

giec

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2014

L'atténuation du changement climatique

Résumé à l'intention des décideurs

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

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

Résumé à l'intention des décideurs

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 de l'unité
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

En couverture: Vue aérienne de Shanghai en Chine. © Ocean/Corbis.

Révisé en février 2015 par le GIEC, Suisse. Il est possible de se procurer des exemplaires électroniques du présent *Résumé à l'intention des décideurs* sur le site Web du GIEC (www.ipcc.ch) et sur le site consacré à la contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (www.mitigation2014.org).

© 2015, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Dans la première version électronique de la présente publication, la figure RID.4 contenait une erreur. Dans cette nouvelle parution, l'erreur a été corrigée, le GIEC ayant appliqué, en janvier 2015, le protocole qui lui sert à corriger les erreurs éventuelles dans ses rapports d'évaluation, ses rapports de synthèse, ses rapports spéciaux ou ses rapports de méthodologie.

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 cohérence¹ 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'experts². 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.

¹ 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.

² 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 climatique³. 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 acteurs⁴. 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 justice⁵. 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]

³ Voir le RID du volume GT II du RE5.

⁴ 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.

⁵ 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 CO₂ (Gt_{eq}CO₂) (2,2 %) par an entre 2000 et 2010, alors que cette hausse était de 0,4 Gt_{eq}CO₂ (1,3 %) par an sur la période 1970-2000 (figure RID.1)^{6,7}. 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

⁶ Dans l'ensemble du RID, les émissions de GES sont pondérées par le potentiel de réchauffement global sur une durée de 100 ans (PRG₁₀₀) 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]

⁷ 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_{éq}CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ dues aux combustibles fossiles ont atteint 32 (± 2,7) Gt_{éq}CO₂/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_{éq}CO₂ d'émissions anthropiques de GES en 2010, 76 % (38 ± 3,8 Gt_{éq}CO₂/an) sont des émissions de CO₂ qui demeure le principal GES anthropique; 16 % (7,8 ± 1,6 Gt_{éq}CO₂/an), des émissions de CH₄; 6,2 % (3,1 ± 1,9 Gt_{éq}CO₂/an), des émissions d'oxyde nitreux (N₂O); et 2,0 % (1,0 ± 0,2 Gt_{éq}CO₂/an), des émissions de gaz fluorés (figure RID.1). Depuis 1970, les gaz autres que le CO₂ représentent chaque année environ 25 % des émissions anthropiques de GES⁸. [1.2, 5.2]

RID

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

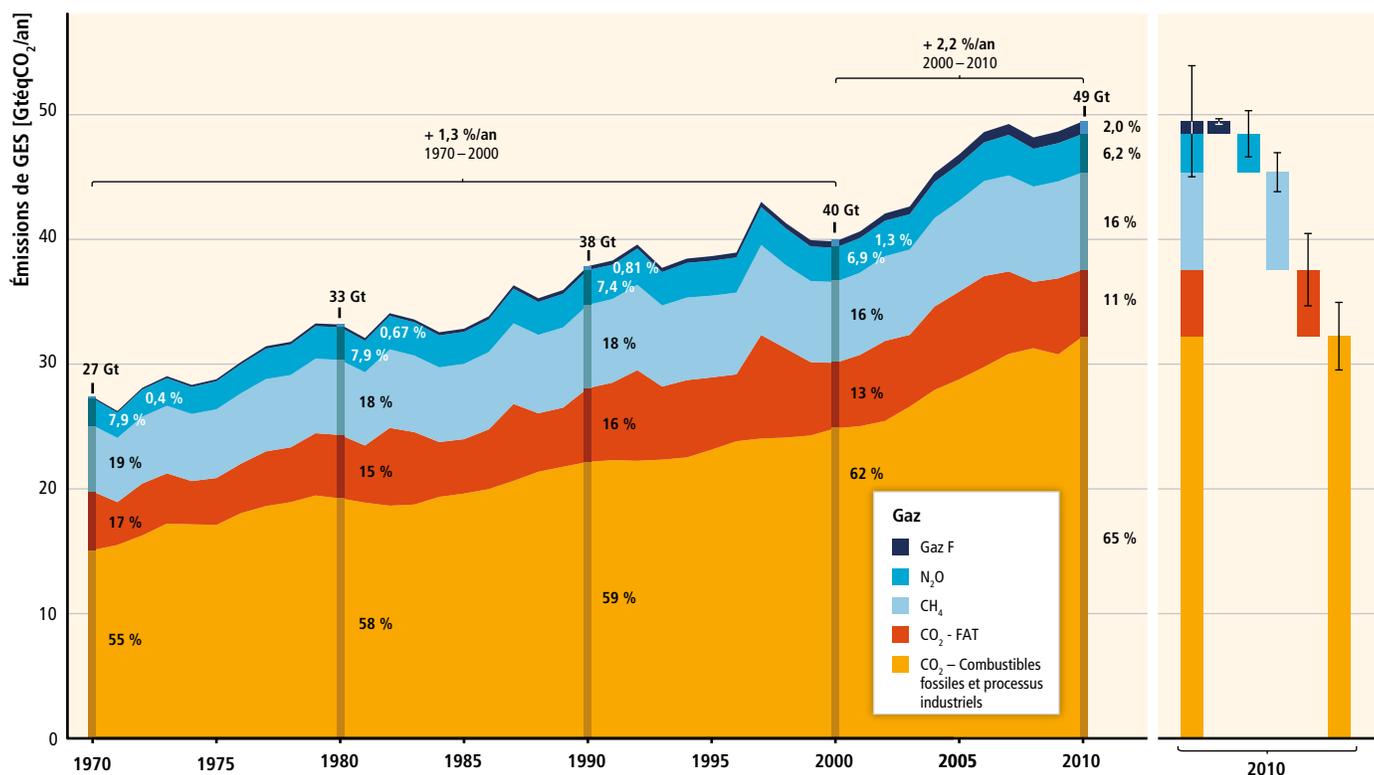


Figure RID.1 | Total annuel des émissions anthropiques de GES (Gt_{éq}CO₂/an) par groupes de gaz entre 1970 et 2010: CO₂ issu de la combustion de combustibles fossiles et des processus industriels; CO₂ issu de la foresterie et autres affectations des terres (FAT); méthane (CH₄); oxyde nitreux (N₂O); gaz fluorés⁸ (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 CO₂ 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 CO₂ provenant de la foresterie et autres affectations des terres (FAT). Les incertitudes correspondant aux émissions mondiales de CH₄, de N₂O 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_{éq}CO₂ sur la base du PRG₁₀₀⁶ 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 CO₂ 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 CO₂ 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]

⁸ Dans ce rapport, les données sur les GES autres que le CO₂, 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 CO₂ provenant de l'utilisation des combustibles fossiles, de la production de ciment et de la combustion en torchère depuis 1750 était de 420 ± 35 GtCO₂; en 2010, ce total cumulé avait triplé pour atteindre 1 300 ± 110 GtCO₂. Le total cumulé des émissions de CO₂ provenant de la FAT⁹ depuis 1750 a augmenté pour passer de 490 ± 180 GtCO₂ en 1970 à 680 ± 300 GtCO₂ en 2010. [5.2]

Les émissions anthropiques annuelles de GES ont augmenté de 10 GtécCO₂ 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) GtécCO₂, 35 % (17 GtécCO₂) ont été produites dans le secteur de l'approvisionnement en énergie, 24 % (12 GtécCO₂ d'émissions nettes), dans celui de l'AFAT, 21 % (10 GtécCO₂), dans celui de l'industrie, 14 % (7,0 GtécCO₂), dans celui des transports et 6,4 % (3,2 GtécCO₂), 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 %⁷ (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 CO₂ 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 préindustriels¹⁰ (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)¹¹ (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) éqCO₂ d'ici 2030 et atteignent des niveaux de concentration en éqCO₂ se situant entre 750 et plus de 1300 ppm éqCO₂ d'ici 2100. Ceci est identique à l'éventail des concentrations atmosphériques entre les RCP6,0 et RCP8,5 en 2100¹². Par comparaison, la concentration atmosphérique en éqCO₂ en 2011 est estimée à 430 ppm éqCO₂ (avec un intervalle d'incertitude de 340 à 520 ppm)¹³. [6.3, encadré RT.6; figure RID.5 et sections 8.5 et 12.3 du volume GT I du RE5]

⁹ 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).

¹⁰ 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.

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

¹² 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/m² pour le RCP2,6; 4,5 W/m² pour le RCP4,5; 6,0 W/m² pour le RCP6,0 et 8,5 W/m² 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.

¹³ 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/m², avec un intervalle d'incertitude de 1,1 à 3,3 W/m². [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

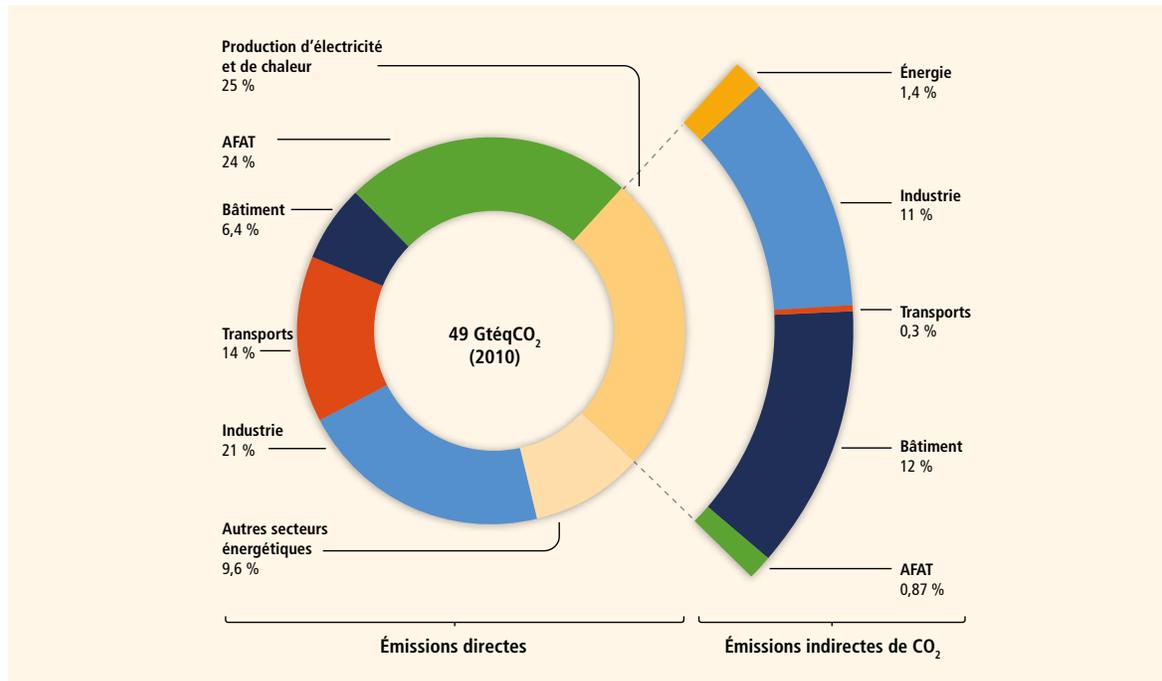


Figure RID.2 Répartition de l'ensemble des émissions anthropiques de GES (GtqCO₂/an) entre les secteurs économiques. La couronne montre les parts (en pourcentage des émissions anthropiques totales de GES) des émissions directes de GES attribuées en 2010 à cinq secteurs économiques. L'arc agrandi sur la droite indique la répartition des émissions indirectes de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ attribués à la FAT (foresterie et autres affectations des terres), que décrit le chapitre 11 du présent rapport. Toutes les émissions sont exprimées en GtqCO₂ sur la base du PRG₁₀₀⁶ 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]

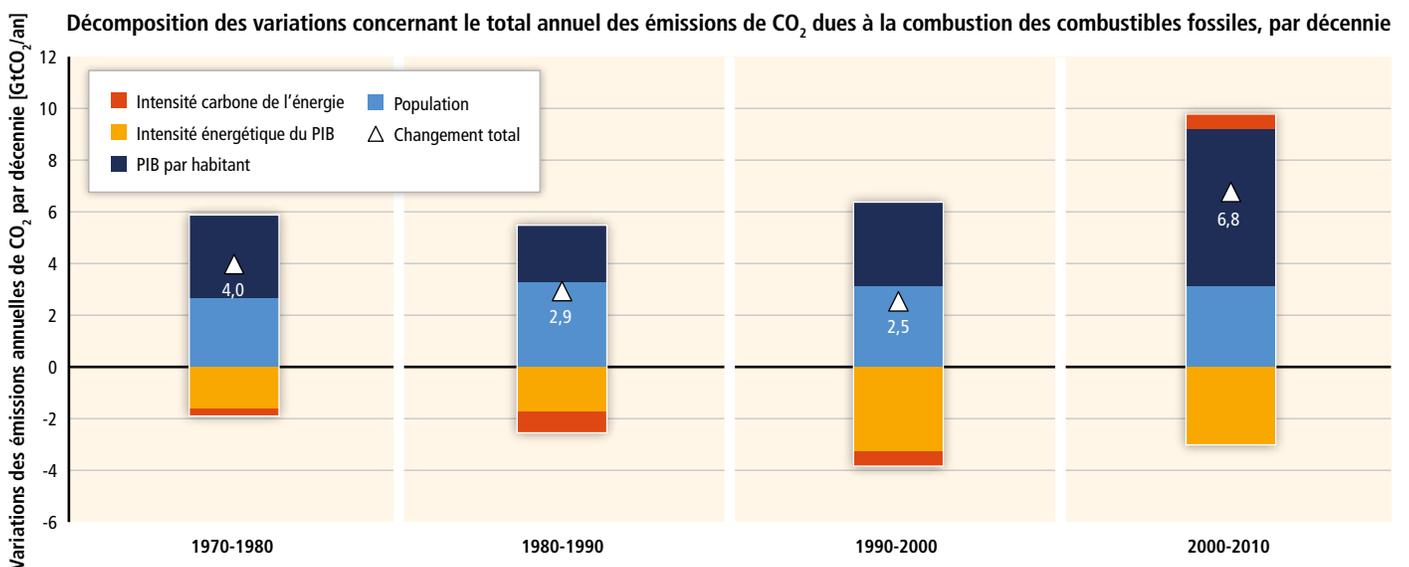


Figure RID.3 Décomposition des changements concernant le total annuel des émissions de CO₂ dues à la combustion des combustibles fossiles en quatre facteurs déterminants: population, PIB par habitant, intensité énergétique du PIB et intensité carbone de l'énergie. Les secteurs de couleur montrent les 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 CO₂ par an [GtCO₂/an]; le revenu est converti en unité commune en utilisant les parités du pouvoir d'achat. [figure 1.7]

RID

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 publiés¹⁴. Cet éventail couvre des niveaux de concentration atmosphérique compris en 2100 entre 430 et plus de 720 ppm 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 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 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 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 eqCO_2 avant 2100, auquel cas il est à *peu près aussi probable qu'improbable* qu'ils n'atteignent pas cet objectif¹⁵. Il est *plus improbable que probable* que les scénarios qui atteignent 530 à 650 ppm 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 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 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 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

¹⁴ 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]

¹⁵ Les scénarios d'atténuation, y compris ceux qui conduisent à des concentrations en 2100 de l'ordre de 550 ppm eqCO_2 ou plus, peuvent temporairement dépasser les niveaux de concentration atmosphérique d'équivalent 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]

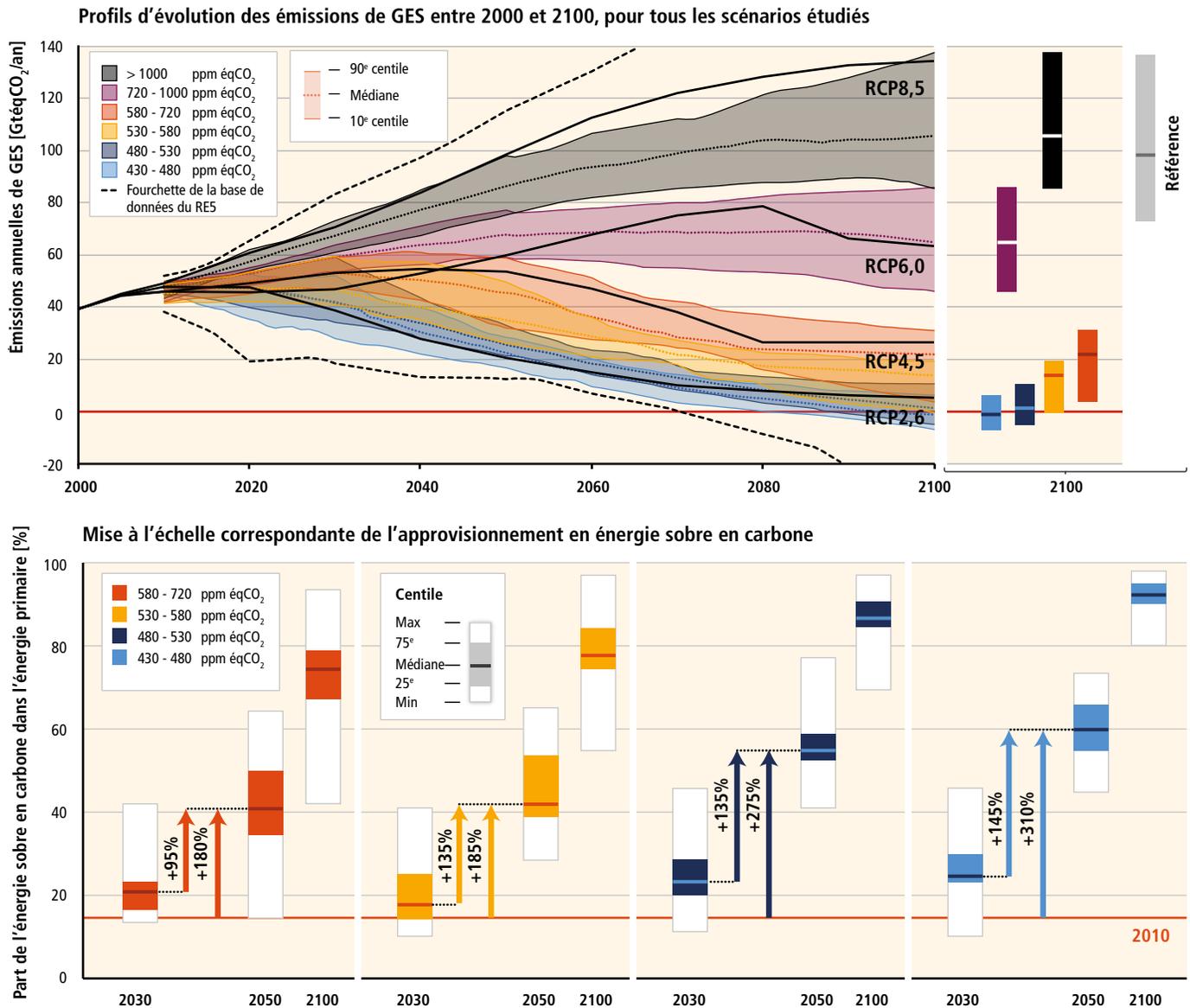


Figure RID.4 | Profils d'évolution des émissions mondiales de GES (Gt_{éqCO₂/an}) dans les scénarios de référence et d'atténuation pour différents niveaux de concentration à long terme (graphique supérieur) [figure 6.7] et exigences d'une mise à l'échelle correspondante de l'approvisionnement en énergie 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 CO₂ » et « concentration en équivalent CO₂ » dans le glossaire du volume GT III du RE5.

une réduction mondiale de 40 à 70 %¹⁶ 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 _{éqCO₂} 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 _{éqCO₂}, 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 _{éqCO₂} se caractérisent par une accélération des améliorations du rendement énergétique et par un triplement voire presque un quadruplement, dans l'approvisionnement en

¹⁶ 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 CO₂ 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 régions¹⁷. 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 éqCO₂ en 2100 comportent un dépassement temporaire de cette concentration atmosphérique, comme le font beaucoup de scénarios atteignant environ entre 500 et 550 ppm éqCO₂ 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)¹⁸. 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 éqCO₂), 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 éqCO₂) se caractérisent généralement par des émissions annuelles se situant environ entre 30 Gt éqCO₂ et 50 Gt éqCO₂ à l'horizon 2030 (figure RID.5, graphique de gauche). Les scénarios comportant des émissions supérieures à 55 Gt éqCO₂ 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 éqCO₂ 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]

¹⁷ 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 de développement durable selon les circonstances et priorités nationales. [6.4, 11.8.4, RID du volume GT II]

¹⁸ 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 CO₂ 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^e au 90^e centile^{1, 2}. [tableau 6.3]

| Concentrations en éqCO ₂ en 2100 [ppm éqCO ₂] | Sous-catégories | Position relative des RCP ³ | Émissions cumulées de CO ₂ [GtCO ₂] | | Changement des émissions en éqCO ₂ à comparer à 2010 [%] ⁴ | | Changement de température (par rapport à 1850-1900) ^{5, 6} | | | | |
|--|--|--|--|-----------|--|-------------------|---|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | 2011-2050 | 2011-2100 | 2050 | 2100 | Hausse de la température atteinte en 2100 [°C] ⁷ | Probabilité de ne pas dépasser au cours du XXI ^e siècle la hausse de température indiquée ⁸ | | | |
| | | | | | | | | 1,5 °C | 2,0 °C | 3,0 °C | 4,0 °C |
| < 430 | Des niveaux inférieurs à 430 ppm éqCO ₂ n'ont été pris en compte que dans un petit nombre d'études portant sur un modèle. | | | | | | | | | | |
| 450 (430-480) | Plage complète ^{1,10} | RCP2,6 | 550-1300 | 630-1180 | entre -72 et -41 | entre -118 et -78 | 1,5-1,7 (1,0-2,8) | <i>Plus improbable que probable</i> | <i>Probable</i> | <i>Probable</i> | <i>Probable</i> |
| 500 (480-530) | Sans dépassement de 530 ppm éqCO ₂ | | 860-1180 | 960-1430 | entre -57 et -42 | entre -107 et -73 | 1,7-1,9 (1,2-2,9) | <i>Plus probable qu'improbable</i> | <i>À peu près aussi probable qu'improbable</i> | | |
| | Avec dépassement de 530 ppm éqCO ₂ | | 1130-1530 | 990-1550 | entre -55 et -25 | entre -114 et -90 | 1,8-2,0 (1,2-3,3) | | | | |
| 550 (530-580) | Sans dépassement de 580 ppm éqCO ₂ | | 1070-1460 | 1240-2240 | entre -47 et -19 | entre -81 et -59 | 2,0-2,2 (1,4-3,6) | <i>Improbable</i> | <i>Plus improbable que probable¹²</i> | <i>Probable</i> | <i>Probable</i> |
| | Avec dépassement de 580 ppm éqCO 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) | <i>Improbable</i> | <i>Plus probable qu'improbable</i> | <i>Plus improbable que probable</i> | <i>Probable</i> |
| (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) | <i>Improbable¹¹</i> | <i>Plus improbable que probable</i> | <i>Plus improbable que probable</i> | <i>Plus improbable que probable</i> |
| > 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) | <i>Improbable¹¹</i> | <i>Improbable¹¹</i> | <i>Improbable</i> | <i>Plus improbable que probable</i> |

¹ La «plage complète» pour les scénarios prévoyant de 430 à 480 ppm éqCO₂ correspond à l'amplitude du 10^e au 90^e centile de la sous-catégorie de ces scénarios figurant dans le tableau 6.3.

² Les scénarios de référence (voir RID.3) sont classés dans les catégories > 1000 et 750-1000 ppm éqCO₂. 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).

³ Pour comparer les résultats cumulés du budget CO₂ 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] GtCO₂) 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]

⁴ 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 éqCO₂ comprennent la liste des gaz réglementés en vertu du protocole de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O, ainsi que les gaz fluorés).

⁵ 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'éqCO₂ 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).

⁶ 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].

⁷ 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].

⁸ 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.

⁹ La concentration en équivalent CO₂ 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).

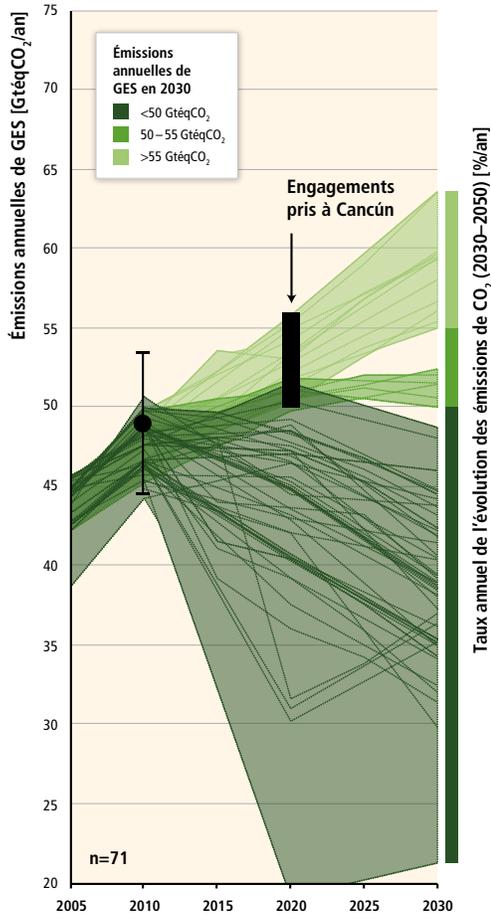
¹⁰ La grande majorité des scénarios dans cette catégorie dépassent la limite de 480 ppm éqCO₂.

¹¹ 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.

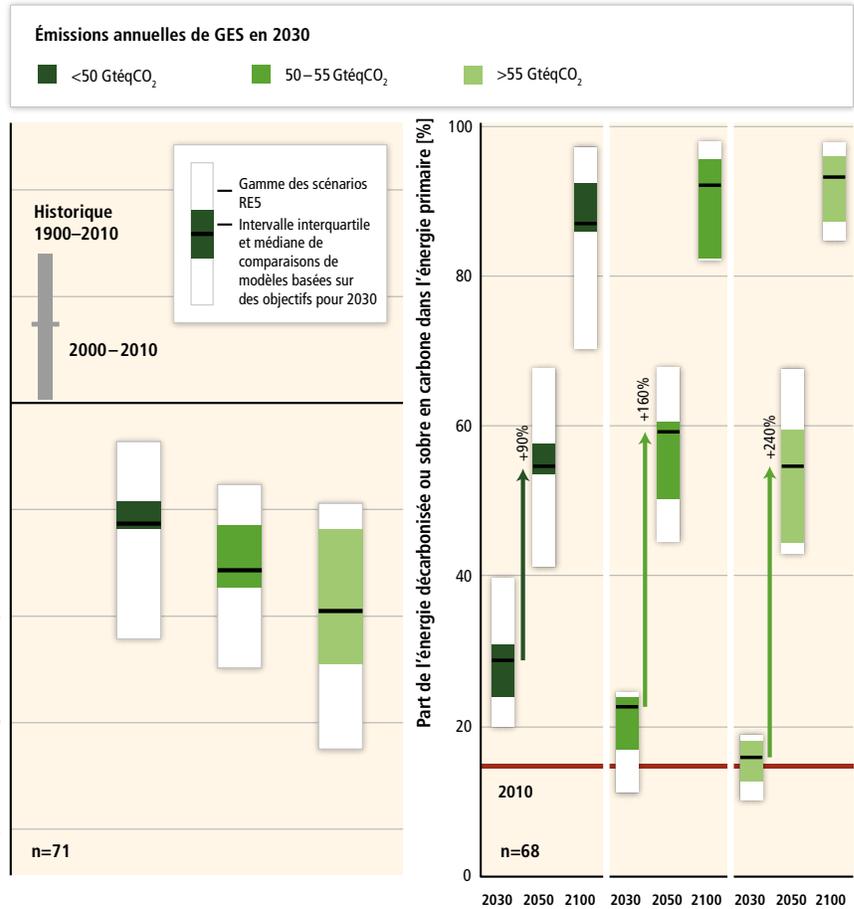
¹² Les scénarios de la catégorie 580-650 ppm éqCO₂ comprennent à la fois des scénarios de dépassement et des scénarios qui ne dépassent pas le niveau de concentration dans la partie haute de la catégorie (comme RCP4,5). Pour ce dernier type de scénarios, on estime, en général, qu'il est *plus improbable 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 CO₂ de 2030 à 2050



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

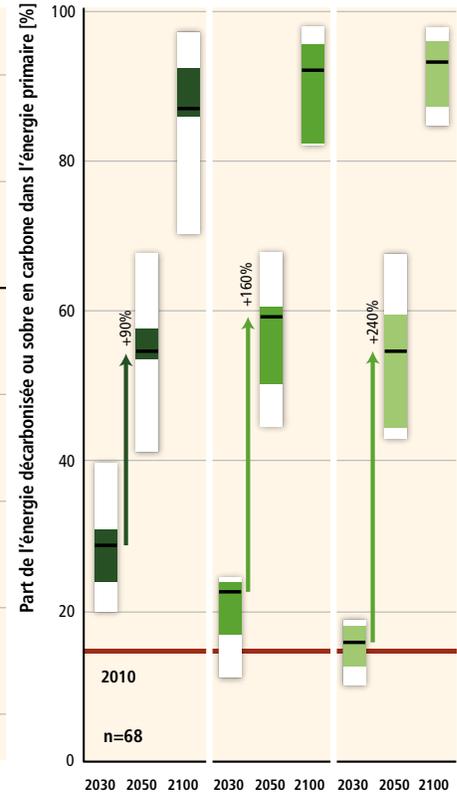


Figure RID.5 | Incidences de différents niveaux d'émissions de GES atteints en 2030 (graphique de gauche) sur le taux de réduction des émissions de CO₂ de 2030 à 2050 (graphique central) et sur la montée en puissance des énergies sobres en carbone au cours de la même période (graphique de droite), dans les scénarios d'atténuation atteignant des concentrations d'environ 450 à 500 (430 à 530) ppm eqCO₂ 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 (GtécCO₂/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 CO₂ 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 GtécCO₂/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-efficacité¹ 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 actualisés² 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 défaut³. 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 2030⁴. 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_{éq}CO₂) et deux plages de concentrations en 2100 (430-530 ppm _{éq}CO₂ et 530-650 ppm _{éq}CO₂). 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^e et le 84^e centile pour le groupe de scénarios représenté, et entre crochets figure le nombre de scénarios que comprend le groupe représenté⁵. [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 ¹ | | | | 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 _{éq} CO ₂] | 2030 | 2050 | 2100 | 2010-2100 | Pas de CSC | Abandon de l'énergie nucléaire | Recours modéré au solaire et à l'éolien | Recours modéré à la bioénergie | ≤ 55 Gt _{éq} CO ₂ | | >55 Gt _{éq} CO ₂ | |
| | | | | | | | | | 2030-2050 | 2050-2100 | 2030-2050 | 2050-2100 |
| 450(430-480) | 1,7(1,0-3,7) | 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) | 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) | [N: 14] | 3,4(2,1-6,2) | 4,8 (2,9-11,4) | 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) | 0,04 (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) | 0,03 (0,01-0,05) | s/o | s/o | s/o | s/o | | | | |

- 1 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.
- 2 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.
- 3 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]).
- 4 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.
- 5 L'intervalle considéré comprend les scénarios situés entre le 16^e centile et le 84^e 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 _{éq}CO₂ en 2100 n'ont pu produire des scénarios associés à des niveaux de concentration inférieurs à 530 ppm _{éq}CO₂ 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

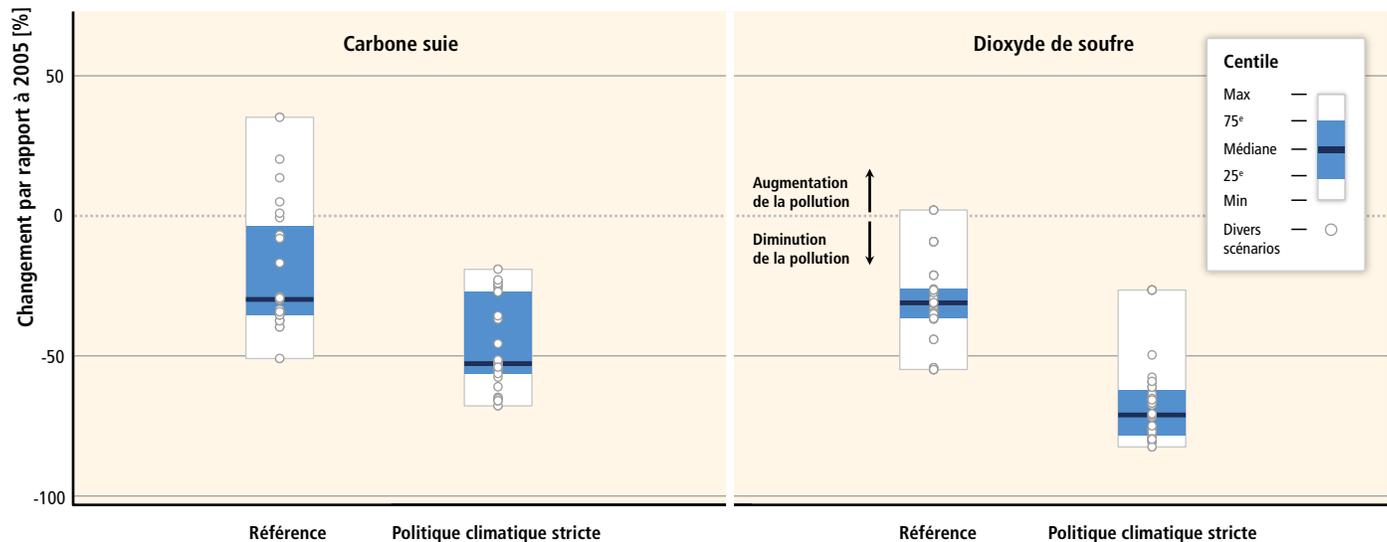


Figure RID.6 | Pollution de l'air – Émissions de carbone suie (CS) et de dioxyde de soufre (SO₂) en 2050 par rapport à 2005 (0 = niveau de 2005). Les scénarios de référence excluant tout nouvel effort visant à réduire les émissions de GES au-delà de ceux déjà déployés aujourd'hui sont comparés à des 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 éqCO₂ 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 éqCO₂ 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'atténuation¹⁹) 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 éqCO₂ en 2100, avec une atténuation supplémentaire

¹⁹ 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 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 énergie²⁰ [6.3, 7.11]

Les scénarios d'atténuation atteignant environ 450 à 500 ppm 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 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]

²⁰ Dans ces scénarios, les émissions de CO_2 cumulées varient entre 680 et 800 GtCO_2 pour la période 2011-2050 et entre 90 et 310 GtCO_2 pour la période 2011-2100. En 2050, les émissions mondiales en équivalent 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 CO₂ dans le secteur de l'AFAT²¹ (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 CO₂ et émissions de GES autres que le CO₂ dans les scénarios de référence et d'atténuation, avec CSC ou sans CSC

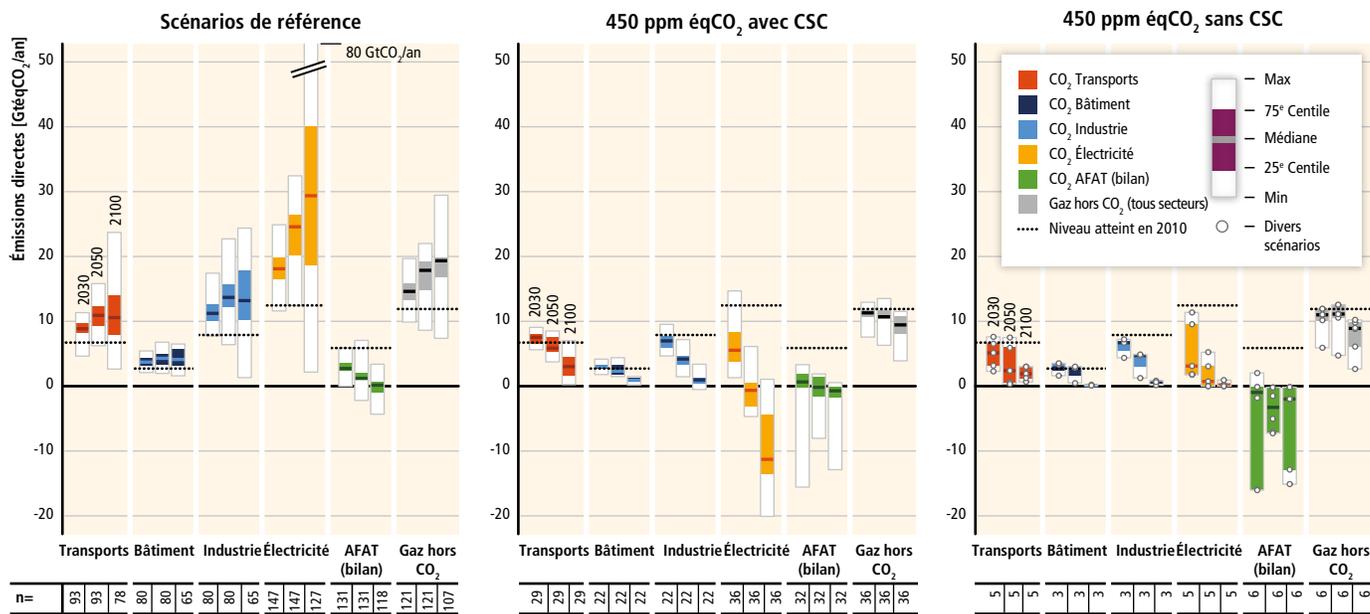


Figure RID.7 Émissions directes de CO₂ par secteur et émissions totales de GES autres que le CO₂ (gaz réglementés en vertu du protocole de Kyoto) rejetées par tous les secteurs, dans les scénarios de référence (graphique de gauche) et d'atténuation qui atteignent environ 450 (430-480) ppm eqCO₂ avec 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 eqCO₂ 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]

²¹ Le bilan des émissions de CO₂ pour le secteur de l'AFAT regroupe les émissions et l'absorption de CO₂ attribuables à ce secteur, y compris les terres forestières et, dans quelques évaluations, les puits de CO₂ 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

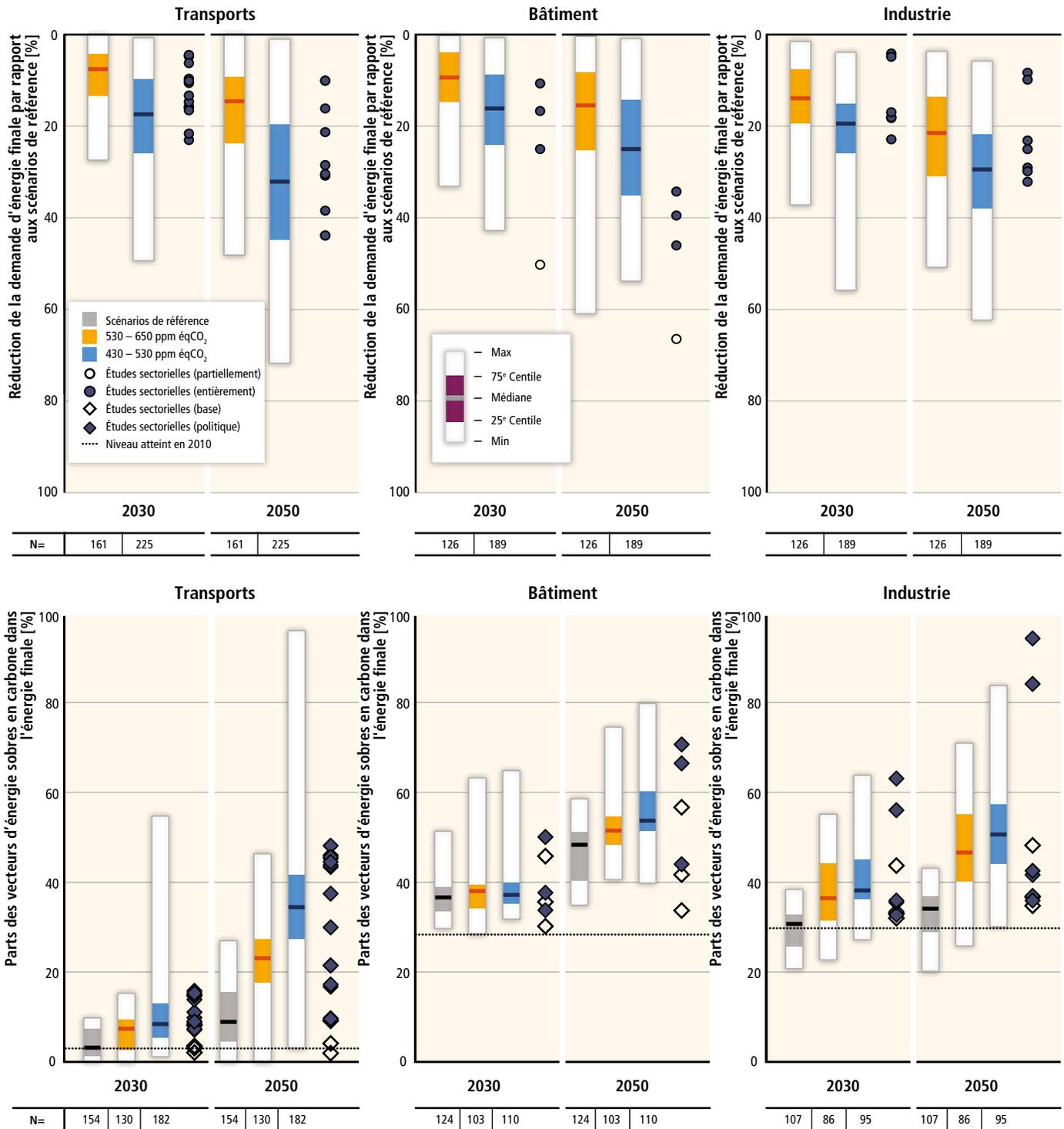


Figure RID.8 | Réduction de la demande d'énergie finale par rapport aux scénarios de référence (rangée supérieure) et parts des vecteurs d'énergie sobres en carbone dans l'énergie finale (rangée inférieure), dans les secteurs des transports, du bâtiment et de l'industrie, d'ici 2030 et 2050, selon les scénarios appartenant à deux catégories différentes de concentration en équivalent CO₂, 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 CO₂ 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)²². [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 éqCO₂ 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 éqCO₂ 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 CO₂ 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 éqCO₂, 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]

²² 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 structurelles²³ (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 CO₂ issues du secteur de l'approvisionnement en énergie par comparaison avec le niveau de 14,4 GtCO₂/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 CO₂ 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 eqCO₂); 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

²³ 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 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 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 CO_2 , sur les conséquences éventuelles d'une augmentation de pression au sein d'une formation géologique causée par le stockage de CO_2 (comme un séisme induit) et sur les incidences éventuelles sur la santé et l'environnement du 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 GtCO_2 ; les émissions de CO_2 de référence devraient à peu près doubler

d'ici 2050 (*éléments disponibles moyens, degré de cohérence moyen*). Cette croissance des émissions de CO₂ 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 CO₂ 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_x) 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 CO₂ 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 bâtiment²⁴, ainsi que des émissions directes et indirectes s'élevant à 8,8 GtCO₂; la demande d'énergie devrait à peu près doubler et les émissions de CO₂ 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]

²⁴ 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 GtCO₂; 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 CO₂ dominent les émissions de GES provenant de l'industrie, mais des possibilités d'atténuation importantes existent aussi pour les gaz autres que le CO₂ (éléments disponibles robustes, degré de cohérence élevé). Le CH₄, le N₂O et les gaz fluorés de l'industrie représentaient des émissions de 0,9 Gt_{éq}CO₂ 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_{éq}CO₂ 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_{éq}CO₂/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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 carbone²⁶ allant jusqu'à 100 dollars des États-Unis d'Amérique par tonne d'équivalent CO_2 , un tiers de ces efforts environ pouvant être réalisés à un prix inférieur à 20 dollars É.-U./t 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 eqCO_2/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+²⁷ 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 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

²⁵ Fourchette complète de toutes les études: de 0,49 à 11 Gt eqCO_2/an .

²⁶ 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).

²⁷ 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 commun²⁸ 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]

²⁸ 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 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].

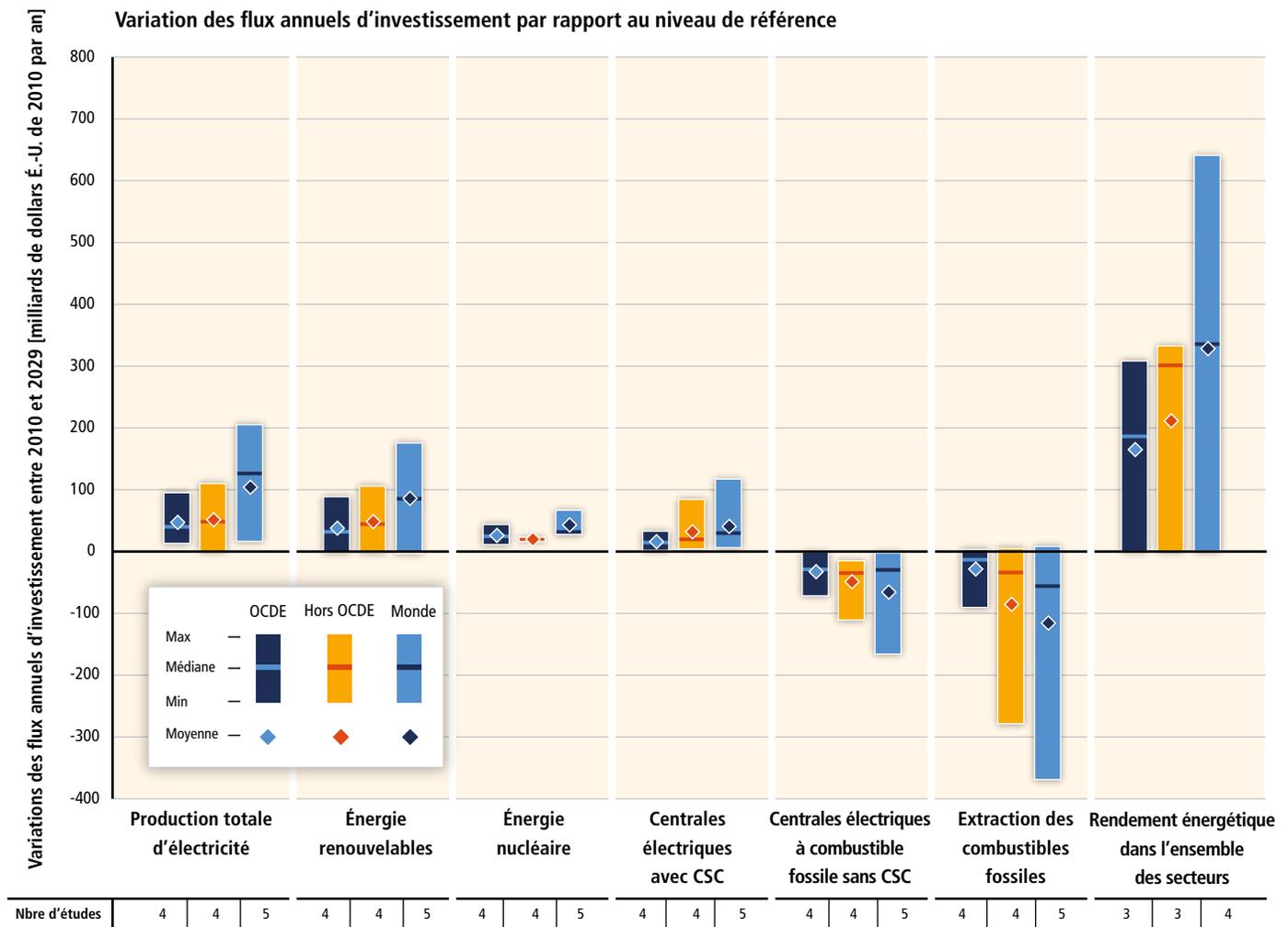


Figure RID.9 | Variation des flux annuels d'investissement par rapport au niveau de référence moyen sur les deux prochaines décennies (de 2010 à 2029), pour des scénarios d'atténuation qui stabilisent la concentration dans la fourchette approximative de 430 à 530 ppm e_{qCO_2} en 2100. Les changements 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 examinés. [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 une *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 traditionnelle²⁹ 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 (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), 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].

²⁹ 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]

