** Quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation complète des produits chimiques organiques présents dans l'eau; sert à mesurer le niveau des polluants organiques dans les eaux naturelles et les eaux usées. Voir aussi *Demande biochimique d'oxygène (DBO)*.

**Dématérialisation (Dematerialization):** Ambition consistant à réduire dans son ensemble la matière entrant dans la fourniture d'un service sous sa forme définitive.

**Densité énergétique (Energy density):** Elle représente le rapport d'*énergie* stockée par unité de volume ou de masse d'un combustible ou d'une batterie.

**Dépendance à l'égard du chemin parcouru (Path dependence):** Type de situation dans laquelle des contraintes pèsent sur des mesures ou options d'*adaptation*, d'*atténuation* ou autres, en raison de décisions, d'événements ou de résultats intervenus antérieurement.

**Dépense nationale brute (DNB) (Gross National Expenditure (GNE)):** Montant total de la consommation publique et privée et des dépenses d'équipement d'un pays. En général, les comptes nationaux s'équilibrent de sorte que *produit intérieur brut (PIB)* + importations = DNB + exportations.

**Désertification (Desertification):** Dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à divers facteurs, dont les variations du climat et l'activité humaine. La dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches désigne la diminution ou la disparition de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des *forêts* ou des surfaces boisées du fait de l'*utilisation des terres* ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que 1) l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau; 2) la détérioration des propriétés physiques, chimiques, biologiques ou économiques des sols; et 3) la disparition à long terme de la végétation naturelle (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 1994).

**Déterminants des émissions (Drivers of emissions):** Processus, mécanismes et propriétés qui influent sur les émissions par l'intermédiaire de différents facteurs. Ces facteurs comprennent les termes de la décomposition des émissions. Les facteurs et les déterminants peuvent à leur tour influencer sur les *politiques*, les *mesures* et d'autres déterminants.

**Déterminants du comportement (Drivers of behaviour):** Facteurs déterminants des décisions et actions humaines, y compris les valeurs et les objectifs des individus et les entraves à l'action, notam-

ment les facteurs économiques et les incitations, l'accès à l'information, les contraintes relevant de la réglementation et de la technologie, les facultés cognitives et la capacité de maîtriser les émotions, et les normes sociales. Voir aussi *Changement de comportement* et *Comportement*.

**Développement durable (*Sustainable development (SD)*):** Développement qui répond aux besoins de la génération actuelle sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. (Commission mondiale de l'environnement et du développement, 1987).

**Dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) (*Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)*):** Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des *combustibles fossiles* (pétrole, gaz, charbon, etc.) et de la *biomasse* ainsi que des *changements d'affectation des terres* et d'autres procédés industriels (ex.: production de ciment). C'est le principal *gaz à effet de serre (GES)* anthropique qui influe sur le bilan radiatif de la Terre. C'est aussi le gaz de référence pour la mesure des autres GES, dont le *potentiel de réchauffement global (PRG)* est donc égal à 1. Les valeurs du PRG des autres GES figurent dans l'annexe II.9.1.

**Double dividende (*Double dividend*):** Se rapporte au fait que des instruments générateurs de recettes tels que les *taxes sur le carbone* ou les *permis d'émission* négociables (échangeables) peuvent 1) contribuer à l'atténuation et 2) compenser au moins en partie les baisses éventuelles du niveau de vie imputables aux *politiques* relatives au climat grâce au recyclage des recettes dans l'économie en vue de réduire d'autres impôts susceptibles d'engendrer des distorsions.

**Droit d'émission (*Emission allowance*):** Voir *Permis d'émission*.

**Durabilité (*Sustainability*):** Processus dynamique qui garantit la persistance de systèmes naturels et humains en toute équité.

**Échange de droits d'émission (*Emissions trading*):** Instrument fondé sur les mécanismes du marché servant à réduire les émissions. L'objectif environnemental ou la somme totale des émissions autorisées est qualifié de *plafond* d'émissions. Ce *plafond* est divisé en permis d'émission négociables qui sont attribués – soit par mise aux enchères, soit par attribution en fonction de droits acquis – à des entités relevant de la compétence du système d'échange. Ces entités doivent céder des *permis d'émission* correspondant au volume de leurs émissions (ex.: au nombre de tonnes de *dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )*). Une entité peut aussi vendre des permis excédentaires. Des systèmes d'échange de droits d'émission peuvent être mis en place à l'échelle d'une entreprise ou aux niveaux national ou international et peuvent concerner le *dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )*, d'autres *gaz à effet de serre (GES)* ou d'autres substances. L'échange de droits d'émission est également l'un des mécanismes du *Protocole de Kyoto*. Voir aussi *Mécanismes de Kyoto*.

**Écoservices (*Ecosystem services*):** Processus ou fonctions écologiques qui présentent un intérêt, pécuniaire ou non, pour des individus ou pour une société dans son ensemble. On distingue souvent: 1) les services de soutien tels que le maintien de la productivité ou de la *biodiversité*; 2) les services d'approvisionnement, par exemple en aliments, en fibres ou en poisson; 3) les services de régulation tels que la régulation climatique ou la *séquestration* du carbone; et 4) les services culturels tels que le tourisme ou les activités de caractère spirituel et esthétique.

**Écosystème (*Ecosystem*):** Complexe constitué d'organismes vivants, de leur milieu non vivant et de l'ensemble de leurs interactions, considéré en tant qu'unité fonctionnelle. Les composantes d'un écosystème donné et ses limites spatiales sont fonction de l'objet pour lequel l'écosystème est défini: dans certains cas, elles sont relativement précises et dans d'autres, relativement floues. Les limites d'un écosystème peuvent évoluer avec le temps. Des écosystèmes se nichent au sein d'autres écosystèmes; ils peuvent être très petits ou représenter l'ensemble de la *biosphère*. Au cours de la période actuelle, la plupart des écosystèmes comprennent l'être humain en tant qu'organisme clé ou subissent l'influence des activités humaines dans leur milieu.

**Effet d'entraînement (*Spill-over effect*):** Répercussions économiques de *mesures d'atténuation* nationales ou sectorielles sur d'autres pays ou secteurs. Les effets d'entraînement peuvent être positifs ou négatifs et concernent les échanges, le *transfert d'émissions* (de carbone), le transfert d'innovations, la diffusion de technologies ne portant pas atteinte à l'environnement et d'autres questions.

**Effet de serre (*Greenhouse effect*):** Effet radiatif de tous les constituants de l'*atmosphère* qui absorbent le rayonnement infrarouge. Les *gaz à effet de serre (GES)*, les nuages et, dans une moindre mesure, les *aérosols* absorbent le rayonnement terrestre émis à la surface de la Terre et dans l'*atmosphère*. Ces constituants émettent un rayonnement infrarouge dans toutes les directions, mais, toutes choses étant égales par ailleurs, la quantité nette de rayonnement émis vers l'espace est alors inférieure que ce qu'elle aurait pu être en l'absence de ces constituants, compte tenu de la baisse de la température avec l'altitude dans la *troposphère* et de l'affaiblissement de l'émission qui en découle. L'augmentation de la concentration de GES accroît cet effet; on fait parfois référence à cette différence en utilisant l'expression effet de serre additionnel. L'augmentation de la concentration de GES découlant d'*émissions anthropiques* se traduit par un *forçage radiatif* instantané. La surface terrestre et la *troposphère* se réchauffent en réponse à ce forçage, rétablissant graduellement l'équilibre radiatif au sommet de l'*atmosphère*.

**Effet rebond (*Rebound effect*):** Phénomène par lequel une réduction de la consommation d'énergie ou des émissions (par rapport à une *situation de départ (ou de référence)*) associée à la mise en œuvre de *mesures d'atténuation* dans un territoire est annulée dans une certaine mesure par les changements induits touchant la consommation, la production et les prix dans le même territoire. On parle le plus souvent



d'effet rebond en ce qui concerne les améliorations technologiques du *rendement énergétique*. Voir aussi *Transfert d'émissions, « fuite »*.

**Effets secondaires indésirables (Adverse side-effects):** Effets négatifs qu'une *politique* ou une *mesure* ciblée pourrait avoir sur d'autres objectifs, sans qu'on en ait évalué l'effet net sur le bien-être social global. Les effets indésirables sont souvent incertains et dépendent, entre autres choses, de circonstances locales et de pratiques de mise en œuvre. Voir aussi *Co-avantages, Risque* et *Substituabilité des risques*.

**Efficacité environnementale (Environmental effectiveness):** Une *politique* est efficace du point de vue environnemental dans la mesure où elle permet d'atteindre l'objectif environnemental fixé (une réduction des émissions des *gaz à effet de serre (GES)* par exemple).

**Efficience économique (Economic efficiency):** L'efficience économique se rapporte à la répartition des ressources économiques (biens, services, apports, activités productives). Une affectation est efficace s'il se révèle impossible de réaffecter les ressources de manière à améliorer le sort d'au moins une personne sans aggraver celui d'une autre personne. Une affectation est inefficace si une telle réaffectation se révèle possible. Ce concept porte aussi le nom de critère d'efficience de Pareto. Voir aussi *Optimum de Pareto*.

**Éléments probants (Evidence):** Information indiquant dans quelle mesure une opinion ou une proposition est vraie ou valable. Dans le présent rapport, le degré de cohérence reflète la quantité d'informations scientifiques et techniques sur lesquelles les auteurs principaux fondent leurs conclusions. Voir aussi *Cohérence, Confiance, Incertitude* et *Probabilité*.

**Élimination du dioxyde de carbone (EDC) (Carbon Dioxide Removal (CDR)):** On entend par méthodes d'élimination du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*, l'ensemble des techniques visant à extraire directement le CO<sub>2</sub> de l'*atmosphère* soit 1) en augmentant la capacité des *puits* naturels de carbone soit 2) en faisant appel à l'ingénierie chimique pour éliminer le CO<sub>2</sub>, dans le but d'en réduire la concentration dans l'*atmosphère*. Ces méthodes reposent sur les systèmes océaniques et terrestres, mais aussi sur des moyens techniques; elles comprennent la *fertilisation par le fer*, le *boisement* à grande échelle et le *piégeage direct* du CO<sub>2</sub> de l'*atmosphère* grâce à des moyens faisant appel à l'ingénierie chimique. Certaines méthodes d'EDC relèvent de la *géo-ingénierie* et d'autres pas, et ce, en fonction de l'ordre de grandeur, de l'échelle et des incidences des activités d'EDC. La distinction entre l'EDC et l'*atténuation* n'est pas clairement établie, si bien que les deux définitions fournies actuellement peuvent se chevaucher (GIEC, 2012, p. 2). Voir aussi *Gestion du rayonnement solaire (GRS)*.

**Émission en équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-equivalent emission):** Quantité émise de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* qui provoquerait le même *forçage radiatif* intégré, pour un horizon de temps donné, qu'une quantité émise d'un seul *gaz à effet de serre (GES)* ou d'un mélange de ces

gaz. L'émission en équivalent CO<sub>2</sub> est obtenue en multipliant l'émission d'un GES par son *potentiel de réchauffement global (PRG)* pour l'horizon de temps considéré (les valeurs du PRG des autres GES figurent dans l'annexe II.9.1 et dans le tableau 8.A.1 de la contribution du Groupe de travail I au RE5). Dans le cas d'un mélange de GES, l'émission en équivalent CO<sub>2</sub> est obtenue en additionnant les émissions en équivalent CO<sub>2</sub> de chacun des gaz. Si l'émission en équivalent CO<sub>2</sub> est une mesure couramment utilisée pour la comparaison des émissions de différents GES, elle n'implique cependant pas d'équivalence en ce qui concerne les réponses correspondantes du *changement climatique*. Voir aussi *Concentration en équivalent CO<sub>2</sub>*.

### Émissions (Emissions):

**Émissions agricoles (Agricultural emissions):** Émissions associées aux systèmes agricoles – principalement de *méthane (CH<sub>4</sub>)* ou d'*oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)*. Il s'agit notamment des émissions dues à la fermentation entérique chez les animaux constituant le bétail, à la gestion du fumier, à la riziculture et au brûlage dirigé des savanes et prairies, ainsi que des émissions des sols (GIEC, 2006).

**Émissions anthropiques (Anthropogenic emissions):** Émissions de *gaz à effet de serre (GES)*, d'*aérosols* et de *précurseurs de gaz à effet de serre* ou d'*aérosols* dues aux activités humaines. Au nombre de ces activités figurent l'utilisation de *combustibles fossiles*, le *déboisement*, les *changements d'affectation des terres*, la production animale, la fertilisation, la gestion des déchets et les processus industriels.

**Émissions des champs d'application 1, 2 et 3 (Scope 1, Scope 2, and Scope 3 emissions):** Responsabilité des émissions telle qu'elle est définie par le Protocole des GES (une initiative du secteur privé). Le «champ d'application 1» correspond aux émissions de *gaz à effet de serre (GES)* directes provenant de sources détenues et contrôlées par l'entité qui établit le rapport. Le «champ d'application 2» correspond aux émissions de GES indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur achetée par l'entité qui établit le rapport. Le «champ d'application 3» correspond à toutes les autres émissions indirectes, à savoir les émissions associées à l'extraction et à la fabrication des matières et des carburants et à la production des services achetés, y compris le transport par des véhicules n'appartenant pas ou n'étant pas contrôlés par l'entité qui établit le rapport, les activités externalisées, l'élimination des déchets, etc. (WBCSD et WRI, 2004).

**Émissions directes (Direct emissions):** Émissions résultant physiquement d'activités se situant dans des périmètres bien définis, ou par exemple émanant d'une région, d'un secteur économique, d'une entreprise ou d'un processus.

**Émissions indirectes (Indirect emissions):** Émissions étant la conséquence d'activités se situant dans des périmètres bien définis, ou par exemple émanant d'une région, d'un secteur écono-

mique, d'une entreprise ou d'un processus, mais qui se produisent en dehors de ces périmètres. Des émissions sont dites indirectes par exemple lorsqu'elles se rapportent à l'utilisation d'énergie thermique, mais qu'elles se produisent physiquement en dehors de la zone où se situe l'utilisateur de cette énergie, ou encore à la production d'électricité, mais qu'elles se produisent physiquement en dehors du secteur de l'approvisionnement en électricité.

**Émissions intrinsèques (Embodied emissions):** Émissions résultant de la fabrication et de la livraison d'un bien ou d'un service ou de la construction d'une infrastructure. Un système comprendra souvent les émissions en amont (les émissions associées à l'extraction des matières premières, par exemple), et ce, en fonction des bornes qui lui sont fixées. Voir aussi *Analyse du cycle de vie (ACV)*.

**Émissions territoriales (Territorial emissions):** Émissions émanant d'un territoire relevant d'une autorité distincte.

**Émissions agricoles (Agricultural emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions anthropiques (Anthropogenic emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions des champs d'application 1, 2 et 3 (Scope 1, Scope 2, and Scope 3 emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions directes (Direct emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions indirectes (Indirect emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions intrinsèques (Embodied emissions):** Voir *Émissions*.

**Émissions territoriales (Territorial emissions):** Voir *Émissions*.

**Empreinte carbone (Carbon footprint):** Mesure de la quantité totale exclusive d'émissions de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* directement ou indirectement causées par une activité ou accumulées tout au long des différentes étapes de la vie d'un produit (Wiedmann et Minx, 2008).

**Énergie (Energy):** Faculté d'un corps ou d'un système à produire un travail à n'importe quel instant. L'énergie se classe en différentes catégories et devient utile à l'homme lorsqu'elle circule d'un point à un autre ou qu'elle est convertie d'une catégorie en une autre.

**Énergie finale (Final energy):** Voir *Énergie primaire*.

**Énergie intrinsèque (Embodied energy):** L'énergie intrinsèque est l'énergie utilisée pour produire une substance ou un produit (métal industriel ou matériau de construction), compte tenu de l'énergie utilisée dans l'unité de production, de l'énergie utilisée pour produire des matières qui sont utilisées dans l'unité de production et ainsi de suite.

**Énergie primaire (Primary energy):** L'énergie primaire (on parle également de sources d'énergie) est l'énergie présente dans les ressources naturelles (charbon, pétrole brut, gaz naturel, uranium, sources renouvelables, etc.). Il en existe plusieurs définitions. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) emploie la méthode du contenu énergétique physique, qui définit l'énergie primaire comme l'énergie n'ayant encore fait l'objet d'aucune conversion anthropique. La méthode utilisée dans le présent rapport est la méthode d'équivalence directe (voir l'annexe II.4), qui assimile une unité d'énergie secondaire fournie par des sources non combustibles à une unité d'énergie primaire, mais considère l'énergie de combustion comme le potentiel énergétique contenu dans les combustibles avant traitement ou combustion. L'énergie primaire est transformée en énergie secondaire par purification (du gaz naturel), par raffinage (du pétrole brut en produits pétroliers) ou par conversion en électricité ou en chaleur. Lorsque l'énergie secondaire est fournie à des installations d'utilisation finale, elle est appelée énergie finale (par exemple l'électricité qui alimente une prise de courant) et se transforme en énergie utile en fournissant des *services énergétiques* (la lumière, par exemple).

**Énergie renouvelable (Renewable energy):** Toute forme d'énergie d'origine solaire, géophysique ou biologique qui se reconstitue par des processus naturels à un rythme égal ou supérieur à son taux d'utilisation. Pour une description plus détaillée, voir *Bioénergie, Énergie solaire, Énergie hydraulique, Énergie marine, Énergie géothermique* et *Énergie éolienne*.

**Énergie secondaire (Secondary energy):** Voir *Énergie primaire*.

**Énergie éolienne (Wind energy):** Énergie cinétique tirée des courants atmosphériques résultant du réchauffement inégal de la surface du globe. Une éolienne est une machine tournante servant à convertir l'énergie cinétique en énergie mécanique rotative, généralement en vue de la production d'électricité. Un moulin à vent fonctionne à l'aide d'aubes ou d'ailes obliques et produit une énergie mécanique qui est en général utilisée directement, par exemple pour le pompage de l'eau. Une ferme, une centrale ou un parc éolien est un groupe d'éoliennes reliées à un réseau d'alimentation électrique ordinaire par un système de transformateurs, de lignes de distribution et (généralement) d'une sous-station.

**Énergie finale (Final energy):** Voir *Énergie primaire*.

**Énergie géothermique (Geothermal energy):** Énergie thermique accessible, stockée à l'intérieur de la Terre.

**Énergie hydraulique (Hydropower):** Énergie fournie par le mouvement de l'eau.

**Énergie intrinsèque (Embodied energy):** Voir *Énergie*.

**Énergie marine (Ocean energy):** *Énergie* fournie par l'océan par le biais des vagues, des marnages, des courants océaniques et de marée et des gradients thermiques et salins.

**Énergie primaire (Primary energy):** Voir *Énergie*.

**Énergie renouvelable (Renewable energy):** Voir *Énergie*.

**Énergie secondaire (Secondary energy):** Voir *Énergie primaire*.

**Énergie solaire (Solar energy):** *Énergie* émise par le soleil. Cette expression fait souvent référence à l'*énergie* captée sous forme de chaleur ou de lumière et convertie en énergie chimique par photosynthèse naturelle ou artificielle ou directement en électricité par des *cellules photovoltaïques*.

**Engagements pris à Cancún (Cancún Pledges):** Au cours de l'année 2010, de nombreux pays ont présenté les plans qu'ils avaient mis au point pour réduire les émissions de *gaz à effet de serre* au Secrétariat de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* qui les a pris en compte officiellement à présent. Les *pays industrialisés* ont proposé des plans dans lesquels ils s'engagent à réaliser les objectifs fixés en matière de réduction d'émissions pour l'ensemble de l'économie, principalement à l'horizon 2020, tandis que les *pays en développement* ont proposé, sous la forme de plans d'action, des mesures visant à limiter la croissance de leurs émissions.

**Évaluation intégrée (Integrated assessment):** Méthode d'analyse qui combine en un ensemble cohérent les résultats et modèles propres aux sciences physiques, biologiques, économiques et sociales ainsi que les interactions de ces divers éléments, de façon à pouvoir évaluer l'ampleur et les conséquences des changements environnementaux de même que les mesures prises pour y remédier. Voir aussi *Modèle intégré*.

**Évolution technologique (ET) (Technological change (TC)):** Les modèles économiques différencient les évolutions technologiques autonome (exogène), endogène et induite.

**Évolution technologique autonome (exogène) (Autonomous (exogenous) technological change):** Processus qui n'est pas pris en compte par le modèle (c'est-à-dire en tant que paramètre) et qui prend souvent la forme d'une évolution chronologique influant sur la productivité des facteurs et/ou la productivité énergétique et, par conséquent, sur la demande en énergie ou la croissance de la production.

**Évolution technologique endogène (Endogenous technological change):** Résultat d'une activité économique prise en compte par le modèle (c'est-à-dire en tant que variable), de sorte que la productivité des facteurs ou le choix des technologies est inclus dans le modèle et qu'il influe sur la demande en *énergie* et/ou sur la croissance économique.

**Évolution technologique induite (Induced technological change):** L'évolution technologique induite englobe l'évolution technologique endogène, mais aussi d'autres changements induits par des *politiques* et des *mesures* telles que les *taxes sur le carbone* destinées à stimuler les activités de recherche-développement.

**Externalité, coût externe et avantage externe (Externality / external cost / external benefit):** L'externalité résulte d'une activité humaine, lorsque le responsable de l'activité en question ne tient pas totalement compte des effets de celle-ci sur les possibilités de production et de consommation d'autrui et qu'il n'existe aucune forme de compensation pour ces effets. Lorsque les effets sont négatifs, on parle de coûts externes, et lorsqu'ils sont positifs, d'avantages externes. Voir aussi *coût social*.

**Extraction directe dans l'air (Direct Air Capture (DAC)):** Procédé chimique consistant à produire un flux de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* pur en piégeant le CO<sub>2</sub> directement dans l'air ambiant.

**Faisabilité institutionnelle (Institutional feasibility):** La faisabilité institutionnelle est constituée de deux parties essentielles: 1) la mesure de la charge de travail administrative, à la fois pour les pouvoirs publics et pour les entités réglementées et 2) la mesure dans laquelle une *politique* est perçue comme légitime, est acceptée, adoptée puis mise en œuvre.

**Fertilisation par le dioxyde de carbone (Carbon dioxide fertilization):** Stimulation de la croissance des végétaux due à l'augmentation de la concentration atmosphérique de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*.

**Fertilisation par le fer (Iron fertilization):** Apport délibéré de fer dans la couche supérieure de l'océan visant à stimuler la productivité biologique afin que l'océan puisse fixer davantage de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* atmosphérique. Voir aussi Élimination du *dioxyde de carbone (EDC)* et *Géo-ingénierie*.

**Finance ou financement pour le climat ou climatique (Climate finance):** Il n'existe pas de définition bien établie de cette expression qui s'applique à la fois aux ressources financières consacrées mondialement à la lutte contre le *changement climatique* et aux flux financiers vers les *pays en développement* destinés à aider ces derniers à lutter contre le *changement climatique*. Dans ces domaines, les publications sur le sujet proposent plusieurs notions dont voici les plus utilisées:

**Coûts supplémentaires (Incremental costs):** Coût en capital de l'*investissement supplémentaire* et différence de coûts de fonctionnement et de maintenance entre un projet d'*atténuation* ou d'*adaptation* et un projet de référence. La soustraction des valeurs nettes actuelles des deux projets permet de calculer ces coûts supplémentaires. Voir aussi *Additionnalité*.

**Investissement supplémentaire (Incremental investment):** Apport supplémentaire en capital que nécessite un projet d'*atté-*

*nuation* ou d'*adaptation* par comparaison à un projet de référence. Voir aussi *Additionnalité*.

**Financement global pour le climat (Total climate finance):** Ensemble des flux financiers dont l'effet attendu est de réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) ou d'augmenter la résilience face aux incidences de la variabilité du climat et au changement climatique prévu. Cela inclut les fonds privés et publics, les flux nationaux et internationaux, les dépenses en faveur de l'*atténuation* et de l'*adaptation* face aux variations actuelles du climat ainsi qu'au *changement climatique* futur.

**Flux du financement global pour le climat vers les pays en développement (Total climate finance flowing to developing countries):** Partie du *financement global pour le climat* investie dans les *pays en développement*, émanant des *pays industrialisés*. Cela inclut les fonds privés et publics.

**Flux de la finance climatique, du secteur privé vers les pays en développement (Private climate finance flowing to developing countries):** Fonds et investissements émanant d'acteurs du secteur privé des *pays industrialisés*, destinés à financer des activités dans les *pays en développement* dont l'effet attendu est de réduire les émissions nettes de *gaz à effet de serre (GES)* ou d'augmenter la *résilience* face aux incidences de la *variabilité du climat* et au *changement climatique* prévu.

**Flux de la finance climatique, du secteur public vers les pays en développement (Public climate finance provided to developing countries):** Fonds émanant des pouvoirs publics et d'institutions bilatérales des pays industrialisés, ainsi que d'institutions multilatérales, destinés à financer des activités d'*atténuation* ou d'*adaptation* dans les *pays en développement*. Il s'agit pour la plupart de subventions et de prêts à des conditions privilégiées.

**Fonds pour l'adaptation (Adaptation Fund):** Fonds institué en application du *Protocole de Kyoto* et lancé officiellement en 2007. Ce Fonds finance des projets et des programmes d'*adaptation* concrets dans les *pays en développement* Parties au *Protocole de Kyoto*. Les fonds sont principalement issus de la vente d'*unités de réduction certifiée d'émissions (URCE)* et d'une part du produit s'élevant à 2 % de la valeur des URCE émises chaque année pour les projets du *mécanisme pour un développement propre (MDP)*. Le Fonds pour l'adaptation peut aussi recevoir des fonds émanant des gouvernements, du secteur privé et de particuliers.

**Fonds pour l'environnement mondial (FEM) (Global Environment Facility (GEF)):** Fonds créé en 1991 pour aider les *pays en développement* à financer les projets et les programmes destinés à la protection de l'environnement à l'échelle mondiale. Le FEM subventionne des projets concernant la *biodiversité*, les *changements climatiques*, les eaux internationales, la pollution des sols, la couche d'*ozone (O3)* et les polluants organiques persistants.

**Fonds vert pour le climat (FVC) (Green Climate Fund (GCF)):** Le Fonds vert pour le climat a été créé lors de la seizième session de la *Conférence des Parties (COP)* en 2010, en tant qu'entité chargée d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, conformément à l'article 11 de la Convention, afin d'apporter un soutien aux projets, programmes et *politiques*, et autres activités mis en place dans les *pays en développement* Parties à la Convention. Le Fonds est dirigé par un conseil et tire ses orientations de la COP. Son siège se situe à Songdo, en République de Corée.

**Forçage radiatif (Radiative forcing):** Variation du flux de rayonnement résultant (différence entre le flux descendant et le flux ascendant, exprimé en  $W\ m^{-2}$ ), à la tropopause ou au sommet de l'*atmosphère*, due à une modification d'un agent externe du *changement climatique*, par exemple une modification de la concentration de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* ou du rayonnement solaire. Pour les besoins du présent rapport, le forçage radiatif est en outre défini comme le changement par rapport à l'année 1750 et se rapporte à une valeur moyenne annuelle à l'échelle du globe.

**Foresterie et autres affectations des terres (AFAT) (Forestry and Other Land Use (FOLU)):** Voir *Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT)*.

**Forêt (Forest):** Type de végétation dominée par les arbres. Un grand nombre de définitions du terme forêt sont utilisées dans le monde, du fait de la grande disparité des conditions biogéophysiques, des structures sociales et des conditions économiques. Selon la définition donnée par la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* en 2005: «On entend par «forêt» une terre d'une superficie minimale comprise entre 0,05 et 1 hectare portant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 à 30 % de la surface ... et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 à 5 mètres.» Les Parties à la Convention peuvent choisir une définition du terme «forêt» dans les fourchettes proposées. À l'heure actuelle, la définition ne prend pas en compte les différents biomes et n'établit pas de distinction entre les forêts naturelles et les plantations, une anomalie que bon nombre de voix voudraient voir rectifiée.

Le rapport spécial du GIEC portant sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GIEC, 2000) propose une analyse plus approfondie du terme forêt et d'autres termes connexes tels que boisement, reboisement et déboisement. Voir aussi le rapport sur les définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines (GIEC, 2003).

**Gaz à effet de serre (GES) (Greenhouse gas (GHG)):** Constituants gazeux de l'*atmosphère*, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement terrestre émis par la surface de la Terre, l'*at-*

*mosphère* et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'*effet de serre*. La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le *dioxyde de carbone* (CO<sub>2</sub>), l'*oxyde nitreux* (N<sub>2</sub>O), le *méthane* (CH<sub>4</sub>) et l'*ozone* (O<sub>3</sub>) sont les principaux GES présents dans l'*atmosphère* terrestre. Il existe également des GES résultant uniquement des activités humaines, tels que les hydrocarbures halogénés et autres substances contenant du chlore et du brome, dont traite le *Protocole de Montréal*. Outre le CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>, le *Protocole de Kyoto* traite, quant à lui, d'autres GES tels que l'*hexafluorure de soufre* (SF<sub>6</sub>), les *hydrofluorocarbones* (HFC) et les *hydrocarbures perfluorés* (PFC). Le tableau 2.A.1 (contribution du Groupe de travail I au RE5) fournit une liste des GES au mélange homogène.

**Gaz trace (*Trace gas*):** Constituant mineur de l'*atmosphère* après l'azote et l'oxygène, qui représentent, à eux deux, 99 % du volume total. Les principaux gaz traces qui contribuent à l'*effet de serre* sont le *dioxyde de carbone* (CO<sub>2</sub>), l'*ozone* (O<sub>3</sub>), le *méthane* (CH<sub>4</sub>), l'*oxyde nitreux* (N<sub>2</sub>O), les *hydrocarbures perfluorés* (PFC), les *chlorofluorocarbones* (CFC), les *hydrofluorocarbones* (HFC), l'*hexafluorure de soufre* (SF<sub>6</sub>) et la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O).

**Géo-ingénierie (*Geoengineering*):** Terme qui se rapporte à un vaste ensemble de méthodes et de techniques visant à modifier délibérément le *système climatique* pour lutter contre les effets du *changement climatique*. Dans la plupart des cas, mais pas dans tous, ces méthodes visent à 1) réduire la quantité d'*énergie solaire* absorbée par le *système climatique* (*gestion du rayonnement solaire*) ou 2) augmenter la capacité nette des *puits* de carbone atmosphérique à une échelle suffisamment grande pour avoir un effet sur le *climat* (*Élimination du dioxyde de carbone* (EDC)). L'échelle et le but ont une importance capitale. Deux caractéristiques essentielles des méthodes de géo-ingénierie suscitent des inquiétudes particulières: elles utilisent ou touchent le *système climatique* (ex.: *atmosphère*, terres émergées ou océans), à l'échelle mondiale ou régionale et/ou elles pourraient avoir des effets considérables indésirables au-delà des frontières nationales. La géo-ingénierie est différente de la modification artificielle du temps et du génie écologique, mais la distinction peut ne pas être claire (GIEC, 2012, p. 2).

**Gestion des forêts (*Forest management*):** Ensemble d'opérations effectuées pour administrer et exploiter les *forêts* de manière à ce qu'elles remplissent durablement certaines fonctions écologiques (y compris la préservation de la *biodiversité*), économiques et sociales pertinentes (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2002).

**Gestion des pâturages (*Grazing land management*):** Ensemble d'opérations qui visent à agir sur le volume et les caractéristiques de la production (fourrage et bétail) (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2002).

**Gestion des terres cultivées (*Cropland management*):** Ensemble d'opérations effectuées sur des terres où l'on pratique l'agriculture

et sur des terres qui font l'objet d'un gel ou ne sont temporairement pas utilisées pour la production de cultures. (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2002).

**Gestion du rayonnement (*Radiation management*):** Voir *Gestion du rayonnement solaire*.

**Gestion du rayonnement solaire (GRS) (*Solar Radiation Management (SRM)*):** Modification intentionnelle du bilan radiatif de courtes longueurs d'onde à la surface terrestre destinée à réduire le *changement climatique* selon une métrique donnée (ex.: température en surface, précipitations, incidences à l'échelle d'une région, etc.). L'introduction artificielle d'*aérosols* dans la stratosphère ou l'augmentation de la luminance des nuages sont deux exemples de techniques de GRS. Des méthodes visant à modifier des éléments répondant rapidement du bilan radiatif de grandes longueurs d'onde (notamment les cirrus), bien que n'étant pas à proprement parler des techniques de GRS, peuvent néanmoins y être associées. Selon les définitions qu'on leur donne d'ordinaire, les termes *atténuation* et *adaptation* ne couvrent pas les techniques de GRS (GIEC, 2012, p. 2). Voir aussi *Élimination du dioxyde de carbone* (EDC) et *Géo-ingénierie*.

**Gouvernance (*Governance*):** Notion générale englobant l'ensemble des moyens nécessaires pour la détermination, la gestion et la mise en œuvre des *politiques* et des *mesures* appropriées. Alors que le gouvernement se rapporte strictement à l'État-nation, le concept plus large de gouvernance recouvre les contributions des divers niveaux de gouvernement (mondial, international, régional et local) ainsi que le rôle du secteur privé, des acteurs non gouvernementaux et de la société civile, en vue de répondre aux diverses sortes de questions auxquelles fait face la communauté internationale.

**Hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) (*Sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>)*):** Un des six *gaz à effet de serre* (GES) dont il est prévu de réduire les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. Abondamment utilisé dans l'industrie lourde pour isoler l'appareillage haute tension et pour faciliter la fabrication des systèmes de refroidissement des câbles et des semi-conducteurs. Voir aussi *Potentiel de réchauffement global* (PRG) et les valeurs du PRG dans l'annexe II.9.1.

**Hydrocarbures perfluorés (PFC) (*Perfluorocarbons (PFCs)*):** Un des six gaz ou groupes de *gaz à effet de serre* (GES) dont il est prévu de diminuer les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. Sous-produits de la production d'aluminium et de l'enrichissement de l'uranium, ils remplacent aussi les *chlorofluorocarbones* (CFC) dans la fabrication des semi-conducteurs. Voir aussi *Potentiel de réchauffement global* (PRG) et les valeurs du PRG dans l'annexe II.9.1.

**Hydrofluorocarbones (HFC) (*Hydrofluorocarbons (HFCs)*):** Un des six gaz ou groupes de *gaz à effet de serre* (GES) dont il est prévu de diminuer les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. Produits commercialement pour remplacer les *chlorofluorocarbones* (CFC), ils sont utilisés principalement dans le secteur de la réfrigération et de la fabri-

cation des semi-conducteurs. Voir aussi *Potentiel de réchauffement global (PRG)* et les valeurs du PRG dans l'annexe II.9.1.

**Identité de Kaya (*Kaya identity*):** Selon cette identité mathématique, les émissions mondiales sont égales au produit de la taille de la population par la production par habitant (*produit mondial brut*), par l'*intensité énergétique* de la production, par l'*intensité carbone* de l'*énergie*.

**Identité IPAT (*IPAT identity*):** Le sigle IPAT est constitué des quatre lettres représentant les termes d'une identité mathématique mise en avant pour décrire les incidences de l'activité humaine sur l'environnement. L'impact (I) est exprimé comme étant le produit de trois facteurs: la taille de la population (P), son niveau de richesse (A) exprimé en PIB par habitant, et un facteur représentant la technologie (T) qui mesure l'impact de chaque unité de PIB. Selon cette conceptualisation, la croissance démographique conduit par définition à une plus grande incidence sur l'environnement, A et T restant constants; de même, en cas d'augmentation du revenu, l'impact est plus important (Ehrlich et Holdren, 1971).

**Îlot de chaleur (*Heat island*):** Zone urbaine où la température ambiante est supérieure à celle des zones rurales environnantes et où l'on observe également des changements dans l'écoulement, des effets de rétention de chaleur et des modifications de l'*albédo* de surface.

**Îlot de chaleur urbain (*Urban heat island*):** Voir *Îlot de chaleur*.

**Incertitude (*Uncertainty*):** Degré de connaissance incomplète, dont on est conscient, pouvant découler d'un manque d'information ou d'un désaccord sur ce qui est connu, voire connaissable. L'incertitude peut avoir des origines diverses et résulter ainsi d'une imprécision dans les données, d'une ambiguïté dans la définition des concepts ou de la terminologie employés ou encore de projections incertaines du *comportement* humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (ex.: une fonction de densité de probabilité) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant par exemple l'opinion d'une équipe d'experts). (Voir Moss et Schneider, 2000; Manning *et al.*, 2004; Mastrandrea *et al.*, 2010.) Voir aussi *Cohérence*, *Confiance*, *Éléments probants* et *Probabilité*.

**Indice de développement humain (IDH) (*Human Development Index (HDI)*):** L'indice de développement humain permet d'évaluer les progrès des pays en matière de développement social et économique. Il s'agit d'un indice composite regroupant trois indicateurs: 1) la santé mesurée par l'espérance de vie à la naissance; 2) le savoir mesuré par la combinaison du taux d'alphabétisation des adultes et du taux de scolarisation correspondant aux études primaires, secondaires et supérieures; et 3) le niveau de vie mesuré par le *produit intérieur brut (PIB)* par habitant (en parité du pouvoir d'achat). L'IDH établit un minimum et un maximum pour chaque dimension appelés balises, et indique ensuite la situation de chaque pays par rapport à ces dernières (dont la valeur varie entre 0 et 1). L'IDH donne seulement une indication indi-

recte de certains des principaux aspects du développement humain; par exemple, il ne rend pas compte de la participation politique ou des inégalités hommes-femmes.

**Inertie du changement climatique (*Climate change commitment*):** En raison de l'inertie thermique des océans et de la lenteur des processus propres à la cryosphère et aux terres émergées, le *climat* continuerait de changer même si la composition de l'*atmosphère* se maintenait aux valeurs observées aujourd'hui. L'évolution passée de la composition de l'*atmosphère* se traduit par un *changement climatique* engagé qui durera tant que le déséquilibre radiatif persistera et jusqu'à ce que toutes les composantes du *système climatique* se soient ajustées à ce nouvel état. Le changement de température qui interviendra après que la composition de l'*atmosphère* aura été maintenue constante est désigné sous l'appellation inertie thermique à composition constante ou simplement réchauffement engagé ou inertie du réchauffement. L'inertie du changement climatique entraînera également d'autres changements qui toucheront notamment le cycle hydrologique, les phénomènes météorologiques extrêmes, les phénomènes climatiques extrêmes et les variations du niveau de la mer. On parlera d'inertie pour des émissions constantes pour désigner le changement climatique inertiel qui résulterait d'une stabilisation des *émissions anthropiques* et d'inertie pour des émissions nulles pour désigner le changement climatique inertiel qui résulterait d'un arrêt de ces émissions. Voir aussi *Changement climatique*.

**Ingénierie climatique (*Climate engineering*):** Voir *Géo-ingénierie*.

**Institution (*Institution*):** Règles et normes communes aux acteurs sociaux qui orientent et structurent les interactions humaines et en établissent les limites. Les institutions peuvent être officielles, notamment les lois ou les politiques, ou pas, notamment les normes ou les conventions. Les organisations – parlements, organes de réglementation, sociétés privées et organismes communautaires – sont créées et agissent en fonction des cadres institutionnels et des dispositifs d'incitation qui en découlent. Pour orienter et structurer les interactions humaines et en établir les limites, les institutions agissent par l'intermédiaire de contrôles directs, de mesures d'incitation et de processus de socialisation.

**Intensité carbone (*Carbon intensity*):** Quantité de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* émis par unité d'une autre variable telle que le *produit intérieur brut (PIB)*, l'énergie fournie utilisée ou les transports.

**Intensité énergétique (*Energy intensity*):** Rapport de la consommation d'*énergie* à la production économique ou physique.

**Investissement supplémentaire (*Incremental investment*):** Voir *Finance ou financement pour le climat ou climatique*.

**Matières particulaires (MP) (*Particulate matter (PM)*):** Matières solides de très petites dimensions émises lors de la combustion de *combustibles fossiles* ou de *biomasse*. Ces matières particulaires

peuvent être constituées de diverses sortes de substances. Les particules les plus nocives sont celles dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 µm, aussi appelées MP<sub>10</sub>. Voir aussi *Aérosol*.

**Mécanisme pour un développement propre (MDP) (Clean Development Mechanism (CDM)):** Mécanisme défini dans l'article 12 du *Protocole de Kyoto*, qui permet aux investisseurs (pouvoirs publics ou sociétés privées) des *pays développés* (*visés à l'annexe B*) de financer des projets de réduction ou de suppression des émissions de *gaz à effet de serre (GES)* dans des *pays en développement* (*non visés à l'annexe B*) et de recevoir pour ce faire des *unités de réduction certifiée des émissions (URCE)*. Les *pays développés* concernés peuvent créditer ces URCE au titre de leurs engagements en la matière. Le MDP vise à faciliter l'atteinte des deux objectifs qui consistent à promouvoir le *développement durable* dans les *pays en développement* et à permettre aux *pays industrialisés* d'atteindre leurs engagements de réduction des émissions de manière économique et efficace. Voir aussi *Mécanismes de Kyoto*.

**Mécanismes de flexibilité (Flexibility Mechanisms):** Voir *Mécanismes de Kyoto*.

**Mécanismes de Kyoto (également appelés mécanismes de flexibilité) (Kyoto Mechanisms (also referred to as Flexibility Mechanisms)):** Mécanismes basés sur les principes du marché, auxquels les Parties au *Protocole de Kyoto* peuvent recourir pour atténuer les incidences économiques possibles de l'engagement qu'elles ont pris à limiter ou à réduire les émissions de *gaz à effet de serre (GES)*. Ces mécanismes comprennent la *mise en œuvre conjointe (MOC)* (article 6), le *mécanisme pour un développement propre (MDP)* (article 12) et l'*échange de droits d'émission* (article 17).

**Mécanismes fondés sur les principes du marché, émissions de GES (Market-based mechanisms, GHG emissions):** Approches réglementaires employant, entre autres instruments, des mécanismes du marché (taxes et *permis d'émission* mis aux enchères, par exemple) pour réduire les *sources* ou renforcer les *puits* de *gaz à effet de serre (GES)*.

**Mesures (Measures):** En matière de *politique* climatique, technologies, procédés ou pratiques contribuant à l'*atténuation*. Il peut s'agir de technologies applicables aux *énergies renouvelables*, de procédés permettant de réduire autant que possible les déchets, de pratiques favorisant l'utilisation des transports en commun, etc.

**Mesures d'atténuation appropriées au niveau national (MAAN) (Nationally Appropriate Mitigation Action (NAMA)):** Il s'agit d'un concept visant à prendre en compte et à financer des réductions d'émissions auxquelles les *pays en développement* parviendraient par des mesures jugées appropriées dans un contexte national donné, pour établir un régime climatique pour l'après-2012. C'est en 2007 dans le

Plan d'action de Bali qu'il en a été question pour la première fois et il figure dans les *Accords de Cancún*.

**Méthane (CH<sub>4</sub>) (Methane (CH<sub>4</sub>)):** Un des six *gaz à effet de serre (GES)* dont les émissions doivent être réduites au titre du *Protocole de Kyoto*. Constituant principal du gaz naturel, le méthane est présent dans tous les combustibles hydrocarbonés. Comme d'importantes émissions de méthane résultent de l'élevage et de l'agriculture, la gestion de ces émissions représente une solution d'atténuation de premier plan. Voir aussi *Potentiel de réchauffement global (PRG)* et les valeurs du PRG dans l'annexe II.9.1.

**Méthode de la décomposition (Decomposition approach):** Les méthodes de décomposition dissocient la somme des changements historiques d'une variable relative à une politique en contributions apportées par ses différents déterminants.

**Méthode de l'évaluation contingente (Contingent Valuation Method):** Technique d'évaluation quantitative des valeurs attribuées par des personnes sur le plan pécuniaire (intention de payer) ou non pécuniaire (intention de contribuer en temps, en ressources, etc.). Elle constitue une méthode directe pour évaluer la valeur économique des *écoservices* et des services environnementaux. Un sondage est réalisé pour savoir si les personnes se montrent disposées à payer ou à apporter une contribution pour bénéficier d'un service environnemental particulier ou à accepter une compensation pour l'interruption de ce service, sur la base d'un *scénario* hypothétique et de la description du service environnemental.

**Mise en œuvre conjointe (MOC) (Joint Implementation (JI)):** Mécanisme défini dans l'article 6 du *Protocole de Kyoto*, par lequel les investisseurs (pouvoirs publics ou entreprises) des *pays développés* (*visés à l'annexe B*) disposent de la possibilité de mettre en route des projets conjoints visant à limiter ou à réduire les émissions de *gaz à effet de serre (GES)* ou à renforcer les absorptions par les *puits* et d'échanger des *unités de réduction des émissions (ERU)*. Voir aussi *Mécanismes de Kyoto*.

**Mise en réserve (d'unités de quantités attribuées) (Banking (of Assigned Amount Units)):** Tout transfert d'*unités de quantités attribuées (UQA)* d'une période en cours vers une période d'engagement future. Conformément au *Protocole de Kyoto* (article 3.13), les *Parties visées à l'annexe I* de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* peuvent mettre en réserve l'excédent d'*UQA* dégagé au cours de la première période d'engagement, afin d'en faire usage pour respecter les *plafonds* imposés pendant les périodes d'engagement suivantes (après 2012).

**Modèle climatique (spectre ou hiérarchie) (Climate model (spectrum or hierarchy)):** Représentation numérique du *système climatique* fondée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et leurs processus d'interaction et de rétroaction, et

qui tient compte d'une partie de ses propriétés connues. Le *système climatique* peut être représenté par des modèles d'une complexité variable: autrement dit, pour une composante ou une combinaison de composantes donnée, on peut définir un spectre ou une hiérarchie de modèles différant par certains aspects tels que le nombre de dimensions spatiales, le degré de représentation explicite des processus physiques, chimiques ou biologiques ou le degré d'inclusion de paramétrages empiriques. Les *modèles de circulation générale* couplés atmosphère-océan (MCGAO) fournissent une représentation d'ensemble du *système climatique*, qui est une des plus complètes du spectre actuellement disponible. Une évolution se dessine vers des modèles plus complexes à chimie et biologie interactives. Les modèles climatiques sont des outils de recherche pour l'étude et la simulation du *climat*, ainsi qu'à des fins opérationnelles, notamment pour les *prévisions climatiques* mensuelles, saisonnières et interannuelles.

**Modèle de circulation générale (MCG) (General circulation (climate) model (GCM)):** Voir *Modèle climatique*.

**Modèle d'équilibre général calculable (MEGC) (Computable General Equilibrium (CGE) Model):** Voir *Modèles*.

**Modèle intégré (Integrated models):** Voir *Modèles*.

**Modèle sectoriel (Sectoral Model):** Voir *Modèles*.

**Modèles (Models):** Imitations structurées des caractéristiques et des mécanismes d'un système donné (*climat*, économie d'un pays, culture, etc.), permettant de simuler son apparence ou son fonctionnement. Les modèles mathématiques assemblent des variables et relations (nombreuses et souvent en code informatique) afin de simuler le fonctionnement et les performances de divers systèmes en faisant varier les paramètres et les entrées.

**Modèle d'équilibre général calculable (MEGC) (Computable General Equilibrium (CGE) Model):** Classe de modèles économiques qui utilisent des données économiques réelles (à savoir des données intersectorielles), simplifient la caractérisation du comportement de l'économie et apportent une résolution numérique au système dans son ensemble. Les MEGC précisent toutes les relations économiques en termes mathématiques et établissent des prévisions de l'évolution de variables telles que les prix, la production et les aspects économiques du bien-être qui résulte d'un changement de politique économique, compte tenu de données sur les technologies et les préférences des consommateurs (Hertel, 1997). Voir aussi *Analyse de l'équilibre général*.

**Modèle intégré (Integrated Model):** Les modèles intégrés étudient les interactions entre plusieurs secteurs de l'économie ou plusieurs composantes d'un système distinct, tel le *système énergétique*. Dans le contexte des *profils d'évolution des transformations*, il s'agit de modèles qui comprennent au moins des représentations

complètes et décomposées du *système énergétique* et de ses liens avec l'économie globale, ce qui permet d'étudier les interactions entre les différents éléments du système. Il peut aussi s'agir de représentations du secteur de l'économie dans son ensemble, de *l'utilisation des terres* et du *Changement d'affectation des terres (CAT)*, et du *système climatique*. Voir aussi *Évaluation intégrée*.

**Modèle sectoriel (Sectoral Model):** Dans le contexte du présent rapport, les modèles sectoriels ne s'appliquent qu'à un seul des principaux secteurs étudiés, tels que le secteur résidentiel-tertiaire, l'industrie, les transports, la distribution d'énergie et l'*AFAT*.

**Multigaz (Multi-gas):** Se rapporte au fait de prendre en compte, outre le *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*, d'autres composantes du forçage, par exemple pour la réduction des émissions d'un ensemble de *gaz à effet de serre (GES)* (CO<sub>2</sub>, *méthane (CH<sub>4</sub>)*, *oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)* et gaz fluorés) ou la *stabilisation des concentrations en équivalent CO<sub>2</sub>* (*stabilisation multigaz*, y compris les GES et les *aérosols*).

**Norme d'émission (Emission standard):** Niveau d'émission, fixé par la loi ou par *accord volontaire*, qui ne peut être dépassé. De nombreuses *normes* utilisent des *coefficients d'émission* dans leurs prescriptions et, de ce fait, n'imposent pas de valeurs limites absolues.

**Normes (Standards):** Ensemble de règles ou de codes prescrivant ou définissant les performances des produits (classification, dimensions, caractéristiques, méthodes d'essai, règles d'utilisation, etc.). Les normes relatives aux produits, aux technologies ou aux performances établissent les prescriptions minimales requises pour les produits ou les technologies concernés. Les normes imposent une réduction des émissions de GES liées à la fabrication ou à l'utilisation des produits et/ou à l'application des technologies employées.

**Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) (Millennium Development Goals (MDGs)):** Ensemble de huit objectifs à échéance déterminée et mesurables visant à lutter contre la pauvreté, la famine, les maladies, l'analphabétisme, la discrimination à l'égard des femmes et la dégradation de l'environnement, qui ont été adoptés en 2000 lors du Sommet du Millénaire des Nations Unies, au même titre qu'un plan d'action pour atteindre ces objectifs.

**Obstacles liés au marché (Market barriers):** S'agissant de *l'atténuation des changements climatiques*, facteurs qui empêchent la diffusion de techniques ou de pratiques efficaces par rapport au coût, susceptibles de réduire les émissions de *gaz à effet de serre (GES)*.

**Optimum de Pareto (Pareto optimum):** État de la société dans lequel on ne peut améliorer le bien-être d'un individu sans détériorer celui d'un autre. Voir aussi *Effizienz économique*.

**Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) (Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)):** Les divers types d'oxydes d'azote.



**Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) (Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)):** Un des six *gaz à effet de serre (GES)* dont il est prévu de réduire les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. L'agriculture (gestion des sols et des effluents d'élevage) est la principale source anthropique d'oxyde nitreux, même si l'épuration des eaux usées, la combustion des *combustibles fossiles* et les procédés de l'industrie chimique jouent également un rôle important à cet égard. L'oxyde nitreux est aussi émis naturellement par toute une série de sources biologiques dans les sols et dans l'eau, et notamment par l'action microbienne dans les forêts tropicales humides. Voir aussi *Potentiel de réchauffement global (PRG)* et les valeurs du PRG dans l'annexe II.9.1.

**Ozone (O<sub>3</sub>) (Ozone (O<sub>3</sub>)):** L'ozone, qui est la forme triatomique de l'oxygène (O<sub>2</sub>), est un constituant gazeux de l'*atmosphère*. Dans la *trmosphère*, il se forme à la fois naturellement et par suite de réactions photochimiques faisant intervenir des gaz résultant de l'activité humaine (smog). L'ozone troposphérique agit comme un *gaz à effet de serre (GES)*. Dans la *stratosphère*, il résulte de l'interaction du rayonnement solaire ultraviolet et de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). L'ozone stratosphérique joue un rôle décisif dans l'équilibre radiatif de la stratosphère. C'est dans la couche d'ozone que sa concentration est la plus élevée.

**Paradoxe de Jevons (Jevons' paradox):** Voir *Effet rebond*.

**Parité de pouvoir d'achat (PPA) (Purchasing power parity (PPP)):** Le pouvoir d'achat d'une monnaie s'évalue au moyen d'un ensemble de biens et de services qui peuvent être achetés avec un certain montant dans le pays d'origine. Par exemple, pour comparer, au plan international, le *produit intérieur brut (PIB)* de différents pays, on peut se fonder sur le pouvoir d'achat des monnaies plutôt que sur les taux de change actuels. Les évaluations de la parité de pouvoir d'achat ont tendance à sous-estimer le PIB par habitant des *pays industrialisés* et à surestimer le PIB par habitant des *pays en développement*. Voir aussi *Taux de change du marché (TCM)* et l'annexe II.1.3 qui précise le processus de conversion des devises s'appliquant à l'ensemble du rapport.

**Parties/pays non visés à l'annexe I (Non-Annex I Parties/countries):** Les Parties non visées à l'annexe I sont pour la plupart des *pays en développement*. La Convention prend acte du fait que certains groupes de *pays en développement* sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des *changements climatiques*, tels les pays ayant des zones côtières de faible élévation et ceux ayant des zones sujettes à la sécheresse et à la *désertification*. D'autres groupes de pays, tels ceux dont l'économie est fortement tributaire de revenus de la production et du commerce de *combustibles fossiles*, se sentent plus vulnérables aux éventuelles incidences économiques des mesures prises en réponse aux *changements climatiques*. La Convention met l'accent sur les activités que les Parties s'engagent à mener pour répondre aux préoccupations et aux besoins spécifiques des pays vulnérables, notamment le financement, l'assurance et le transfert de technologie. Voir aussi *Parties/pays visés à l'annexe I*.

**Parties/pays visés à l'annexe I (Annex I Parties/countries):** Groupe de pays figurant à l'annexe I de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*. Conformément aux articles 4.2 a) et 4.2 b) de la Convention, les Parties visées à l'annexe I s'engagent à adopter des *politiques* nationales et à prendre les *mesures* voulues dans le but, juridiquement non contraignant, de ramener en 2000 les émissions de *gaz à effet de serre (GES)* à leurs niveaux de 1990. Ce groupe est en grande partie le même que celui des *Parties visées à l'annexe B* du *Protocole de Kyoto*, qui ont aussi adopté des objectifs de réduction des émissions s'appliquant à la période de 2008 à 2012. Les autres pays sont appelés, par défaut, *Parties non visées à l'annexe I*.

**Parties/pays visés à l'annexe II (Annex II Parties/countries):** Groupe de pays figurant dans l'annexe II de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*. Conformément à l'article 4 de la Convention, ces pays ont pour obligation spéciale de fournir des ressources financières pour couvrir la totalité des coûts convenus encourus du fait de l'application des *mesures* visées au paragraphe 1 de l'article 12. Ils ont également l'obligation de fournir, notamment aux fins de transfert de technologie, les ressources financières qui sont nécessaires pour couvrir les coûts supplémentaires convenus entraînés par l'application des *mesures* visées au paragraphe 1 de l'article 12 et sur lesquels les *pays en développement* Parties se seront entendus avec les entités internationales visées à l'article 11 de la Convention. Ce groupe de pays doit aussi aider les pays particulièrement vulnérables aux effets néfastes des *changements climatiques*.

**Parties/pays visés à l'annexe B (Annex B Parties/countries):** Sous-ensemble de *Parties visées à l'annexe I* ayant adopté des objectifs de réduction des émissions de *gaz à effet de serre (GES)* s'appliquant à la période de 2008 à 2012, conformément à l'article 3 du *Protocole de Kyoto*. Les autres pays sont appelés, par défaut, *Parties non visées à l'annexe I*.

**Passager clandestin (économie), bénéficiaire sans contrepartie (Free Rider):** Quiconque tire avantage d'un bien commun sans contribuer à sa création ou à sa préservation.

**Pauvreté énergétique (Energy poverty):** Manque d'accès aux *services énergétiques* modernes. Voir aussi *Accès à l'énergie*.

**Pays à économie en transition (Economies in Transition (EITs)):** Pays dont l'économie passe d'un système d'économie planifiée à une économie de marché. Voir l'annexe III.2.1.

**Pays développés/en développement (Developed/developing countries):** Voir *Pays industrialisés, pays en développement*.

**Pays industrialisés, pays en développement (Industrialized countries/developing countries):** Diverses méthodes visent à classer les pays en fonction de leur niveau de développement et à définir les

termes qui les qualifient, tels industrialisé, développé ou en développement. Dans le présent rapport, il est fait mention de plusieurs catégories. (1) Au sein du système des Nations Unies, aucune convention établie ne fixe la désignation des pays ou régions développés et en développement. (2) La Division de statistique des Nations Unies établit une distinction entre régions développées et régions en développement en se basant sur la pratique commune en la matière. Par ailleurs, certains pays sont classés parmi les *pays les moins avancés (PMA)*, les pays en développement sans littoral, les petits États insulaires en développement ou les pays en transition. Bon nombre de pays figurent dans plusieurs de ces catégories à la fois. (3) La Banque mondiale se base sur le revenu en tant que critère principal pour distinguer les pays à faible revenu, à revenu intermédiaire et à revenu élevé. (4) Le PNUD a recours à l'*indice de développement humain (IDH)* pour classer les pays en pays à faible IDH, à IDH moyen, à IDH élevé et à IDH très élevé. Voir l'encadré 1-2 dans la contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC.

**Pays les moins avancés (PMA) (Least Developed Countries (LDCs)):**

Liste de pays désignés par le Conseil économique et social des Nations Unies (ECOSOC) selon trois critères: 1) un critère de faible revenu inférieur à un certain seuil basé sur un revenu national brut par habitant se situant entre 750 et 900 de dollars des États-Unis d'Amérique; 2) un critère de bas niveau des ressources humaines, reposant sur des indicateurs de santé, de scolarisation et d'alphabétisation des adultes; et 3) un critère de vulnérabilité économique, reposant sur des indicateurs de l'instabilité de la production agricole, de l'instabilité des exportations de biens et de services, de l'importance économique des activités non traditionnelles, de la concentration des exportations de marchandises et du handicap de la taille au point de vue économique. Les pays figurant sur cette liste peuvent bénéficier de plusieurs programmes d'aide consacrés aux pays les plus nécessiteux, et notamment de certains avantages en application des articles de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*. Voir aussi *Pays industrialisés, pays en développement*.

**Période d'amortissement (Payback period):** Terme principalement utilisé dans le domaine financier pour l'évaluation d'un investissement et qui correspond au laps de temps nécessaire pour que les résultats d'un projet permettent d'amortir l'investissement initial. Il y a écart d'amortissement lorsque, par exemple, des investisseurs privés et des mécanismes de microfinancement exigent des taux de rentabilité plus élevés dans le cas de projets concernant des *énergies renouvelables* que dans celui de projets fondés sur des *combustibles fossiles*. La période d'amortissement énergétique est le laps de temps nécessaire pour qu'un projet en matière d'*énergie* produise autant d'énergie qu'il en a fallu pour le mettre en œuvre. La période d'amortissement en matière de carbone est le laps de temps nécessaire pour qu'un projet concernant des *énergies renouvelables* permette de faire autant d'économies nettes en matière d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)* (par rapport au système énergétique de référence utilisant des *combustibles fossiles*) que sa mise en œuvre a causé d'émissions de GES selon une *analyse du cycle de vie (ACV)* (y compris les *changements*

*d'affectation des terres (CAT)* et les pertes de stocks de carbone terrestres).

**Période de comptabilisation (mécanisme pour un développement propre (MDP)) (Crediting period, Clean Development Mechanism):** Temps qu'il faut à une activité de projet pour produire des unités de réduction certifiée des émissions (URCE). Sous certaines conditions, la période de comptabilisation peut être reconduite deux fois.

**Permis d'émission (Emission permit):** Droit d'émission d'une quantité donnée d'une substance, accordé par un gouvernement à une entité juridique (une entreprise ou une autre source d'émission). Les permis d'émission sont souvent utilisés dans le cadre des *échanges de droits d'émission*.

**Permis (d'émission) négociable (Tradable (emission) permit):** Voir *Permis d'émission*.

**Piégeage, séquestration ou fixation (Sequestration):** Piégeage (c'est-à-dire l'incorporation d'une substance potentiellement nocive dans un *réservoir*) de substances contenant du carbone, en particulier le *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* dans des *réservoirs* terrestres ou marins. Le piégeage biologique contribue à l'élimination directe du CO<sub>2</sub> présent dans l'*atmosphère* par l'intermédiaire de *changements d'affectation des terres (CAT)*, du *boisement*, du *reboisement*, de la *restauration du couvert végétal*, du stockage du carbone dans les décharges et de pratiques agricoles favorisant l'augmentation de la teneur en carbone des sols (*gestion des terres cultivées, gestion des pâturages*). Dans certaines publications scientifiques, on emploie le terme piégeage (du carbone) par référence au *captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC)*, mais ce n'est pas le cas dans le présent rapport.

**Pile à combustible (Fuel cell):** Pile produisant de l'électricité de façon directe et continue à partir d'une réaction électrochimique contrôlée de l'hydrogène ou d'un autre combustible et de l'oxygène. Lorsque l'hydrogène sert de combustible, la réaction produit uniquement de l'eau (et pas de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*) et de la chaleur, laquelle peut être utilisée. Voir aussi *Cogénération*.

**Plafond (d'émissions) (Cap, on emissions):** Plafonnement obligatoire des émissions au cours d'une période donnée. À titre d'exemple, le *Protocole de Kyoto* impose des plafonds sur une période de temps donnée pour les émissions de *gaz à effet de serre (GES)* des *pays visés à l'annexe B*.

**Politiques (en faveur de l'atténuation des changements climatiques ou de l'adaptation aux changements climatiques) (Policies (for mitigation of or adaptation to climate change)):** Actions engagées et/ou prescrites par un gouvernement, visant par exemple à renforcer l'atténuation et l'*adaptation*. Au nombre des politiques d'*atténuation* figurent les mécanismes favorisant l'approvisionnement en *énergies renouvelables*, les taxes sur le carbone ou l'énergie, ou les

*normes* en matière de rendement des carburants pour les véhicules automobiles. Voir aussi *Mesures*.

**Polluants climatiques de courte durée de vie (PCCV) (*Short-lived climate pollutant (SLCP)*):** Émissions de polluants ayant une influence sur le réchauffement du *climat* et une durée de vie relative-ment courte dans l'*atmosphère* (de quelques jours à quelques décennies). Les principaux PCCV sont le *carbone suie (CS)*, le *méthane (CH<sub>4</sub>)* et des *hydrofluorocarbones (HFC)* dont certains sont réglementés en vertu du *Protocole de Kyoto*. Certains polluants de ce type, notamment le CH<sub>4</sub>, sont aussi des *précurseurs* de l'*ozone (O<sub>3</sub>)* troposphérique, un agent de réchauffement important. On s'intéresse à ces polluants pour au moins deux raisons. Premièrement, comme leur durée de vie est courte, les efforts déployés pour en limiter les émissions auront des effets rapides sur le *réchauffement mondial* – par opposition aux polluants à longue durée de vie qui s'accumulent dans l'*atmosphère* et répondent avec lenteur aux modifications des émissions. Deuxièmement, bon nombre de ces polluants ont aussi localement des effets néfastes sur la santé.

**Populations autochtones (*Indigenous peoples*):** Par populations et nations autochtones, il faut entendre celles qui, liées par une continuité historique avec les sociétés antérieures à une invasion et avec les sociétés précoloniales qui se sont développées sur leurs territoires, se jugent distinctes des autres éléments des sociétés qui dominent à présent sur leur territoire ou partie de ces territoires. Constituant principalement à présent des éléments non dominants de la société, elles sont souvent déterminées à conserver, développer et transmettre aux générations futures les territoires de leurs ancêtres et leur identité ethnique qui constituent la base de la continuité de leur existence en tant que peuples, conformément à leurs propres modèles culturels, à leurs *institutions* sociales et à leurs systèmes juridiques.<sup>4</sup>

**Potentiel (*Potential*):** Possibilité qu'une chose se produise ou un individu fasse quelque chose dans le futur. Différentes métriques sont employées dans l'ensemble du présent rapport pour quantifier les différents types de potentiels, notamment le potentiel technique.

**Potentiel technique (*Technical potential*):** Le potentiel technique précise dans quelle mesure il est possible de viser un objectif précis en renforçant le recours à des techniques ou la mise en place de processus et de pratiques auxquels on n'avait pas fait appel précédemment. Pour quantifier le potentiel technique, on peut prendre en compte, outre les techniques, des considérations autres, notamment sociales, économiques et/ou environnementales.

**Potentiel de réchauffement global (PRG) (*Global Warming Potential (GWP)*):** Indice fondé sur les propriétés radiatives des *gaz à effet de serre (GES)*, qui sert à mesurer, à la suite d'une émission ponctuelle, le *forçage radiatif* d'une unité de masse du GES étudié dans

l'*atmosphère* actuelle, intégré pour un horizon de temps donné par rapport à celui du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*. Le PRG représente l'effet combiné des temps de séjour différents de ces gaz dans l'*atmosphère* et de leur pouvoir relatif sur le *forçage radiatif*. Le *Protocole de Kyoto* s'appuie sur les PRG pour des émissions ponctuelles sur une durée de 100 ans. Sauf indication contraire, on utilise dans le présent rapport les valeurs du PRG calculées à un horizon de cent ans, souvent tirées du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (voir les valeurs du PRG de différents GES dans l'annexe II.9.1).

**Potentiel technique (*Technical Potential*):** Voir *Potentiel*.

**Poursuite inchangée des activités (*Business as usual (BAU)*):** Voir *Situation de départ (ou de référence)*.

**Précarité énergétique (*Fuel poverty*):** Situation dans laquelle un ménage est en incapacité de garantir un certain niveau de consommation de services énergétiques locaux (chauffage en particulier) ou fait face à des dépenses disproportionnées pour répondre à ses besoins.

**Précurseurs (*Precursors*):** Composés atmosphériques qui ne sont pas en eux-mêmes des *gaz à effet de serre (GES)* ou des *aérosols*, mais qui ont un effet sur la concentration de ces gaz et *aérosols* en intervenant dans les processus physiques ou chimiques qui déterminent leurs rythmes de production ou de destruction.

**Préindustriel (*Pre-industrial*):** Voir *Révolution industrielle*.

**Prêt pour le CSC (*CCS-ready*):** Il serait possible de concevoir et de construire de nouvelles *sources de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* ponctuelles, stationnaires et de grande échelle, en prévoyant d'y incorporer un processus de *captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC)* pour qu'elles soient «prêtes pour le CSC», sur des sites suffisamment vastes pour accueillir des installations de captage, en concevant la centrale de façon que son rendement soit optimal après *adjonction* de ces installations et en choisissant son emplacement de manière à avoir accès à des réservoirs de stockage. Voir aussi *Bioénergie et captage et stockage du dioxyde de carbone (BECS)*.

**Prévision climatique (*Climate prediction*):** Une prévision climatique est le résultat d'une tentative d'estimation (à partir d'un état donné du *système climatique*) de l'évolution réelle du climat à l'avenir, à l'échelle d'une saison, de plusieurs années voire d'une décennie, par exemple. Comme il est possible que l'évolution future du *système climatique* soit fortement influencée par les conditions initiales, de telles prévisions sont, en général, de nature probabiliste. Voir aussi *Projection climatique* et *Scénario climatique*.

**Principe de précaution (*Precautionary Principle*):** Disposition de l'article 3 de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, qui stipule qu'il incombe aux Parties de prendre des *mesures* de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des *changements climatiques* et en limiter les effets

<sup>4</sup> Définition s'inspirant de celles qui figurent dans Cobo (1987) et les rapports précédents du GIEC.

néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles *mesures*, étant entendu que les *politiques* et *mesures* qu'appellent les *changements climatiques* requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible.

**Principe «pollueur-payeur» (Polluter pays principle (PPP)):** Selon ce principe, les coûts de reconstitution du milieu ou de compensation des dégâts causés doivent être à la charge du pollueur.

**Prix du carbone (Carbon price):** Prix des émissions de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* ou des *émissions en équivalent CO<sub>2</sub>* évitées ou rejetées. Il peut se rapporter au montant de la *taxe sur le carbone* ou au prix des *permis d'émission*. Dans de nombreux *modèles* servant à évaluer le coût économique de l'*atténuation*, le prix du carbone est souvent utilisé comme une donnée indirecte destinée à fournir une idée de l'effort qu'exige une *politique en faveur de l'atténuation*.

**Probabilité (Likelihood):** Éventualité d'un résultat particulier, quand il est possible de l'évaluer d'un point de vue probabiliste. Elle est exprimée dans le présent rapport à l'aide d'une terminologie standard (Mastrandrea *et al.*, 2010). L'occurrence/le résultat d'un phénomène présentant une incertitude, ou l'intervalle d'occurrences/de résultats de ce phénomène, est dit *quasiment certain* quand sa probabilité est supérieure à 99 %, *très probable* quand elle est supérieure à 90 %, *probable* quand elle est supérieure à 66 %, *à peu près aussi probable qu'improbable* quand elle se situe entre 33 et 66 %, *improbable* quand elle est inférieure à 33 %, *très improbable* quand elle est inférieure à 10 %, *exceptionnellement improbable* quand elle est inférieure à 1 %. Voir aussi *Cohérence*, *Confiance*, *Éléments probants* et *Incertitude*.

**Production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) (Combined Heat and Power (CHP)):** Voir *Cogénération*.

**Production primaire (Primary production):** Production, sous toutes les formes possible, des plantes, aussi appelées producteurs primaires.

**Produit intérieur brut (PIB) (Gross Domestic Product (GDP)):** Total de la valeur brute ajoutée, aux prix d'acquisition, par tous les producteurs résidents et non résidents dans l'économie, auquel on ajoute toutes les taxes et on retranche toutes les subventions non comprises dans la valeur des produits, dans un pays ou une zone géographique pour une période de temps donnée, en général un an. Dans le calcul du PIB, il n'est pas tenu compte de la dépréciation des biens fabriqués ni de la raréfaction et de la dégradation des ressources naturelles.

**Produit mondial brut (Gross World Product):** Somme des *produits intérieurs bruts (PIB)* de tous les pays donnant le PIB mondial ou global.

**Produit national brut (Gross National Product):** Le PNB correspond à la valeur ajoutée en provenance de sources intérieures et étrangères

revendiquées par des résidents. Il comprend le *produit intérieur brut (PIB)*, augmenté des recettes nettes du revenu primaire provenant du revenu des non-résidents.

**Profil d'évolution des transformations (Transformation pathway):** Trajectoire suivie dans le temps pour atteindre différents objectifs d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)*, de concentrations atmosphériques ou d'évolution de la *température moyenne à la surface du globe*, qui sous-entend un ensemble de modifications économiques et technologiques, et des *changements de comportement*. Cela peut comprendre des changements dans la façon d'utiliser et de produire l'énergie, d'utiliser et d'établir les infrastructures, de gérer les ressources naturelles, d'établir des *institutions*, et des changements touchant le rythme et les orientations de l'*évolution technologique (ET)*. Voir aussi *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario*, *Scénario climatique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Profil d'évolution du développement (Development pathway):** Évolution basée sur un réseau de caractéristiques technologiques, économiques, sociales, institutionnelles, culturelles et biophysiques qui déterminent les interactions entre les systèmes humains et naturels, y compris les habitudes de consommation et les modèles de production dans tous les pays, à une échelle temporelle donnée.

**Profils communs d'évolution socio-économique (SSP) (Shared socio-economic pathways (SSPs)):** À l'heure actuelle, cette notion de SSP s'élabore pour les besoins des nouveaux *scénarios d'émissions* et *scénarios socio-économiques*. Les SSP forment un groupe de profils d'évolution qui décrivent différentes évolutions futures du développement socio-économique en l'absence d'intervention découlant de *politiques* climatiques. En combinant les *scénarios socio-économiques* fondés sur les SSP et les *projections climatiques* fondées sur les *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, on devrait pouvoir fournir un cadre global utile à l'analyse des incidences et des *politiques* climatiques. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Scénario*, *Scénario climatique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Profils d'évolution excessive (Overshoot pathways):** Profils d'évolution d'émissions, de concentration ou de température dans lesquels la valeur de la métrique étudiée dépasse temporairement l'objectif à long terme.

**Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) (Representative Concentration Pathways (RCPs)):** *Scénarios* comprenant les séries chronologiques complètes des émissions et des concentrations de *gaz à effet de serre (GES)* et *aérosols*, des gaz chimiquement actifs, ainsi que de l'*utilisation des terres* et de la couverture terrestre (Moss *et al.*, 2008). Ces profils sont représentatifs dans la mesure où ils font partie d'un ensemble de *scénarios* distincts possibles conduisant

à un *forçage radiatif* aux caractéristiques similaires. On parle de *profil d'évolution* pour souligner le fait qu'on ne s'intéresse pas seulement aux niveaux de concentration atteints à long terme, mais aussi à la trajectoire suivie pour parvenir à ce résultat (Moss *et al.*, 2010).

En général, les RCP se rapportent à la partie de l'évolution allant jusqu'à 2100, pour laquelle les modèles d'évaluation intégrés produisent des *scénarios d'émissions* correspondants. Les profils d'évolution de concentration à très long terme (ECP) fournissent une description de ce qui se produit lorsqu'on prolonge les RCP entre 2100 et 2500, ce qu'on calcule en se basant sur des règles simples établies au cours de consultations avec les parties prenantes; ils ne représentent pas des *scénarios* parfaitement cohérents.

Pour les besoins du cinquième rapport d'évaluation du GIEC, quatre RCP, établis par des modèles d'évaluation intégrés et ayant fait l'objet de publication, ont été choisis comme base des prévisions et projections climatiques présentées dans les chapitres 11 à 14 (contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation):

**RCP2,6** Un profil dans lequel le *forçage radiatif* atteint un pic de  $3 \text{ W m}^{-2}$  environ avant 2100, puis décroît (ECP correspondant basé sur des émissions constantes après 2100);

**RCP4,5 et RCP6,0** Deux profils de *stabilisation* intermédiaires, où le *forçage radiatif* se stabilise à  $4,5 \text{ W m}^{-2}$  et  $6 \text{ W m}^{-2}$  environ après 2100 (ECP correspondant basé sur des émissions constantes après 2150);

**RCP8,5** 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 (ECP correspondant basé sur des émissions constantes après 2100 et des concentrations constantes après 2250).

Voir l'encadré 1.1 (contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation) qui fournit une description approfondie des *scénarios* futurs. Voir aussi *Prévision climatique*, *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Projection climatique*, *Scénario climatique*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES* et *Situation de départ (ou de référence)*.

**Projection climatique (Climate projection)**: Simulation de la réponse du *système climatique* à un scénario futur d'*émissions* ou de concentration de *gaz à effet de serre (GES)* et d'*aérosols*, obtenue généralement à l'aide de *modèles climatiques*. Les projections climatiques se distinguent des *prévisions climatiques* par le fait qu'elles sont fonction des *scénarios d'émissions*, de concentration ou de *forçage radiatif* utilisés, qui reposent sur des hypothèses concernant, par exemple, l'évolution socio-économique et technologique à venir, ces hypothèses pouvant se réaliser ou non. Voir aussi *Scénario climatique*.

**Protocole de Kyoto (Kyoto Protocol)**: Le Protocole de Kyoto à la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*

(CCNUCC) a été adopté en 1997 à Kyoto, au Japon, lors de la troisième session de la *Conférence des Parties (CdP)* de la CCNUCC. Il comporte des engagements contraignants, en plus de ceux qui figurent dans la CCNUCC. Les *pays visés à l'annexe B* du Protocole (la plupart des pays de l'OCDE et des pays à économie en transition) se sont engagés à ramener leurs émissions anthropiques de *gaz à effet de serre (GES)* (*dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*, *méthane (CH<sub>4</sub>)*, *oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)*, *hydrofluorocarbones (HFC)*, *hydrocarbures perfluorés (PFC)* et *hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)*) à 5 % au moins au-dessous de leurs niveaux de 1990 pendant la période d'engagement (2008-2012). Le *Protocole de Kyoto* est entré en vigueur le 16 février 2005.

**Protocole de Montréal (Montreal Protocol)**: Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (O<sub>3</sub>) a été adopté à Montréal en 1987, puis actualisé et amendé à Londres (1990), Copenhague (1992), Vienne (1995), Montréal (1997) et Beijing (1999). Il réglemente la consommation et la production d'un certain nombre de substances chimiques chlorées et bromées qui détruisent l'*ozone (O<sub>3</sub>)* stratosphérique, telles que les *chlorofluorocarbones (CFC)*, le trichloroéthane ou le tétrachlorure de carbone et bien d'autres.

**Puits (Sink)**: Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'*atmosphère* un *gaz à effet de serre (GES)*, un *aérosol* ou un *précurseur* de GES ou d'*aérosol*.

**Quantité attribuée (QA) (Assigned Amount (AA))**: Aux termes du *Protocole de Kyoto*, quantité totale d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)* que chacun des pays visés à l'annexe B est convenu de ne pas dépasser pendant la première période d'engagement de cinq ans (2008-2012). Cette quantité est calculée en multipliant par cinq (pour les cinq années de la période d'engagement) la quantité totale des émissions de GES du pays considéré en 1990, puis par le pourcentage mentionné dans l'annexe B du *Protocole de Kyoto* (par exemple 92 % pour l'Union européenne). Voir aussi *Unité de quantité attribuée (UQA)*.

**Quota d'émission (Emission quota)**: Portion de la totalité des émissions autorisées attribuée à un pays ou à un groupe de pays dans le cadre d'un dispositif d'émissions totales maximales.

**Rapport coût-efficacité (Cost effectiveness)**: Pour atteindre un objectif de réduction de la pollution, plus le coût est bas, meilleur est le rapport coût-efficacité de la *politique* suivie. En matière de coût-efficacité, il est fondamental que les dépenses marginales engagées pour atteindre les objectifs de réduction soient égales entre les parties contractantes. Les *modèles intégrés* se rapprochent de solutions optimales en coût, sauf s'ils sont contraints de se comporter autrement. Les *scénarios d'atténuation* présentant un bon rapport coût-efficacité se fondent sur une mise en œuvre stylisée selon laquelle un seul et même prix du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* et des *gaz à effet de serre (GES)* s'applique à tous les secteurs de tous les pays du globe, ce prix augmentant au fil du temps pour que les coûts actualisés à l'échelle du globe demeurent au plus bas.

**Reboisement (Reforestation):** Plantation de *forêts* sur des terres anciennement forestières, mais converties à d'autres usages. Dans la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* et dans le *Protocole de Kyoto*, le reboisement est défini comme suit: conversion anthropique directe de terres non forestières en terres forestières par plantation, ensemencement et/ou promotion par l'homme d'un ensemencement naturel sur des terrains qui avaient précédemment porté des forêts, mais qui ont été convertis en terres non forestières. Pour la première période d'engagement indiquée dans le *Protocole de Kyoto*, les activités de reboisement seront limitées au seul reboisement de terres qui ne portaient pas de forêts à la date du 31 décembre 1989.

Le rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GIEC, 2000) propose une analyse plus approfondie du terme *forêt* et d'autres termes connexes tels que *boisement*, *reboisement* et déboisement. Voir aussi le rapport sur les définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines (GIEC, 2003).

**Réchauffement mondial (Global warming):** Augmentation progressive, prévue ou observée, de la température à la surface du globe, qui est l'une des conséquences du *forçage radiatif* provoqué par les *émissions anthropiques*.

**Récupération des plus-values foncières (Land value capture):** Mécanisme financier reposant en général sur les réseaux de transports en commun ou d'autres infrastructures et services, qui récupère les plus-values foncières découlant d'une accessibilité améliorée.

**Récupération du méthane (Methane recovery):** Tout processus consistant à piéger les émissions de *méthane (CH<sub>4</sub>)* rejetées, en particulier, par les puits de pétrole ou de gaz, les mines de charbon, les tourbières, les gazoducs, les décharges et les digesteurs anaérobies, et à les utiliser comme combustibles ou à d'autres fins économiques (charges d'alimentation, par exemple).

**Réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts (REDD) (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD)):** Effort visant à attribuer une valeur monétaire au carbone stocké dans les *forêts*, ce qui fournit des incitations aux *pays en développement* pour qu'ils réduisent leurs émissions provenant des terres boisées et investissent dans des programmes à faible intensité de carbone afin de parvenir au *développement durable*. C'est par conséquent un mécanisme d'*atténuation* fondée sur le fait d'éviter le déboisement. REDD+ ne se limite pas au *reboisement* et à la dégradation des *forêts*; ce mécanisme comprend aussi la préservation et la gestion durable des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestiers. Le concept a d'abord été introduit en 2005 au cours de la onzième session de la *Conférence des Parties*

(*COP*) à Montréal, puis il a reçu une plus grande reconnaissance lors de la treizième session de la *COP* en 2007 à Bali, puisqu'il figure dans le Plan d'action de Bali qui appelle à envisager: «Des démarches générales et des mesures d'incitation positive pour tout ce qui concerne la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts dans les pays en développement; ainsi que le rôle de la préservation et de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement». Depuis lors, le soutien en faveur de REDD s'étant accru, ledit concept est devenu un cadre d'action appuyé par plusieurs pays.

**Réductions d'émissions vérifiées (Verified Emissions Reductions):** Réductions d'émissions vérifiées par des tierces parties indépendantes, en dehors du cadre que représentent la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* et son *Protocole de Kyoto*. Appelées aussi réductions d'émissions volontaires.

**Réductions d'émissions volontaires (Voluntary Emission Reductions):** Voir *Réductions d'émissions vérifiées*.

**Rendement énergétique (Energy efficiency (EE)):** Rapport de la quantité d'*énergie* utile produite par un système, un procédé de conversion ou une activité à la quantité d'*énergie* consommée. En économie, le terme peut décrire le rapport de la production économique à la consommation d'énergie. Voir aussi *Intensité énergétique*.

**Répartition des efforts (Burden sharing):** Dans le contexte de l'*atténuation*, il s'agit de la répartition des efforts de réduction des *sources* ou de renforcement des *puits* de *gaz à effet de serre (GES)* par rapport à des niveaux historiques ou projetés, dont l'attribution répond à certains critères. Cette répartition des efforts comprend aussi le partage des coûts entre les pays.

**Réponse transitoire du climat (Transient climate response):** Voir *Sensibilité du climat*.

**Réseaux intelligents (Smart grids):** Un réseau intelligent utilise des techniques d'information et de communication pour recueillir des données sur les *comportements* des fournisseurs et des consommateurs en matière de production, de distribution et d'utilisation de l'électricité. Par le biais de réponses automatisées ou la fourniture de signaux liés aux prix, cette information peut être utilisée ensuite pour améliorer le rendement, la fiabilité, les aspects économiques et la *durabilité* du réseau électrique.

**Réservoir (Reservoir):** Composante du *système climatique*, autre que l'*atmosphère*, ayant la capacité de stocker, d'accumuler ou de libérer une substance potentiellement nocive (carbone, *gaz à effet de serre (GES)*, *précurseur*, etc.). Les océans, les sols et les *forêts* sont des exemples de réservoirs de carbone. Bassin est un terme équivalent (à noter que le terme bassin inclut souvent l'*atmosphère*). On appelle stock la quantité absolue de substance potentiellement nocive conte-

nue dans un réservoir à un moment donné. Dans le contexte du *capage et stockage du dioxyde de carbone (CSC)*, on emploie parfois ce terme pour désigner le site d'un stockage géologique du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*. Voir aussi *Piégeage*.

**Résilience (Resilience):** Capacité de résistance des systèmes sociaux, économiques et environnementaux face à une perturbation, une tendance ou un événement dangereux, permettant à ceux-ci d'y répondre ou de se réorganiser de façon à conserver leur fonction essentielle, leur identité et leur structure, tout en gardant leurs facultés d'*adaptation*, d'apprentissage et de transformation (Arctic Council, 2013).

**Ressources non conventionnelles (Unconventional resources):** Terme imprécis s'appliquant aux réserves de *combustibles fossiles* ne pouvant être extraits par des modes de forage et d'extraction bien établis, à savoir ceux qui ont dominé l'extraction du charbon, du gaz et du pétrole tout au long du XX<sup>e</sup> siècle. La frontière entre les ressources conventionnelles et non conventionnelles n'est pas clairement définie. Le pétrole non conventionnel comprend les *schistes bitumineux*, les sables asphaltiques/bitumineux, les pétroles bruts lourds et extra lourds et le pétrole de bassins océaniques profonds. Le gaz non conventionnel comprend le gaz de schistes du Dévonien, le gaz de grès à faible perméabilité, le gaz d'aquifères soumis à la pression géostatique, le gaz de houille et les clathrates de *méthane (CH<sub>4</sub>)* (hydrates de méthanes) (Rogner, 1997).

**Restauration du couvert végétal (Revegetation):** Activités humaines directes visant à accroître les stocks de carbone par la plantation d'une végétation couvrant une superficie minimale de 0,05 hectare et ne répondant pas aux définitions du *boisement* et du *reboisement* qui précèdent. (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2002).

**Retombées technologiques et en matière de connaissances (Technological/knowledge spillovers):** Toute *externalité* positive qui résulte d'un investissement résolu dans l'innovation technologique ou le développement (Weyant et Olavson, 1999).

**Rétroaction (du changement) climatique (Climate (change) feedback):** Une interaction selon laquelle une perturbation touchant une variable climatique provoque, dans une seconde, des changements qui influent à leur tour sur la variable initiale. Une rétroaction positive renforce la perturbation initiale, alors qu'une rétroaction négative l'atténue. Dans le cinquième Rapport d'évaluation, on utilise souvent une définition relativement restreinte de ce processus, selon laquelle la variable subissant la perturbation est la *température moyenne à la surface du globe* qui, à son tour, provoque des changements du bilan radiatif du globe. Dans les deux cas, la perturbation initiale peut découler d'un forçage externe ou correspondre à une variabilité interne.

**Réunion des Parties (CMP) (Meeting of the Parties (CMP)):** *Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* agissant en tant que Réunion des Par-

ties au *Protocole de Kyoto*. Il s'agit de l'organe suprême du *Protocole de Kyoto* depuis que ce dernier est entré en vigueur le 16 février 2005. Seules les Parties au *Protocole de Kyoto* peuvent participer aux délibérations et prendre des décisions.

**Révolution industrielle (Industrial Revolution):** Période de croissance industrielle rapide aux profondes répercussions sociales et économiques, qui a débuté en Grande-Bretagne pendant la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle et s'est poursuivie en Europe, puis dans d'autres pays, dont les États-Unis d'Amérique. L'invention de la machine à vapeur a été un facteur majeur de cette évolution. La révolution industrielle marque le début d'une augmentation importante de l'utilisation des *combustibles fossiles* et des émissions, notamment de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* fossile. Dans le présent rapport, les termes *préindustriel* et *industriel* se réfèrent respectivement, de manière quelque peu arbitraire, aux époques antérieure et postérieure à 1750.

**Risque (Risk):** Quand un résultat se révèle incertain, éventualité d'effets néfastes sur les personnes, les modes de subsistance, la santé, les *écosystèmes*, le patrimoine économique, social et culturel, les services (y compris les services environnementaux) et les infrastructures.

**Évaluation des risques (Risk assessment):** Estimation scientifique des *risques* sur le plan qualitatif et/ou quantitatif.

**Gestion des risques (Risk management):** Plans, *mesures* ou *politiques* mis en œuvre pour réduire la probabilité et/ou les conséquences d'un *risque*.

**Perception du risque (Risk perception):** Jugement subjectif porté sur les caractéristiques et la gravité d'un *risque*.

**Substituabilité des risques (Risk tradeoff):** Un *risque* à l'effet compensateur est engendré (délibérément ou par inadvertance) par une intervention visant à réduire le *risque* visé, ce qui modifie l'éventail des *risques* (Wiener et Graham, 2009). Voir aussi *Co-avantages* et *Effet secondaire indésirable*.

**Transfert de risques (Risk transfer):** Pratique, formelle ou informelle, consistant à transférer, d'une entité à une autre, le *risque* de conséquences financières d'un événement néfaste.

**Sables et schistes bitumineux (Oil sands and oil shale):** Sables poreux instables, grès et schistes contenant du bitume, qui peuvent être extraits et convertis en combustibles liquides. Voir aussi *Ressources non conventionnelles*.

**Scénario (Scenario):** Description vraisemblable de ce que nous réserve l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales forces motrices (rythme de l'*évolution technologique (ET)*, prix, etc.) et les relations en jeu. Les scénarios ne sont ni des prédictions ni des prévisions, mais permettent cependant de mieux cerner les conséquences de différentes

évolutions ou actions. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario climatique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Scénario climatique (Climate scenario):** Représentation vraisemblable et souvent simplifiée du *climat* futur, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques et établie expressément pour déterminer les conséquences possibles des *changements climatiques* anthropiques, qui sert souvent à alimenter les modèles d'impact. Les *projections climatiques* servent fréquemment de matière première aux *scénarios climatiques*, quoique ces derniers nécessitent généralement des informations supplémentaires, par exemple sur le *climat* actuel observé. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Scénario d'atténuation (Mitigation scenario):** Description plausible de la réponse future du système (étudié), comme suite à la mise en œuvre de *politiques* et *mesures d'atténuation*. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario*, *Scénario climatique*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Scénario d'émissions (Emission scenario):** Représentation plausible de l'évolution future des émissions de substances susceptibles d'avoir des effets radiatifs (*gaz à effet de serre (GES)*, *aérosols*, etc.), fondée sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux déterminants (telles l'évolution démographique et socio-économique, *l'évolution technologique (ET)*, *l'énergie* et *l'utilisation des terres*) et à leurs interactions principales. Les scénarios de concentration, découlant des scénarios d'émissions, servent de données initiales aux *modèles climatiques* pour le calcul des *projections climatiques*. Le GIEC a présenté en 1992 (GIEC, 1992) un ensemble de scénarios d'émissions qui lui ont servi à établir des *projections climatiques* (GIEC, 1996). Ces scénarios d'émissions ont été appelés scénarios IS92. Dans le rapport spécial du GIEC consacré aux scénarios d'émissions (Nakicenovic et Swart, 2000), de nouveaux scénarios d'émissions, appelés *scénarios SRES*, ont été publiés, dont certains ont notamment servi de base pour les *projections climatiques* présentées dans les chapitres 9 à 11 du rapport publié par le GIEC en 2001 (GIEC, 2001) et les chapitres 10 et 11 du rapport publié en 2007 (GIEC, 2007). De nouveaux scénarios d'émissions associés au *changement climatique*, à savoir les quatre *profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, ont été mis au point pour la présente évaluation du GIEC, mais indépendamment de celle-ci. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Scénario*, *Scénario cli-*

*matique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario socio-économique*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Scénario de référence (Reference scenario):** Voir *Situation de départ (ou de référence)*.

**Scénario socio-économique (Socio-economic scenario):** Scénario qui décrit une évolution future possible en ce qui concerne la population, le *produit intérieur brut (PIB)* et d'autres facteurs socio-économiques permettant de mieux cerner les conséquences du changement climatique. Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario climatique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénarios SRES*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Scénarios SRES (SRES scenarios):** *Scénarios d'émissions* élaborés par Nakicenovic et Swart (2000), servant, parmi d'autres, à établir certaines des *projections climatiques* présentées dans les chapitres 9 à 11 de la publication GIEC (2001) et dans les chapitres 10 et 11 de la publication GIEC (2007). Les définitions ci-après permettent de mieux comprendre l'agencement et l'utilisation de l'ensemble de ces scénarios:

**Famille de scénarios (Scenario family):** *Scénarios* fondés sur le même canevas pour ce qui est de l'évolution démographique, sociétale, économique et technologique. L'ensemble des scénarios SRES comprend quatre familles de scénarios: A1, A2, B1 et B2.

**Scénario illustratif (Illustrative Scenario):** *Scénario* qui sert à l'illustration de chacun des six groupes de scénarios présentés dans le Résumé à l'intention des décideurs de Nakicenovic et Swart (2000). Ces scénarios illustratifs consistent en quatre scénarios de référence révisés pour les groupes de scénarios A1B, A2, B1 et B2 ainsi qu'en deux *scénarios* supplémentaires pour les groupes A1FI et A1T. Tous les groupes de scénarios sont également fiables.

**Scénario de référence (Marker Scenario):** *Scénario* diffusé à l'origine, dans sa version préliminaire, sur le site Web consacré au SRES pour représenter une famille de scénarios donnée. Pour choisir les scénarios de référence, on s'est fondé sur les quantifications initiales qui reflétaient le mieux les canevas ainsi que sur les caractéristiques des modèles utilisés. Si les scénarios de référence ne sont ni plus ni moins vraisemblables que n'importe quel autre scénario, l'équipe de rédaction du SRES a cependant estimé qu'ils illustraient fort bien les canevas considérés. Ces scénarios – qui figurent sous une forme revue et corrigée dans Nakicenovic et Swart (2000) – ont été examinés avec la plus grande attention par toute l'équipe de rédaction et dans le cadre du processus ouvert propre au SRES. Des *scénarios* ont également été choisis pour illustrer les deux autres groupes de scénarios.

**Canevas (Storyline):** Description circonstanciée d'un *scénario* (ou d'une famille de *scénarios*), qui met en lumière les principales



caractéristiques du *scénario*, les relations entre les principaux déterminants et la dynamique de leur évolution.

Voir aussi *Profil d'évolution des transformations*, *Profil commun d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario climatique*, *Scénario d'atténuation*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Situation de départ (ou de référence)* et *Stabilisation*.

**Sécurité alimentaire (Food security):** Situation caractérisée par le fait qu'une population dispose d'un accès garanti à une alimentation saine et nutritive en quantité suffisante pour couvrir ses besoins physiologiques, notamment en terme de croissance et de développement, et lui permettant de mener une vie active et saine.<sup>5</sup>

**Sécurité énergétique (Energy security):** Objectif que doit se fixer un pays donné, ou la communauté internationale dans son ensemble, pour s'assurer d'un approvisionnement en *énergie* approprié, stable et prévisible. Les mesures en la matière consistent à garantir que les ressources en *énergie* demeurent suffisantes pour répondre à la demande nationale en la matière, à des prix compétitifs et stables et à veiller à la résilience de l'approvisionnement en *énergie*; à favoriser l'élaboration et la mise en œuvre de technologies appropriées; à mettre en place une infrastructure permettant de produire, stocker et acheminer l'*énergie* requise; et à garantir des contrats de distribution exécutoires.

**Sensibilité du climat (Climate sensitivity):** Dans les rapports du GIEC, la sensibilité du climat à l'équilibre (unité: °C) désigne les variations à l'équilibre (état stable) de la température moyenne à la surface du globe à la suite d'un doublement de la *concentration en équivalent CO<sub>2</sub>* dans l'*atmosphère*. En raison de contraintes de calcul, la sensibilité du climat à l'équilibre dans un *modèle climatique* est parfois estimée à l'aide d'un *modèle de circulation générale* de l'*atmosphère* couplé à un modèle de la couche de mélange océanique, étant donné que cette sensibilité est déterminée en grande partie par des processus atmosphériques. Des modèles efficaces peuvent être conduits à l'équilibre avec un océan dynamique. Le paramètre de sensibilité du climat (unité: °C (W m<sup>-2</sup>)<sup>-1</sup>) se rapporte au changement d'équilibre dans la *température moyenne annuelle à la surface du globe* pour un écart unitaire du *forçage radiatif*.

La sensibilité effective du climat (unité: °C) est une estimation de la réponse de la température moyenne à la surface du globe à un doublement de la concentration du *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* obtenue à partir des résultats des modèles ou d'observations pour des conditions évolutives qui ne sont pas à l'équilibre. C'est une mesure de l'ampleur des *rétroactions climatiques* à un instant donné qui peut varier en fonction du forçage et de l'état du *climat*, pouvant donc être différente de la sensibilité du climat à l'équilibre.

La réponse transitoire du climat (unité: °C) désigne la variation moyenne sur 20 ans de la température à la surface du globe, centrée sur l'époque du doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique, obtenue à l'aide d'un *modèle climatique*, au cours d'une simulation dans laquelle l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> est fixée à 1 % par an. C'est une mesure de l'ampleur et de la rapidité de la réponse de la température en surface au forçage des *gaz à effet de serre (GES)*.

**Séquestration du carbone (Carbon sequestration):** Voir *Piégeage*.

**Services énergétiques (Energy services):** Un service énergétique constitue l'avantage tiré de l'utilisation de l'*énergie*.

**Seuil climatique (Climate threshold):** Limite du *système climatique* qui, si elle est franchie, déclenche une réponse non linéaire à un forçage donné. Voir aussi *Changement climatique brusque*.

**Situation de départ (ou de référence) (Baseline/reference):** Situation par rapport à laquelle un éventuel changement est mesuré. Dans le contexte des *profils d'évolution des transformations*, on parle de *scénarios de référence* pour désigner des *scénarios* qui se fondent sur l'hypothèse selon laquelle aucune *politique* ou *mesure d'atténuation* ne sera mise en place en plus de celles qui sont déjà en vigueur et/ou celles qui sont inscrites dans la loi ou dont on a planifié l'adoption. Les *scénarios de référence* ne sont pas destinés à fournir des prévisions, ils sont en fait élaborés pour bien faire apparaître les niveaux d'émissions qui seraient atteints en l'absence d'intervention, c'est-à-dire faute d'action gouvernementale supplémentaire. En règle générale, les *scénarios de référence* sont ensuite comparés aux *scénarios d'atténuation* élaborés pour atteindre différents objectifs d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)*, de concentrations atmosphériques ou d'évolution de la température. Les scénarios de référence sont aussi appelés *scénarios sans politiques*. Dans de nombreuses publications scientifiques, le terme est synonyme aussi de *scénario de la poursuite (inchangée) des activités*. L'expression *poursuite (inchangée) des activités* tend cependant à ne plus être employée, car il se révèle difficile de cerner cette notion quand les projections socio-économiques portent sur un siècle. Voir aussi *Profils communs d'évolution socio-économique (SSP)*, *Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)*, *Scénario climatique*, *Scénario d'émissions*, *Scénario socio-économique*, *Scénarios SRES* et *Stabilisation*.

**Source (Source):** Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'*atmosphère* un *gaz à effet de serre (GES)*, un *aérosol* ou un *précurseur* de GES ou d'*aérosol*. Le mot peut aussi être utilisé dans son sens usuel, une source d'*énergie* par exemple.

**Stabilisation (de la concentration des GES ou de l'équivalent CO<sub>2</sub>) (Stabilization (of GHG or CO<sub>2</sub>-equivalent concentration)):** État demeurant constant de la concentration atmosphérique d'un *gaz à effet de serre (GES)* (ex.: le *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*) ou d'un ensemble de GES (ou de GES et d'*aérosols*) exprimé en équivalent CO<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> Définition s'inspirant de celles qui figurent dans Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2000) et les rapports précédents du GIEC.

**Stratosphère (*Stratosphere*):** Région très stratifiée de l'*atmosphère* située au-dessus de la *troposphère* et s'étendant d'environ 10 km (9 km aux hautes latitudes et 16 km en zone tropicale en moyenne) à 50 km d'altitude.

**Subsidiarité (*Subsidiarity*):** Principe selon lequel les décisions relevant des pouvoirs publics (toutes choses étant égales par ailleurs) gagnent à être prises et appliquées, dans la mesure du possible, au niveau décentralisé le plus bas, c'est-à-dire le niveau le plus proche du citoyen. La subsidiarité est conçue pour renforcer le respect des responsabilités et réduire les dangers associés à une prise de décisions éloignée du lieu d'application. Le principe ne limite ni n'entrave nécessairement l'action des autorités des niveaux supérieurs; il met simplement en garde contre le fait d'assumer inutilement des responsabilités aux niveaux supérieurs.

**Substitution de combustible (*Fuel switching*):** En règle générale, remplacement d'un combustible B par un combustible A. Dans le cadre de l'*atténuation*, on considère implicitement que le combustible A contient moins de carbone que le combustible B (remplacement du charbon par du gaz naturel, par exemple).

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

**Système de certificats (verts) négociables (*Tradable (green) certificates scheme*):** Mécanisme fondé sur les principes du marché permettant d'atteindre des résultats souhaitables pour l'environnement (production d'*énergie renouvelable*, exigences de *rendement énergétique*) de façon économique et efficace en autorisant l'achat et la vente de certificats selon, respectivement, que les parties soumises à des quotas n'ont pas respecté ces quotas ou qu'elles les ont dépassés.

**Système de quotas négociables (*Tradable quota system*):** Voir *Échange de droits d'émission*.

**Système énergétique (*Energy system*):** Le système énergétique comprend toutes les composantes liées à la production, à la conversion, à la distribution et à l'utilisation de l'*énergie*.

**Tarif d'alimentation (*Feed-in tariff (FIT)*):** Prix par unité d'électricité (de chaleur) que doit payer une entreprise de distribution d'énergie pour l'électricité (la chaleur) distribuée ou renouvelable qui est fournie au réseau par des générateurs sans vocation de service public. Une autorité publique détermine le tarif.

**Taux de change du marché (TCM) (*Market exchange rate (MER)*):** Taux de change des devises. Dans la plupart des économies, ces taux sont affichés quotidiennement et varient peu au cours des échanges. Dans certains pays en développement, les taux officiels et ceux du marché noir peuvent être très différents, et la détermination exacte du taux de change du marché soulève des difficultés. Voir aussi *Parité de pouvoir d'achat (PPA)* et l'annexe II.1.3, qui précise le processus de conversion des devises s'appliquant à l'ensemble du rapport.

**Taxe sur le carbone (*Carbon tax*):** Impôt sur la teneur en carbone des *combustibles fossiles*. Puisque presque tout le carbone présent dans ces combustibles est en définitive rejeté sous forme de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)*, une taxe sur le carbone équivaut à une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

**Technologie de rechange (*Backstop technology*):** Les *modèles* servant à évaluer l'*atténuation* utilisent souvent une technologie arbitrairement sans carbone (souvent destinée à la production d'énergie) dont on pourrait disposer à l'avenir et qui serait disponible indéfiniment, par-delà les limites du *modèle*. Cela permet aux concepteurs des *modèles* d'étudier les conséquences et l'importance d'une technologie apportant une solution générique sans avoir à débrouiller l'écheveau des technologies pour en choisir une. Cette technologie de «rechange» peut être une technologie nucléaire, une technologie fondée sur les combustibles fossiles avec *captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC)*, une technologie reposant sur l'*énergie solaire* ou une technologie encore inconnue. On suppose habituellement que la technologie de rechange n'existe pas actuellement ou que, si elle existe, son coût est supérieur à celui des technologies classiques.

**Température moyenne à la surface du globe (*Global mean surface temperature*):** Estimation de la température moyenne de l'air à la surface du globe. Cependant, pour ce qui est des changements avec le temps, seules les anomalies par rapport aux conditions climatiques normales sont utilisées, le plus souvent fondées sur la moyenne mondiale, pondérée en fonction de la surface, de l'anomalie de la température de la mer en surface et de l'anomalie de la température de l'air à la surface des terres émergées.

**Trajectoires d'émissions (*Emission trajectories*):** Évolution prévue dans le temps des émissions d'un ou de plusieurs *gaz à effet de serre (GES)*, d'*aérosols* et de *précurseurs* de GES.

**Transferts d'émissions, «fuite» (*Leakage*):** Phénomène par lequel une réduction d'émissions (par rapport à une *situation de référence*), dans un territoire ou un secteur où une *politique d'atténuation* a été mise en œuvre, est annulée dans une certaine mesure par une augmentation causée, en dehors de ce territoire ou de ce secteur, par des changements touchant la consommation, la production, les prix, l'utilisation des terres et le commerce dans l'ensemble des territoires ou secteurs. Un tel transfert peut se produire à plusieurs niveaux, à celui d'un projet, d'un État, d'une province, d'une nation ou d'une région du monde. Voir aussi *Effet rebond*.

S'agissant du *captage et du stockage du dioxyde de carbone (CSC)*, une fuite de CO<sub>2</sub> fait référence à l'émission dans l'*atmosphère* de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* injecté qui s'échappe du lieu de stockage. Quand il s'applique à d'autres substances, le terme fuite est employé dans une acception plus générale, notamment une fuite de *méthane (CH<sub>4</sub>)* (dans le cadre d'activités d'extraction de combustibles fossiles par exemple) ou encore une fuite d'*hydrofluorocarbones (HFC)* (à partir de systèmes de réfrigération ou de climatisation par exemple).

**Transfert d'émissions de carbone, «fuite de carbone» (Carbon leakage):** Voir *Transfert d'émissions*.

**Transport parallèle ou semi-collectif (Paratransit):** Mode de transport de passagers relativement souple, implanté souvent, mais pas seulement dans les zones peu peuplées, dont les itinéraires ou les horaires ne sont pas fixes. Il peut s'agir de minibus (*matatus, marchroutka*) ou de taxis collectifs. Ce type de transport en commun est parfois appelé transport communautaire.

**Troposphère (Troposphere):** Partie inférieure de l'*atmosphère*, s'étendant de la surface de la Terre à environ 10 km d'altitude aux latitudes moyennes (cette altitude variant en moyenne de 9 km aux latitudes élevées à 16 km en zone tropicale), où se forment les nuages et se produisent les phénomènes météorologiques. Dans la troposphère, la température diminue généralement avec l'altitude. Voir aussi *Stratosphère*.

**Turbine à gaz à cycle mixte (Combined-cycle gas turbine):** Centrale associant deux procédés pour la production d'électricité. En premier lieu, une turbine à gaz est alimentée par la combustion d'un carburant. En second lieu, les gaz d'échappement de la turbine à gaz sont employés pour produire de la vapeur qui entraîne une turbine à vapeur.

**Unité de quantité attribuée (UQA) (Assigned Amount Unit (AAU)):** Correspond à 1 tonne d'*émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>* calculées à l'aide du *potentiel de réchauffement global (PRG)*. Voir aussi *Quantité attribuée (QA)*.

**Unité de réduction certifiée des émissions (URCE) (Certified Emission Reduction Unit (CER)):** Correspond à une tonne d'*émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>* supprimées ou de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* éliminé de l'*atmosphère* par le biais du projet de *mécanisme pour un développement propre (MDP)* (défini dans l'article 12 du *Protocole de Kyoto*), le calcul s'effectuant sur la base du *potentiel de réchauffement global (PRG)*. Voir aussi *Échange de droits d'émission* et *Unité de réduction des émissions (URE)*.

**Unité de réduction des émissions (URE) (Emissions Reduction Unit (ERU)):** Correspond à une tonne d'*émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>* supprimées ou de *dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* éliminé de l'*atmosphère* par le biais du projet de *mise en œuvre conjointe (MOC)* (défini dans l'article 6 du *Protocole de Kyoto*), le calcul s'effectuant sur la base du

*potentiel de réchauffement global (PRG)*. Voir aussi *Échange de droits d'émission* et *Unité de réduction certifiée des émissions (URCE)*.

**Utilisation des terres (changement d'affectation des terres, direct et indirect) (Land use (change, direct and indirect)):** Le terme utilisation des terres désigne l'ensemble des dispositions, activités et apports par type de couverture terrestre (ensemble d'activités humaines). Ce terme est également utilisé pour définir les objectifs sociaux et économiques de l'exploitation des terres (pâturage, exploitation forestière, conservation, etc.). Dans les agglomérations urbaines, il s'agit de l'utilisation des terres au sein des villes et dans leurs zones d'influence. L'utilisation des terres urbaines a des conséquences pour la gestion, la structure et la forme des villes, et influe donc sur la demande d'énergie, les émissions de *gaz à effet de serre (GES)*, la mobilité, et d'autres éléments encore.

**Changement d'affectation des terres (CAT) (Land use change (LUC)):** Le terme changement d'affectation des terres désigne un changement apporté par l'homme dans l'utilisation ou la gestion des terres, qui peut entraîner une modification de la couverture terrestre. Tant cette modification que le CAT peuvent avoir une incidence sur l'*albédo* de la surface, l'évapotranspiration, les *sources* et les *puits* de GES ou sur d'autres propriétés du *système climatique* et peuvent donc entraîner un *forçage radiatif* et/ou avoir d'autres répercussions sur le *climat*, à l'échelle locale ou mondiale. Voir aussi le rapport spécial du GIEC portant sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GIEC, 2000).

**Changement d'affectation des terres indirect (CATi) (Indirect land use change (iLUC)):** Les changements d'affectation des terres indirects font référence à des changements induits par une variation du niveau de production touchant un produit agricole en un autre lieu, souvent soumis à l'influence du marché ou orientés par des *politiques*. Par exemple, si des terres agricoles sont utilisées pour produire des biocarburants, un *déboisement* peut avoir lieu ailleurs pour remplacer les anciennes cultures. Voir aussi *Boisement, Déboisement* et *Reboisement*.

**Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) (Land use, land use change and forestry (LULUCF)):** Secteur entrant dans l'inventaire des *gaz à effet de serre (GES)* qui regroupe les émissions et l'absorption des GES découlant des activités humaines directement liées à l'*utilisation des terres*, au *changement d'affectation des terres (CAT)* et à la foresterie, hormis les émissions agricoles. Voir aussi *Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAT)*.

**Valeur actuelle (Present value):** Les montants disponibles à différents moments dans l'avenir sont réactualisés à leur valeur actuelle et additionnés pour obtenir la valeur actuelle d'une série de disponibilités futures. Voir aussi *Actualisation*.

**Variabilité du climat (*Climate variability*):** Variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts-types, fréquences extrêmes, etc.) du *climat* à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de la variabilité propre à des phénomènes météorologiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du *système climatique* (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe). Voir aussi *Changement climatique*.

**Vecteur d'énergie (*Energy carrier*):** Substance permettant d'exécuter un travail mécanique ou d'effectuer un transfert de chaleur.

Au nombre des vecteurs d'énergie figurent les combustibles solides, liquides ou gazeux (*biomasse*, charbon, pétrole, gaz naturel, hydrogène, etc.), les fluides pressurisés, chauffés ou refroidis (air, eau, vapeur) et le courant électrique.

**Véhicule hybride (*Hybrid vehicle*):** Tout véhicule utilisant deux sources de propulsion, et notamment les véhicules propulsés par un moteur à combustion interne couplé à un moteur électrique.

**Watt par mètre carré ( $W/m^2$ ) (*Watts per square meter ( $W/m^2$ )*):** Voir *Forçage radiatif*.

## Sigles, acronymes et symboles chimiques

<b>ACC</b>	Accord sur le changement climatique	<b>CMED</b>	Commission mondiale de l'environnement et du développement
<b>ACL</b>	Affichage à cristaux liquides	<b>CMIP</b>	Projet de comparaison de modèles couplés ( <i>Coupled Model Intercomparison Project</i> )
<b>ACV</b>	Analyse du cycle de vie	<b>CMPC</b>	Coût moyen pondéré du capital
<b>AFAT</b>	Agriculture, foresterie et autres affectations des terres	<b>CMR</b>	Coût marginal de réduction
<b>AFM</b>	Analyse de flux de matière	<b>CNUDD</b>	Conférence des Nations Unies sur le développement durable
<b>AIE</b>	Agence internationale de l'énergie	<b>CO</b>	Monoxyde de carbone
<b>AIEA</b>	Agence internationale de l'énergie atomique	<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>AMPERE</b>	Évaluation des mesures d'atténuation du changement climatique et de la fiabilité des coûts estimés	<b>COP</b>	Conférence des Parties
<b>AND</b>	Autorité nationale désignée	<b>COV</b>	Composés organiques volatils
<b>AOSIS</b>	Alliance des petits États insulaires	<b>CP</b>	Charbon pulvérisé
<b>APD</b>	Aide publique au développement	<b>CRC</b>	Coefficient de récupération du capital
<b>APEC</b>	Coopération économique Asie-Pacifique	<b>CS</b>	Carbone suie
<b>ASEAN</b>	Association des nations de l'Asie du Sud-Est	<b>CSC</b>	Captage et stockage du dioxyde de carbone
<b>ASIA</b>	Pays d'Asie non membres de l'OCDE («Asie en développement»)	<b>CVC</b>	Chauffage/ventilation/climatisation
<b>ATEP</b>	Approvisionnement total en énergie primaire	<b>DAC</b>	Extraction directe dans l'air ( <i>Direct air capture</i> )
<b>AV</b>	Accords volontaires	<b>DAES-ONU</b>	Département des affaires économiques et sociales de l'ONU
<b>AVCI</b>	Années de vie corrigées du facteur incapacité	<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène
<b>BAfD</b>	Banque africaine de développement	<b>DD</b>	Développement durable
<b>BA5D</b>	Banque asiatique de développement	<b>DEL</b>	Diode électroluminescente
<b>BECS</b>	Bioénergie avec captage et stockage du carbone	<b>DNB</b>	Dépense nationale brute
<b>BEPOS</b>	Bâtiment à énergie positive	<b>DOB</b>	Demande biochimique en oxygène
<b>BID</b>	Banque interaméricaine de développement	<b>DUS</b>	Déchets urbains solides
<b>BMD</b>	Banque multilatérale de développement ;	<b>EAS</b>	Asie de l'Est
<b>C</b>	Carbone	<b>EBT</b>	Évaluations des besoins technologiques
<b>C40</b>	Association des grandes villes pour un développement durable	<b>ECN</b>	Centre de recherche sur l'énergie - Pays-Bas ( <i>Energy Research Center of the Netherlands</i> )
<b>CAD</b>	Comité d'aide au développement	<b>EDC</b>	Élimination du dioxyde de carbone
<b>CAE</b>	Coûts actualisés de l'énergie	<b>EDGAR</b>	Base de données sur les émissions pour la recherche sur l'atmosphère ( <i>Emissions Database for Global Atmospheric Research</i> )
<b>CAT</b>	Changement d'affectation des terres	<b>EE</b>	Rendement énergétique ( <i>Energy efficiency</i> )
<b>CATi</b>	Changement d'affectation des terres indirect	<b>EET</b>	Économies en transition
<b>CCE</b>	Coût de la conservation de l'énergie	<b>EIA</b>	<i>Energy Information Administration</i> (États-Unis d'Amérique)
<b>CCGI</b>	Cycle combiné à gazéification intégrée	<b>EMF</b>	<i>Energy Modeling Forum</i>
<b>CCNUCC</b>	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	<b>EO</b>	Europe occidentale
<b>CDB</b>	Convention sur la diversité biologique	<b>EPA</b>	Agence de protection de l'environnement (États-Unis d'Amérique)
<b>CEA</b>	Commission économique pour l'Afrique	<b>éqCO<sub>2</sub></b>	Concentration en équivalent CO <sub>2</sub> – équivalent CO <sub>2</sub>
<b>CEDEAO</b>	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest	<b>ER</b>	Énergie renouvelable
<b>CFC</b>	Chlorofluorocarbones	<b>ESCO</b>	Entreprises de services énergétiques ( <i>Energy service companies</i> )
<b>CH<sub>4</sub></b>	Méthane	<b>ET</b>	Évolution technologique
<b>CIF</b>	Fonds d'investissement pour le climat ( <i>Climate Investment Funds</i> )	<b>ETS</b>	Système d'échange de droits d'émission ( <i>Emissions Trading System</i> )
<b>CLD</b>	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification	<b>EU ETS</b>	Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne
<b>CMACC</b>	Coût moyen actualisé de la conservation du carbone	<b>FAC</b>	Four à arc électrique
<b>CMACE</b>	Coût moyen actualisé de la conservation de l'énergie		

<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	<b>IRENA</b>	Agence internationale pour les énergies renouvelables ( <i>International Renewable Energy Agency</i> )
<b>FAQ</b>	Foire aux questions	<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>FAR</b>	Premier Rapport d'évaluation du GIEC	<b>JICA</b>	Agence japonaise de coopération internationale
<b>FAT</b>	Foresterie et autres affectations des terres	<b>LAM</b>	Amérique latine
<b>FDP</b>	Fonction de densité de probabilité	<b>LIMITS</b>	Projet d'évaluation des mesures requises pour l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique climatique plus stricte
<b>FEM</b>	Fonds pour l'environnement mondial	<b>MAAN</b>	Mesures d'atténuation appropriées au niveau national
<b>FGPE</b>	Forum des grandes puissances économiques sur l'énergie et le climat	<b>MAF</b>	Moyen-Orient et Afrique
<b>FIT</b>	Tarif d'alimentation	<b>MAGICC</b>	Modèle de bilan énergétique pour l'évaluation des changements climatiques dus aux gaz à effet de serre
<b>FMI</b>	Fonds monétaire international	<b>MCA</b>	Analyse multicritère ( <i>Multi-criteria analysis</i> )
<b>FPMA</b>	Fonds pour les pays les moins avancés	<b>MCG</b>	Modèle de circulation générale de l'atmosphère
<b>FRD</b>	Fer obtenu par réduction directe	<b>MCI</b>	Moteur à combustion interne
<b>FSCC</b>	Fonds spécial pour les changements climatiques	<b>MCM</b>	Modèle climatique mondial
<b>FVC</b>	Fonds vert pour le climat	<b>MDP</b>	Mécanisme de développement propre
<b>G20</b>	Ministres des finances du Groupe des Vingt	<b>MEGC</b>	Modèle d'équilibre général calculable
<b>G8</b>	Ministres des finances du Groupe des Huit	<b>MNA</b>	Moyen Orient et Afrique du Nord
<b>GATT</b>	Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce	<b>MOC</b>	Mise en œuvre conjointe
<b>GEA</b>	Global Energy Assessment (États-Unis d'Amérique)	<b>MP</b>	Matières particulaires
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre	<b>N</b>	Azote
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protoxyde d'azote
<b>GNC</b>	Gaz naturel comprimé	<b>NAM</b>	Amérique du Nord
<b>GNL</b>	Gaz naturel liquéfié	<b>NAS</b>	Académie nationale des sciences (États-Unis d'Amérique)
<b>GPL</b>	Gaz de pétrole liquéfié	<b>NF<sub>3</sub></b>	Trifluorure d'azote
<b>GRS</b>	Gestion du rayonnement solaire	<b>NGCC</b>	Centrales au gaz naturel à cycle combiné ( <i>Natural gas combined cycle</i> )
<b>GSEP</b>	Partenariat mondial pour les hautes performances énergétiques ( <i>Superior Energy Performance Partnership</i> )	<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniac
<b>GTI</b>	Groupe de travail I du GIEC	<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxydes d'azote
<b>GTII</b>	Groupe de travail II du GIEC	<b>NRC</b>	Conseil national de recherche (États-Unis d'Amérique)
<b>GTIII</b>	Groupe de travail III du GIEC	<b>NREL</b>	National Renewable Energy Laboratory (États-Unis d'Amérique)
<b>GTM</b>	Modèle mondial sur le bois d'œuvre ( <i>Global Timber Model</i> )	<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone
<b>GTP</b>	Potentiel d'évolution de la température planétaire ( <i>Global Temperature Change Potential</i> )	<b>OACI</b>	Organisation de l'aviation civile internationale
<b>H<sub>2</sub></b>	Hydrogène	<b>OCDE</b>	Organisation de coopération et de développement économiques
<b>HCFC</b>	Hydrochlorofluorocarbone	<b>OMC</b>	Organisation mondiale du commerce
<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbone	<b>OMD</b>	Objectifs du Millénaire pour le développement
<b>HFC-23</b>	Trifluorométhane	<b>OMI</b>	Organisation maritime internationale
<b>Hg</b>	Mercure	<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>ICLEI</b>	Conseil international pour les initiatives écologiques locales ( <i>International Council for Local Environmental Initiatives</i> )	<b>ONG</b>	Organisation non gouvernementale
<b>IDH</b>	Indice de développement humain	<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>IED</b>	Investissement étranger direct	<b>ONUDI</b>	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
<b>IET</b>	Échange international de droits d'émission ( <i>International Emissions Trading</i> )	<b>OPEP</b>	Organisation des pays exportateurs de pétrole
<b>IIASA</b>	Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués	<b>PACE</b>	<i>Property Assessed Clean Energy</i> (États-Unis d'Amérique)
<b>IPAT</b>	Contribution de la population ( <i>P</i> ), de la richesse ( <i>A</i> ) et de la technologie ( <i>T</i> ) à l'impact environnemental ( <i>I</i> )	<b>PAS</b>	Asie du Sud-Est et Pacifique
		<b>PBL</b>	Agence néerlandaise d'évaluation environnementale
		<b>PCCE</b>	Production combinée de chaleur et d'électricité (cogénération)

<b>PCCV</b>	Polluants climatiques de courte durée de vie	<b>SAR</b>	Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC: Changements climatiques
<b>PCI</b>	Pouvoir calorifique inférieur	<b>SAS</b>	Asie du Sud
<b>PCS</b>	Pouvoir calorifique supérieur	<b>SER</b>	Sources d'énergie renouvelable
<b>PFC</b>	Hydrocarbures perfluorés	<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluorure de soufre
<b>PFR</b>	Pays à faible revenu	<b>SO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de soufre
<b>PIB</b>	Produit intérieur brut	<b>SRCSS</b>	Rapport spécial du GIEC sur le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone
<b>PIK</b>	Institut de recherche de Potsdam sur les effets du changement climatique	<b>SRES</b>	Rapport spécial du GIEC consacré aux scénarios d'émissions
<b>PMA</b>	Pays les moins avancés	<b>SREX</b>	Rapport spécial du GIEC sur la gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique
<b>PME</b>	Petites et moyennes entreprises	<b>SRREN</b>	Rapport spécial du GIEC sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique
<b>PNNL</b>	<i>Pacific Northwest National Laboratories</i> (États-Unis d'Amérique)	<b>SSA</b>	Afrique subsaharienne
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies pour le développement	<b>TAR</b>	Troisième Rapport d'évaluation du GIEC
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'environnement	<b>TCM</b>	Taux de change du marché
<b>POECD</b>	Membres océaniques de l'OCDE 1990 (Japon, Australie, Nouvelle-Zélande)	<b>Th</b>	Thorium
<b>PPA</b>	Parité de pouvoir d'achat	<b>TIC</b>	Technologies de l'information et de la communication
<b>PPP</b>	Principe «pollueur-payeur»	<b>TIR</b>	Taux interne de rentabilité
<b>PRG</b>	Potentiel de réchauffement global	<b>TT</b>	Transfert de techniques
<b>PRITI</b>	Pays à revenu intermédiaire, tranche inférieure	<b>U</b>	Uranium
<b>PRITS</b>	Pays à revenu intermédiaire, tranche supérieure	<b>UE</b>	Union européenne
<b>PV</b>	Photovoltaïque	<b>UNESCO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
<b>RCP</b>	Profils représentatifs d'évolution de concentration ( <i>Representative Concentration Pathways</i> )	<b>UQA</b>	Unité de quantité attribuée
<b>R-D</b>	Recherche-Développement	<b>URCE</b>	Unités de réduction certifiée d'émissions
<b>RE4</b>	Quatrième Rapport d'évaluation, publié par le GIEC	<b>URE</b>	Unité de réduction des émissions
<b>RECIPE</b>	Rapport sur la politique énergétique et climatique en Europe	<b>USD</b>	Dollars des États-Unis
<b>REDD</b>	Réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts	<b>UTCATF</b>	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
<b>REEEP</b>	Partenariat sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ( <i>Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership</i> )	<b>VKT</b>	Kilomètres parcourus ( <i>Vehicle kilometers travelled</i> )
<b>RID</b>	Résumé à l'intention des décideurs	<b>VNA</b>	Valeur nette actuelle (ou actualisée)
<b>RoSE</b>	Feuilles de route sur la voie de l'énergie durable ( <i>Roadmaps towards Sustainable Energy futures</i> )	<b>WBCSD</b>	<i>World Business Council on Sustainable Development</i> (États-Unis d'Amérique)
<b>RPS</b>	Normes relatives aux sources d'énergie renouvelable ( <i>Renewable portfolio standards</i> )	<b>WCI</b>	<i>Western Climate Initiative</i> (États-Unis d'Amérique)
<b>RTC</b>	Réponse transitoire du climat		
<b>SAO</b>	Substances appauvrissant la couche d'ozone		

## Bibliographie

- Brunner, P. H. et H. Rechberger, 2004.** Practical handbook of material flow analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(5), 337–338.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2000.** Rapport de la Conférence des Parties sur les travaux de sa septième session, tenue à Marrakech du 29 octobre au 10 novembre 2001. Additif. Deuxième partie: mesures prises par la Conférence des Parties. (FCCC/CP/2001/13/Add.1).
- Commission mondiale de l'environnement et du développement, 1987.** *Notre avenir à tous*. Oxford University Press, Oxford (Royaume-Uni).
- Conseil de l'Arctique, 2013.** Glossary of terms. In: *Arctic Resilience Interim Report 2013*. Stockholm Environment Institute et Stockholm Resilience Centre, Stockholm (Suède).
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 1994.** *Article premier: Emploi des termes*. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. 17 juin 1994: Paris (France).
- Cobo, J. R. M., 1987.** *Étude du problème de la discrimination à l'encontre des populations autochtones*. Sous-commission de la lutte contre les mesures discriminatoires et de la protection des minorités. New York: Organisation des Nations Unies, 1987.
- Ehrlich, P. R. et J. P. Holdren, 1971.** Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212–1217.
- GIEC, 1992.** Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment [Houghton, J.T., B.A. Callander et S.K. Varney (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 116 p.
- , 1996. Changements climatiques 1995: Aspects scientifiques de l'évolution du climat. *Contribution du Groupe de travail I au deuxième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Houghton, J.T., L. G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg et K. Maskell (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 572 p.
- , 2000. *Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Watson, R.T., I. R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D. J. Verardo et D. J. Dokken (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 377 p.
- , 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Houghton, J.T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell et C.A. Johnson (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 881 p.
- , 2003. *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe et F. Wagner (dir. publ.)]. Institut des stratégies environnementales mondiales (IGES), Japon, 32 p.
- , 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Élaboré par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre [Eggleston H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara et K. Tanabe K. (dir. publ.)]. Institut des stratégies environnementales mondiales (IGES), Japon.
- , 2007. *Changements climatiques 2007: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 996 p.
- , 2012. *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T. F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen et M. Mastrandrea (dir. publ.)]. Service d'appui technique du Groupe de travail III du GIEC, Institut de recherche de Potsdam sur les effets du changement climatique, Potsdam (Allemagne), 99 p.
- Groupe consultatif du Secrétaire général de l'ONU sur l'énergie et les changements climatiques (AGECC), 2010.** *Energy for a Sustainable Future*. New York, NY (États-Unis d'Amérique).
- Hertel, T.T.W., 1997.** *Global trade analysis: modeling and applications*. Sous la direction de T.W. Hertel. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni).
- Heywood, V. H. (dir. publ.), 1995.** *The Global Biodiversity Assessment*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni).
- Manning, M. R., M. Petit, D. Easterling, J. Murphy, A. Patwardhan, H-H. Rogner, R. Swart et G. Yohe (dir. publ.), 2004.** *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options*. Compte rendu de l'atelier. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève (Suisse).
- Mastrandrea, M. D., C. B. Field, T. F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K. J. Mach, P. R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe et F.W. Zwiers, 2010.** Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Publié en ligne: <http://www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/index.html#UR>
- Michaelowa, A., M. Stronzik., F. Eckermann et A. Hunt, 2003.** Transaction costs of the Kyoto Mechanisms. *Climate policy*, 3(3), 261–278.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005.** *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*. World Resources Institute, Washington, D. C. [Appendice D, p. 893].
- Moss, R. et S. Schneider, 2000.** Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting. In: *IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi et K. Tanaka (dir. publ.)]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève (Suisse), p. 33–51.
- Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J.F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenovic, B. O'Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J. P. van Ypersele et M. Zurek, 2008.** *Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies*. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève (Suisse), 32 p.



- Moss, R., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.A. Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant et T. J. Wilbanks, 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, **463**, 747–756.
- Nakicenovic, N. et R. Swart (dir. publ.), 2000. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York, NY (États-Unis d'Amérique), 599 p.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2000. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2000. Rome (Italie).
- Rogner, H. H., 1997. An assessment of world hydrocarbon resources. *Annual review of energy and the environment*, **22**(1), 217–262.
- Weyant, J. P. et T. Olavson, 1999. Issues in modeling induced technological change in energy, environmental, and climate policy. *Environmental Modeling & Assessment*, **4**(2–3), 67–85.
- World Business Council on Sustainable Development (WBCSD) et World Resources Institute (WRI), 2004. *The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Genève et Washington, DC.
- Wiedmann, T. et J. Minx, 2007. A definition of carbon footprint. *Ecological economics research trends*, **1**, 1–11.
- Wiener, J. B. et J. D. Graham, 2009. *Risk vs. risk: Tradeoffs in protecting health and the environment*. Harvard University Press, Cambridge, MA (États-Unis d'Amérique).





