

RESUME A L'INTENTION DES DECIDEURS

(Traduction non-officielle n'engageant pas le GIEC)

**CONTRIBUTION
AU QUATRIEME RAPPORT D'EVALUATION
DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT**



Novembre 2007

Bilan 2007 des changements climatiques :

Rapport de synthèse

Table des matières :

- 1. Changements observés dans le climat et leurs effets**
- 2. Raisons des changements**
- 3. Changements simulés du climat et leurs conséquences**
- 4. Options d'adaptation et d'atténuation**
- 5. Les perspectives à long terme**

Les références entre { } dans ce Résumé à l'intention des décideurs renvoient aux sections, tableaux et figures de la version complète de ce rapport de synthèse.

1. Changements observés dans le climat et leurs effets

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, comme le prouvent les observations des hausses des températures moyennes mondiales de l'air et de l'océan, de la fonte largement répandue de la neige et de la glace et de la montée du niveau moyen mondial de la mer (Figure SPM.1). {1.1}

Onze des douze dernières années (1995-2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes de l'enregistrement des températures de surface mondiales (depuis 1850). La tendance moyenne sur cent ans (1906-2005), 0,74°C [0,56 à 0,92]¹, est supérieure à la valeur correspondante, 0,6°C [0,4 à 0,8] (1901-2000) fournie par le Troisième rapport d'évaluation (Figure SPM.1). Les augmentations de température sont largement répandues sur l'ensemble du globe et sont plus élevées aux latitudes les plus septentrionales. Les terres émergées se sont réchauffées plus rapidement que les océans (Figures SPM.2, SPM.4). {1.1, 1.2}

La montée du niveau de la mer est cohérente avec le réchauffement (Figure SPM.1). En moyenne mondiale, le niveau de la mer a augmenté depuis 1961 à une vitesse moyenne de 1,8 mm/an [1,3 à 2,3] et depuis 1993 de 3,1 mm/an [2,4 à 3,8], à cause de la dilatation thermique et en raison de la fonte des glaciers, des inlandsis et des calottes glaciaires polaires. Il n'est pas clair si la vitesse accrue de 1993 à 2003 reflète une variation décennale ou une tendance à long terme. {1.1}

Les diminutions observées de la couverture de neige et de glace sont également cohérentes avec le réchauffement (Figure SPM.1). Les données des satellites montrent que, depuis 1978, l'étendue de la banquise arctique a reculé de 2,7% par an en moyenne [2,1 à 3,3], avec une diminution plus marquée en été de 7,4% [5,0 à 9,8] par décennie. Les glaciers de montagne et la couverture neigeuse ont diminué en moyenne dans les deux hémisphères. {1.1}

De 1900 à 2005, les précipitations ont augmenté de façon significative dans les parties orientales de l'Amérique du Nord et du Sud, au nord de l'Europe, au nord et au centre de l'Asie, mais ont diminué au Sahel, dans le bassin méditerranéen, en Afrique australe et sur une partie du sud de l'Asie. Globalement, les surfaces affectées par la sécheresse ont *probablement*² cru depuis les années 1970. {1.1}

Il est *très probable* qu'au cours des 50 dernières années, les jours froids, les nuits froides et les gelées sont devenus moins fréquents sur la plupart des terres émergées et que les jours chauds et les nuits chaudes sont devenus plus fréquents. Il est *probable* que les vagues de chaleur sont devenues plus fréquentes sur la plupart des terres émergées, que la fréquence des événements de fortes précipitations a augmenté sur la plupart des surfaces et que depuis 1975, la fréquence de valeurs extrêmement élevées du niveau de la mer³ s'est accrue partout dans le monde. {1.1}

Les observations mettent en évidence un accroissement de l'activité des cyclones tropicaux intenses dans l'Atlantique nord depuis 1970, avec des mises en évidence, en nombre limité, d'accroissement ailleurs. Aucune tendance claire n'émerge dans la variation du nombre annuel de cyclones tropicaux. Il est difficile de dégager des tendances à plus long terme, surtout avant les années 1970.

Les températures moyennes de l'hémisphère nord pendant la deuxième moitié du 20^{ème} siècle ont été *très probablement* plus élevées qu'au cours de n'importe quelle période de 50 ans au cours des 500 dernières années et *probablement* les plus élevées des 1300 dernières années au moins. {1.1}

¹ Les nombres entre crochets indiquent un intervalle d'incertitude de 90 % autour de la valeur la plus probable, c'est-à-dire qu'on estime à 5% la probabilité que la valeur soit au-dessus de la fourchette donnée entre crochets et à 5% la probabilité qu'elle soit en dessous. La fourchette d'incertitude n'est pas nécessairement symétrique autour de la valeur la plus probable.

² Les mots en italique reflètent des expressions normalisées de l'incertitude et de la confiance. Les termes pertinents sont expliqués dans l'encadré « Traitement des incertitudes » dans l'introduction de ce rapport de synthèse.

³ En excluant les tsunamis qui ne sont pas dus au changement climatique. Une valeur élevée extrême du niveau de la mer dépend du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elle est définie ici comme la valeur horaire la plus forte du niveau de la mer observée pendant 1% du temps dans une station pendant une période donnée de référence.

Changements dans la température, le niveau de la mer et la couverture neigeuse de l'hémisphère nord

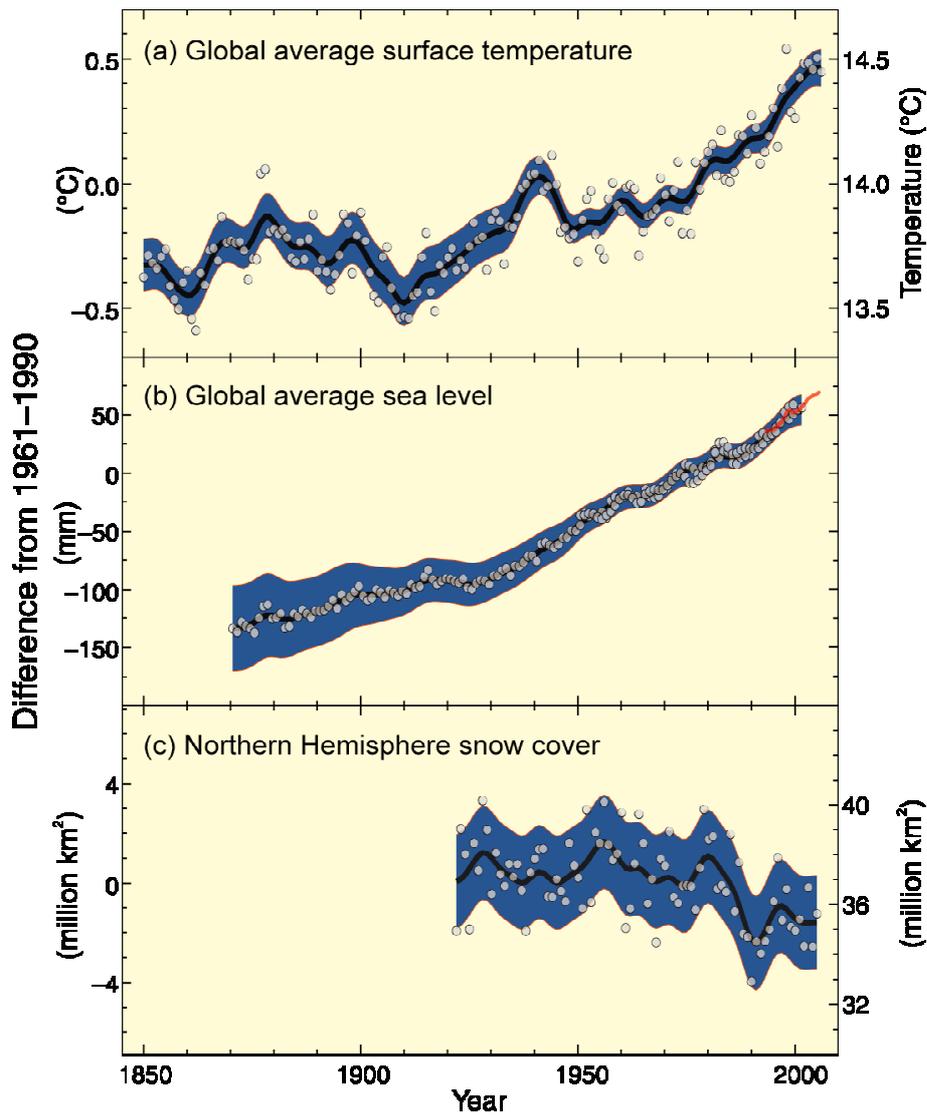


Figure SPM. 1 : Changements observés dans (a) la température de surface en moyenne mondiale ; (b) le niveau moyen mondial de la mer à partir de données provenant de marégraphes (bleu) et de satellites (rouge) et (c) la couverture neigeuse de l'hémisphère nord en mars et avril. Tous les changements sont relatifs aux moyennes correspondantes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent les valeurs moyennées sur une décennie, tandis que les cercles indiquent les valeurs annuelles. Les zones ombrées sont les fourchettes d'incertitude estimées à partir d'une analyse exhaustive des incertitudes connues (a et b) et des séries temporelles (c). {Figure 1.1}

Les observations faites⁴ sur tous les continents et sur la plupart des océans mettent en évidence que de nombreux systèmes naturels sont affectés par les changements climatiques régionaux, en particulier les hausses de température. {1.2}

Les changements dans la neige, la glace et les sols gelés ont accru (*grande confiance*) le nombre et la taille des lacs glaciaires, accru l'instabilité des sols dans les montagnes et dans les régions de pergélisol, et induit des changements dans certains écosystèmes arctiques et antarctiques. {1.2}

Certains systèmes hydrologiques ont été affectés (*grande confiance*) par des ruissellements accrus et des crues de printemps précoces dans de nombreuses rivières alimentées par des glaciers ou de la neige, et par des effets sur la structure thermique et sur la qualité de l'eau des rivières et des lacs qui se réchauffent. {1.2}

Dans les écosystèmes terrestres, la précocité des événements printaniers et le déplacement, vers les pôles et vers les sommets, des habitats des plantes et des animaux sont liés au réchauffement récent (*très grande confiance*). Pour certains systèmes marins et d'eau douce, des déplacements et des différences d'abondance des algues, du plancton et des poissons sont associés (*grande confiance*) à la hausse des températures de l'eau, ainsi qu'à des changements correspondants dans la couverture de glace, la salinité, les niveaux d'oxygène et la circulation. {1.2}

Parmi les plus de 29 000 séries de données d'observation, issues de 75 études, qui montrent des changements significatifs dans de nombreux systèmes physiques et biologiques, plus de 89% sont cohérentes avec le sens du changement attendu en réponse au réchauffement (Figure SPM.2). Cependant, il existe un déséquilibre géographique notable dans les données et dans la littérature sur les changements observés, avec un déficit marqué pour ce qui est des pays en développement. {1.3}

⁴ Fondées largement sur des ensembles de données portant sur la période postérieure à 1970.

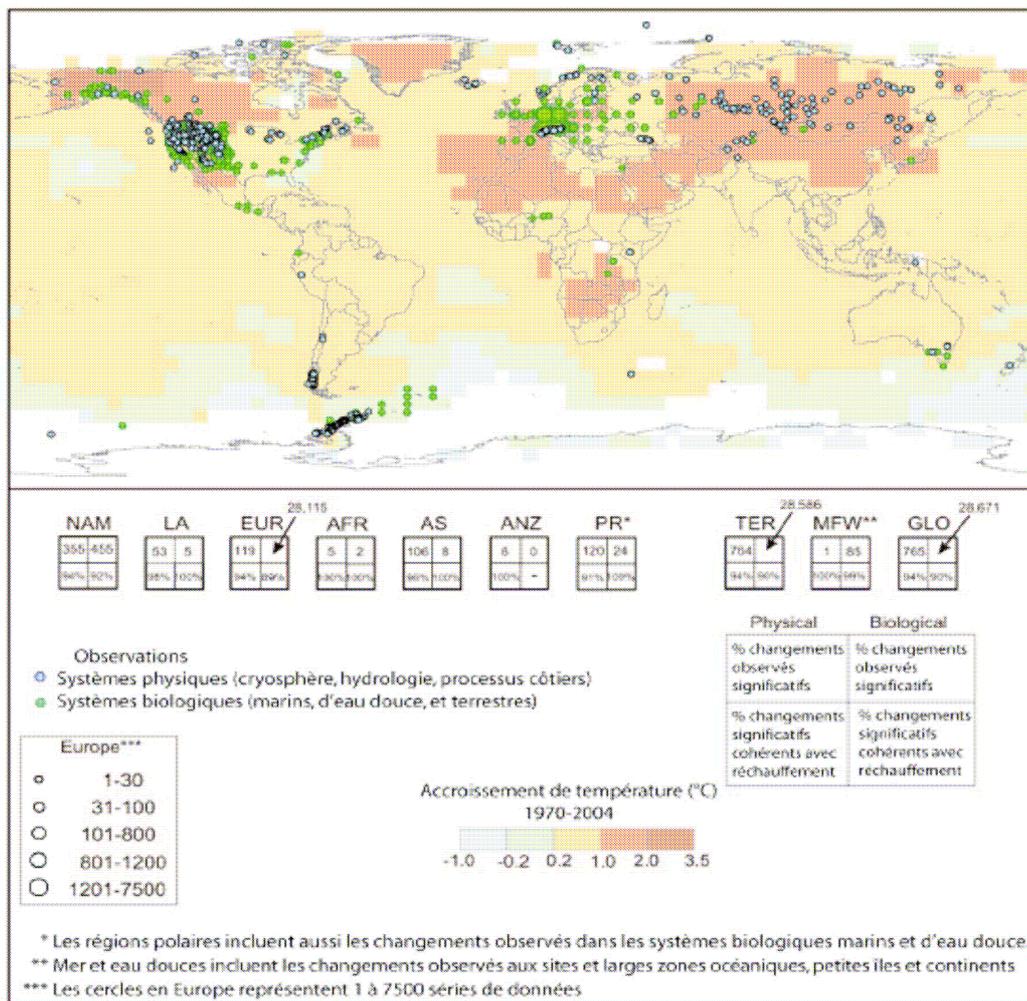


Figure SPM.2 : Changements dans les systèmes physiques et biologiques et dans les températures de surface 1970-2004

Les emplacements des changements significatifs dans les systèmes d'observation des systèmes physiques (neiges, glaces et sols gelés; hydrologie; processus côtiers) et des systèmes biologiques (terrestres, marins, et d'eau douce) sont représentés avec les changements de la température de surface sur la période 1970-2004. Un sous-ensemble d'environ 29 000 séries de données a été sélectionné parmi environ 80 000 séries de données issues de 577 études. Ces séries devaient se conformer aux critères suivants : (1) Se terminer en 1990 ou plus tard ; (2) couvrir une période d'au moins 20 ans ; et (3) montrer un changement significatif, quelle qu'en soit la direction, dans les conditions fixées pour les études individuelles. Ces séries de données proviennent d'environ 75 études (parmi lesquelles 70 environ sont nouvelles depuis le Troisième rapport d'évaluation) contenant environ 29 000 séries de données, dont environ 27 800 proviennent d'études européennes. Les régions de couleur blanche ne contiennent pas assez de données d'observation climatologiques pour estimer une tendance de la température. Les carrés 2x2 présentent le nombre total de séries montrant des changements significatifs (ligne du haut) et le pourcentage de celles-ci qui sont cohérentes avec le réchauffement (ligne du bas) pour (i) les régions continentales : Amérique du Nord (NAM), Amérique latine (LA), Europe (EUR), Afrique (AFR), Asie (AS), Australie et Nouvelle-Zélande (ANZ), et les régions polaires (PR) et (ii) l'échelle globale : régions terrestres (TER), marines et d'eaux douces (MFW) et ensemble du globe (GLO). La somme des nombres d'études apparaissant dans les sept boîtes régionales (NAM, LA, EUR, AFR, AS, ANZ, PR) ne correspond pas au nombre d'études globales (GLO) parce que les études dans ces régions (excepté la polaire) n'incluent pas les systèmes marins et d'eaux douces. Les emplacements des changements sur les larges régions marines ne sont pas indiqués sur la carte. {Figure 1.2}

D'autres effets des changements climatiques régionaux sur les systèmes naturels et humains émergent (confiance moyenne), bien que l'adaptation et les facteurs non climatiques les rendent difficiles à discerner.

Il s'agit notamment des effets des hausses de température sur : {1.2}

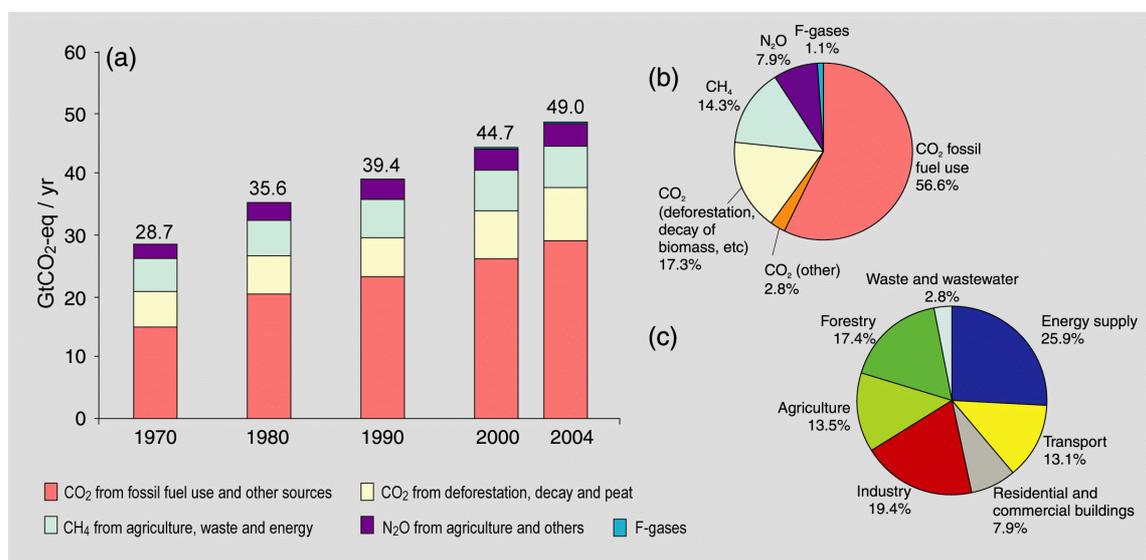
- la gestion agricole et sylvicole dans les régions de haute latitude de l'hémisphère nord, comme la plantation plus précoce de céréales et des altérations dans les régimes de perturbation des forêts par les incendies et les parasites
- certains aspects de la santé humaine, comme la mortalité liée aux fortes chaleurs en Europe, des changements dans les vecteurs de maladies infectieuses dans certaines régions, et des pollens allergisants dans les hautes et moyennes latitudes de l'hémisphère nord
- certaines activités humaines en Arctique (par exemple, la chasse et les déplacements sur la neige et la glace) et dans les stations alpines de basse altitude (telles que les sports d'hiver).

2. Causes des changements

Les changements dans les concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre (GES) et des aérosols, de la couverture végétale et du rayonnement solaire altèrent l'équilibre énergétique du système climatique.

Les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) dues aux activités humaines ont augmenté depuis la période préindustrielle, avec une hausse de 70 % entre 1970 et 2004 (Figure SPM .3).⁵ {2.1}

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le plus important des GES anthropiques. Ses émissions annuelles ont cru d'environ 80 % entre 1970 et 2004. La tendance à long terme à la baisse des émissions de CO₂ par unité d'énergie fournie s'est inversée après 2000. {2.1}



⁵ Seuls sont inclus CO₂, CH₄, N₂O, les HFC, les PFC et les SF₆ dont les émissions sont couvertes par la CCNUCC. Ces émissions sont pondérées par leur potentiel de réchauffement global sur 100 ans, en utilisant des facteurs cohérents avec ceux des rapports faits dans le cadre de la CCNUCC.

⁵ Seuls sont inclus CO₂, CH₄, N₂O, les HFC, les PFC et les SF₆ dont les émissions sont couvertes par la CCNUCC. Ces émissions sont pondérées par leur potentiel de réchauffement global sur 100 ans, en utilisant des facteurs cohérents avec ceux des rapports établis dans le cadre de la CCNUCC.

Figure SPM.3 : Emissions mondiales anthropogéniques de GES

Emissions mondiales annuelles des GES anthropiques de 1970 à 2004. ⁵ (b) Part des divers GES anthropiques dans les émissions totales en 2004 en termes de CO₂-éq. (c) Part des divers secteurs dans les émissions totales de GES en 2004 en CO₂-éq (la sylviculture inclut la déforestation). {Figure 2.1}

Les concentrations atmosphérique de CO₂, de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) ont augmenté de manière marquée depuis 1750 à cause des activités humaines et excèdent maintenant largement les valeurs préindustrielles déterminées à partir des carottes de glace couvrant de nombreux milliers d'années. {2.2}

Les concentrations atmosphériques de CO₂ (379ppm) et de CH₄ (1.774ppb) en 2005 excèdent largement la plage des variations naturelles au cours des 650.000 dernières années. L'augmentation de la concentration en CO₂ est due principalement à l'utilisation des combustibles fossiles, le changement d'utilisation des terres fournissant une contribution significative mais plus faible. Il est *très vraisemblable* que l'accroissement observé de la concentration en CH₄ est dû principalement à l'agriculture et à l'utilisation des combustibles fossiles. Le taux de croissance du méthane a décliné depuis le début des années 1990, ce qui est cohérent avec des émissions totales (somme des sources anthropiques et naturelles) quasi constantes pendant cette période. L'accroissement de la concentration en N₂O est dû essentiellement à l'agriculture. {2.2}

L'effet net global des activités humaines depuis 1750 a été un réchauffement⁶ (*très grande confiance*). {2.2}

La plus grande part de l'accroissement observé dans les températures moyennes mondiales depuis la moitié du 20^{ème} siècle est *très probablement* dû à l'accroissement observé de la concentration des GES anthropiques.⁷ Il est *probable* qu'il y a eu un réchauffement anthropique significatif au cours des 50 dernières années en moyenne sur chaque continent (sauf en Antarctique) (Figure SPM.4). {2.4}

Durant les 50 dernières années, la somme des forçages solaire et volcanique aurait *probablement* produit un refroidissement. La répartition observée du réchauffement et ses changements ne sont simulés que par des modèles incluant les forçages anthropiques. Des difficultés subsistent pour simuler et attribuer les températures observées à des échelles inférieures à l'échelle continentale. {2.4}

⁶ Les hausses de GES tendent à réchauffer la surface, tandis que l'effet net des accroissements des aérosols est de la refroidir. L'effet net des activités humaines depuis l'époque préindustrielle est un réchauffement (+1,6 Wm⁻² [0,6 à 2,4]). En comparaison, on estime que les changements de rayonnement solaire ont causé un léger réchauffement (+0,12 Wm⁻² [0,06 à 0,30]).

⁷ La prise en compte des incertitudes restantes est fondée sur les méthodologies courantes.

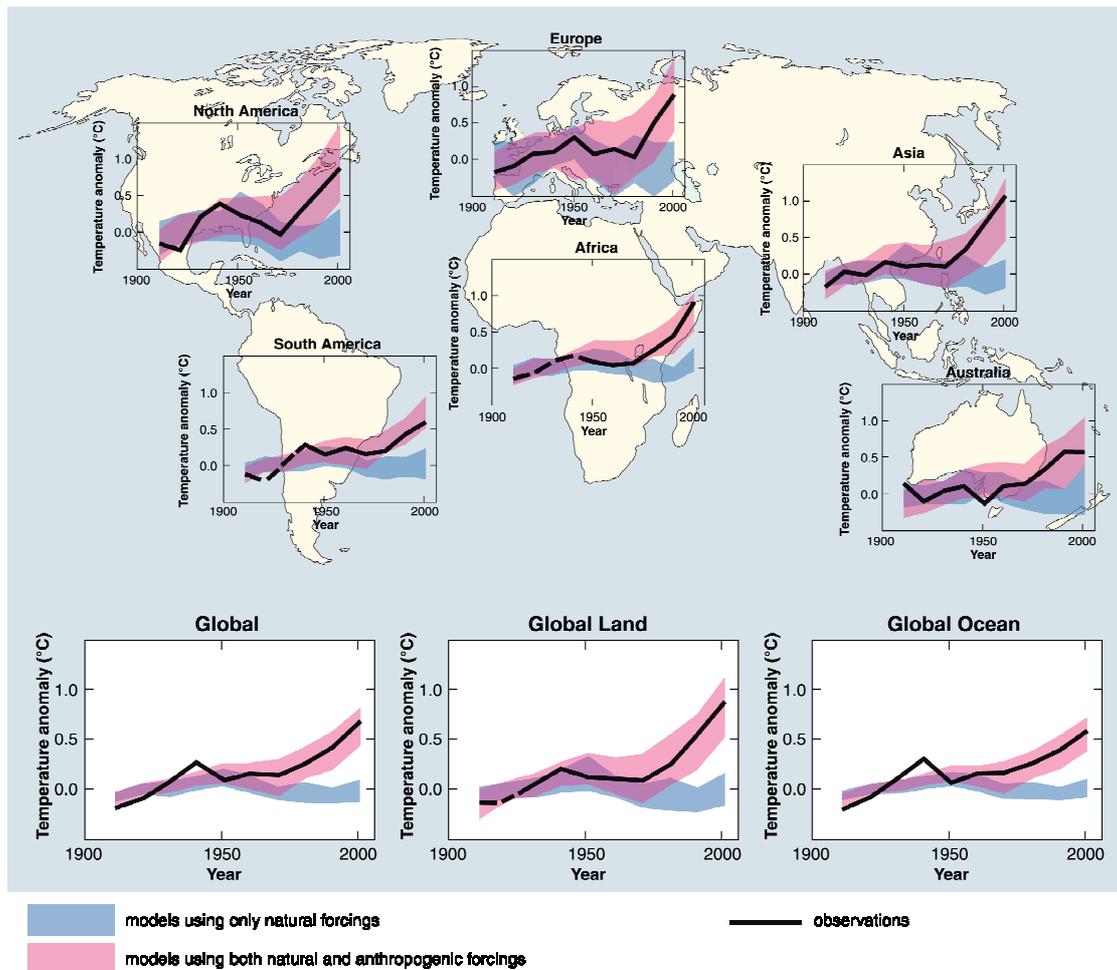


Figure SPM.4 : Changement des températures mondiales et continentales

Comparaison des changements de la température de surface observés à l'échelle continentale et mondiale avec les résultats simulés par des modèles utilisant soit des forçages naturels, soit des forçages naturels et anthropiques. Les moyennes décennales des observations sont représentées pour la période 1906-2005 (ligne noire) en fonction du centre de la décennie, sous forme de leur variation par rapport à la moyenne correspondante de la période 1901-1950.

Les lignes sont pointillées lorsque la couverture spatiale est inférieure à 50%. Les bandes colorées en bleu indiquent la plage 5-95% pour 19 simulations faites par 5 modèles climatiques, en utilisant les seuls forçages naturels dus à l'activité solaire et aux volcans. Les bandes colorées en rouge montrent la plage 5-95% pour 58 simulations faites par 14 modèles climatiques, en utilisant à la fois les forçages naturels et anthropiques. {Figure 2.5}

Les progrès faits depuis le 3^{ème} rapport d'évaluation montrent que les influences humaines perceptibles s'étendent à d'autres aspects du climat que la température moyenne. {2.4}

Les influences humaines ont : {2.4}

- *très probablement* contribué à la montée du niveau de la mer durant la deuxième moitié du 20^{ème} siècle
- *probablement* contribué à des changements dans la répartition des vents, affectant la trajectoire des tempêtes extratropicales et la répartition des températures.
- *probablement* accru les températures des nuits chaudes, des nuits froides et des jours froids les plus extrêmes
- *plus probablement que non augmenté* le risque de vagues de chaleur et les surfaces affectées par la sécheresse depuis les années 1970 et la fréquence des événements de précipitations extrêmes.

Le réchauffement anthropique au cours des trois dernières décennies a *probablement* eu une influence perceptible, à l'échelle mondiale, sur les changements observés dans de nombreux systèmes physiques et biologiques. {2.4}

Il est *très improbable* que la coïncidence géographique entre les régions de réchauffement significatif et les localisations de changements significatifs, observés dans de nombreux systèmes et cohérents avec le réchauffement, soit seulement dû à la variabilité naturelle. Plusieurs modélisations ont établi un lien direct entre certaines réponses spécifiques des systèmes physiques et biologiques et le réchauffement anthropique. {2.4}

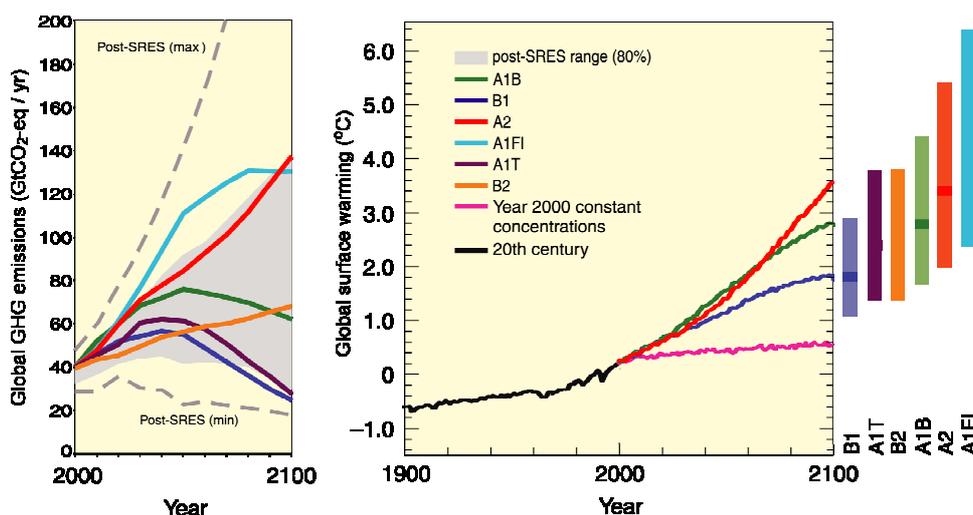
Une attribution plus exhaustive des réponses observées des systèmes naturels au réchauffement anthropique est actuellement impossible à cause des échelles de temps courtes de nombreuses études d'impact, de la variabilité naturelle du climat plus grande à l'échelle régionale, des contributions d'autres facteurs non climatiques et de la couverture spatiale limitée des études. {2.4}

3. Le changement climatique simulé et ses conséquences

Avec les politiques actuelles d'atténuation du changement climatique et les pratiques associées de développement durable les émissions mondiales de GES vont continuer de croître dans les toutes prochaines décennies (*bon accord et nombreuses mises en évidence*). {3.1}

Les projections du Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (RSSE, 2000)^{8, 9} présentent un accroissement des émissions mondiales de GES de 25-90% (CO₂-éq) entre 2000 et 2030 (Figure SPM.5), avec un maintien de la position dominante des combustibles fossiles dans le bouquet énergétique mondial jusqu'en 2030 et au-delà. Des scénarios plus récents sans mesures d'atténuation supplémentaires conduisent à des ordres de grandeur analogues. {3.1}

Scénarios d'émission de GES de 2000 à 2100 (en l'absence de politiques climatiques supplémentaires) et projections des températures de surface



⁸ Pour une explication sur les scénarios d'émission du RSSE, voir l'encadré « Scénarios RSSE » et la Figure 3.1 dans le chapitre 3 du rapport complet. Ces scénarios n'incluent pas de politiques climatiques supplémentaires par rapport aux actuelles ; les études plus récentes prennent parfois en compte la CCNUCC et le protocole de Kyoto.

⁹ Les trajectoires correspondant aux scénarios d'atténuation sont discutées dans la Section 5.

Figure SPM.5 : Panneau de gauche : Emissions mondiales de GES (en CO₂-éq) en l'absence de politiques climatiques supplémentaires : six scénarios marqueurs du RSSE (lignes colorées) et la gamme du 80^{ème} percentile des scénarios récents, publiés depuis le RSSE (post-RSSE) (zone grisée). Les lignes avec des tirets montrent la gamme complète des scénarios post-RSSE. Les émissions comprennent le CO₂, le CH₄, le N₂O et les gaz fluorés. Panneau de droite : les lignes continues représentent la moyenne, sur de nombreux modèles, du réchauffement mondial pour les scénarios du RSSE A2, A1B et B1, en continuité avec les simulations du 20^{ème} siècle. Ces projections prennent aussi en compte les émissions de GES à courte durée de vie et les aérosols. La ligne rose n'est pas un scénario mais correspond à des simulations de modèles de circulation globale de l'atmosphère et de l'océan (AOGCM) dans lesquelles les concentrations sont maintenues constantes à leur valeur en 2000. Les barres à droite de la figure indiquent la valeur la plus probable (trait horizontal à l'intérieur de chaque barre) et la plage *probable* évaluées pour les six scénarios marqueurs du RSSE pour la période 2090-2099. Toutes les températures sont relatives à la moyenne de la période 1980-1999. {Figure 3.1, Figure 3.2}

Une poursuite des émissions de GES à un niveau égal ou supérieur au niveau actuel causerait un réchauffement supplémentaire et, au cours du 21^{ème} siècle, induirait dans le système climatique global de nombreux changements qui seraient très vraisemblablement plus importants que ceux qui ont été observés au cours du 20^{ème} siècle (Tableau SPM.1, Figure SPM.5). {3.2.1}

Pour les deux prochaines décennies, les projections de réchauffement sont d'environ 0,2°C par décennie, pour une gamme de scénarios du RSSE. Au-delà, les températures simulées dépendent de plus en plus des scénarios relatifs aux émissions futures. Même si les concentrations de tous les GES et des aérosols avaient été maintenues constantes au niveau de 2000, on devrait s'attendre à un réchauffement d'environ 0,1°C par décennie. {3.2}

Tableau SPM.1. Réchauffement mondial moyen en surface et augmentation du niveau de la mer à la fin du 21^{ème} siècle. {Tableau 3.1}

Cas	Changement de température (°C en 2090-2099 par rapport à 1980-1999) <small>a,d</small>		Montée du niveau de la mer (m en 2090-2099 par rapport à 1980-1999)
	Valeur la plus probable	Plage de vraisemblance	Plage fondée sur les modèles excluant des changements dynamiques rapides futurs de l'écoulement de la glace
Concentrations constantes après 2000 ^b	0,6	0,3-0,9	Non disponible
Scénario B1	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Scénario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Scénario B2	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Scénario A1B	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Scénario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Scénario A1F1	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

Notes :

a) Les températures sont celles qui sont évaluées comme les plus probables et les fourchettes *vraisemblables* d'incertitude sont déduites d'une hiérarchie de modèles de complexité variable et de contraintes dictées par les observations.

b) La valeur pour la composition constante en 2000 est déduite de modèles de circulation globale de l'atmosphère et de l'océan.

- c) Tous les scénarios ci-dessus sont les 6 scénarios marqueurs du RSSE. Les concentrations approximatives en 2100, exprimées en équivalent dioxyde de carbone et correspondant au forçage radiatif du aux GES d'origine anthropique et aux aérosols (voir page 823 du 3^{ème} rapport d'évaluation), sont d'environ 600, 700, 800, 850, 1250 et 1550 ppm pour les six scénarios marqueurs du RSSE B1, A1T, B2, A1B, A2 et A1FI respectivement.
- d) Ajouter environ un demi degré C aux plages de température pour obtenir le réchauffement par rapport à la période préindustrielle.
-

En gros, la plage des résultats de simulations (Tableau SPM.1) est cohérente avec celle du 3^{ème} rapport d'évaluation, mais les incertitudes estimées et les valeurs maximales sont supérieures, principalement parce que la gamme plus large des modèles disponibles suggère une rétroaction plus forte du cycle climat-carbone. Le réchauffement réduit le prélèvement de CO₂ atmosphérique par les écosystèmes et les océans, ce qui accroît la fraction des émissions anthropiques qui reste dans l'atmosphère. La force de cet effet de rétroaction varie de façon marquée entre les modèles. {2.3, 3.2.1}

En raison d'une compréhension trop limitée de certains effets importants qui déterminent la montée du niveau de la mer, ce rapport n'évalue pas la vraisemblance ni ne fournit de valeur probable ou de limite supérieure de l'élévation du niveau de la mer. Le tableau SPM.1 montre les valeurs simulées par les modèles de l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer pour 2090-2099¹⁰. Ces simulations ne prennent pas en compte les incertitudes sur les rétroactions du cycle climat-carbone ni le plein effet des changements dans la dynamique de la glace des inlandsis. En conséquence, les fourchettes indiquées ne doivent pas être considérées comme des limites supérieures de l'élévation du niveau de la mer. Elles prennent en compte une contribution d'un écoulement accru de la glace des calottes du Groenland et de l'Antarctique aux vitesses observées de 1993 à 2003 mais ce mécanisme pourrait croître ou décroître à l'avenir¹¹. {3.2.1}

Une plus grande confiance que lors du 3^{ème} rapport d'évaluation est maintenant accordée aux résultats des modélisations relatives à la répartition géographique du réchauffement et aux autres phénomènes régionaux, parmi lesquels les changements de la répartition des vents, des précipitations, et de certains aspects des événements extrêmes et de la glace de mer. {3.2.2}

Les modifications à l'échelle régionale comprennent : {3.2.2}

- un réchauffement plus important sur les terres émergées et en général pour les latitudes septentrionales, et moins important pour l'océan de l'hémisphère sud et sur certaines parties de l'Atlantique nord
- une contraction de la couverture neigeuse en continuité avec les tendances récemment observées (Figure SPM.6), des accroissements dans la profondeur du dégel dans la plupart des régions de pergélisol et une diminution de la glace de mer ; dans certaines simulations utilisant les scénarios du RSSE, la glace de mer de l'Arctique disparaît presque entièrement en été dans la dernière partie du 21^{ème} siècle
- une hausse *très probable* de la fréquence des températures élevées, des vagues de chaleur et des précipitations intenses
- un accroissement *probable* de l'intensité des cyclones tropicaux ; une confiance moindre dans la baisse globale du nombre de cyclones tropicaux
- un déplacement vers le pôle des trajectoires des tempêtes extratropicales avec des conséquences sur la répartition des vents, des précipitations et des températures

¹⁰ Les simulations du 3^{ème} rapport d'évaluation sont faites à 2100, tandis que les simulations de ce rapport sont relatives à la période 2090- 2099. Le 3^{ème} rapport d'évaluation aurait eu des fourchettes analogues à celles du tableau SPM.1 s'il avait traité les incertitudes de la même façon.

¹¹ Pour une discussion plus détaillée du long terme, voir ci-dessous.

- des augmentations *très probables* des précipitations aux hautes latitudes et des diminutions *probables* dans la plupart des terres émergées subtropicales, en continuité avec les tendances récentes observées.

Au milieu du siècle, d'après les simulations, le débit annuel des rivières et la disponibilité en eau augmenteront aux hautes latitudes (et dans certaines régions tropicales humides) et diminueront dans certaines régions sèches des zones de moyennes latitudes et des tropiques (*grande confiance*). De nombreuses zones semi-arides (par exemple le bassin Méditerranéen, l'ouest des Etats-Unis, l'Afrique australe et le nord-est du Brésil) vont souffrir d'une diminution des ressources en eau due au changement climatique (*grande confiance*){3.2 ; Figure 3.4}.

Répartition géographique du réchauffement de surface

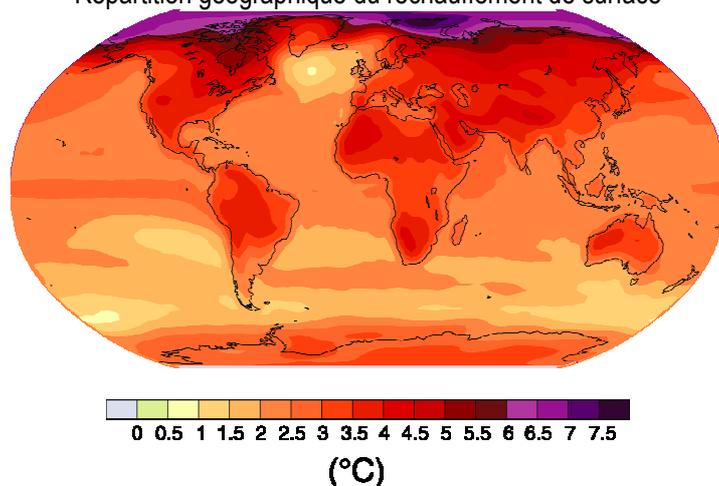
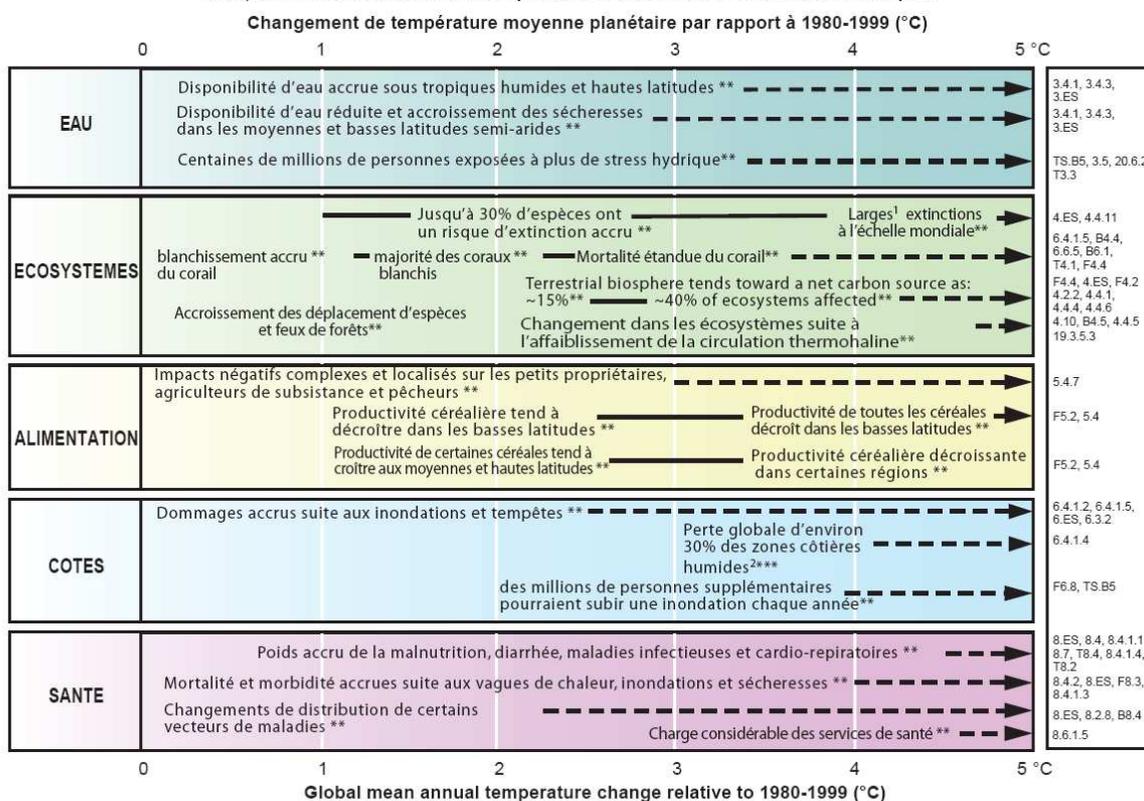


Figure SPM.6 Changements simulés de la température de surface pour la fin du 21^{ème} siècle (2090-2099). La carte montre la moyenne des résultats fournis par l'ensemble des modèles de circulation globale de l'atmosphère et de l'océan pour le scénario A1B du RSSE. Toutes les températures sont exprimées par rapport à la période 1980-1999. {Figure 3.2}

Les études réalisées depuis le 3^{ème} rapport d'évaluation ont permis une compréhension plus systématique de la chronologie et de l'amplitude des conséquences associées aux divers amplitudes et rythmes des variations du climat. {3.3.1}

La Figure SPM.7 présente des exemples de ces nouvelles informations pour certains systèmes et secteurs. Le panneau supérieur montre les impacts qui augmentent avec la hausse des températures. Leur ordre de grandeur et leur chronologie sont également affectés par la trajectoire de développement. {3.3.1, 3.3.2}

Impacts fondamentaux en fonction de l'accroissement de température moyenne planétaire
(les impacts varieront en fonction de l'étendue de l'adaptation,
du rythme de variation de température, du scénario socio-économique)



¹ Large est défini ici comme supérieur à 40%.
² Sur base d'une élévation du niveau de la mer de 4.2 mm/year entre 2000 et 2080.

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



Figure SPM.7. Exemples d'impacts associés au changement de la température moyenne mondiale en surface. Panneau supérieur : exemples d'impacts globaux simulés pour un changement climatique (et la montée du niveau de la mer et le CO₂ atmosphérique quand cela se révèle pertinent) associé à différents niveaux d'augmentation de la température mondiale moyenne de surface au 21^{ème} siècle. Les lignes noires indiquent les impacts ; les flèches en lignes brisées indiquent les impacts qui continuent avec l'augmentation de la température. Les entrées sont placées de façon à ce que le côté gauche du texte indique le niveau approximatif de réchauffement qui est associé avec l'apparition d'un impact donné. Les entrées quantifiées pour la rareté de l'eau et les inondations représentent les impacts supplémentaires du changement climatique dans les conditions projetées par les scénarios RSSE A1FI, A2, B1 et B2. L'adaptation au changement climatique n'est pas prise en compte dans ces estimations. Le niveau de confiance de toutes ces entrées est élevé. Panneau inférieur : les points et les barres indiquent la valeur la plus probable et la gamme probable de réchauffement, estimées pour les 6 scénarios marqueurs RSSE pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999. (Figure 3.5)

L'ampleur et la chronologie des impacts qui surviendront finalement varieront avec l'amplitude et la vitesse du changement climatique, les voies de développement et l'adaptation. {3.3.1, 3.3.2}

Des exemples de certains impacts estimés pour différentes régions sont donnés dans le tableau SPM.2.

Tableau SPM.2 : Exemples d'impacts régionaux prévus*

Afrique	<ul style="list-style-type: none"> • On estime qu'en 2020, entre 75 et 200 millions de personnes seront exposées à un stress hydrique accru dû au changement climatique ; • En 2020, dans certains pays, les rendements de l'agriculture pluviale pourraient être réduits de 50%. On estime que la production agricole, y compris l'accès à la nourriture, pourrait être sévèrement compromise dans de nombreux pays africains. Cela réduirait encore la sécurité alimentaire et exacerberait la malnutrition ; • Vers la fin du 21^{ème} siècle, la montée simulée du niveau de la mer affectera des zones côtières de basse altitude très peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait représenter au moins 5-10% du produit intérieur brut (PIB) ; • En 2080, on prévoit une croissance de 5-8% des terres arides et semi-arides en Afrique pour une gamme de scénarios climatiques
Asie	<ul style="list-style-type: none"> • On estime qu'en 2050, la disponibilité en eau douce diminuera dans l'Asie centrale, du sud, de l'est et du sud-est, en particulier dans les grands bassins fluviaux ; • Les régions côtières, particulièrement les régions des méga-deltas de l'Asie du sud, de l'est et du sud-est, seront soumises aux plus grands risques du fait d'une augmentation des inondations par la mer et, dans certains méga-deltas, des inondations par les fleuves ; • Le changement climatique devrait augmenter la pression sur les ressources naturelles et l'environnement, qui va de pair avec l'urbanisation rapide, l'industrialisation et le développement économique ; • La mortalité et la morbidité endémiques dues aux maladies diarrhéiques associées en premier lieu aux inondations et aux sécheresses devraient augmenter dans l'est, le sud et le sud-est de l'Asie en raison des modifications prévues du cycle hydrologique.
Australie et Nouvelle- Zélande	<ul style="list-style-type: none"> • Les projections montrent une perte de biodiversité significative pour 2020 dans certains sites écologiquement riches comprenant la grande barrière de corail et les Tropiques humides du Queensland ; • les simulations montrent que les problèmes de sécurité d'approvisionnement en eau s'aggraveront d'ici à 2030 dans le sud et l'est de l'Australie et en Nouvelle-Zélande, dans le Northland et certaines régions de l'est. ; • Selon les projections pour 2030, la production agricole et forestière va décroître sur une grande partie du sud et de l'est de l'Australie, et dans certaines parties de l'est de la Nouvelle-Zélande, à cause de l'augmentation des sécheresses et des incendies. Cependant, en Nouvelle-Zélande, les projections montrent initialement des bénéfices dans d'autres régions ; • Vers 2050, on anticipe que le développement continu des zones côtières et l'accroissement de la population dans certaines zones d'Australie et de Nouvelle-Zélande aggraveront les risques liés à l'élévation du niveau de la mer et à l'accroissement de la sévérité et de la fréquence des tempêtes et des inondations côtières.
Europe	<ul style="list-style-type: none"> • On s'attend à ce que le changement climatique amplifie les différences entre régions d'Europe en ce qui concerne les biens et ressources naturelles. Parmi les impacts négatifs figurent des risques accrus d'inondations éclair dans l'intérieur des terres, des inondations côtières plus fréquentes et une augmentation de l'érosion (due aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer) ; • Les régions montagneuses seront confrontées au retrait des glaciers, à une

	<p>réduction de la couverture neigeuse et du tourisme hivernal ainsi qu'à de larges extinctions d'espèces (jusqu'à 60% dans certaines régions en 2080 pour des scénarios d'émissions élevés) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • En Europe du sud, le changement climatique devrait aggraver les conditions (températures élevées et sécheresses) dans une région déjà vulnérable à la variabilité climatique et réduire la disponibilité en eau, le potentiel hydroélectrique, le tourisme estival et, en règle générale, la productivité des cultures ; • Les projections montrent aussi une augmentation des risques pour la santé liée aux vagues de chaleur ainsi qu'une fréquence accrue des incendies de forêt..
Amérique Latine	<ul style="list-style-type: none"> • D'ici au milieu du siècle, l'augmentation des températures et les diminutions associées des quantités d'eau présentes dans les sols mèneront, selon les projections, au remplacement progressif de la forêt tropicale par la savane en Amazonie orientale. La végétation semi-aride tendra à être remplacée par une végétation de terre aride ; • Il existe un risque de perte significative de biodiversité par extinctions d'espèces dans de nombreuses régions tropicales d'Amérique Latine ; • Selon les simulations, la productivité de certaines cultures importantes diminuera et la productivité du cheptel déclinera, avec des conséquences défavorables pour la sécurité alimentaire. Dans les zones tempérées, on s'attend à l'augmentation de rendement des cultures de soja. Dans l'ensemble, le nombre de personnes confrontées au risque de malnutrition accrue augmentera (Résumé technique ; <i>degré de confiance moyen</i>) ; • Les projections indiquent que les modifications dans la répartition des précipitations et la disparition des glaciers affecteront significativement la disponibilité en eau pour la consommation humaine, l'agriculture et la production d'énergie.
Amérique du Nord	<ul style="list-style-type: none"> • Dans les montagnes de l'ouest, le réchauffement devrait, d'après les projections, provoquer une diminution du manteau neigeux, davantage d'inondations hivernales et des débits estivaux réduits, intensifiant la compétition pour des ressources en eau surexploitées ; • Selon les projections, un changement climatique modéré, pendant les premières décennies du siècle, augmentera de 5 à 20% les rendements agrégés des cultures non irriguées, mais avec une variabilité importante selon les régions. On s'attend à des difficultés importantes pour les cultures qui sont proches de l'extrémité chaude de la gamme qu'elles tolèrent ou dépendent de ressources en eau très utilisées ; • Les villes qui connaissent actuellement des vagues de chaleur devraient faire face à un accroissement du nombre, de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur au cours du siècle, avec un potentiel d'effets néfastes pour la santé ; • Les communautés et les habitats du littoral seront soumis à un stress croissant en raison des impacts du changement climatique et de leurs interactions avec le développement et la pollution.
Régions polaires	<ul style="list-style-type: none"> • Les principaux effets biophysiques montrés par les projections sont des réductions de l'épaisseur et de l'étendue des glaciers, des inlandsis et de la banquise, ainsi que des changements dans les écosystèmes naturels avec des effets préjudiciables sur beaucoup d'organismes dont les oiseaux migrateurs, les mammifères et des hauts prédateurs ; • Pour les communautés humaines de l'Arctique, il y aura des impacts soit favorables soit préjudiciables, notamment pour ceux qui résultent des modifications relatives aux neiges et aux glaces ; • Les impacts préjudiciables concerneraient notamment les infrastructures et les modes de vie indigènes traditionnels ; • Dans les deux régions polaires, des habitats et écosystèmes spécifiques seront vulnérables, d'après les projections, car les barrières climatiques aux invasions d'espèces seront réduites.

Petites îles	<ul style="list-style-type: none"> • La hausse de niveau de la mer devrait aggraver les inondations, l'effet des tempêtes, l'érosion et d'autres risques côtiers, menaçant ainsi des infrastructures, des habitats et des installations essentielles dont dépend la vie des communautés insulaires ; • Les ressources locales devraient être affectées par la détérioration des conditions sur les littoraux, par exemple l'érosion des plages et le blanchissement des coraux ; • D'ici à 2050, le changement climatique devrait réduire les ressources en eau dans beaucoup de petites îles, par exemple dans les Caraïbes et le Pacifique, au point où elles deviendraient insuffisantes pour satisfaire la demande pendant les périodes de faibles précipitations ; • Avec l'élévation des températures, on s'attend à des invasions accrues d'espèces exotiques, particulièrement dans les îles de moyenne et haute latitudes.
--------------	---

* Sauf mention contraire, toutes ces entrées sont tirées du Résumé pour décideurs (SPM) du Groupe de travail II. Elles sont à très haut niveau de confiance ou à haut niveau de confiance, et représentent différents secteurs (agriculture, écosystèmes, eau, zones côtières, santé, industries et implantations humaines). Le SPM du Groupe de travail II mentionne la source de ces entrées, avec les indications temporelles et de température correspondantes. L'amplitude et le rythme des impacts qui vont finalement se produire va varier avec l'amplitude et le rythme du changement climatique, les scénarios d'émission, les trajectoires de développement et l'adaptation.

Certains systèmes, secteurs et régions seront *probablement* particulièrement affectés par le changement climatique¹²

Systèmes et secteurs: {3.3.4}

- écosystèmes particuliers :
 - terrestres : toundra, forêt boréale et régions de montagne à cause de leur sensibilité au réchauffement ; écosystèmes de type méditerranéen, à cause de la diminution des précipitations ; et forêts tropicales là où les précipitations diminueront
 - littoraux : mangroves et marais salés, à cause de stress multiples
 - marins : récifs coralliens, à cause de stress multiples, et biomes de glace de mer, à cause de leur sensibilité au réchauffement
- ressources en eau dans certaines régions sèches aux moyennes latitudes¹³ et dans les régions sèches des tropiques, à cause des changements de précipitations et d'évapotranspiration, et dans les régions dépendantes de la fonte des neiges et de la glace
- agriculture dans les régions de basse latitude, à cause de la moindre disponibilité en eau
- systèmes côtiers de basse altitude, à cause de la menace de l'élévation du niveau de la mer et du risque accru d'événements météorologiques extrêmes
- santé humaine pour les populations à faible capacité d'adaptation.

Régions : {3.3.4}

- l'Arctique, à cause des conséquences qu'aura la vitesse élevée du réchauffement simulé sur les systèmes naturels et les communautés humaines
- l'Afrique, en raison d'une faible capacité d'adaptation et des impacts du changement climatique simulé
- les petites îles, où il y a une exposition forte des populations et des infrastructures aux impacts du changement climatique simulé
- Les méga-deltas asiatiques et africains, en raison de la taille des populations et à cause de la forte exposition au niveau de la mer, aux hautes eaux liées aux tempêtes et aux crues des rivières.

¹² Identifiée sur la base de jugement d'experts sur la littérature évaluée, considérant l'amplitude, la chronologie et la vitesse prévue du changement climatique, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

¹³ Y compris les régions arides et semi-arides.

Dans d'autres régions, même celles à haut revenu, certaines catégories de personnes (comme les pauvres, les jeunes enfants et les personnes âgées) peuvent être particulièrement exposées, ainsi que certaines zones et certaines activités. {3.3.4}

Acidification de l'océan

Le captage du carbone anthropique depuis 1750 a conduit à une acidification de l'océan avec une décroissance moyenne du pH de 0,1 unité. La hausse des concentrations atmosphériques de CO₂ conduit à une acidification accrue. Les simulations fondées sur les scénarios du RSSE prévoient une réduction du pH de surface des océans comprise entre 0,14 et 0,35 unité en moyenne mondiale au cours du 21^{ème} siècle. Alors que les effets de l'acidification des océans sur la biosphère marine n'ont pas encore été étudiés, l'acidification progressive des océans devrait avoir des conséquences néfastes sur les organismes marins à coquille (par exemple les coraux) et les espèces qui en dépendent. {3.3.1}

On s'attend à ce que les changements de la fréquence et de l'intensité des extrêmes météorologiques, ainsi que la montée du niveau de la mer, aient des effets le plus souvent négatifs sur les système naturels et humains. {3.3.3}

Des exemples d'extrêmes et de secteurs sont présentés dans le tableau SPM.3 {tableau 3.2}

Tableau SPM.3. Exemples d'impacts possibles du changement climatique en raison de changements dans les événements météorologiques et climatiques extrêmes, selon les projections pour le milieu et la fin du 21^{ème} siècle. Ils ne prennent pas en compte les changements ou le développement de la capacité d'adaptation. Les estimations de vraisemblance de la colonne 2 font référence aux phénomènes indiqués dans la première colonne. {Groupe de travail II Tableau SPM. 1}

Phénomènes et direction des tendances ^a	Probabilité des tendances futures, basée sur les projections pour le 21 ^{ème} siècle utilisant les scénarios SRES	Exemples d'impacts majeurs projetés par secteur			
		Agriculture, sylviculture et écosystèmes (Groupe de travail II 4.4, 5.4)	Ressources en eau (Groupe de travail II 3.4)	Santé humaine (Groupe de travail II 8.2, 8.4)	Industrie/habitat/ Société (Groupe de travail II 7.4)
Des journées et des nuits froides plus chaudes et moins nombreuses; des journées et nuits chaudes plus fréquentes sur la plupart des terres émergées.	<i>Pratiquement certain^b</i>	Rendements accrus dans des régions froides ; rendements diminués dans des régions chaudes ; Recrudescence des invasions d'insectes	Effets sur les ressources en eau dépendantes de la fonte des neiges ; effets sur certaines sources d'alimentation	Mortalité humaine réduite suite à une diminution d'exposition au froid	Demande énergétique réduite pour le chauffage ; demande accrue de refroidissement ; baisse de la qualité de l'air dans les villes ;

					moindres perturbations des transports liées à la neige et la glace; effets sur le tourisme hivernal
Courtes périodes de chaleur/canicules : fréquence accrue sur la plupart des terres émergées	<i>Très probable</i>	Rendements réduits dans des régions chaudes dus au stress de chaleur; danger accru d'incendies de forêt	Demande d'eau accrue; problèmes de qualité de l'eau, par exemple, floraisons d'algues	Risque accru de mortalité liée à la chaleur, particulièrement pour les personnes âgées, les malades chroniques, les personnes très jeunes et celles isolées socialement	Réduction de la qualité de vie pour les personnes vivant dans les régions chaudes sans logement approprié; impacts sur les personnes âgées, très jeunes ou sans moyens
Événements de fortes précipitations : fréquence accrue sur la plupart des régions	<i>Très probable</i>	Dégâts aux cultures ; érosion des sols, incapacité de cultiver la terre due à l'infiltration d'eau dans les sols	Effets nuisibles sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines ; contamination des approvisionnements en eau ; pénuries d'eau susceptibles de reculer	Risques accrus de décès, d'accidents, de maladies infectieuses, d'affections des voies respiratoires et de maladies de la peau	Désorganisation de l'habitat, du commerce, des transports et des sociétés à cause des inondations ; pressions sur les infrastructures urbaines et rurales ; pertes de biens
Régions touchées par la sécheresse: en augmentation	<i>Probable</i>	Dégradation des terres cultivables, diminution des rendements/récoltes endommagées ou perdues; décès accrus du bétail; risque accru d'incendies de forêt	Stress hydrique plus répandu	Risque accru de pénurie alimentaire et d'eau ; plus risque accru de malnutrition; risque accru de maladies liées à l'eau et à la nourriture	Pénuries d'eau pour l'habitat, l'industrie et les sociétés ; potentiels de génération d'hydroélectricité réduits ; migrations potentielles de populations
Augmentation de l'activité des cyclones tropicaux intenses	<i>Probable</i>	Dégâts aux récoltes ; chablis (arbres déracinés) ; dégâts aux récifs coralliens	Pannes de courant provoquant des ruptures d'approvisionnement en eau	Risque accru de décès et d'accidents, de maladies liées aux aliments et à l'eau ; stress post-traumatiques	Désorganisation due aux inondations et aux vents forts ; retrait de couverture de risque par les assurances privées dans les zones

					vulnérables, migrations potentielles de population, pertes de biens
Augmentation de la fréquence d'élévation extrême du niveau de la mer (exclut les tsunamis) ^c	<i>Probable^d</i>	Salinisation des eaux d'irrigation, des estuaires et des systèmes d'eau douce	Disponibilité en eau douce diminuée en raison de l'intrusion d'eau de mer	Risque accru de décès et d'accidents par noyade dans les inondations ; effets sanitaires liés à la migration	Coûts de protection côtière en regard des coûts de réaménagement de l'occupation de sols ; déplacements potentiels de populations et d'infrastructures; voir aussi les cyclones tropicaux ci-dessus

Note :

^a Pour les définitions, voir Quatrième rapport d'évaluation du Groupe de travail I, Tableau 3.7.

^b Réchauffement des jours et des nuits les plus extrêmes chaque année.

^c Les valeurs extrêmement élevées du niveau de la mer dépendent du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elles sont définies comme les 1% les plus élevées des valeurs horaires du niveau observé de la mer dans une station pour une période de référence donnée.

^d Dans tous les scénarios, le niveau moyen mondial de la mer projeté en 2100 est plus élevé que dans la période de référence [Groupe de travail I 10.6]. L'effet des changements météorologiques régionaux sur le niveau maximum des eaux n'a pas été évalué.

Le réchauffement et la montée du niveau de la mer anthropiques se poursuivraient pendant des siècles à cause des constantes de temps associées aux processus climatiques et aux rétroactions, même si les concentrations de GES devaient être stabilisées. {3.2.3}

Le réchauffement estimé à long terme (plusieurs siècles) correspondant aux six catégories de stabilisation du Groupe de travail III du Quatrième rapport d'évaluation est présenté dans la Figure SPM.8.

Réchauffement à long terme estimé, par rapport à 1980-1999, pour les catégories de stabilisation du Quatrième rapport d'évaluation

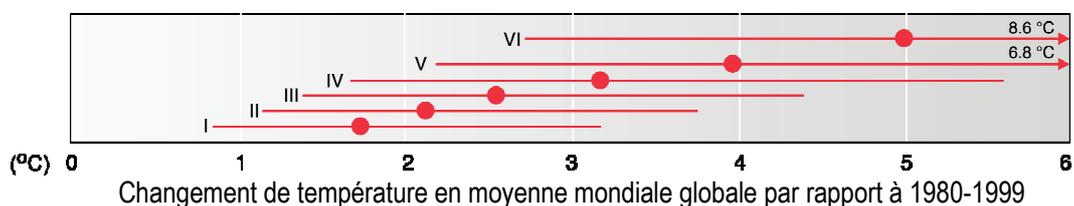


Figure SPM.8 : Réchauffement à long terme estimé (plusieurs siècles) correspondant aux 6 catégories de stabilisation du Groupe de Travail III du Quatrième rapport d'évaluation (Tableau SPM.6). L'échelle des températures a été décalée de -0.5°C par rapport au Tableau SPM.6 pour prendre en compte de manière approximative le réchauffement entre l'époque préindustrielle et 1980-1999*. Pour la plupart des niveaux de stabilisation la température moyenne mondiale approche de son niveau d'équilibre après quelques siècles. Pour les scénarios d'émissions qui conduisent à une stabilisation d'ici à 2100 à des niveaux de 600 et 850 ppm CO₂-éq (catégories IV et V), les simulations de modèles montrent que, 65 à 70% du réchauffement total à l'équilibre (en supposant une sensibilité climatique de 3°C) serait réalisé au moment de la stabilisation (Groupe de travail I, 10.7.2). Pour les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus faibles (catégories I et II), la température d'équilibre pourrait être atteinte plus tôt (Figure SPM.11).

La contraction de la calotte glaciaire du Groenland continuera, d'après les simulations, à contribuer à la montée du niveau de la mer après 2100. Les modèles actuels suggèrent une élimination complète potentielle de la calotte glaciaire de Groenland avec pour résultat une contribution à la montée du niveau de la mer de 7 m environ, si le réchauffement mondial moyen devait se maintenir pendant des millénaires à des valeurs supérieures de 1,9 à 4,6°C aux valeurs préindustrielles. Au Groenland, les températures futures correspondantes sont comparables à celles qui sont inférées pour la dernière période interglaciaire, il y a 125.000 ans, pour laquelle les informations paléo-climatiques suggèrent des réductions de la couverture glaciaire des terres polaires et une augmentation du niveau de la mer de 4 à 6 m. {3.2.3}

Dans les simulations globales actuelles, la calotte antarctique reste trop froide pour connaître une large fonte de sa surface et sa masse augmente en raison de l'accroissement des chutes de neige. Cependant, la masse totale de glace pourrait décroître si les décharges dynamiques de glace sont prépondérantes dans l'équilibre de la masse de la calotte. {3.2.3}

* Note des traducteurs : Les températures de long terme (plusieurs siècles) sont approximativement d'un demi-degré supérieures, si on les compare à l'époque préindustrielle et non plus à la période 1980-1999.

Le réchauffement anthropique pourrait mener à certains impacts à certains impacts brusques ou irréversibles, selon le rythme et l'amplitude du changement climatique

La disparition partielle des inlandsis polaires pourrait entraîner plusieurs mètres d'augmentation du niveau de la mer, des changements majeurs dans les lignes de côte, et des inondations de zones de basse altitude, les effets les plus importants se produisant dans les deltas des fleuves et les îles de basse altitude. De tels changements sont attendus sur des échelles de temps de l'ordre de milliers d'années mais une montée plus rapide du niveau de la mer à l'échelle de plusieurs siècles ne peut être exclue. {3.4}

Le changement climatique conduira *probablement* à certains impacts irréversibles. Environ 20-30% des espèces évaluées jusqu'à aujourd'hui seront *probablement* soumises à un risque accru d'extinction si le réchauffement moyen mondial dépasse 1,5 à 2,5°C (par rapport à 1980-1999) (*confiance moyenne*). Si l'accroissement de la température moyenne mondiale dépasse 3,5°C, les modélisations suggèrent des extinctions significatives (de 40 à 70% des espèces évaluées) sur l'ensemble du globe. {3.4}

D'après les simulations des modèles actuels, la circulation thermohaline de l'Océan atlantique ralentira *très probablement* au cours du 21^{ème} siècle mais les températures dans l'Atlantique et en Europe devraient néanmoins augmenter. Il est *très improbable* que cette circulation connaisse une transition brusque de grande ampleur au cours du 21^{ème} siècle. Des changements à plus long terme de la circulation thermohaline de l'Océan atlantique ne peuvent être évalués avec *confiance*. Parmi les impacts de changements de grande échelle et persistants dans cette circulation figureront *probablement* des modifications dans la productivité des écosystèmes marins, dans les pêches, dans l'absorption du CO₂ par les océans, dans les concentrations océaniques en oxygène et dans la végétation terrestre. Des modifications de la capacité des terres et des océans à absorber le CO₂ peuvent introduire des boucles de rétroaction dans le système climatique. {3.4}

4. Options d'adaptation et d'atténuation¹⁴

Un large éventail d'options d'adaptation est disponible mais une adaptation de plus grande envergure qu'actuellement est nécessaire pour réduire la vulnérabilité au changement climatique. Il existe des obstacles, des limites et des coûts qui ne sont pas bien compris. {4.2}

Les sociétés ont une longue expérience de la gestion d'impacts liés à des événements météorologiques et climatiques. Néanmoins, des mesures d'adaptation supplémentaires seront nécessaires pour réduire les impacts négatifs simulés dus au changement et à la variabilité climatiques, indépendamment de l'ampleur de l'atténuation réalisée au cours des deux ou trois prochaines décennies. Qui plus est, la vulnérabilité au changement climatique peut être exacerbée par d'autres stress. Ceux-ci proviennent, par exemple, des aléas climatiques actuels, de la pauvreté et d'un accès inégal aux ressources, de l'insécurité alimentaire, des tendances de la mondialisation économique, de conflits ou de l'incidence de maladies comme le VIH/SIDA. {4.2}

Une certaine adaptation, planifiée, au changement climatique se produit déjà à une échelle limitée. L'adaptation peut réduire la vulnérabilité, surtout lorsqu'elle est intégrée dans des initiatives sectorielles plus larges (Tableau SPM.4). Il existe (*confiance élevée*) des options d'adaptation viables qui peuvent être mises en œuvre dans certains secteurs à coût bas et/ou avec des ratios bénéfiques/coûts élevés. Cependant, les estimations complètes des coûts et des bénéfices globaux de l'adaptation sont limitées. {4.2, Tableau 4.1}

La capacité d'adaptation est étroitement liée au développement socio-économique mais est distribuée inégalement entre les sociétés et en leur sein. {4.2}

Un ensemble de barrières limite tant la mise en œuvre que l'efficacité des mesures d'adaptation. La capacité d'adaptation est dynamique et est influencée par la base productive des sociétés : le capital naturel et artificiel, les réseaux et les droits sociaux, le capital humain et les institutions, la gouvernance, le revenu national, la santé et la technologie. Même les sociétés ayant une capacité d'adaptation élevée demeurent vulnérables au changement climatique, à la variabilité du climat et aux événements climatiques extrêmes.{4.2}

Tant les études technologiques que les études macroéconomiques indiquent avec un *bon accord et de nombreuses mises en évidence* qu'il existe un potentiel économique substantiel d'atténuation des émissions mondiales de GES au cours des prochaines décennies, qui pourrait compenser la croissance projetée des émissions mondiales ou réduire les émissions en dessous des niveaux actuels (Figures SPM. 9, SPM. 10)¹⁵. Bien que les études macroéconomiques et technologiques soient en accord au niveau global (Figure SPM. 9), il y a des différences considérables au niveau sectoriel. {4.3}

Dans tous les secteurs, aucune technologie ne peut fournir à elle seule tout le potentiel d'atténuation, quel que soit le secteur considéré. Le potentiel économique d'atténuation, qui est en général plus large que le potentiel d'atténuation de marché, peut seulement être réalisé si les politiques adéquates sont mises en œuvre et si les barrières sont levées (Tableau SPM. 5).

¹⁴ L'adaptation et l'atténuation, qui sont traitées séparément dans cette section, peuvent être complémentaires. Cette question est discutée dans la section 5.

¹⁵ Le concept de **potentiel d'atténuation** a été développé pour évaluer l'ampleur des réductions de GES qui pourraient être réalisées par rapport à un scénario de référence, pour un prix donné du carbone (exprimé en coût par unité de dioxyde de carbone équivalent évité ou réduit). Le potentiel d'atténuation se décline en « potentiel d'atténuation de marché » et « potentiel économique d'atténuation ». **Le potentiel d'atténuation de marché** est le potentiel d'atténuation fondé sur les coûts et bénéfices privés et les taux d'actualisation privés (reflétant la perspective des consommateurs individuels et des entreprises), potentiel qui pourrait se réaliser dans les conditions prévues du marché, y compris les politiques et les mesures actuellement en place ; des obstacles limitent actuellement ce potentiel. **Le potentiel économique d'atténuation** est le potentiel d'atténuation qui prend en compte les bénéfices et les coûts sociaux et le taux d'actualisation social (reflétant la perspective de la société ; les taux d'actualisation sociaux sont inférieurs à ceux utilisés par les investisseurs privés), en supposant que l'efficacité du marché est améliorée par les politiques et les mesures et que les obstacles sont levés. Le potentiel d'atténuation est estimé, en utilisant différentes approches. Les **études technologiques** (bottom-up) sont fondées sur l'évaluation des options d'atténuation, en mettant l'accent sur les technologies spécifiques et les réglementations. Ce sont typiquement des études sectorielles considérant la macro-économie comme inchangée. Les **études macroéconomiques** (top-down) évaluent le potentiel d'atténuation sur l'ensemble de l'économie. Elles utilisent des architectures cohérentes à l'échelle globale et une information agrégée sur les options d'atténuation ; elles décrivent les rétroactions de la macroéconomie et du marché.

Les études technologiques suggèrent qu'il existe des possibilités d'atténuation à coûts nets négatifs qui permettraient de réduire les émissions d'environ 6 GtCO₂-éq/an en 2030. La réalisation de ce potentiel de réduction nécessite de gérer des obstacles de mise en œuvre. {4.3}

Tableau SPM.4 : Exemples choisis d'adaptation planifiée par secteur

Secteur	Option ou stratégie d'adaptation	Cadre politique sous-jacent	Obstacles et possibilités de mise en œuvre clé (police normale = obstacles, italique = possibilités)
Eau	Extension de la récupération des eaux de pluie ; techniques de stockage et de conservation ; réutilisation de l'eau ; désalinisation ; efficacité des usages et de l'irrigation	Politiques nationales de l'eau et gestion intégrée des ressources en eau ; gestion des risques hydrologiques	Ressources financières et humaines et barrières physiques ; <i>gestion intégrée des ressources en eau ; synergies avec les autres secteurs</i>
Agriculture	Ajustement des dates de plantation et des variétés de semences ; relocalisation des cultures ; amélioration de la gestion des terres, par ex. maîtrise de l'érosion et protection des sols par plantation forestière.	Politiques de R&D ; réforme institutionnelle ; emprise foncière et réforme de l'emprise foncière ; formation ; renforcement des capacités ; assurance sur les cultures ; incitations financières, par ex. subventions et crédits d'impôts.	Barrières technologiques et financières ; accès aux nouvelles variétés ; marchés ; <i>allongement de la saison de croissance aux hautes latitudes ; revenus des nouveaux produits.</i>
Infrastructures / habitat (dont zones côtières)	Réaménagement ; digues côtières ou de protection contre les marées de tempêtes ; renforcement des dunes ; acquisition de terres et création de marécages et de zones humides comme zones tampon contre la montée du niveau de la mer et les inondations ; protection des barrières naturelles existantes	Normes et réglementations intégrant les enjeux du changement climatique dans la conception ; politiques d'utilisation des terres ; codes de la construction ; assurances	Barrières financières et technologiques ; disponibilité d'espace (réaménagement) ; <i>politiques et gestions intégrées ; synergies avec les objectifs de développement durable</i>
Santé humaine	Plans d'action contre les canicules ; services médicaux d'urgence ; surveillance et contrôle améliorés des maladies sensibles aux conditions climatiques ; sécurité de l'eau et assainissement amélioré	Politiques de santé publique qui prennent en compte les risques liés au climat ; renforcement des services de santé ; coopération régionale et internationale	Limites de la tolérance humaine (groupes vulnérables) ; limitations de la connaissance ; capacité de financement ; <i>services de santé améliorés ; amélioration de la qualité de vie</i>
Tourisme	Diversification des attractions touristiques et des revenus ; déplacement des pistes de ski vers les altitudes plus élevées et les glaciers ; neige artificielle	Planification intégrée (par ex. capacité de mise en œuvre, liens avec d'autres secteurs) ; incitations financières, par ex. subventions et crédits d'impôts	Attrait/Marketing des nouvelles attractions ; défis logistiques et financiers ; impact négatif potentiel sur d'autres secteurs (par ex. la fabrication de neige artificielle augmente la consommation d'énergie) ; <i>revenus des nouvelles attractions ; implication d'un ensemble plus large de partenaires</i>
Transport	Réorganisation/réaménagement ; normes de conception et planification pour les routes, les	Intégration des enjeux du changement climatique dans les politiques	Barrières financières et technologiques ; disponibilité de tracés moins vulnérables ;

	voies de chemin de fer et les autres infrastructures pour faire face au changement de température et de précipitations (drainage)	nationales de transport ; investissements en R&D pour les situations spéciales, par ex. les zones de pergélisol	<i>technologies améliorées et intégration avec les secteurs clé (par ex. énergie)</i>
Energie	Renforcement du réseau de transmission et de distribution ; câblage souterrain ; efficacité énergétique ; utilisation des énergies renouvelables ; réduction de la dépendance à une source unique d'énergie	Politiques énergétiques nationales, réglementations, incitations fiscales et financières pour encourager le recours aux sources alternatives ; prise en compte du changement climatique dans les normes de conception	Accès à des alternatives viables ; barrières financières et technologiques ; acceptabilité des nouvelles technologies ; <i>stimulation des nouvelles technologies ; usage des ressources locales</i>

Note : D'autres exemples, dans de nombreux secteurs, pourraient inclure des systèmes d'alerte précoce.

Comparaison entre le potentiel économique d'atténuation et l'augmentation tendancielle des émissions à l'échelle mondiale en 2030

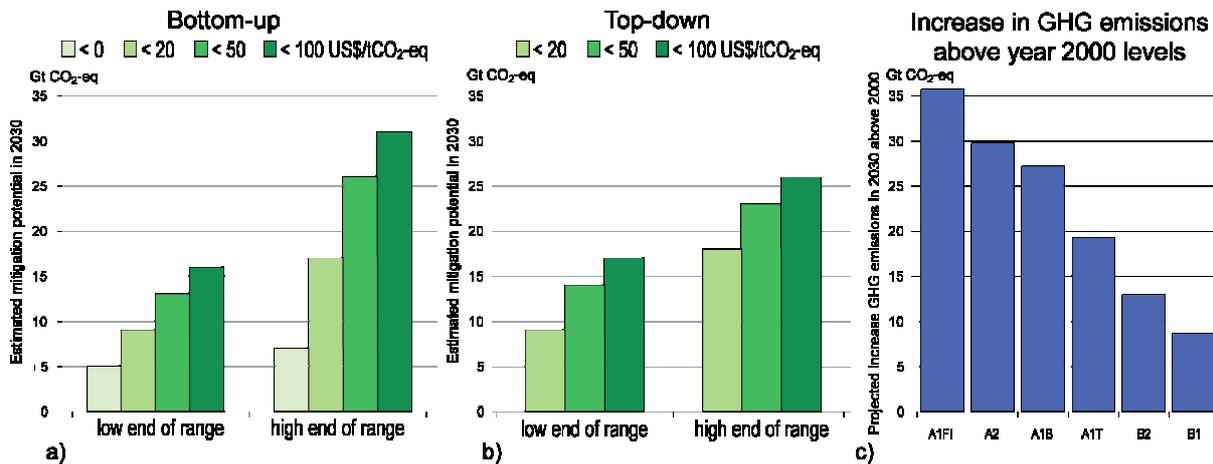


Figure SPM. 9. : Potentiel économique mondial d'atténuation à l'échelle mondiale en 2030 estimé à partir des études technologiques (Panneau a) et macroéconomiques (Panneau b). Le potentiel est comparé avec la hausse projetée des émissions (scénarios SRES) par rapport aux 40,8 GtCO₂-éq d'émissions de GES en 2000 (Panneau c). Note : pour garantir la cohérence avec les scénarios RSSE, les émissions de GES en 2000 ne comprennent pas les émissions de la décomposition de la biomasse aérienne qui subsiste après la coupe des arbres et la déforestation, ni celles des feux de tourbière et du drainage des tourbières.

Potentiel économique d'atténuation par secteur en 2030 estimé par les études technologiques

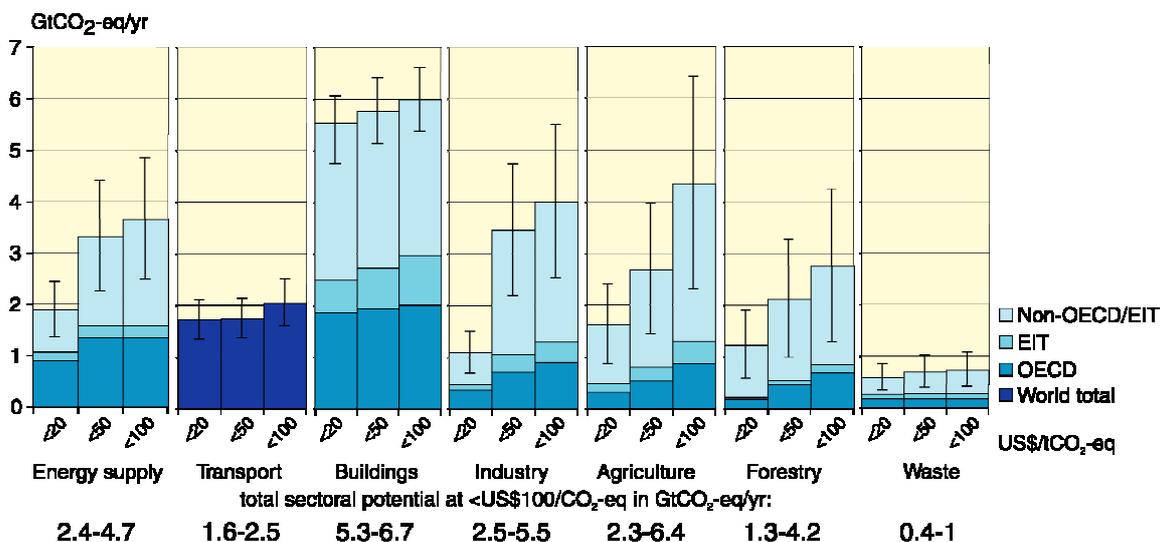


Figure SPM. 10. Potentiel économique d'atténuation par secteur en 2030 estimé par les études technologiques, comparé aux scénarios de référence de chaque étude sectorielle. Les potentiels n'incluent pas les options non techniques comme les changements de modes de vie. {Figure 4.1}

Notes :

- Les fourchettes de potentiels économiques évalués pour chaque secteur sont indiquées par des lignes verticales. Ces intervalles sont fondés sur une allocation des émissions aux usages finaux, ce qui signifie que les émissions de l'électricité sont affectées au secteur d'utilisation finale et non au secteur de production d'énergie.
- Les estimations des potentiels ont été limitées par le manque d'études, en particulier pour des niveaux élevés du prix du carbone.
- Les études sectorielles utilisent des scénarios de référence différents. Pour l'industrie, le scénario RSSE B2 a été utilisé, pour l'énergie et le transport la base WEO 2004 a été utilisée ; le secteur du bâtiment est fondé sur une référence intermédiaire entre RSSE B2 et A1B ; pour les déchets, les déterminants du RSSE A1B ont été utilisés pour élaborer une base de référence spécifique ; pour l'agriculture et la sylviculture les scénarios de référence font largement appel aux déterminants de B2..
- Pour les transports, seuls les coûts globaux sont indiqués, l'aviation internationale étant incluse.
- Les catégories exclues sont : les émissions de GES autres que le CO₂ dans les bâtiments et les transports, une fraction des options d'efficacité des matériaux, la production de chaleur et la cogénération dans la production d'énergie, les véhicules poids lourds, le fret et le transport de passagers en grand nombre, la plupart des options de coût élevé pour les bâtiments, le traitement des eaux usées, la réduction des émissions des mines de charbon et des gazoducs, les gaz fluorés issus de la production d'énergie et des transports. La sous-estimation du potentiel économique total lié à ces émissions est de l'ordre de 10 à 15%.

Les décisions d'investissement dans les infrastructures énergétiques futures, qui devraient s'élever à plus de 20 000 milliards¹⁶ de dollars US d'ici à 2030, auront des impacts à long terme sur les émissions de GES, en raison de la longue durée de vie des centrales énergétiques et des autres stocks d'infrastructures. La diffusion à grande échelle des technologies peu intensives en carbone peut prendre des décennies, même si des investissements précoces dans ces technologies sont rendus attractifs. Les estimations initiales indiquent que ramener en 2030 les émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie au niveau de 2005 demanderait un changement substantiel dans l'allocation des investissements, bien que l'investissement additionnel net requis soit compris entre un niveau négligeable et 5 à 10%. {4.3}

¹⁶ 20 000 milliards = 20 « trillions » (unité américaine) = 20 x 10¹²

Une grande variété de politiques et d'instruments est à la disposition des gouvernements pour créer des incitations aux actions d'atténuation. Leur applicabilité dépend des circonstances nationales et du contexte sectoriel. (Tableau SPM.5). {4.3}

Ils comprennent l'intégration de politiques climatiques dans des politiques plus larges de développement, les réglementations et les normes, les taxes et les redevances, les permis négociables, les incitations financières, les accords volontaires, les instruments pour l'information ainsi que la recherche-développement et démonstration (RD&D). {4.3}

La mise en œuvre d'un signal sur le prix du carbone pourrait induire la réalisation d'un potentiel d'atténuation significatif dans tous les secteurs. Les modélisations montrent que des prix du carbone atteignant 20-80 US\$/tCO₂-éq en 2030 rendent possible une stabilisation aux environs de 550 ppm CO₂-éq d'ici à 2100. Pour les mêmes niveaux de stabilisation, les changements technologiques induits peuvent abaisser ces plages de prix à 5-65 US\$/tCO₂-éq en 2030¹⁷. {4.3}

Les actions d'atténuation peuvent fournir (*bon accord, nombreuses mises en évidence*) des co-bénéfices à court terme (par exemple une santé améliorée par une réduction de la pollution de l'air) qui peuvent compenser une part substantielle des coûts d'atténuation. {4.3}

Les actions des pays de l'Annexe 1 peuvent affecter l'économie mondiale et les émissions mondiales, bien que l'étendue des délocalisation des émissions de carbone demeure incertaine¹⁸ (*bon accord, mises en évidence moyennement nombreuses*). {4.3}

Les nations exportatrices de combustibles fossiles (Annexe 1 ou non-Annexe 1) peuvent s'attendre, comme indiqué dans le 3^{ème} rapport d'évaluation, à une demande et des prix plus faibles, et à une croissance du PIB plus faible, du fait des politiques d'atténuation. L'étendue de ces effets dépend fortement des hypothèses que l'on fait sur les décisions politiques qui seront prises et sur le marché du pétrole.

¹⁷ Les études de portefeuilles d'atténuation et les coûts macro-économiques estimés dans ce rapport sont fondés sur des modélisations macroéconomiques. La plupart des modèles utilisent une approche basée sur un coût global minimum des portefeuilles d'atténuation, avec des échanges de droits d'émissions à l'échelle du globe, et supposant que les marchés soient transparents, qu'il n'y ait pas de coût de transaction, et donc que la mise en œuvre des mesures d'atténuation soit optimale au cours du 21^{ème} siècle. Les coûts sont estimés pour une date donnée. Les coûts globaux modélisés croîtront si certaines régions, certains secteurs (par exemple l'utilisation des terres), des options ou des gaz sont exclus. Les coûts globaux modélisés décroîtront avec des niveaux de référence plus faibles, l'utilisation des revenus de taxes carbone et DE la mise aux enchères des permis, et si l'apprentissage technologique induit est pris en compte. Ces modèles ne prennent pas en compte les bénéfices climatiques ni plus généralement les co-bénéfices des mesures d'atténuation ni les questions d'équité. Des progrès significatifs ont été faits dans l'application aux études de stabilisation d'approches fondées sur les changements technologiques induits ; cependant des questions conceptuelles demeurent. Dans les modèles qui prennent en compte les changements technologiques induits, les coûts estimés pour un niveau de stabilisation donné sont moindres ; les réductions sont plus grandes pour des niveaux de stabilisation plus faibles.

¹⁸ On trouvera plus de détails dans la section 4 du Rapport de synthèse.

Des changements dans les styles de vie, les comportements et les modes de gestion peuvent contribuer à l'atténuation du changement climatique dans tous les secteurs (*bon accord, nombreuses mises en évidence*).

Il existe de nombreuses options pour réduire les émissions mondiales de GES grâce à la coopération internationale. L'établissement d'une réponse globale au changement climatique, la stimulation d'une gamme de politiques nationales, et la création d'un marché international du carbone et de nouveaux mécanismes institutionnels qui peuvent fournir la base pour de futurs efforts d'atténuation sont des résultats notables de la CCNUCC et de son protocole de Kyoto (*bon accord et nombreuses mises en évidence*). Des progrès sur la question de l'adaptation ont été également faits au sein de la CCNUCC et des initiatives internationales supplémentaires ont été suggérées. {4.5}

De plus larges efforts coopératifs et le développement des mécanismes du marché aideront à réduire les coûts globaux pour atteindre un niveau donné d'atténuation, ou amélioreront l'efficacité environnementale. Ces efforts peuvent comprendre divers éléments tels que les objectifs chiffrés d'émissions ; des actions sectorielles, locales, infranationales et à l'échelle régionale; des programmes de RD&D ; l'adoption de politiques communes ; la mise en œuvre d'actions de développement ; ou l'extension d'instruments financiers. {4.5}

Dans plusieurs secteurs, les options de réponses au changement climatique peuvent être mises en œuvre de façon à réaliser des synergies et à éviter des conflits avec d'autres dimensions du développement durable. Les décisions relatives aux politiques macroéconomiques et aux autres politiques non climatiques peuvent affecter significativement les émissions, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité. {4.4, 5.8}

Rendre le développement plus durable peut accroître les capacités d'adaptation et d'atténuation, réduire les émissions, réduire la vulnérabilité, mais il peut y avoir des obstacles de mise en œuvre. D'un autre côté, il est *très probable* que le changement climatique peut ralentir le rythme des progrès vers un développement durable. Dans les 50 ans à venir, le changement climatique pourrait empêcher la réalisation des Objectifs de Développement du Millénaire. {5.8}

Tableau SPM.5 : Sélection d'exemples sectoriels clé de technologies, de politiques et mesures, de barrières et d'opportunités pour l'atténuation. {Groupe de travail III, Tableaux SPM. 3, SPM. 7}

Secteur	Technologies et pratiques clé d'atténuation actuellement disponibles et commercialisées. <i>Les technologies et pratiques dont la commercialisation est projetée à l'horizon 2030 sont en italique.</i>	Politiques, mesures et instruments démontrés comme efficaces du point de vue environnemental	Obstacles et possibilités clé (police normale = obstacles ; <i>italique</i> = possibilités)
Production d'énergie	Amélioration de l'efficacité de la production et de la distribution ; substitution du charbon par le gaz ; nucléaire ; énergies renouvelables pour la production d'électricité et de chaleur (hydraulique, solaire, éolien, géothermique et bioénergie) ; production combinée d'électricité et de chaleur ; mise en oeuvre précoce du captage et stockage du carbone (CSC) (par ex. stockage du CO2 issu du gaz naturel) ; <i>CSC pour les centrales électriques, alimentées au gaz, par la biomasse ou au charbon ; nucléaire avancé ; renouvelables avancées, y compris énergies houlomotrice et marémotrice, solaire à concentration, photovoltaïque</i>	Réduction des subventions sur les carburants fossiles ; taxes ou redevances carbone sur les énergies fossiles	Des résistances dues à des intérêts particuliers peuvent rendre difficile la mise en œuvre
		Tarifs d'achat pour les énergies renouvelables ; obligations de production avec des énergies renouvelables ; subventions aux producteurs	<i>Peut être adapté à la création de marchés pour les technologies peu émettrices</i>
Transport	Véhicules plus efficaces ; véhicules hybrides ; véhicules diesel propres ; agrocarburants ; transferts modaux de la route vers le rail et les transports publics ; transport non motorisé (cyclisme, marche) ; aménagement du territoire et planification des transports ; <i>Agrocarburants de deuxième génération ; efficacité accrue pour les avions ; véhicules électriques et hybrides avancés avec batteries plus puissantes et plus fiables</i>	Normes d'économie de carburants ; mélange avec des agrocarburants ; normes d'émissions de CO2 pour le transport routier	La couverture partielle de la flotte de véhicules peut limiter l'efficacité
		Taxes à l'achat des véhicules, vignette, taxes sur l'usage et sur les carburants, tarification de la route et du parking	L'efficacité peut décroître avec l'augmentation des revenus
		Influencer les besoins de mobilité à travers l'aménagement du territoire et la planification des infrastructures ; investissements dans les transports publics et les transports non motorisés attractifs	<i>Particulièrement adapté pour les pays en train de construire leur système de transport</i>

Bâtiment	Eclairage efficace et éclairage naturel ; appareils électriques, de chauffage et de climatisation plus efficaces ; cuisinières améliorées, amélioration de l'isolation; intégration dès la conception de l'énergie solaire passive et active pour le chauffage et la climatisation ; fluides de réfrigération alternatifs ; récupération et recyclage des gaz fluorés ; <i>intégration de technologies telles que des systèmes intelligents d'information et de contrôle dès la conception des bâtiments à usage commercial ; intégration du solaire photovoltaïque dans les bâtiments</i>	Normes et labels sur les appareils	Révision régulière des normes
		Codes du bâtiment et certification	<i>Attrayant pour le bâtiment neuf ; la mise en œuvre peut être difficile</i>
		Programmes de gestion de la demande	Réglementation nécessaire pour que les distributeurs d'énergie puissent en tirer parti
		Programmes exemplaires du secteur public, y compris marchés publics	<i>Les achats des administrations peuvent augmenter la demande pour des équipements efficaces</i>
		Incitations pour les sociétés de services énergétiques (ESCOs)	<i>Facteur de succès : possibilité de financement par des tiers</i>
Industrie	Equipements électriques plus efficaces ; récupération de chaleur et d'électricité ; recyclage et substitution de matériaux ; contrôle des émissions des gaz autres que le CO2 ; grand nombre de technologies de process ; <i>efficacité énergétique avancée ; CSC pour la production de ciment, d'ammoniac et pour la sidérurgie ; électrodes inertes pour la fabrication d'aluminium</i>	Fourniture d'information de référence ; normes de performance ; subventions ; crédits d'impôt	<i>Peut être adapté pour stimuler l'adoption de technologies. La stabilité des politiques nationales est importante pour des questions de compétitivité internationale</i>
		Quotas échangeables	La prévisibilité des modes d'allocation et la stabilité des signaux prix sont importantes pour les investissements
		Accords volontaires	Facteurs de succès : objectifs chiffrés clairs, scénario de référence ; implications de tiers dans la conception, la vérification et le dispositif de suivi, collaboration étroite entre le gouvernement et l'industrie
Agriculture	Amélioration du potentiel des cultures et de la gestion des pâturages pour augmenter le stockage de carbone dans les sols ; restauration des sols de tourbières cultivés et des terres dégradées ; techniques améliorées de culture du riz et gestion du bétail et du fumier, pour diminuer les émissions de CH4 ; techniques améliorées de fertilisation azotée pour réduire les émissions de N2O ; cultures énergétiques pour remplacer les	Incitations financières et réglementations pour une gestion des terres améliorée, pour le maintien du stockage du carbone dans les sols et pour l'usage efficace des fertilisants et de l'irrigation	<i>Peut encourager les synergies avec le développement durable et avec les mesures de réduction de la vulnérabilité au changement climatique, permettant ainsi de surmonter les obstacles à la mise en œuvre</i>

	combustibles fossiles ; efficacité énergétique améliorée ; <i>amélioration des rendements agricoles</i>		
Sylviculture/ forêts	Boisement, reboisement, gestion des forêts ; réduction de la déforestation ; gestion des produits forestiers ; utilisation des produits forestiers à des fins énergétiques pour remplacer les combustibles fossiles ; <i>Rechercher les essences d'arbres les plus efficaces pour accroître la productivité de la biomasse et le captage du carbone. Amélioration des techniques de détection pour analyser les potentiels de séquestration de la végétation et des sols et établir des cartographies donnant les changements d'usage des sols</i>	Incitations financières (nationales et internationales) pour accroître la surface forestière, réduire la déforestation, maintenir et gérer les forêts existantes ; réglementation sur l'usage des terres et vérification de son application	Les obstacles incluent le manque de capitaux pour investir et les problèmes de propriété des terres. <i>Peut contribuer à la réduction de la pauvreté.</i>
Déchets	Récupération du CH ₄ des décharges ; incinération des déchets avec récupération d'énergie, compostage des déchets organiques ; traitement contrôlé des eaux usées ; recyclage et réduction à la source des déchets ; <i>couvertures biologiques et biofiltration pour optimiser l'oxydation du CH₄</i>	Incitations financières pour l'amélioration de la gestion des déchets et des eaux usées	<i>Peut stimuler la diffusion des technologies</i>
		Incitations ou obligations de production d'énergies renouvelables	Disponibilité locale de carburants bon marché
		Réglementations pour la gestion des déchets	Appliqué le plus efficacement au niveau national avec stratégies de contrôle des obligations

5. Les perspectives à long terme

La détermination de ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique », en référence à l'article 2 de la CCNUCC, requiert des jugements de valeurs. La science peut éclairer une prise de décision bien informée sur cette question, notamment en fournissant des critères pour juger quelles vulnérabilités pourraient être qualifiées « d'essentielles ». {Encadré « vulnérabilités essentielles et Article 2 de la CCNUCC, section 5}

Des vulnérabilités essentielles¹⁹ peuvent être associées à de nombreux systèmes sensibles au climat, comme la production alimentaire, les infrastructures, la santé, les ressources en eau, les systèmes côtiers, les écosystèmes, les cycles globaux biogéochimiques, les calottes glaciaires et les modes de circulation océanique et atmosphérique.

¹⁹ Les vulnérabilités essentielles peuvent être identifiées sur la base d'un certain nombre de critères proposés dans les publications, notamment l'ampleur, le moment, la persistance ou la réversibilité, le potentiel d'adaptation, les aspects distributifs, la probabilité d'occurrence et l'importance des impacts.

Les cinq « raisons de préoccupation » identifiées dans le 3^{ème} rapport demeurent un cadre utilisable pour examiner les vulnérabilités essentielles. Ces « raisons » sont considérées comme plus fortes que dans le 3^{ème} rapport d'évaluation. De nombreux risques sont identifiés avec un degré de confiance plus élevé. Certains risques sont vus comme plus importants ou comme intervenant à des hausses de température plus faibles. Notre compréhension des liens entre les impacts (la base des « raisons de préoccupation » du 3^{ème} rapport) et la vulnérabilité (qui inclut la capacité d'adaptation à ces impacts) s'est améliorée. {5.2}

Ceci est dû à une identification plus précise des circonstances qui rendent des systèmes, des secteurs et des régions particulièrement vulnérables, et à une plus grande mise en évidence de risques liés à des impacts très importants à l'échelle de plusieurs siècles. {5.2}

- **Risques pour des systèmes uniques et menacés.** Il existe des mises en évidence nouvelles et plus fortes d'observations des impacts du changement climatique sur des systèmes uniques et vulnérables (tels que les communautés et les écosystèmes des régions polaires et de haute montagne), avec des niveaux d'effets néfastes qui augmentent avec la poursuite de l'élévation de température. Un risque accru d'extinction d'espèces et de dommages à des récifs coralliens au cours du réchauffement est anticipé avec un degré de confiance plus élevé que dans le 3^{ème} rapport. Si les hausses de la température moyenne dépassent 1,5-2,5°C par rapport à 1980-1999, approximativement 20 à 30% des espèces animales et végétales prises en compte dans les évaluations jusqu'à maintenant seront *vraisemblablement* soumises à un risque accru d'extinction (*degré de confiance moyen*). On est davantage confiant qu'une augmentation de 1 à 2°C de la température moyenne mondiale par rapport aux niveaux de 1990 (environ 1,5 à 2,5°C au-dessus des valeurs préindustrielles) imposera des risques significatifs à de nombreux systèmes uniques ou menacés, notamment de nombreux points névralgiques en matière de biodiversité. Les coraux sont vulnérables au stress thermique et ont une faible capacité d'adaptation. Des augmentations de la température de surface d'environ 1-3°C devraient induire des événements plus fréquents de blanchiment de coraux et une large mortalité, à moins qu'il n'y ait une adaptation thermique ou une acclimatation des coraux. On s'attend à ce que les communautés indigènes en Arctique et les communautés des petites îles présentent une vulnérabilité accrue au changement climatique.
- **Risques d'événements météorologiques extrêmes.** Les réponses à des événements extrêmes récents ont révélé un degré de vulnérabilité plus élevé que ce qui figurait dans le 3^{ème} rapport. On a maintenant un degré de confiance plus élevé sur l'augmentation prévue des sécheresses, des vagues de chaleurs et des inondations, ainsi que de leurs impacts néfastes.
- **Distribution des impacts et des vulnérabilités.** Il existe des différences aiguës entre les régions et celles qui sont les plus faibles économiquement sont souvent les plus vulnérables au changement climatique. Il y a un nombre croissant d'indications de la plus grande vulnérabilité de groupes particuliers, tels que les pauvres et les personnes âgées, non seulement dans les pays en développement, mais aussi dans les pays développés. De plus, il y a des indications en plus grand nombre que les régions de basse latitude et les zones moins développées font généralement face à un risque plus élevé, par exemple dans les zones sèches et les méga-deltas.
- **Les impacts agrégés.** Comparés au 3^{ème} rapport, les bénéfices marchands nets du changement climatique à court terme devraient plafonner pour une amplitude plus faible du réchauffement ; à l'opposé les dégâts pour des amplitudes plus fortes du réchauffement devraient être plus élevés. Les coûts nets des impacts d'un réchauffement croissant devraient augmenter dans le temps.
- **Risques de singularités de grande échelle.** Un réchauffement mondial pendant de nombreux siècles induirait une contribution à l'élévation du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique beaucoup plus importante que celle observée au cours du 20^{ème} siècle, avec des pertes de zones côtières et les impacts associés (*confiance élevée*). Par rapport au 3^{ème} rapport, on comprend mieux que le risque de contributions additionnelles à la montée du niveau de la mer des calottes glaciaires du Groenland et peut-être de l'Antarctique peut être supérieur à celui qui est simulé par les modèles de calottes, et qu'il peut se réaliser à une échelle de temps se comptant en siècles. Ceci résulte du fait que les processus dynamiques récemment observés dans la glace, mais pas complètement inclus dans les modèles de calotte évalués dans le 4^{ème} rapport, pourraient accroître la rapidité de la réduction de la glace.

Ni l'adaptation seule ni l'atténuation seule ne permettront d'éviter la totalité des impacts du changement climatique (*degré de confiance élevé*) ; elles peuvent, cependant, être complémentaires et réduire significativement, ensemble, les risques associés au changement climatique. {5.3}

L'adaptation est nécessaire à court et à long terme pour gérer les impacts du réchauffement qui se produiraient même pour les scénarios de stabilisation les plus bas évalués. Il existe des barrières, des limites et des coûts, mais ils ne sont pas complètement compris. Un changement climatique non atténué conduirait *vraisemblablement*, à long terme, à dépasser les capacités d'adaptation des systèmes naturels, gérés et humains. L'horizon temporel auquel ces limites pourraient être atteintes variera selon les secteurs et les régions. Des actions d'atténuation précoces permettraient de ne pas verrouiller les infrastructures intensives en carbone et de réduire le changement climatique et les besoins d'adaptation. {5.2, 5.3}

De nombreux impacts peuvent être réduits, retardés ou évités par l'atténuation. Les efforts et les investissements d'atténuation au cours des deux ou trois prochaines décennies auront une forte influence sur les possibilités d'atteindre les niveaux de stabilisation plus bas. Des réductions d'émissions plus tardives limiteront fortement les possibilités d'atteindre les niveaux de stabilisation plus bas et accroîtront les risques d'impacts plus sévères du changement climatique. {5.3, 5.4, 5.7}

Pour stabiliser la concentration des GES dans l'atmosphère, les émissions devraient plafonner avant de décroître. Plus le niveau de stabilisation envisagé est bas, plus tôt devraient se produire ce plafonnement et cette réduction²⁰. {5.4}

Le Tableau SPM.6 et la Figure SPM.11 résument les niveaux d'émissions requis pour différents intervalles de niveaux de stabilisation des concentrations, le réchauffement global à l'équilibre, ainsi que l'élévation à long terme du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique.²¹ Pour un objectif donné de stabilisation de la température, le rythme d'atténuation nécessaire est plus précoce et le niveau d'atténuation nécessaire plus sévère si la sensibilité climatique est plus haute. {5.4, 5.7}

L'élévation du niveau de la mer en présence d'un réchauffement est inévitable. La dilatation thermique devrait continuer pendant de nombreux siècles après la stabilisation des concentrations des GES, pour tous les niveaux de stabilisation évalués, provoquant une élévation finale beaucoup plus importante que ce qui est simulé pour le 21^{ème} siècle. Les contributions à long terme provenant de la fonte de la calotte glaciaire du Groenland pourraient, si un réchauffement devait se maintenir à des valeurs dépassant 1,9-4,6 °C au delà de la température préindustrielle, atteindre finalement plusieurs mètres et être plus importantes que celles de la dilatation thermique seule. Les échelles de temps longues qui sont associées à la dilatation thermique et à la réponse de la calotte glaciaire au réchauffement, impliquent que la stabilisation des concentrations de GES au niveau actuel ou au-dessus ne permettront pas de stabiliser le niveau de la mer avant de nombreux siècles. {5.3, 5.4}

Tableau SPM.6. Caractéristiques des scénarios de stabilisation postérieurs au 3^{ème} rapport, notamment le niveau de stabilisation ultime de la température moyenne mondiale et le niveau de l'élévation ultime du niveau de la mer provenant de la dilatation seule. {Tableau 5.1}

²⁰ Pour la catégorie la plus basse des scénarios de stabilisation évalués, les émissions devraient culminer en 2015 ; pour la catégorie la plus élevée, en 2090 (Tableau SPM.6). Pour un niveau de stabilisation donné, il existe différentes trajectoires d'émissions qui conduisent à des différences substantielles dans le rythme du changement global.

²¹ On ne dispose pas, dans le cadre de ce 4^{ème} rapport, d'estimations de l'évolution des températures au cours du présent siècle pour les scénarios de stabilisation. Pour la plupart des niveaux de stabilisation, la température moyenne mondiale n'atteint son niveau d'équilibre qu'après quelques siècles. Pour des scénarios de stabilisation beaucoup plus bas (catégories I et II, Figure SPM.8), la température d'équilibre peut être atteinte plus tôt.

Catégorie	Concentration en CO ₂ à la stabilisation ^a	Concentration en équivalent CO ₂ à la stabilisation, comprenant les autres gaz et les aérosols	Année d'inflexion des émissions de CO ₂	Modification des émissions de CO ₂ en 2050 (% des émissions en 2000) ^(b)	Augmentation de la température en moyenne mondiale à l'équilibre par rapport à l'époque préindustrielle, en utilisant la valeur la plus probable de la sensibilité climatique ^{(c),(d)}	Élévation du niveau de la mer en moyenne mondiale à l'équilibre par rapport à l'époque préindustrielle, résultant seulement de la dilatation thermique ^(e)	Nombre de scénarios évalués
	ppm	Ppm	Année	%	°C	Mètres	
I	350 - 400	445 - 490	2000 – 2015	-85 à -50	2,0 – 2,4	0,4 – 1,4	6
II	400 - 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 à -30	2,4 – 2,8	0,5 – 1,7	18
III	440 - 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 à +5	2,8 – 3,2	0,6 – 1,9	21
IV	485 - 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 à +60	3,2 – 4,0	0,6 – 2,4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 à +85	4,0 à 4,9	0,8 – 2,9	9
VI	660 - 790	855 - 1130	2060 – 2090	+90 à +140	4,9 à 6,1	1,0 – 3,7	5

Notes :

- Les réductions d'émissions nécessaires pour atteindre un niveau donné de stabilisation, indiquées dans les études sur l'atténuation évaluées ici, peuvent être sous-estimées à cause de la non prise en compte de certaines rétroactions dans le cycle du carbone (voir aussi Section 2 du rapport complet)
- La concentration de l'atmosphère en CO₂ était de 379 ppm en 2005. La valeur la plus probable, en équivalent CO₂, de la concentration en 2005 pour l'ensemble les GES à longue durée de vie, est d'environ 455 ppm. Cela correspond, en tenant compte de l'effet net de tous les agents de forçage d'origine anthropique (aérosols), à 375 ppm CO₂éq.
- Cette fourchette correspond aux 15^{ème} et 85^{ème} percentiles de la distribution des scénarios postérieurs au 3^{ème} rapport . Les émissions de CO₂ sont présentées afin que les scénarios multi-gaz puissent être comparés avec les scénarios faisant intervenir le seul CO₂ (voir Figure SPM.3).
- La valeur la plus probable de la sensibilité climatique est 3°C.
- Noter que la température moyenne mondiale à l'équilibre est différente de la température moyenne mondiale attendue au moment de la stabilisation des concentrations des GES en raison de l'inertie du système climatique. Pour la majorité des scénarios évalués, la stabilisation des concentrations des GES se produit entre 2100 et 2150.
- L'élévation du niveau de la mer à l'équilibre tient compte seulement de la dilatation thermique et n'atteint pas l'équilibre avant de nombreux siècles au minimum. Ces valeurs ont été estimées en utilisant des modèles climatiques relativement simples (un AOGCM basse résolution et plusieurs EMICs basés sur la valeur la plus probable de 3°C de la sensibilité climatique) et n'incluent pas les contributions de la fonte des inlandsis, des glaciers et des calottes glaciaires. Les simulations indiquent que la dilatation thermique à long terme devrait provoquer 0,2 à 0,6 m d'élévation par degré Celsius de réchauffement moyen mondial au-dessus de la température préindustrielle. (AOGMC signifie « modèle atmosphérique de circulation globale de l'atmosphère et de l'océan », EMIC signifie « Modèle du système terrestre de complexité intermédiaire »).

Emissions de CO₂ et augmentations de températures à l'équilibre pour une gamme de niveaux de stabilisation

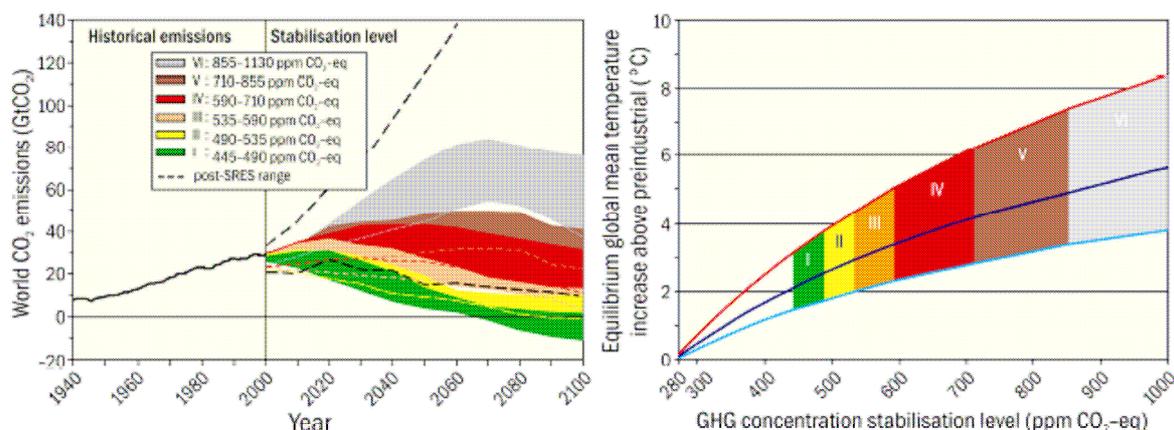


Figure SPM. 11. Emissions mondiales de CO₂ de 1940 à 2000 et fourchettes d'émissions de 2000 à 2100 pour des catégories de scénarios de stabilisation (partie gauche de la Figure) ; relation correspondante entre l'objectif de stabilisation et l'augmentation de la température mondiale moyenne à l'équilibre par rapport à l'époque préindustrielle (partie droite de la Figure). L'approche de l'équilibre peut durer plusieurs siècles, notamment pour les scénarios correspondant aux niveaux de stabilisation plus élevés. Les zones colorées correspondent aux groupes de scénarios associés à différents objectifs (catégories de stabilisation I à VI).

La partie droite de la Figure montre les fourchettes de modifications de la température mondiale au-dessus de la température à l'époque préindustrielle, en utilisant (i) « la valeur la plus probable » de la sensibilité climatique de 3°C (ligne noire au centre de la zone colorée), (ii) la limite supérieure de la fourchette probable de la sensibilité climatique de 4,5°C (ligne rouge au dessus de la zone colorée) (iii) la limite inférieure de la fourchette probable de la sensibilité climatique de 2°C (ligne bleue au bas de la zone colorée).

Dans la partie gauche de la Figure, les lignes en tirets noirs montrent la fourchette des émissions des scénarios récents publiés depuis le RSSE (2000). Les fourchettes d'émissions des scénarios de stabilisation comprennent des scénarios CO₂ seul et des scénarios multi-gaz ; elles correspondent aux 10^{ème} et 90^{ème} percentiles de la distribution de l'ensemble des scénarios. Dans la plupart des modèles, les émissions de CO₂ n'incluent pas les émissions issues de la décomposition de la biomasse aérienne, qui subsiste après la coupe des arbres et la déforestation, ni celles issues des feux de tourbières et du drainage des tourbières. {Figure 5.1}

Tous les niveaux de stabilisation évalués peuvent être réalisés (*bon accord, nombreuses mises en évidence*) avec un portefeuille de technologies soit déjà disponibles, soit en voie d'être commercialisées dans les prochaines décennies, pourvu que des incitations appropriées et efficaces soient mises en place pour leur développement, leur acquisition, leur déploiement et leur diffusion, et que les obstacles soient levés. {5.5}

Tous les scénarios de stabilisation évalués indiquent que 60-80% des réductions viendraient de la production et de l'utilisation de l'énergie, ainsi que des procédés industriels, l'efficacité énergétique jouant un rôle clé dans de nombreux scénarios. La prise en compte des options d'atténuation non CO₂ et CO₂ dans l'utilisation des terres et la sylviculture permet une plus grande souplesse et une diminution des coûts. Les niveaux bas de stabilisation exigent des investissements précoces et une diffusion et une commercialisation nettement plus rapide des technologies avancées faiblement émettrices.

Sans des flux substantiels d'investissement et des transferts de technologies effectifs, il peut être difficile de réaliser des réductions d'émission à une échelle significative. Il est important de mobiliser des sources de financement pour couvrir les coûts additionnels des technologies peu intensives en carbone. {5.5}

Les coûts macroéconomiques de l'atténuation augmentent généralement avec la sévérité de la cible de stabilisation (Tableau SPM.7). Pour des pays et des secteurs spécifiques, les coûts diffèrent très sensiblement des moyennes globales. {5.5}

En 2050, les coûts macroéconomiques globaux moyens pour l'atténuation permettant une stabilisation entre 710 et 445 ppm CO₂-éq sont compris entre un gain de 1% et une baisse de 5,5% du PIB (Tableau SPM.7). Cela correspond à une diminution du taux de croissance annuel moyen du PIB mondial de moins de 0,12 %. {5.5}

Tableau SPM.7 Coûts macroéconomiques globaux estimés en 2030 et 2050. Les coûts, calculés par rapport à un scénario tendanciel, correspondent à des trajectoires de moindre coût vers différents niveaux de stabilisation. {Tableau 5.2}

Niveaux de stabilisation (ppm éqCO ₂)	Réduction médiane de PIB ^(a) (%)		Fourchette de réduction du PIB ^(b) (%)		Réduction du taux de croissance annuel du PIB (en points de pourcentage) ^{(b), (e)}	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
445 – 535 ^(d)	Non disponible		<3	<5,5	<0,12	<0,12
535 - 590	0,6	1,3	0,2 à 2,5	Légèrement négatif à 4	<0,1	<0,1
590 - 710	0,2	0,5	-0,6 à 1,2	-1 à 2	<0,06	<0,05

Notes : Les valeurs présentées dans ce tableau reflètent l'ensemble des publications, à travers tous les scénarios de référence et les scénarios d'atténuation qui fournissent des valeurs de PIB.

- a) Le PIB mondial est calculé en utilisant les taux de change du marché.
- b) Les valeurs fournies correspondent au 10^{ème} et 90^{ème} percentile des données analysées, lorsqu'il y a lieu. Des valeurs négatives indiquent un gain en PIB.
- c) Le calcul de la réduction du taux de croissance annuel est basé sur la réduction moyenne pendant la période considérée qui produirait la baisse indiquée de PIB en 2030 et 2050 respectivement.
- d) Le nombre d'études est relativement faible et elles utilisent généralement des références basses. Des scénarios de référence plus élevés conduisent en général à des coûts plus élevés.
- e) Ces valeurs correspondent à l'estimation la plus forte de la réduction de PIB figurant dans la colonne 3.

Les réponses à apporter au changement climatique font appel à une analyse itérative du risque, qui inclut à la fois l'adaptation et l'atténuation et qui prend en compte les dommages du changement climatique, les co-bénéfices, la durabilité, l'équité et les attitudes face au risque. {5.1}

Il est *très vraisemblable* que les impacts du changement climatique entraîneront des coûts annuels nets croissants avec le temps au fur et à mesure que la température mondiale augmentera. Les estimations expertisées par des pairs du coût social du carbone²² en 2005 sont en moyenne de 12 \$US par tonne de CO₂, mais la fourchette de 100 estimations autour de cette moyenne est importante (-3 à 95 \$ par tonne de CO₂). Cela est dû surtout à des différences dans les hypothèses sur la sensibilité climatique, les temps de réponse, le traitement des risques et de l'équité, les impacts économiques et non-économiques, la prise en compte de pertes potentiellement catastrophiques et les taux d'actualisation.

Une agrégation des coûts des dommages masque les différences significatives existant entre secteurs, régions et populations. Elle sous-estime très probablement les coûts des dommages, faute de pouvoir prendre en compte de nombreuses conséquences non quantifiables. {5.7}

²² Coûts nets des dommages économiques du changement climatique, agrégés sur l'ensemble du globe et actualisés pour l'année spécifiée.

Les premiers résultats, encore limités, des analyses intégrées des coûts et bénéfices de l'atténuation indiquent qu'ils sont d'ordre de grandeur comparable, mais ne permettent pas encore de déterminer sans ambiguïté une trajectoire d'émissions menant à la stabilisation pour laquelle les bénéfices seraient supérieurs aux coûts. {5.7}

La sensibilité climatique constitue une incertitude clé pour les scénarios d'atténuation visant à respecter des niveaux de température donnés.

Les choix quant à l'ampleur et à la date de l'atténuation des GES impliquent de comparer les coûts économiques de réductions plus rapides des émissions, entreprises dès maintenant, avec les risques climatiques à moyen et long terme impliqués par une temporisation. {5.7}