

## Avant propos

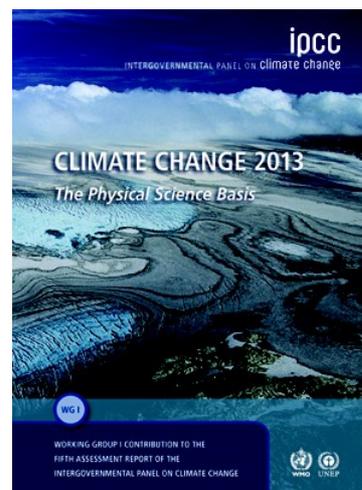
Dans l'attente de la publication de la traduction officielle en langue française sous la responsabilité du GIEC, le présent texte vise à faciliter la lecture et l'assimilation du contenu du résumé à l'attention des décideurs du volume 1 du 5<sup>e</sup> Rapport d'évaluation du GIEC par la communauté francophone.

La présente traduction non-officielle reflète le plus fidèlement possible le texte adopté par l'assemblée plénière du GIEC réunie à Stockholm du 23 au 26 septembre 2013. Le texte traduit résulte d'une initiative de l'ONERC, point focal français pour le GIEC, et d'une collaboration en temps-réel mobilisant des auteurs du GIEC et d'autres scientifiques francophones volontaires, issus de plusieurs délégations nationales participant à la session d'adoption.

Malgré l'attention portée à la rédaction de ce document, certaines imprécisions peuvent apparaître dans le texte comme dans les figures. En cas de doute, il est nécessaire de **se référer à la version d'origine officielle du GIEC** en langue anglaise ainsi qu'au rapport *in extenso* disponibles à l'adresse [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org).

Le GIEC publiera ultérieurement une traduction officielle du Résumé à l'attention des décideurs et de l'intégralité du Volume 1, dans les six langues des Nations unies, dont le français ; celle-ci remplacera alors le présent document, à caractère provisoire.

Cette traduction non-officielle en français du résumé à l'attention des décideurs a été réalisée en temps réel par David Salas-y-Mélia et Sylvie Joussaume avec le concours de Serge Planton.



# Contribution du groupe de travail I au 5<sup>e</sup> Rapport d'évaluation du GIEC

# Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques

## Résumé à l'attention des décideurs

**Équipe de rédaction principale** : Lisa Alexander (Australia), Simon Allen (Switzerland/New Zealand), Nathaniel L. Bindoff (Australia), François-Marie Bréon (France), John Church (Australia), Ulrich Cubasch (Germany), Seita Emori (Japan), Piers Forster (UK), Pierre Friedlingstein (UK/Belgium), Nathan Gillett (Canada), Jonathan Gregory (UK), Dennis Hartmann (USA), Eystein Jansen (Norway), Ben Kirtman (USA), Reto Knutti (Switzerland), Krishna Kumar Kanikicharla (India), Peter Lemke (Germany), Jochem Marotzke (Germany), Valérie Masson-Delmotte (France), Gerald Meehl (USA), Igor Mokhov (Russia), Shilong Piao (China), Gian-Kasper Plattner (Switzerland), Qin Dahe (China), Venkatachalam Ramaswamy (USA), David Randall (USA), Monika Rhein (Germany), Maisa Rojas (Chile), Christopher Sabine (USA), Drew Shindell (USA), Thomas F. Stocker (Switzerland), Lynne Talley (USA), David Vaughan (UK), Shang-Ping Xie (USA)

**Contributeurs** : Myles Allen (UK), Olivier Boucher (France), Don Chambers (USA), Jens Hesselbjerg Christensen (Denmark), Philippe Ciais (France), Peter Clark (USA), Matthew Collins (UK), Josefino Comiso (USA), Viviane Vasconcellos de Menezes (Australia/Brazil), Richard Feely (USA), Thierry Fichefet (Belgium), Arlene Fiore (USA), Gregory Flato (Canada), Jan Fuglestad (Norway), Gabriele Hegerl (UK/Germany), Paul Hezel (Belgium/USA), Gregory Johnson (USA), Georg Kaser (Austria/Italy), Vladimir Kattsov (Russia), John Kennedy (UK), Albert Klein Tank (Netherlands), Corinne Le Quéré (UK/France), , Gunnar Myhre (Norway), Tim Osborn (UK), Antony Payne (UK), Judith Perlwitz (USA/Germany), Scott Power (Australia), Michael Prather (USA), Stephen Rintoul (Australia), Joeri Rogelj (Switzerland), Matilde Rusticucci (Argentina), Michael Schulz (Germany), Jan Sedláček (Switzerland), Peter Stott (UK), Rowan Sutton (UK), Peter Thorne (USA/Norway/UK), Donald Wuebbles (USA)

Date de la version traduite : 29 septembre 2013 – 20h00

Date de la version d'origine : 27 septembre 2013 - 10h00

## A. Introduction

La contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5) examine de nouveaux éléments concernant le changement climatique sur la base de nombreuses analyses scientifiques indépendantes, d'observations du système climatique, d'archives paléoclimatiques, les études théoriques des processus climatiques jusqu'aux simulations à l'aide de modèles climatiques. Elle s'appuie sur la contribution du Groupe de Travail I au quatrième Rapport d'Évaluation du GIEC (RE4), et incorpore de nouveaux résultats de recherches obtenus depuis. Composante du cinquième cycle d'évaluation, le rapport Spécial sur la gestion des Risques d'événements EXtrêmes pour l'adaptation au changement climatique (SREX) représente un socle d'informations important sur les changements d'extrêmes météorologiques et climatiques.

Le présent Résumé à l'intention des Décideurs (RiD) suit la structure du rapport du Groupe de travail I. Ce texte s'accompagne d'une mise en exergue des principales conclusions qui, rassemblées, fournissent un résumé concis. L'introduction des principales sections se présente sous la forme d'un bref paragraphe en italique, qui souligne les bases méthodologiques de l'évaluation.

Le degré de certitude des principaux résultats présentés dans ce rapport s'appuie sur les évaluations de la compréhension scientifique sous-jacente par les équipes de rédaction et est exprimé par un niveau de confiance qualitatif (de *très faible* à *très élevé*) et, lorsque c'est possible, quantifié en termes de probabilités (*extrêmement improbable* à *extrêmement probable*). La confiance dans la validité d'un résultat se fonde sur le type, la quantité, la qualité et la cohérence des éléments correspondants (par exemple : données, compréhension d'un mécanisme, théorie, modèles, avis d'experts) et le niveau d'accord<sup>1</sup> sur ce résultat. Les estimations probabilistes de mesures quantifiées de l'incertitude d'un

---

<sup>1</sup> Dans le présent Résumé à l'intention des décideurs, les termes suivants sont utilisés pour décrire les éléments

résultat, se fondent sur l'analyse statistique d'observations ou de résultats de modèles, ou les deux, et l'avis d'experts<sup>2</sup>. Le cas échéant, les résultats sont également formulés sous forme d'énoncés des faits, sans recourir à des qualificatifs d'incertitude. (Voir Chapitre 1 et encadré TS.1 pour plus de précisions concernant les termes spécifiques que l'IPCC utilise pour traduire l'incertitude).

La base des paragraphes de fond du présent Résumé à l'intention des Décideurs figure dans les sections des chapitres du rapport sous-jacent ainsi que dans le Résumé Technique. Ces références sont données entre accolades.

## B. Les changements observés dans le système climatique

*Les observations du système climatique s'appuient sur des mesures directes et sur la télédétection à partir de satellites ou d'autres plates-formes. Les observations à l'échelle mondiale de l'ère instrumentale ont débuté vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle pour certaines variables telles que la température, les jeux de données d'observation étant plus complets et diversifiés à partir des années 1950. Des reconstructions effectuées à partir d'archives paléoclimatiques permettent de disposer de données remontant à plusieurs centaines voire plusieurs millions d'années. L'ensemble de ces données fournissent une vision globale de la variabilité et des changements à long terme de l'atmosphère, de l'océan, de la cryosphère et de la surface des terres émergées.*

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, et depuis les années 1950, beaucoup des changements observés sont sans précédent sur les dernières décennies à millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, l'étendue et le volume des neiges et glaces ont diminué et le niveau des mers s'est élevé, et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté (voir figures SPM.1, SPM.2, SPM.3 et SPM.4). {2.2, 2.4, 3.2, 3.7, 4.2–4.7, 5.2, 5.3, 5.5–5.6, 6.2, 13.2}

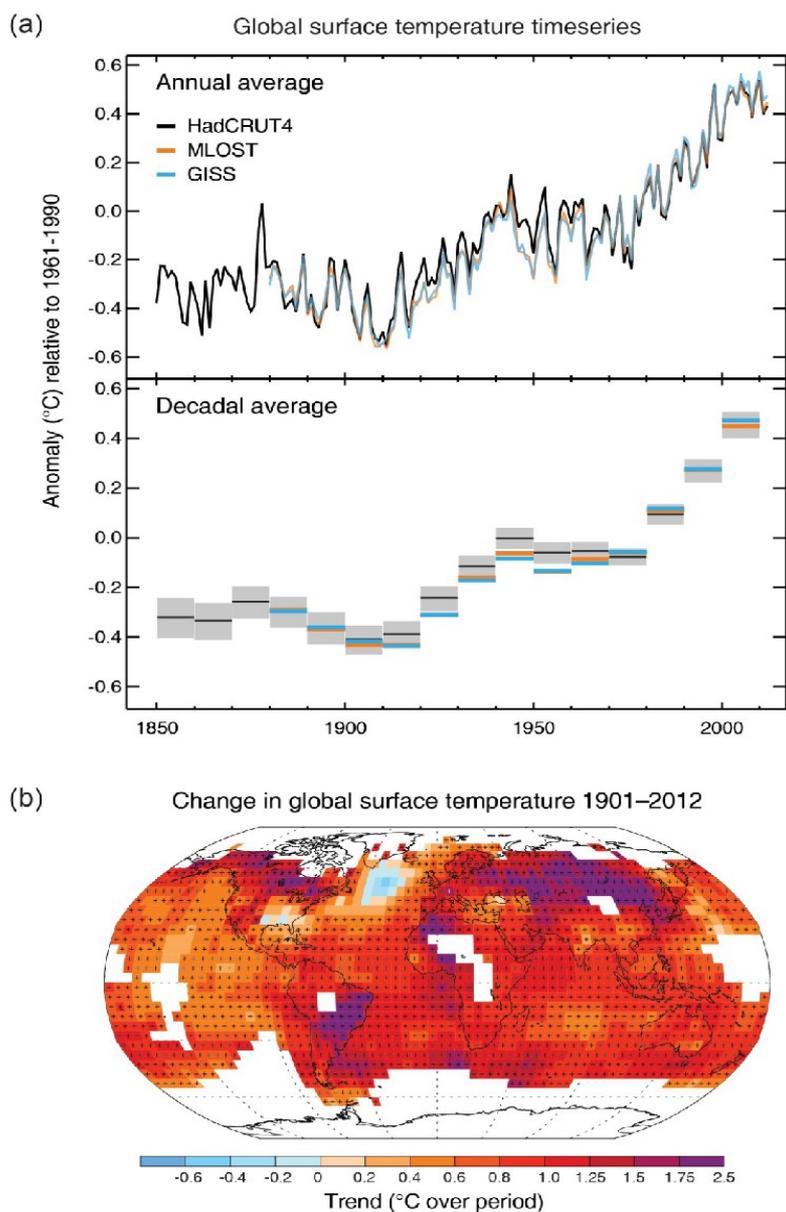
### B.1. Atmosphère

Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850 (voir figure SPM.1). Dans l'hémisphère nord, la période 1983–2012 a *probablement* été la période de 30 ans la plus chaude des 1400 dernières années (*degré de confiance moyen*). {2.4, 5.3}

---

disponibles : limités, moyens ou robustes et le niveau d'accord : faible, moyen ou élevé. Cinq qualificatifs sont utilisés pour exprimer le degré de confiance : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé, avec caractères en italique, ex : *degré de confiance moyen*. Pour un ensemble d'éléments et un énoncé d'accord donnés, différents niveaux de confiance peuvent être attribués, mais une croissance du niveau des éléments et du degré d'accord sont corrélés avec un degré de confiance accru (voir Chapitre 1 et encadré TS.1 pour plus de précisions).

<sup>2</sup> Dans le présent Résumé à l'intention des Décideurs, les termes suivants ont été utilisés pour indiquer la probabilité évaluée d'un résultat : pratiquement certain, probabilité de 99–100%, très probable 90–100 %, probable 66–100 %, à peu près aussi probable qu'improbable 33–66 %, improbable 0–33 %, très improbable 0–10 %, exceptionnellement improbable 0–1 %. Des termes supplémentaires (extrêmement probable : 95–100 %, plus probable qu'improbable >50–100 %, et extrêmement improbable 0–5 %) peuvent également être utilisés le cas échéant. L'évaluation de la probabilité est exprimée en italique, ex. *très probable* (voir Chapitre 1 et encadré TS.1 pour plus de précisions).



**Figure SPM.1 :** (a) Anomalies observées de températures moyennes en surface, combinant les terres émergées et les océans, de 1850 à 2012, tirées de trois ensembles de données. Partie supérieure : valeurs moyennes annuelles, partie inférieure : valeurs moyennes décennales comprenant l'estimation d'incertitude pour un ensemble de données (noir). Les anomalies sont relatives à la moyenne sur la période 1961–1990. (b) Carte du changement de température en surface observé entre 1901 et 2012, dérivée des tendances de températures déterminées par régression linéaire d'un ensemble de données (courbe orange dans la partie a). Les tendances ont été calculées uniquement pour les régions où la disponibilité des données permet une estimation robuste (i.e., uniquement pour les mailles présentant des relevés complets à plus de 70 % et plus de 20 % de données disponibles dans les 10 premiers et 10 derniers % de la période temporelle. Les autres régions sont en blanc. Les mailles pour lesquelles la tendance est significative au niveau de 10 % sont indiquées par un signe +. La liste des ensembles de données, et des détails techniques supplémentaires se trouvent dans les annexes du Résumé Technique. {figures 2.19–2.21 ; figure TS.2}

- La tendance linéaire de la moyenne globale des données de température de surface combinant les terres émergées et les océans indique un réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] °C<sup>3</sup> au cours

3 Dans la contribution du GTI au RE5, l'incertitude est quantifiée en utilisant des intervalles d'incertitude à 90 %, sauf mention contraire. On s'attend à ce que l'intervalle d'incertitude à 90 %, indiqué entre crochets ait une probabilité de 90 % de couverture de la valeur estimée. Les intervalles d'incertitude ne sont pas nécessairement symétriques de part et d'autre

de la période 1880–2012, pour laquelle il existe plusieurs jeux de données indépendants. L'augmentation totale entre la moyenne sur la période 1850-1900 et la période 2003-2012 est de 0,78 [0,72 à 0,85] °C, en s'appuyant sur l'ensemble de données le plus long disponible<sup>4</sup>. (figure SPM.1a) {2.4}

- Sur la plus longue période permettant de calculer des cartes de tendances régionales suffisamment complètes (1901-2012), pratiquement l'ensemble du globe a connu un réchauffement. (figure SPM.1b) {2.4}
- La température moyenne du globe en surface présente une variabilité substantielle aux échelles décennale et interannuelle (voir figure SPM.1), qui s'ajoute au réchauffement robuste multi-décennal. En raison de la variabilité naturelle, les tendances calculées sur des séries courtes sont très sensibles à la date de début et de fin de la période considérée, en raison de la variabilité naturelle, et ne reflètent généralement pas les tendances climatiques de long terme. Par exemple, le taux de réchauffement sur les 15 dernières années (1998–2012 ; 0,05 [–0,05 à +0,15] °C par décennie), qui débute par un fort événement El Niño, est inférieur à la tendance calculée depuis 1951 (1951–2012; 0,12 [0,08 à 0,14] °C par décennie)<sup>5</sup>. {2.4}
- Les reconstructions de la température en surface à l'échelle continentale font apparaître, avec *un degré de confiance élevé*, des périodes de plusieurs décennies pendant la période d'anomalie climatique médiévale (années 950 à 1250) pendant lesquelles la température était, dans certaines régions, aussi élevée qu'au XX<sup>e</sup> siècle. Ces périodes ne se sont pas produites de manière aussi cohérente parmi les différentes régions que le réchauffement constaté à la fin du XX<sup>e</sup> siècle (*degré de confiance élevé*). {5.5}
- Il est *pratiquement certain* qu'à l'échelle mondiale, la troposphère s'est réchauffée depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Des observations plus complètes donnent plus de confiance aux estimations des changements de température troposphérique dans la partie extra-tropicale de l'hémisphère Nord qu'ailleurs. Le *degré de confiance* dans la rapidité du réchauffement et sa structure verticale dans la troposphère extra-tropicale de l'hémisphère Nord est *moyen*, et *faible* ailleurs. {2.4}
- Le *degré de confiance* concernant le changement de la moyenne mondiale des précipitations sur les régions terrestres depuis 1901 est *faible* avant 1951 et *moyen* après cette date. En moyenne sur les régions terrestres des moyennes latitudes de l'hémisphère Nord, les précipitations ont augmenté depuis 1901 (*degré de confiance moyen* avant 1951 et *élevé* ensuite). Pour les autres latitudes, le degré de confiance des tendances de long terme positives ou négatives est *faible*. {figure SPM.2, figure TS.XX, 2.5}

---

de l'estimation la plus probable correspondante. Une estimation la plus probable de cette valeur est également donnée, lorsque celle-ci est disponible.

- 4 Les deux méthodes présentées dans cette puce ont été aussi utilisées dans le RE4. La première méthode calcule une différence en utilisant le meilleur ajustement linéaire de la tendance de tous les points entre 1880 et 2012. La seconde calcule la différence entre les moyennes pour les deux périodes 1850 à 1900 et 2003 à 2012. C'est pourquoi les résultats obtenus par ces deux méthodes et leurs intervalles d'incertitude à 90% ne sont pas directement comparables. {2.4}
- 5 Les tendances pour des périodes de 15 ans commençant en 1995, 1996 et 1997 sont de 0,13 [0,02 à 0,24], 0,14 [0,03 à 0,24], 0,07 [–0,02 à 0,18]°C par décennie, respectivement.



**Tableau SPM.1 :** Événements extrêmes météorologiques et climatiques ; évaluation à l'échelle du globe des changements récemment observés de la contribution humaine aux changements, et projection d'autres changements pour le début (2016–2035) et la fin (2081–2100) du XXI<sup>e</sup> siècle. Les caractères en gras indiquent les cas dans lesquels le RE5 (en noir) fournit une évaluation à l'échelle du globe révisée(\*) à partir du rapport SREX (en bleu) ou du RE4 (en rouge). Les projections pour le début du XXI<sup>e</sup> siècle n'étaient pas fournies dans les précédents rapports d'évaluation. Les projections du RE5 sont données en prenant 1986–2005 comme période de référence, et se fondent sur les nouveaux scénarios RCP (Representative Concentration Pathways) (voir encadré SPM.1), sauf mention contraire. Voir le glossaire pour les définitions des événements extrêmes météorologiques et climatiques.

Phénomène et évolution anticipée	Évaluation de la probabilité de survenance des changements (normalement depuis 1950 sauf indication contraire)	Évaluation de la contribution humaine aux changements observés	Probabilité d'autres changements	
			Début du XXI <sup>e</sup> siècle	Fin du XXI <sup>e</sup>
Journées et nuits froides moins froides et/ou moins nombreuses sur la plupart des terres émergées	<i>Très probable</i> [2.6] <i>Très probable</i> <i>Très probable</i>	<b>Très probable</b> [10.6] <i>probable</i> <i>probable</i>	<i>Probable</i> [11.3] – –	<i>Pratiquement certain</i> [12.4] <i>Pratiquement certain</i> <i>Pratiquement certain</i>
Journées et nuits chaudes plus chaudes et/ou plus fréquentes sur la plupart des terres émergées	<i>Très probable</i> [2.6] <i>Très probable</i> <i>Très probable</i>	<b>Très probable</b> [10.6] <i>probable</i> <i>probable (nuits uniquement)</i>	<i>Probable</i> [11.3] – –	<i>Pratiquement certain</i> [12.4] <i>Pratiquement certain</i> <i>Pratiquement certain</i>
Périodes/vagues de chaleur plus fréquentes et/ou plus longues sur la plupart des terres émergées	<b>Degré de confiance moyen</b> à l'échelle mondiale <i>Probable</i> dans de grandes parties d'Europe, d'Asie et d'Australie [2.6] <i>Degré de confiance moyen dans de nombreuses régions (mais pas toutes)</i> <i>Probable</i>	<b>Probable</b> (a) [10.6] <i>Pas d'évaluation formelle</i> <i>Plus probable qu'improbable</i>	Pas d'évaluation formelle (b) [11.3] – –	<b>Très probable</b> [12.4] <i>Très probable</i> <i>Très probable</i>
Épisodes de précipitations abondantes. Augmentation de la fréquence, intensité et/ou du nombre des épisodes de précipitations abondantes.	<i>Probable</i> qu'il y ait plus de terres émergées avec des augmentations plutôt que des diminutions (c) [2.6] <i>Probable</i> qu'il y ait plus de terres émergées avec des augmentations plutôt que des diminutions <i>Probable sur la plupart des terres émergées</i>	<b>Degré de confiance moyen</b> [7.6, 10.6] <i>Degré de confiance moyen</i> <i>Plus probable qu'improbable</i>	<i>Probable</i> sur de nombreuses terres émergées [11.3] – –	<b>Très probable</b> sur la plupart des masses continentales des latitudes moyennes et sur les régions tropicales humides (d) [12.4] <i>Probable</i> sur de nombreuses régions <i>Très probable sur la plupart des terres émergées</i>
Augmentation de l'intensité et/ou de la durée des sécheresses	<b>Degré de confiance faible</b> à l'échelle mondiale Changements <i>probables</i> dans certaines régions (d) [2.6] <i>Degré de confiance moyen dans certaines régions</i> <i>Probable</i> dans de nombreuses régions, depuis 1970 (e)	<b>Degré de confiance faible</b> [10.6] <i>Degré de confiance moyen (f)</i> <i>Plus probable qu'improbable</i>	<i>Degré de confiance faible</i> (g) [11.3] – –	<b>Probable</b> (degré de confiance moyen) à une échelle régionale et mondiale (h) [12.4] <i>Degré de confiance moyen dans certaines régions</i> <i>Probable</i> (f)
Augmentation de l'activité des cyclone tropicaux intense	<b>Degré de confiance faible</b> concernant les changements à long terme (à l'échelle des siècles) <i>Pratiquement certain</i> en Atlantique Nord depuis 1970 [2.6] <i>Degré de confiance faible</i> <i>Probable</i> (dans certaines régions, depuis 1970)	<b>Degré de confiance faible</b> (i) [10.6] <i>Degré de confiance faible</i> <i>Plus probable qu'improbable</i>	<i>Degré de confiance faible</i> [11.3] – –	<b>Plus probable qu'improbable</b> dans le Pacifique Nord-Ouest et l'Atlantique Nord (j) [14.6] <i>Plus probable qu'improbable</i> dans certains bassins <i>Probable</i>
Incidence ou amplitude accrue d'une très haute élévation du niveau de la mer	<i>Probable</i> (depuis 1970) [3.7] <i>Probable</i> (fin du XX <sup>e</sup> siècle) <i>Probable</i>	<b>Probable</b> [3.7] <i>Probable</i> (i) <i>Plus probable qu'improbable</i> (i)	<i>Probable</i> (l) [13.7] – –	<b>Très probable</b> (l) [13.7] <i>Très probable</i> (m) <i>Probable</i>

(\*) Il est difficile de comparer directement les résultats des évaluations des différents rapports. Pour certaines variables climatiques, plusieurs aspects ont été évalués, et la note d'orientation révisée concernant les incertitudes a été utilisée pour le rapport SREX et le cinquième Rapport d'évaluation. La disponibilité de nouvelles informations, la meilleure compréhension scientifique, les analyses continues des données et des modèles ainsi que les différences spécifiques des méthodologies utilisées dans les études évaluées contribuent tous aux résultats révisés des évaluations.

**Notes Tableau SPM.1 :**

- (a) Attribution is based on available case studies. It is *likely* that human influence has more than doubled the probability of occurrence of some observed heat waves in some locations.
- (b) Models project near-term increases in the duration, intensity and spatial extent of heat waves and warm spells.
- (c) In most continents, confidence in trends is not higher than *medium* except in North America and Europe where there have been *likely* increases in either the frequency or intensity of heavy precipitation with some seasonal and/or regional variation. It is *very likely* that there have been increases in central North America.
- (d) The frequency and intensity of drought has *likely* increased in the Mediterranean and West Africa and *likely* decreased in central North America and north-west Australia.
- (e) AR4 assessed the area affected by drought.
- (f) SREX assessed *medium confidence* that anthropogenic influence had contributed to some changes in the drought patterns observed in the second half of the 20th century, based on its attributed impact on precipitation and temperature changes. SREX assessed *low confidence* in the attribution of changes in droughts at the level of single regions.
- (g) There is *low confidence* in projected changes in soil moisture.
- (h) Regional to global-scale projected decreases in soil moisture and increased agricultural drought are *likely* (*medium confidence*) in presently dry regions by the end of this century under the RCP8.5 scenario. Soil moisture drying in the Mediterranean, Southwest US and southern African regions is consistent with projected changes in Hadley circulation and increased surface temperatures, so there is *high confidence* in *likely* surface drying in these regions by the end of this century under the RCP8.5 scenario.
- (i) There is *medium confidence* that a reduction in aerosol forcing over the North Atlantic has contributed at least in part to the observed increase in tropical cyclone activity since the 1970s in this region.
- (j) Based on expert judgment and assessment of projections which use an SRES A1B (or similar) scenario.
- (k) Attribution is based on the close relationship between observed changes in extreme and mean sea level.
- (l) There is *high confidence* that this increase in extreme high sea level will primarily be the result of an increase in mean sea level. There is *low confidence* in region-specific projections of storminess and associated storm surges.
- (m) SREX assessed it to be *very likely* that mean sea level rise will contribute to future upward trends in extreme coastal high water levels.

## B.2. L'océan

Le réchauffement océanique constitue l'essentiel de l'augmentation de la quantité d'énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90% de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010 (*degré de confiance élevé*). Il est *pratiquement certain* que l'océan superficiel (0–700 m) s'est réchauffé entre 1971 et 2010 (voir figure SPM.3), et il s'est *probablement* réchauffé entre les années 1870 et 1971. {3.2; encadré 3.1}

- A l'échelle globale, le réchauffement de l'océan est plus prononcé près de la surface, et les 75 premiers mètres de profondeur se sont réchauffés de 0,11 [0,09 à 0,13] °C par décennie sur la période 1971–2010. Depuis le RE4, des biais d'origine instrumentale dans les mesures de température de l'océan superficiel ont été identifiés et réduits, augmentant le degré de confiance du changement évalué. {3.2}
- Il est *probable* que l'océan s'est réchauffé entre 700 et 2000m de profondeur entre 1957 et 2009. Il existe suffisamment d'observations pour une évaluation globale du changement de température en-dessous de 2000m. Il n'y a *probablement* pas de tendance significative entre 2000 et 3000m sur cette période. Il est *probable* que l'océan s'est réchauffé entre 3000m et le fond entre 1992 et 2005, période sur laquelle, le réchauffement le plus important étant observé dans les mers Australes. {3.2}
- Plus de 60% de l'augmentation nette d'énergie absorbée par le système climatique a été emmagasinée dans l'océan superficiel (0-700m) pendant la période de 40 ans relativement bien documentée allant de 1971 à 2010, et environ 30% sont emmagasinés dans l'océan entre 700m et le fond. L'augmentation du contenu thermique pendant cette période, estimée par une tendance linéaire, est de 17 [15 à 19]·10<sup>22</sup> J<sup>7</sup> (figure SPM.3). {3.2, encadré 3.1}

7 Un apport d'énergie à la surface de l'océan global à hauteur de 1 W.m<sup>-2</sup> pendant 1 an augmenterait le contenu en chaleur de l'océan de 1,1x10<sup>22</sup> J.

- Il est *à peu près aussi probable qu'improbable* que le contenu thermique océanique de 0 à 700 m ait augmenté plus lentement pendant la période 2003–2010 que pendant la période 1993–2002 (voir figure SPM.3). L'absorption de chaleur entre 700 et 2000m, où la variabilité interannuelle est plus faible, s'est *probablement* poursuivie avec la même intensité entre 1993 et 2009. {3.2, encadré 9.2}
- Il est *très probable* que les régions à salinité élevée (où l'évaporation domine le bilan d'eau en surface) sont devenues plus salines, tandis que les régions à faible salinité, (où les précipitations dominent) sont devenues moins salées depuis les années 1950. Ces tendances régionales de la salinité océanique suggèrent des changements d'évaporation et de précipitations sur les océans (*degré de confiance moyen*). {2.5,3.3,3.5}
- Il n'existe pas d'élément observationnel montrant une tendance de la Circulation Méridienne Océanique de l'Atlantique (CMOA) sur la base de 10 ans d'observations de la somme des composantes de la CMOA, ni sur la base de séries d'observations plus longues des composantes individuelles de la CMOA. {3.6}

### B.3. La cryosphère

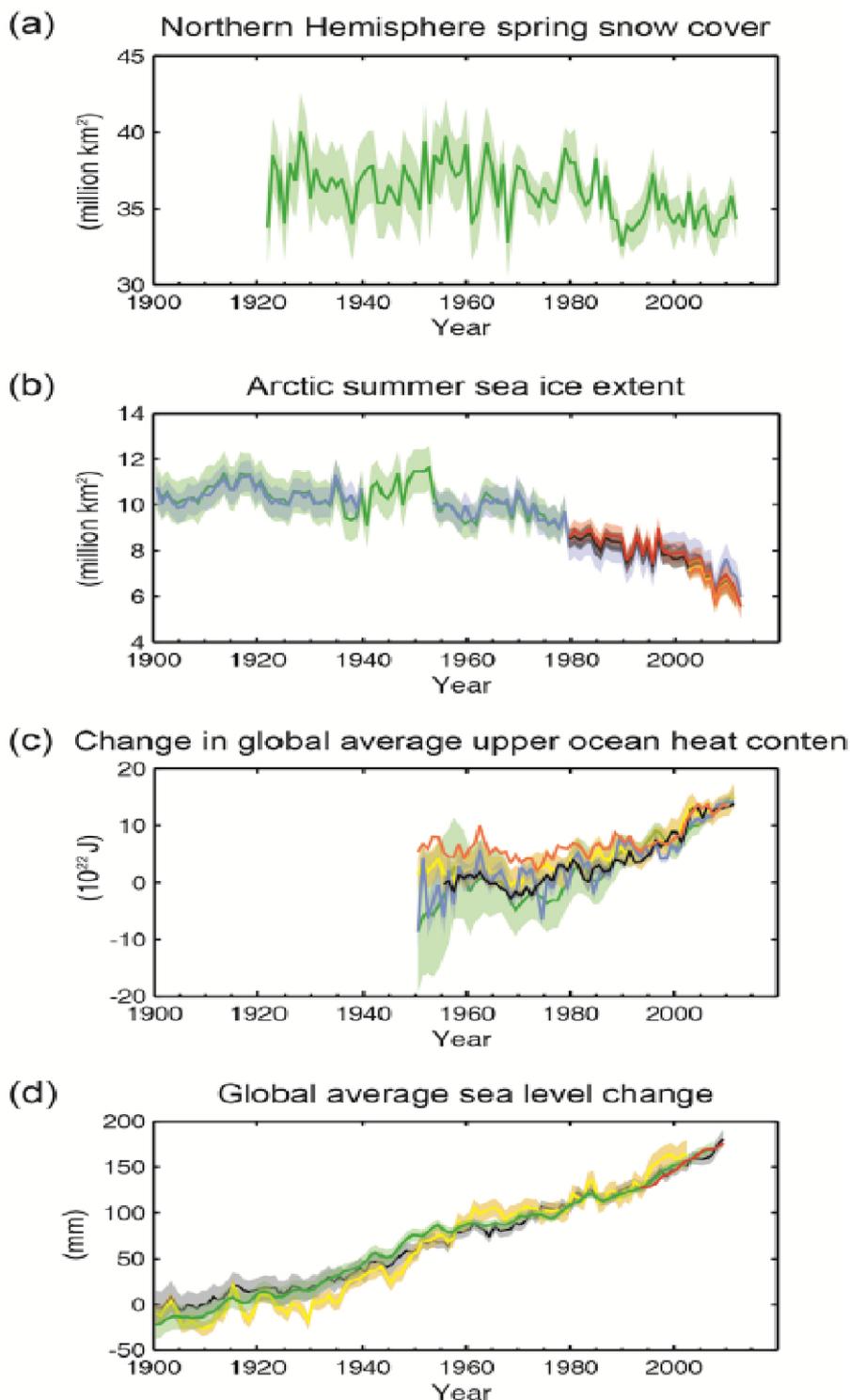
Sur les deux dernières décennies, la masse des calottes glaciaires a diminué, les glaciers de pratiquement toutes les régions du globe ont continué à reculer, et les étendues de la banquise arctique et du manteau neigeux de printemps de l'hémisphère nord ont diminué (*degré de confiance élevé*) (voir Figure SPM.3). {4.2–4.7}

- La perte de glace<sup>8</sup> des glaciers des diverses régions du monde, en excluant les glaciers situés à la périphérie des calottes glaciaires<sup>9</sup>, était *très probablement* de 226 [91 à 361] Gt an<sup>-1</sup> pour la période 1971–2009, et *très probablement* de 275 [140 to 410] Gt an<sup>-1</sup> pour la période 1993–2009<sup>10</sup>. {4.3}
- La perte de glace de la calotte du Groenland a *très probablement* substantiellement augmenté, passant de 34 [–6 à 74] Gt an<sup>-1</sup> au cours de la période 1992–2001 à 215 [157 à 274] Gt an<sup>-1</sup> au cours de la période 2002–2011. {4.4}
- La perte de glace moyenne de la calotte glaciaire de l'Antarctique a *probablement* augmenté, passant de 30 [–37 à 97] Gt an<sup>-1</sup> au cours de la période 1992–2001 à 147 [72 à 221] Gt an<sup>-1</sup> au cours de la période 2002–2011. On peut affirmer, avec un *degré de confiance très élevé* que ces pertes concernent principalement le nord de la péninsule Antarctique et le secteur des mers d'Amundsen en Antarctique de l'Ouest. {4.4.}
- L'étendue moyenne annuelle de la banquise arctique a diminué au cours de la période 1979–2012 à une vitesse qui se situait *très probablement* entre 3,5 et 4,1 % par décennie (entre 0,45 et 0,51 millions de km<sup>2</sup> par décennie), et *très probablement* entre 9,4 et 13,6% par décennie (entre 0,73 et 1,07 millions de km<sup>2</sup> par décennie) pour le minimum d'été (glace pluriannuelle). La diminution moyenne de l'étendue moyenne décennale de la banquise arctique a été plus rapide en été que pour les autres saisons (*degré de confiance élevé*) ; l'étendue spatiale a diminué en toutes saisons, et à chaque décennie successive depuis 1979 (*degré de confiance élevé*) (voir figure SPM.3). À partir des reconstructions, on peut affirmer, avec un *degré de confiance moyen*, que sur les trois dernières décennies, le recul de la banquise arctique en été était sans précédent et que les températures de surface de la mer en Arctique étaient anormalement élevées, au moins dans le contexte des 1450 dernières années. {4.2, 5.5}

8 Toutes les mentions de « perte de glace » ou « perte de masse » font référence à une perte nette de glace, c.-à-d. l'accumulation moins la fonte et le détachement d'icebergs.

9 Pour des raisons méthodologiques, cette évaluation de perte de glace des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland inclut les changements affectant les glaciers situés à leur périphérie. Ces glaciers périphériques sont donc exclus des valeurs fournies pour les glaciers.

10 100 Gt an<sup>-1</sup> de perte de glace équivalent à environ 0,28 mm an<sup>-1</sup> d'élévation du niveau moyen des mers..



**Figure SPM.3 :** différents indicateurs observés des évolutions du climat du globe: (a) Étendue moyenne du manteau neigeux de l'hémisphère Nord en mars-avril (printemps), (b) Étendue moyenne de la banquise arctique en juillet-août-septembre (été), (c) changement de la moyenne globale du contenu thermique de l'océan superficiel aligné par rapport à 2006–2010, et par rapport à la moyenne de tous les ensembles de données pour 1971, (d) niveau moyen des mers par rapport à la moyenne de 1900–1905 de l'ensemble de données le plus long, avec tous les ensembles de données alignés par rapport à 1993 (la première année de données d'altimétrie). Toutes les séries chronologiques (courbes de couleur représentant différents ensembles de données) indiquent des valeurs annuelles et, lorsqu'elles sont estimées, les incertitudes sont représentées par des régions de différentes couleurs. Voir l'annexe du Résumé Technique pour accéder à une liste des ensembles de données. {figures 3.2, 3.13, 4.19 et 4.3 ; FAQ 2.1 ; figure 2 ; figure TS.1}

- Il est *très probable* que l'étendue moyenne annuelle de la banquise en Antarctique a augmenté à une vitesse comprise entre 1,2 et 1,8 % par décennie (de 0,13 à 0,20 millions de km<sup>2</sup> par décennie) entre 1979 et 2012. On estime, avec un *degré de confiance élevé*, que cette vitesse annuelle présente de fortes disparités régionales, l'étendue augmentant dans certaines régions et diminuant dans d'autres. {4.2}
- On peut affirmer, avec un *degré de confiance très élevé*, que l'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord a diminué depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle (voir figure SPM.3). L'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord a diminué de 1,6 [0,8 à 2,4] % par décennie pour mars et avril, et 11,7 [8,8 à 14,6] % par décennie pour juin au cours de la période 1967–2012. Au cours de cette période, l'étendue du manteau neigeux dans l'hémisphère Nord n'a pas montré d'augmentation statistiquement significative, quel que soit le mois. {4.5}
- On peut affirmer, avec un *degré de confiance élevé*, que les températures du pergélisol ont augmenté dans la plupart des régions depuis le début des années 1980. Le réchauffement observé atteignait 3°C dans certaines régions du Nord de l'Alaska (entre le début des années 1980 et le milieu des années 2000), et 2°C dans certaines régions du Nord de la partie européenne de la Russie (1971-2010). Dans cette dernière région, une réduction considérable de l'épaisseur et de l'étendue spatiale du pergélisol a été observée au cours de la période 1975–2005 (*degré de confiance moyen*). {4.7}
- De multiples éléments indiquent que l'Arctique connaît un réchauffement important depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle.

#### **B.4. Le niveau de la mer**

Depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, le taux d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au taux moyen des deux derniers millénaires (*degré de confiance élevé*). Le niveau moyen des mers s'est élevé de 0,19 [0,17 à 0,21] m au cours de la période 1901–2010 (voir figure SPM.3). {3.7, 5.6, 13.2}

- Des données de niveau des mers issues de mesures indirectes et instrumentales indiquent qu'une transition a eu lieu entre la fin du XIX<sup>e</sup> et le début du XX<sup>e</sup> siècle, où l'on est passé des taux d'élévation relativement faibles des deux derniers millénaires à des taux plus importants (*degré de confiance élevé*). Il est *probable* que le taux d'élévation du niveau des mers a continué à augmenter depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. {3.7, 5.6, 13.2}
- Il est *très probable* que le taux moyen d'élévation du niveau des mers a été de 1,7 [1,5 à 1,9] mm an<sup>-1</sup> entre 1901 et 2010, 2,0 [1,7 à 2,3] mm an<sup>-1</sup> entre 1971 et 2010, et de 3,2 [2,8 à 3,6] mm an<sup>-1</sup> entre 1993 et 2010. Les données fournies par les marégraphes et les satellites altimétriques sont cohérentes en ce qui concerne la vitesse plus élevée caractérisant la dernière période. Il est *probable* que des taux aussi élevés se sont produits entre 1920 et 1950. {3.7}
- Depuis le début des années 1970, la somme de la perte de masse des glaciers et de l'expansion thermique des océans due au réchauffement expliquent environ 75% de l'élévation du niveau moyen des mers (*degré de confiance élevé*). Sur la période 1993-2010, l'élévation du niveau moyen des mers est, avec un *degré de confiance élevé*, en accord avec la somme des contributions observées de l'expansion thermique océanique due au réchauffement (1,1 [0,8 à 1,4] mm an<sup>-1</sup>), aux changements affectant les glaciers (0,76 [0,39 à 1,13] mm an<sup>-1</sup>), la calotte du Groenland (0,33 [0,25 à 0,41] mm an<sup>-1</sup>), la calotte de l'Antarctique (0,27 [0,16 à 0,38] mm an<sup>-1</sup>), et le stockage d'eaux continentales (0,38 [0,26 à 0,49] mm an<sup>-1</sup>). La somme de ces contributions est de 2,8 [2,3 à 3,4] mm an<sup>-1</sup>. {13.3}
- On peut affirmer, avec un *degré de confiance très élevé*, que le niveau moyen maximal des mers pendant la dernière période interglaciaire (il y a 129000 à 116000 ans) a été supérieur au niveau actuel d'au moins 5 m pendant plusieurs milliers d'années et, avec un *degré de confiance élevé*,

que celui-ci ne dépassait pas le niveau actuel de plus de 10 m. Au cours de la dernière période interglaciaire, la calotte glaciaire du Groenland a *très probablement* contribué à élever le niveau moyen des mers de 1,4 à 4,3 m, ce qui implique une contribution additionnelle de la calotte glaciaire de l'Antarctique (*degré de confiance moyen*). Ce changement de niveau des mers s'est produit dans le contexte d'un forçage orbital différent des conditions actuelles, et de températures de surface dans les hautes latitudes supérieures d'au moins 2°C aux températures actuelles, cela en moyenne sur plusieurs millénaires (*degré de confiance élevé*). {5.3 5.6}

## B.5. Carbone et autres quantités biogéochimiques

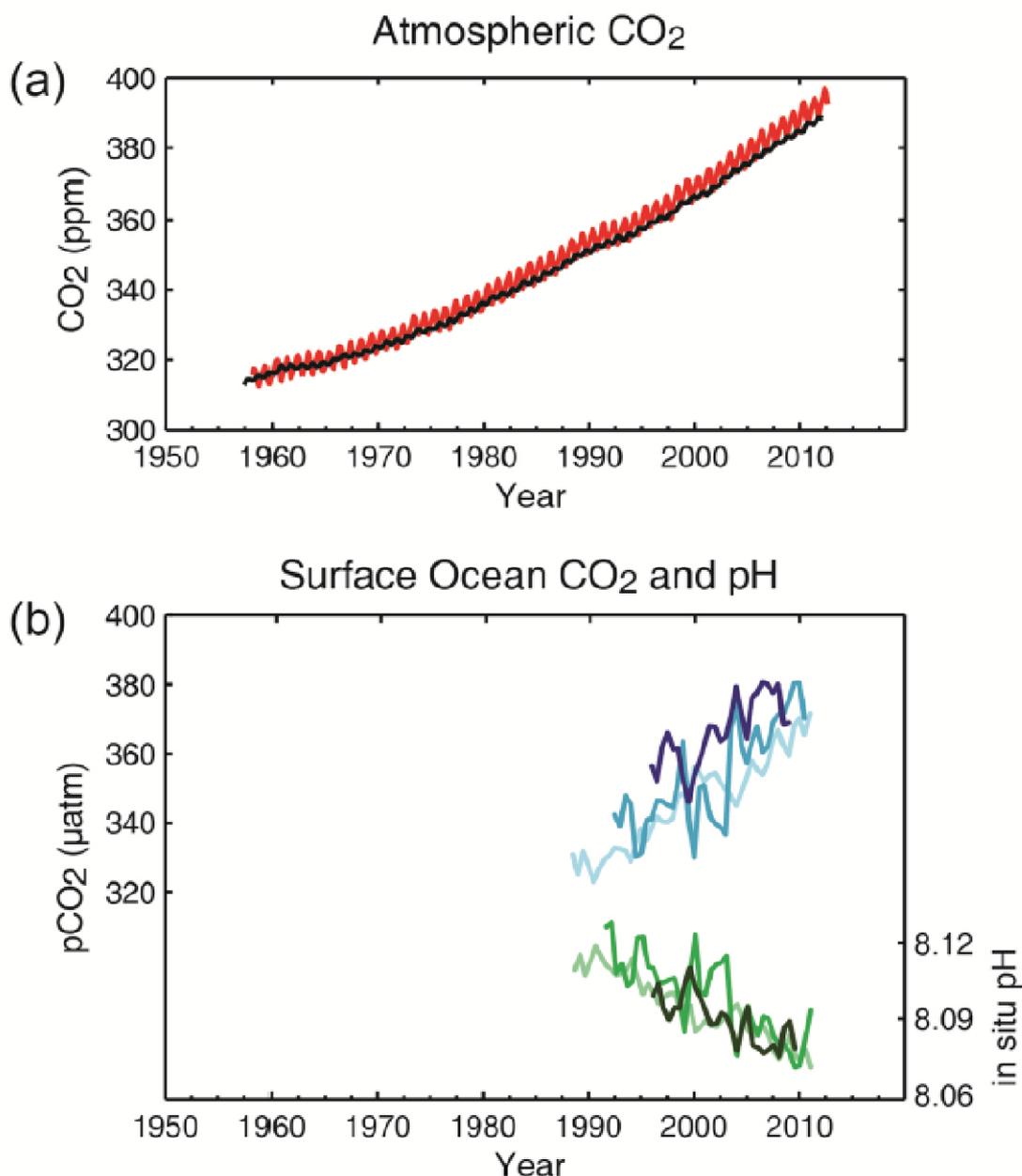
Les concentrations atmosphériques du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du méthane et de l'oxyde nitreux ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800000 ans. La concentration du CO<sub>2</sub> a augmenté de 40% depuis l'ère préindustrielle. Cette augmentation s'explique en premier lieu l'utilisation de combustibles fossiles, et en second lieu par des émissions nettes dues à des changements d'utilisation des sols. L'océan a absorbé environ 30% des émissions anthropiques de dioxyde de carbone, entraînant une acidification des océans (voir figure SPM.4). {2.2, 3.8, 5.2, 6.2, 6.3}

- Les concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre que sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) ont toutes augmenté depuis 1750 en raison des activités humaines. En 2011, les concentrations de ces gaz à effet de serre étaient de 391 ppm<sup>11</sup>, 1803 ppb, 324 ppb et dépassaient les niveaux pré-industriels respectivement d'environ 40 %, 150 %, et 20 %. {2.2, 5.2, 6.1, 6.2}
- Les concentrations de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O dépassent désormais substantiellement les plus hautes valeurs de concentrations archivées dans les carottes glaciaires sur les 800000 dernières années. Les taux moyens d'augmentation des concentrations atmosphériques au siècle dernier sont, avec un *très haut degré de confiance*, sans précédent depuis les 22000 dernières années. {5.2, 6.1, 6.2}
- Les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation de combustibles fossiles et à la production de ciment étaient de 8,3 [7,6 à 9,0] GtC<sup>12</sup> an<sup>-1</sup> en moyenne sur 2002-2011 (degré de confiance élevé) et étaient de 9,5 [8,7 à 10,3] GtC an<sup>-1</sup> en 2011, soit 54% au-dessus du niveau de 1990. Les émissions annuelles nettes de CO<sub>2</sub> anthropiques dues à des changements d'utilisation des sols étaient de 0,9 [0,1 à 1,7] GtC an<sup>-1</sup> en moyenne sur la période 2002-2011 (*degré de confiance moyen*). {6.3}
- Entre 1750 et 2011, les émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation de combustibles fossiles et à la production de ciment ont relâché 365 [335 à 395] GtC vers l'atmosphère, et l'on estime que la déforestation et d'autres changements d'utilisation des sols ont relâché 180 [100 à 260] GtC. Cela se traduit par des émissions cumulées de 545 [460 à 630] GtC. {6.3}
- Parmi ces émissions anthropiques cumulées de CO<sub>2</sub>, 240 [230 à 250] GtC se sont accumulées dans l'atmosphère, 155 [125 à 185] GtC ont été absorbées par les océans et 150 [60 à 240] GtC se sont accumulées dans les écosystèmes terrestres naturels (cf. le puits continental résiduel cumulé). {figure TS.4, 3.8, 6.3}
- L'acidification de l'océan est quantifiée par la diminution du pH<sup>13</sup>. Le pH de l'eau de mer a diminué de 0,1 depuis le début de l'ère industrielle (*degré de confiance élevé*), soit une augmentation de 26 % de la concentration en ions hydrogène (voir figure SPM.4). {3.8, encadré 3.2}

11 ppm (parties par million) ou ppb (parties par milliard) est le ratio du nombre de molécules de gaz sur le nombre total de molécules d'air sec. Par exemple, 300 ppm signifie 300 molécules de gaz pour un million de molécules d'air sec.

12 1 Gigatonne de carbone = 1 GtC = 10<sup>15</sup> gramme de carbone = 1 Pétagramme de carbone = 1 PgC. Cela correspond à 3,67 GtCO<sub>2</sub>.

13 Le pH est une mesure de l'acidité utilisant une échelle logarithmique: une diminution de la valeur du pH d'une unité correspond à une augmentation d'un facteur 10 de la concentration de l'ion hydrogène, ou acidité.



**Figure SPM.4** : Différents indicateurs observés décrivant les changements affectant le cycle de carbone global : (a) mesures des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) effectuées à Mauna Loa (19°32'N, 155° 34'O – en rouge) et au pôle Sud (89°59'S, 24°48'O – en noir) depuis 1958 ; (b) mesures de la pression partielle du CO<sub>2</sub> dissous à la surface de l'océan (courbes en bleu) et mesures *in situ* du pH (courbes en vert), une mesure de l'acidité de l'eau de mer. Les mesures présentées proviennent de trois stations de l'Océan Atlantique (29°10'N, 15°30'O – bleu foncé/vert foncé ; 31°40'N, 64°10'O – bleu/vert) et de l'Océan Pacifique (22°45'N, 158°00'O – bleu clair/vert clair). Les détails complets concernant les ensembles de données présentés ici sont fournis dans le rapport sous-jacent et les annexes du Rapport Technique. {figures 2.1 et 3.18; figure TS.5}

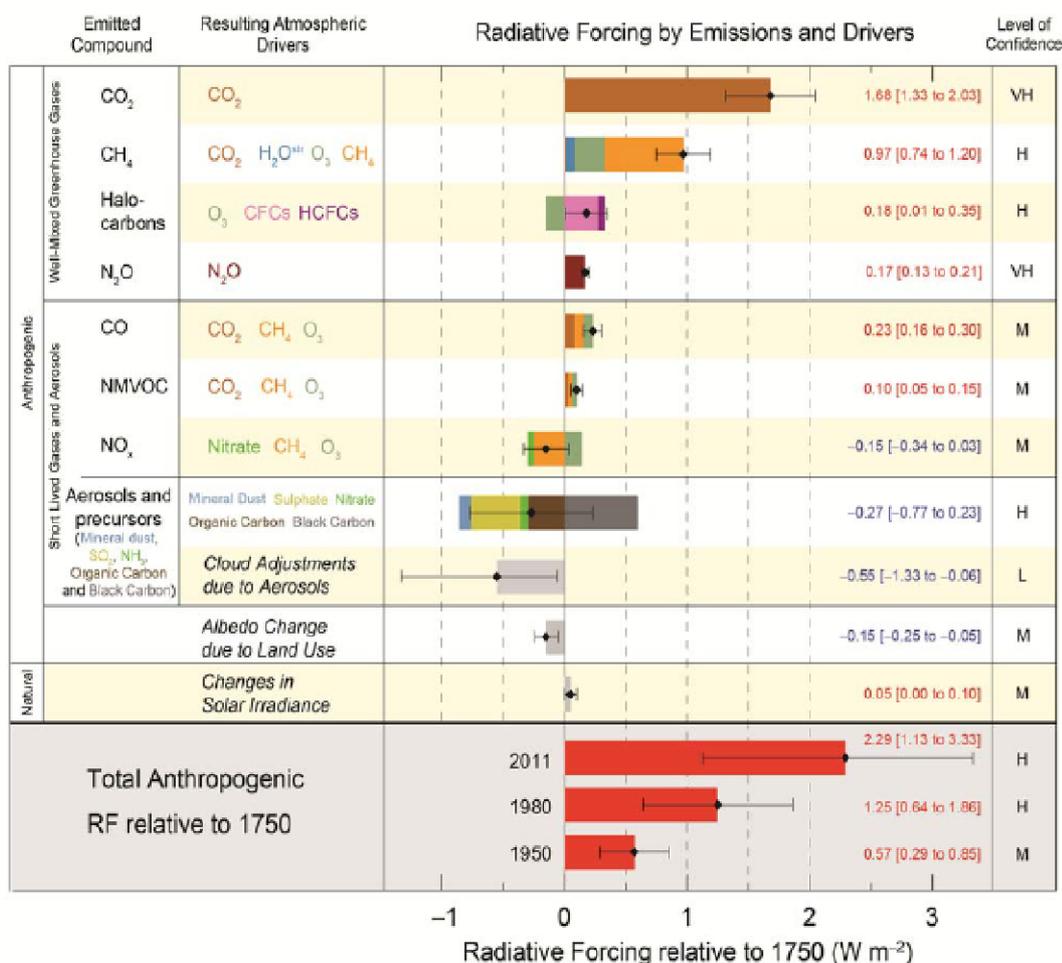
## C. Facteurs du changement climatique

*Les substances et processus naturels et anthropiques qui modifient le bilan énergétique de la Terre sont des facteurs qui provoquent le changement climatique. Le forçage radiatif<sup>14</sup> (FR) quantifie le changement des flux énergétiques dû à l'évolution de ces facteurs en 2011 relativement à 1750, sauf indication contraire. Un FR positif entraîne un réchauffement de la surface, tandis qu'un FR négatif provoque un refroidissement de la surface. Le FR est évalué sur la base d'observations in-situ et par télédétection, des propriétés des gaz à effet de serre et des aérosols, et à partir de calculs faisant appel à des modèles numériques représentant les processus observés. Certains composés émis affectent la concentration atmosphérique d'autres substances. Le FR peut être présenté sur la base des changements de concentration de chaque substance<sup>15</sup>. Alternativement, le FR d'un composé peut être présenté sur la base d'émissions, ce qui fournit un lien plus direct avec les activités humaines. Dans ce cas, il inclut les contributions de toutes les substances affectées par cette émission. Le FR anthropique total est identique entre les deux approches quand on considère tous les facteurs. Bien que les deux approches soient utilisées dans ce Résumé, les FR sur la base d'émissions sont privilégiés.*

Le forçage radiatif anthropique total est positif et a conduit à une absorption nette d'énergie par le système climatique. La plus grande contribution à ce forçage radiatif est l'augmentation de la concentration atmosphérique du CO<sub>2</sub> depuis 1750 (voir figure SMP.5). {3.2, encadré 3.1, 8.3, 8.5}.

---

14 La force de ces facteurs est quantifiée sous forme d'un *Forçage Radiatif* (FR) en Watts par mètre carré ( $W m^{-2}$ ) comme dans les précédentes évaluations du GIEC. Le FR est un changement de flux énergétique causé par un facteur, et est calculé à la tropopause ou au sommet de la troposphère. Dans le concept traditionnel de FR utilisé dans les précédents rapports du GIEC, toutes les conditions à la surface et dans la troposphère sont fixes. Pour le calcul du FR concernant les gaz à effet de serre bien mélangés et les aérosols, dans le présent rapport, les variables physiques, à l'exception de l'océan et de la banquise, peuvent réagir aux perturbations avec des ajustements rapides. Le forçage résultant est dénommé Forçage Radiatif Effectif (FRE) dans le rapport complet. Ce changement reflète les progrès scientifiques accomplis depuis les précédentes évaluations et se traduit par une indication plus fiable de la réponse thermique finale de ces facteurs. En ce qui concerne tous les facteurs autres que les gaz à effet de serre bien mélangés et les aérosols, les ajustements rapides sont moins bien caractérisés et considérés comme faibles, et dans ce cas le RF traditionnel est utilisé.



**Figure SPM.5** : Estimations du forçage radiatif en 2011 par rapport à 1750 et incertitudes agrégées associées concernant les principaux facteurs du changement climatique. Les valeurs sont des moyennes du forçage radiatif global (FR<sup>15</sup>), réparties selon les composés émis ou les processus qui aboutissent à un ensemble de facteurs. Les meilleures estimations du forçage radiatif net sont présentées sous la forme d'un losange noir avec ses intervalles d'incertitude correspondants ; les valeurs numériques sont fournies sur la droite de la figure de même que le degré de confiance (VH – très élevé, H – élevé, M – moyen, L – faible, VL – très faible). Le FR des carbonnes suies inclut le forçage de l'albédo induit par la présence de carbone suie sur la neige ou la glace. Les faibles forçages dus aux traînées de condensation (0,05 Wm<sup>-2</sup>, incluant les cirrus produits par ces traînées), aux HFC, aux PFC et aux hexafluorures de soufre (total 0,03 W m<sup>-2</sup>) ne sont pas présentés. Le forçage des volcans n'est pas inclus en raison de sa nature épisodique qui rend difficile sa comparaison aux autres mécanismes de forçage. Le forçage radiatif anthropique total est indiqué pour trois années différentes par rapport à 1750. Pour plus de détails techniques, incluant les gammes d'incertitude associées aux différentes composantes et processus, voir l'annexe du Résumé Technique. {8.5 ; figures 8.14-8.18 ; figures TS.6 et TS.7}

- Le FR anthropique total en 2011 par rapport à 1750 est de 2,29 [1,13 à 3,33] W m<sup>-2</sup> (voir figure SPM.5), et il a progressé plus rapidement depuis 1970 qu'au cours des décennies précédentes. L'estimation du FR anthropique total pour 2011 est supérieure de 43 %, comparativement à l'estimation indiquée dans RE4 pour l'année 2005. Ce résultat s'explique à la fois par la croissance continue des concentrations de la plupart des gaz à effet de serre et par l'amélioration des estimations du FR des aérosols conduisant à une atténuation de leur effet net de refroidissement. {8.5.}
- Le FR dû aux émissions des gaz à effet de serre bien mélangés (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, et hydrocarbures halogénés) en 2011 par rapport à 1750 est de 3,00 [2,22 à 3,78] W m<sup>-2</sup> (voir figure SPM.5). Le FR dû aux changements de concentration de ces gaz est de 2,83 [2,26 à 3,40] Wm<sup>-2</sup>.

{8.5}

- À elles seules, les émissions de CO<sub>2</sub> ont entraîné un FR de 1,68 [1,33 à 2,03] W m<sup>-2</sup> (voir figure SPM.5). Si l'on inclut les émissions d'autres sources contenant du carbone, qui ont également contribué à l'augmentation des concentrations de CO<sub>2</sub>, on obtient un FR du CO<sub>2</sub> de 1,82 [1,46 à 2,18] W m<sup>-2</sup>. {8.3, 8.5}
- À elles seules, les émissions de CH<sub>4</sub> ont entraîné un FR de 0,97 [0,74 à 1,20] W m<sup>-2</sup> (voir figure SPM.5). Ce résultat est nettement plus important que l'estimation basée sur la concentration de 0,48 [0,38 à 0,58] W m<sup>-2</sup> (inchangée par rapport au RE4). Cette différence dans les estimations s'explique par les changements de concentration d'ozone et de vapeur d'eau stratosphérique dus aux émissions de CH<sub>4</sub> ainsi qu'aux autres émissions affectant indirectement le CH<sub>4</sub>. {8.3, 8.5}
- Les émissions d'hydrocarbures halogénés qui contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique ont entraîné un FR net positif de 0,18 [0,01 à 0,35] W m<sup>-2</sup> (voir figure SPM.5). Leur propre FR positif a dépassé le FR négatif dû à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique qu'elles ont provoqué. Le FR de tous les hydrocarbures halogénés est similaire à la valeur du RE4, avec une réduction du FR des CFC compensée par une augmentation due à plusieurs autres produits de remplacement. {8.3, 8.5}
- Les émissions de gaz à courte durée de vie contribuent au forçage radiatif total. Il est *pratiquement certain* que les émissions de monoxyde de carbone ont entraîné un FR positif, tandis qu'il est *probable* que les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ont provoqué un FR net négatif (voir figure SPM.5). {8.3, 8.5}
- Le FR total de l'effet des aérosols, qui inclut les ajustements des nuages dus aux aérosols, est de -0,9 [-1,9 à -0,1] W m<sup>-2</sup> (*degré de confiance moyen*), et résulte d'un forçage négatif de la plupart des aérosols et d'une contribution positive due à l'absorption du rayonnement solaire par les carbonés suies. On peut affirmer, avec un *degré de confiance élevé*, que les aérosols et leur interactions avec les nuages ont contrebalancé une partie substantielle du forçage mondial moyen dû aux gaz à effet de serre bien mélangés. Ils continuent à contribuer à la plus grande part des incertitudes dans l'estimation du FR total. {7.5, 8.3, 8.5}
- Le forçage résultant d'aérosols volcaniques stratosphériques peut avoir un impact important sur le climat pendant quelques années suivant les éruptions volcaniques. Plusieurs éruptions de faible importance ont entraîné un FR de -0,11 [-0,15 à -0,08] W m<sup>-2</sup> pendant la période 2008-2011, ce qui est approximativement le double par rapport à la période 1999-2002. {8.4}
- Le FR dû aux changements du rayonnement solaire est estimé à 0,05 [0,00 à 0,10] W m<sup>-2</sup>. Les observations satellitaires concernant les changements du rayonnement solaire total de 1978 à 2011 indiquent que le dernier minimum solaire était inférieur aux deux précédents. Cela induit un FR de -0,04 [-0,08 à 0,00] W m<sup>-2</sup> entre le minimum le plus récent en 2008 et le minimum de 1986. {8.4}
- Le FR total dû aux changements de rayonnement solaire et aux aérosols stratosphériques d'origine volcanique n'ont contribué que faiblement au FR net au cours du dernier siècle, à l'exception de brèves périodes suivant de fortes éruptions volcaniques. {8.5}

## D. Compréhension du système climatique et de ses changements récents

*La compréhension des changements récents du système climatique se fonde à la fois sur les observations, l'étude des processus de rétroaction et les simulations par des modèles. L'évaluation de la capacité des modèles de climat à simuler les changements récents nécessite de prendre en compte l'état de toutes les composantes modélisées du système climatique au début de la simulation ainsi que les forçages naturels et anthropiques utilisés pour effectuer la simulation. Comparé au RE4, des observations plus détaillées sur des durées plus longues, et l'amélioration des modèles de climat permettent désormais d'attribuer les changements détectés à l'influence de l'Homme dans un plus grand nombre de composantes du système climatique.*

L'influence humaine sur le système climatique est sans équivoque. Elle est évidente en ce qui concerne l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le forçage radiatif positif, le réchauffement observé, et la compréhension du système climatique. {2-14}

### D.1 Évaluation des modèles climatiques

Les modèles climatiques se sont améliorés depuis le RE4. Les modèles reproduisent les configurations et tendances de température observées à l'échelle des continents sur plusieurs décennies, y compris le réchauffement rapide observé depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle et le refroidissement suivant immédiatement les éruptions volcaniques majeures (*très haut degré de confiance*). {9.4, 9.6, 9.8}

- Les simulations climatiques de long-terme issues de modèles simulent une tendance de la moyenne de la température du surface du globe entre 1951 et 2012 qui est en accord avec les tendances observées (*degré de confiance très élevé*). Il existe, cependant, des différences entre les tendances simulées et observées sur des durées courtes, de l'ordre de 10 à 15 ans (par exemple 1998-2012). {9.4, encadré 9.2}
- La réduction observée de la tendance du réchauffement en surface sur la période 1998-2012 par rapport à celle observée sur la période 1951-2012, est due à parts à peu près égales à une réduction de la tendance du forçage radiatif et à une contribution de la variabilité interne allant dans le sens d'un refroidissement, dont une possible redistribution de la chaleur au sein de l'océan (*degré de confiance moyen*). La réduction de la tendance du forçage radiatif est principalement due aux éruptions volcaniques et à la date de la dernière phase descendante du cycle solaire de 11 ans. Cependant, le *degré de confiance* avec lequel le rôle des changements de forçage radiatif dans la tendance au réchauffement est quantifié est *faible*. La variabilité interne décennale explique une part importante de la différence entre les observations et les simulations (*degré de confiance moyen*); il n'est pas attendu que ces dernières puissent représenter la phase de la variabilité interne. Des erreurs au niveau des forçages appliqués pourraient également contribuer ainsi que, pour certains modèles, une surestimation de la réponse liée à une augmentation du forçage des gaz à effet de serre et autres facteurs anthropiques (dominés par l'effet des aérosols). {9.4, encadré 9.2, 10.3, encadré 10.2, 11.3}
- Aux échelles régionales, la confiance dans la capacité des modèles à simuler la température en surface est moindre que pour les plus grandes échelles. Cependant, la température en surface aux échelles régionales est mieux simulée qu'au moment de la publication du RE4 (*degré de confiance élevé*). {9.4, 9.6}
- L'évaluation des événements météorologiques et climatiques extrêmes a beaucoup progressé depuis le RE4. Sur la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les moyennes mondiales simulées concernant les tendances de la fréquence des jours et nuits extrêmement chauds ou froids sont généralement cohérentes avec les observations. {9.5}
- On constate une certaine amélioration dans la simulation des configurations des précipitations à l'échelle des continents depuis le RE4. Aux échelles régionales, les précipitations ne sont pas

aussi bien simulées, et les évaluations restent difficiles en raison des incertitudes observationnelles. {9.4, 9.6}

- Certains phénomènes climatiques importants sont maintenant mieux reproduits par les modèles. La représentation des statistiques des moussons et de l'ENSO (El Niño-Southern Oscillation) par des simulations multimodèles a progressé depuis le RE4 (*degré élevé de confiance*). {9.5}
- Les modèles climatiques incluent désormais davantage de processus décrivant les nuages et les aérosols, et leurs interactions, qu'au moment de la publication du RE4, mais le *degré de confiance* dans la représentation et la quantification de ces processus dans les modèles reste *faible*. {7.3, 7.6, 9.4, 9.7}
- Il existe des éléments robustes indiquant que la tendance à la diminution de l'étendue de la banquise d'été en Arctique depuis 1979 est désormais reproduite par plus de modèles qu'au moment de la publication du RE4. Environ un quart des modèles simulent une tendance aussi prononcée ou plus prononcée que la tendance dans les observations. La plupart des modèles simule une tendance légèrement décroissante de l'étendue de la banquise en Antarctique, mais avec une forte dispersion entre modèles, alors que la tendance est légèrement positive dans les observations. {9.4}
- De nombreux modèles reproduisent les changements observés de contenu thermique de l'océan superficiel (0-700 m) entre 1961 et 2005 (*degré de confiance élevé*), la série temporelle multimodèles simulée se trouvant dans la plage des estimations observationnelles disponibles pour la majeure partie de cette période. {9.4}
- Les modèles de climat incluant le cycle du carbone (modèles de système terrestre) simulent les grandes structures des flux de CO<sub>2</sub> échangés entre l'océan et atmosphère, à savoir un dégazage dans les tropiques et une absorption dans les moyennes et hautes latitudes. Pour la majorité de ces modèles, l'activité des puits de carbone océaniques et continentaux sur la fin du XX<sup>e</sup> siècle se situe dans la gamme des estimations observationnelles. {9.4}

## D.2 Quantification des réponses du système climatique

Les études du changement de température, des rétroactions climatiques et des changements de bilan énergétique de la Terre, effectuées à partir d'observations et de modèles, apportent des éléments fiables dans l'amplitude du réchauffement de la planète en réponse au forçage passé et futur. {encadré 12.2, encadré 13.1}

- Il est *extrêmement probable* que la rétroaction nette due aux changements combinés affectant la vapeur d'eau, et la différence entre le réchauffement de l'atmosphère et de la surface est positive et que, par conséquent, celle-ci amplifie les changements climatiques. Le signe de la rétroaction radiative nette liée à tous les types de nuages combinés est *probablement* positif. L'incertitude quant au signe et à l'amplitude de la rétroaction nuageuse s'explique essentiellement par l'incertitude persistante concernant l'impact du réchauffement sur les nuages bas. {7.2}
- La sensibilité du climat à l'équilibre quantifie la réponse du système climatique à un forçage radiatif constant sur plusieurs siècles. Elle est définie comme le changement de la température moyenne du globe en surface sous l'effet d'un doublement de la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique, lorsque l'équilibre est atteint. Il est *probable* que la sensibilité climatique à l'équilibre se situe entre 1,5 et 4,5 °C (*degré de confiance élevé*), *extrêmement improbable* que celle-ci soit inférieure à 1 °C (*degré de confiance élevé*), et *très improbable* que celle-ci soit supérieure à 6 °C (*degré de confiance moyen*)<sup>16</sup>. La limite inférieure de la plage *probable* évaluée est ainsi inférieure aux 2 °C indiquée dans le RE4, mais la limite supérieure reste inchangée. Cette évaluation reflète une meilleure compréhension de la sensibilité climatique, des données d'observation plus longues portant sur l'atmosphère et l'océan, et de nouvelles estimations du

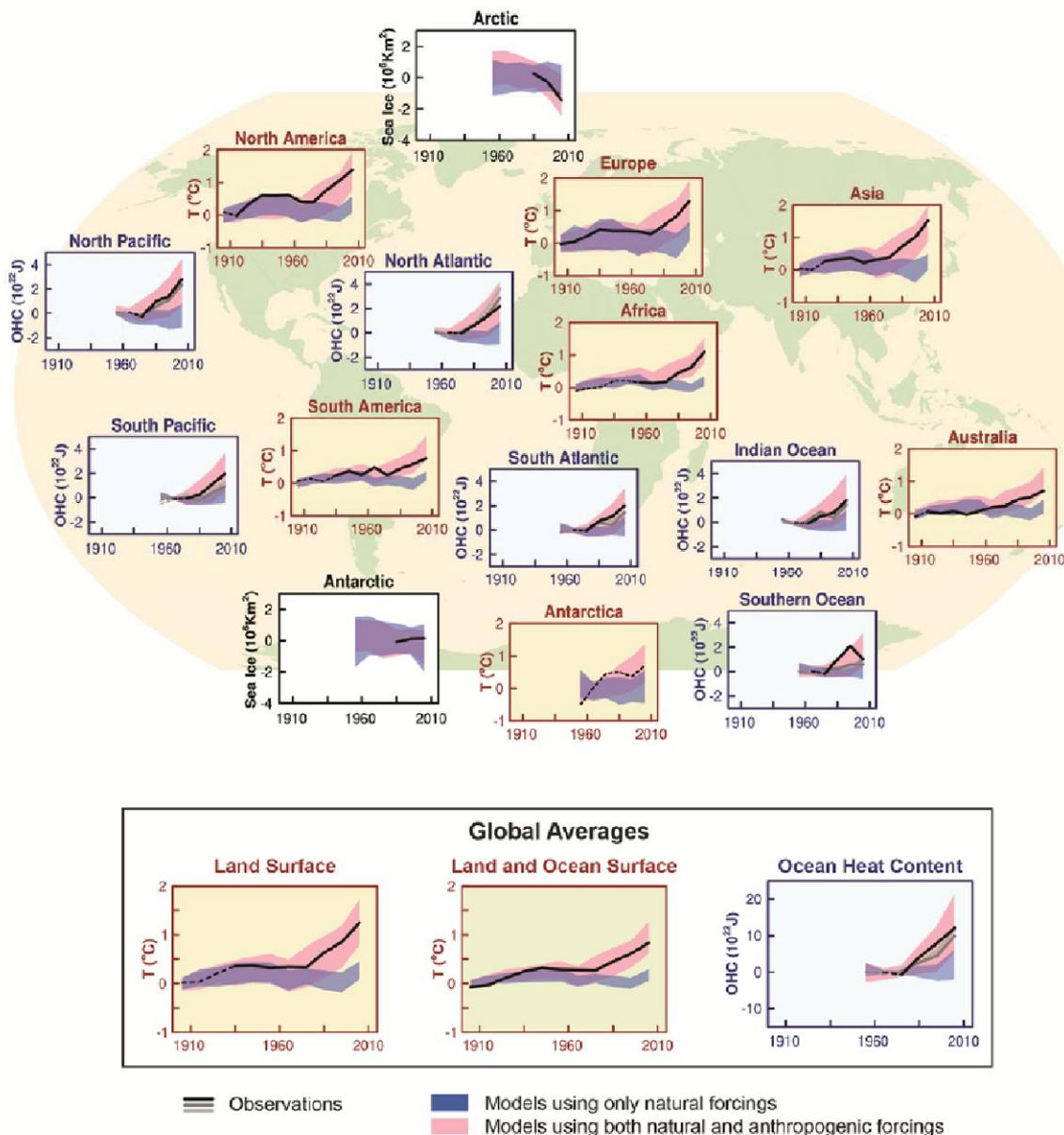
16 Il n'est pas possible de fournir d'estimation la plus probable en raison d'un manque d'accord parmi les valeurs provenant de divers éléments évalués et études.

forçage radiatif. {TFE6.1, figure 1; encadré 12.2}

- Le taux du réchauffement climatique du globe et son amplitude sont déterminés par le forçage radiatif, les rétroactions climatiques et le stockage d'énergie par le système climatique. Les estimations de ces quantités pour les dernières décennies sont cohérentes avec les estimations de la plage *probable* de la sensibilité climatique à l'équilibre aux incertitudes estimées près, ce qui fournit des éléments importants pour notre compréhension du changement climatique. {encadrés 12.2 et 13.1}
- La réponse climatique transitoire quantifie la réponse du système climatique à une augmentation du forçage radiatif sur des échelles de temps comprises entre la décennie et le siècle. Elle est définie comme le changement de la température moyenne à la surface du globe, lorsque la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique a doublé dans un scénario d'augmentation de la concentration de 1 % par an. Il est *probable* que la réponse climatique transitoire se situe entre 1,0 et 2,5 °C (*degré de confiance élevé*) et *extrêmement improbable* qu'elle soit supérieure à 3 °C. {encadré 12.2}
- Une quantité liée à la précédente est la réponse climatique transitoire aux émissions cumulées de carbone (RCTE). Elle quantifie la réponse transitoire du système climatique à des émissions de carbone cumulées (voir Section E.8). La RCTE est définie comme le changement de la température moyenne à la surface du globe pour 1000 GtC émis dans l'atmosphère. Il est *probable* que la RCTE se situe entre 0,8 et 2,5 °C pour 1000 GtC et s'applique à des émissions cumulées pouvant atteindre environ 2000 GtC jusqu'au pic des températures (voir figure SPM.9). {12.5, encadré 12.2}
- Plusieurs métriques peuvent être utilisées pour comparer les contributions des émissions de diverses substances au changement climatique. La métrique la plus appropriée, et l'horizon temporel dépendront de l'aspect du changement climatique considéré comme étant le plus important pour une application particulière. Aucune métrique ne peut comparer précisément toutes les conséquences de diverses émissions, et toutes ont leur limites et incertitudes. Le Potentiel de Réchauffement Global se fonde sur le forçage radiatif cumulé sur une période correspondant à l'horizon temporel, et le Potentiel de Réchauffement Planétaire se fonde sur le changement de la moyenne de la température de surface du globe à un moment donné. Des valeurs réactualisées sont fournies dans ce rapport. {8.7}

### **D.3 Détection et attribution des changements climatiques**

L'influence humaine a été détectée dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, les changements du cycle de l'eau planétaire, la fonte des neiges et glaces, l'élévation du niveau marin moyen, et la modification de certains extrêmes climatiques (voir figure SPM.6 et tableau SPM.1). Il existe plus de confiance dans ce résultat depuis le RE4. Il est *extrêmement probable* que l'influence humaine a été la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle. {10.3–10.6, 10.9}



**Figure SPM.6** : Comparaison des changements climatiques observés et simulés fondée sur des séries chronologiques de trois indicateurs atmosphériques de grande échelle, la cryosphère et l'océan : changement des températures de l'air au-dessus des surfaces continentales (cadres jaunes), banquise arctique et antarctique de septembre (cadres blancs), contenu thermique océanique par grands bassins (cadres bleus). Les changements moyens à l'échelle du globe sont également indiqués. Les anomalies sont données relativement à 1880-1919 pour les températures de surface, 1960-1980 pour les contenus thermiques des océans, et 1979-1999 pour la banquise. Toutes les séries chronologiques sont des moyennes décennales placées au centre des décennies. En ce qui concerne les cadres relatifs à la température, les observations sont représentées en lignes pointillées si la couverture spatiale des zones examinées est inférieure à 50 %. En ce qui concerne les cadres relatifs au contenu thermique des océans et à la banquise, la ligne continue indique les cas dans lesquels la couverture des données est bonne et de meilleure qualité, et la ligne en pointillés indique les cas dans lesquels la couverture des données est seulement suffisante, et pour lesquels l'incertitude est par conséquent plus importante. Les résultats des modèles présentés correspondent à des moyennes d'ensemble et plages de dispersions provenant du projet CMIP5 (cinquième phase de l'exercice d'intercomparaison de modèles couplés), les bandes ombrées indiquant les intervalles de confiance de 5 à 95 %. Pour plus de détails techniques, dont la définition des régions, voir l'annexe du Résumé Technique. {figure 10.21 ; figure TS.12}

- Il est *extrêmement probable* que plus de la moitié de l'augmentation observée de la température moyenne à la surface du globe entre 1951 et 2010 est due à l'augmentation anthropique des

concentrations de gaz à effet de serre et à d'autres forçages anthropiques conjugués. L'estimation la plus probable de la contribution humaine au réchauffement est similaire au réchauffement observé sur cette période. {10.3}

- La contribution des gaz à effet de serre au réchauffement moyen en surface se situe *probablement* entre 0,5 °C et 1,3 °C au cours de la période 1951–2010, les contributions des autres forçages anthropiques, y compris l'effet refroidissant des aérosols, se situant *probablement* entre –0,6 °C et 0,1 °C. La contribution des forçages naturels se situe *probablement* entre –0,1 °C et 0,1 °C, et celle de la variabilité interne *probablement* entre –0,1 °C et 0,1 °C. La somme de ces contributions estimées est cohérente avec le réchauffement observé d'environ 0,6 à 0,7°C, au cours cette période. {10.3}
- Dans toutes les régions continentales à l'exception de l'Antarctique, il est *probable* que les forçages anthropiques ont contribué substantiellement à l'augmentation des températures en surface depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle (voir figure SPM.6). En ce qui concerne l'Antarctique, les importantes incertitudes observationnelles ne donnent qu'*un faible degré de confiance* sur le fait que les forçages anthropiques aient contribué au réchauffement observé, dont la moyenne a été calculée à partir des stations disponibles. Il est *probable* que les forçages anthropiques aient contribué au réchauffement très important observé en Arctique depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle. {2.4, 10.3}
- Il est très probable que l'influence anthropique, en particulier sur les gaz à effet de serre et la déplétion d'ozone stratosphérique, a entraîné une structure de réchauffement troposphérique détectable dans les observations, et un refroidissement associé dans la basse stratosphère depuis 1961. {2.4, 9.4, 10.3}
- Il est *très probable* que les forçages anthropiques ont contribué significativement à l'augmentation du contenu thermique de l'océan superficiel (0-700 m) observée depuis les années 1970 (voir figure SPM.6). Des éléments suggèrent une influence humaine dans certains bassins océaniques. {3.2, 10.4}
- Il est *probable* que les influences anthropiques ont affecté le cycle de l'eau mondial depuis 1960. Les influences anthropiques ont contribué aux augmentations du contenu atmosphérique en vapeur d'eau (*degré de confiance moyen*), à des changements des configurations des précipitations sur continents à l'échelle du globe (*degré de confiance moyen*), à l'intensification des événements de fortes précipitations sur les régions continentales où les données sont suffisantes (*degré de confiance moyen*), et à des changements de salinité océanique en surface et en sub-surface (*très probable*). {2.5, 2.6, 3.3, 7.6, 10.3, 10.4}
- Depuis le SREX, les éléments suggérant une influence humaine sur les températures extrêmes sont devenus encore plus probants. Il est désormais *très probable* que l'influence humaine a contribué à des changements observés à l'échelle globale relatifs à la fréquence et l'intensité des extrêmes journaliers de température depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, et *probable* que l'influence humaine a plus que doublé la probabilité d'occurrence des vagues de chaleur en certains endroits (voir table SPM.1). {10.6}
- Les influences anthropiques ont *très probablement* contribué à la fonte de la banquise en Arctique depuis 1979. Le *degré de confiance* dans la compréhension scientifique de la légère augmentation observée de l'étendue de la banquise en Antarctique est *faible*, en raison des explications scientifiques incomplètes et contradictoires des causes du changement et du *faible degré de confiance* concernant les estimations de la variabilité interne dans cette région (voir figure SPM.6). {10.5}
- Il est probable que les influences anthropiques ont contribué au recul des glaciers depuis les années 1960 et à l'augmentation de la perte de masse de la calotte glaciaire du Groenland depuis 1993. En raison du faible niveau de compréhension scientifique, le *degré de confiance* est *faible* quant à attribuer les causes de la perte de masse observée de la calotte glaciaire de l'Antarctique au cours des deux dernières décennies. {4.3, 10.5}
- Il est *probable* qu'il existe une contribution anthropique au recul du manteau neigeux de printemps observé dans l'hémisphère Nord depuis 1970. {10.5}

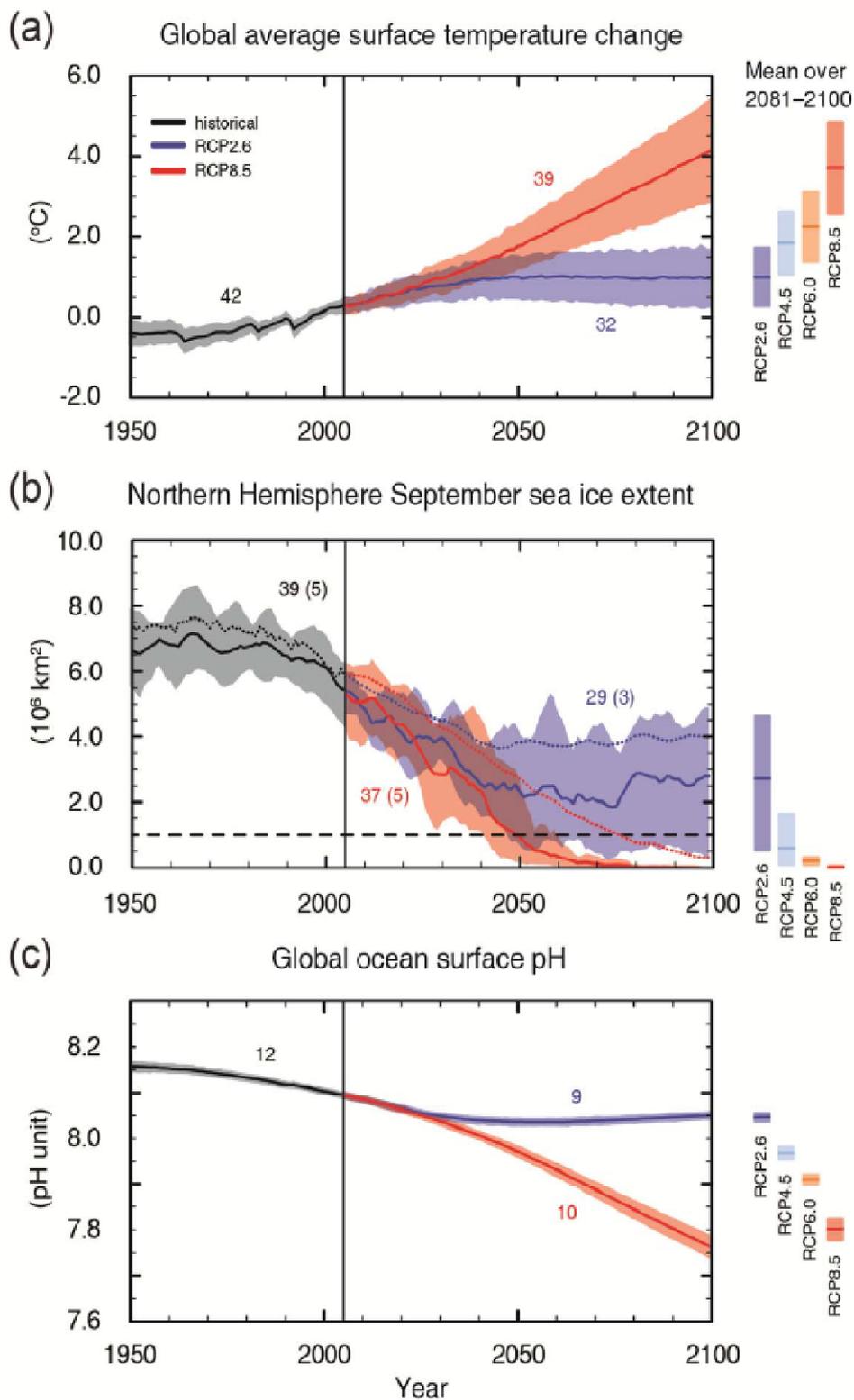
- Il est très probable que la contribution anthropique à l'élévation du niveau des mers depuis les années 1970 est significative. Ce résultat découle du *degré de confiance élevé* quant à l'influence anthropique sur les deux principales contributions à l'élévation du niveau des mers que sont l'expansion thermique des océans et la perte de masse des glaciers. {10.4., 10.5, 13.3}
- Sur la base de mesures directes du rayonnement solaire total, on peut affirmer avec un *degré de confiance élevé* que les changements de ce rayonnement n'ont pas contribué au réchauffement de la planète au cours de la période 1986 à 2008, période pour laquelle les mesures directes par satellite du rayonnement solaire total sont disponibles. Le cycle de variabilité solaire de 11 ans influe sur les fluctuations climatiques décennales dans certaines régions (*degré de confiance moyen*). Aucun lien robuste entre les changements de rayonnement cosmique et la nébulosité n'a été identifié. {7.4, 10.3, encadré 10.2}

## E. Les changements climatiques mondiaux et régionaux à venir

*Les projections des changements au sein du système climatique sont réalisées à l'aide d'une hiérarchie de modèles climatiques qui comprend des modèles climatiques simples, des modèles de complexité intermédiaire, des modèles climatiques détaillés et des modèles du système terrestre. Ces modèles simulent les changements à partir d'un ensemble de scénarios de forçages anthropiques. Un nouvel ensemble de scénarios, les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP), a été utilisé pour les nouvelles simulations de modèles climatiques réalisées dans le cadre de la cinquième phase du Projet de comparaison de modèles couplés (CMIP5) du Programme mondial de recherches sur le climat. Dans tous les RCP, les concentrations atmosphériques du CO<sub>2</sub> sont plus élevées en 2100 qu'actuellement, en raison d'une poursuite de l'augmentation du cumul des émissions de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère au cours du XXI<sup>e</sup> siècle (voir encadré SPM.1). Les projections dans ce Résumé pour Décideurs sont données pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (2081-2100), relativement à 1986-2005, sauf mention contraire. Pour placer ces projections dans un contexte historique, il est nécessaire de considérer les changements entre différentes périodes. Sur la base de la plus longue série d'observations disponible de température de surface du globe, le changement observé entre la moyenne de la période 1850-1900 et de la période de référence du RE5 est de 0,61 [0,55 à 0,67] °C. Cependant, le réchauffement s'est poursuivi après la période de référence du RE5. Ainsi ces chiffres ne sont pas une estimation du réchauffement historique observé jusqu'à présent (voir chapitre 2).*

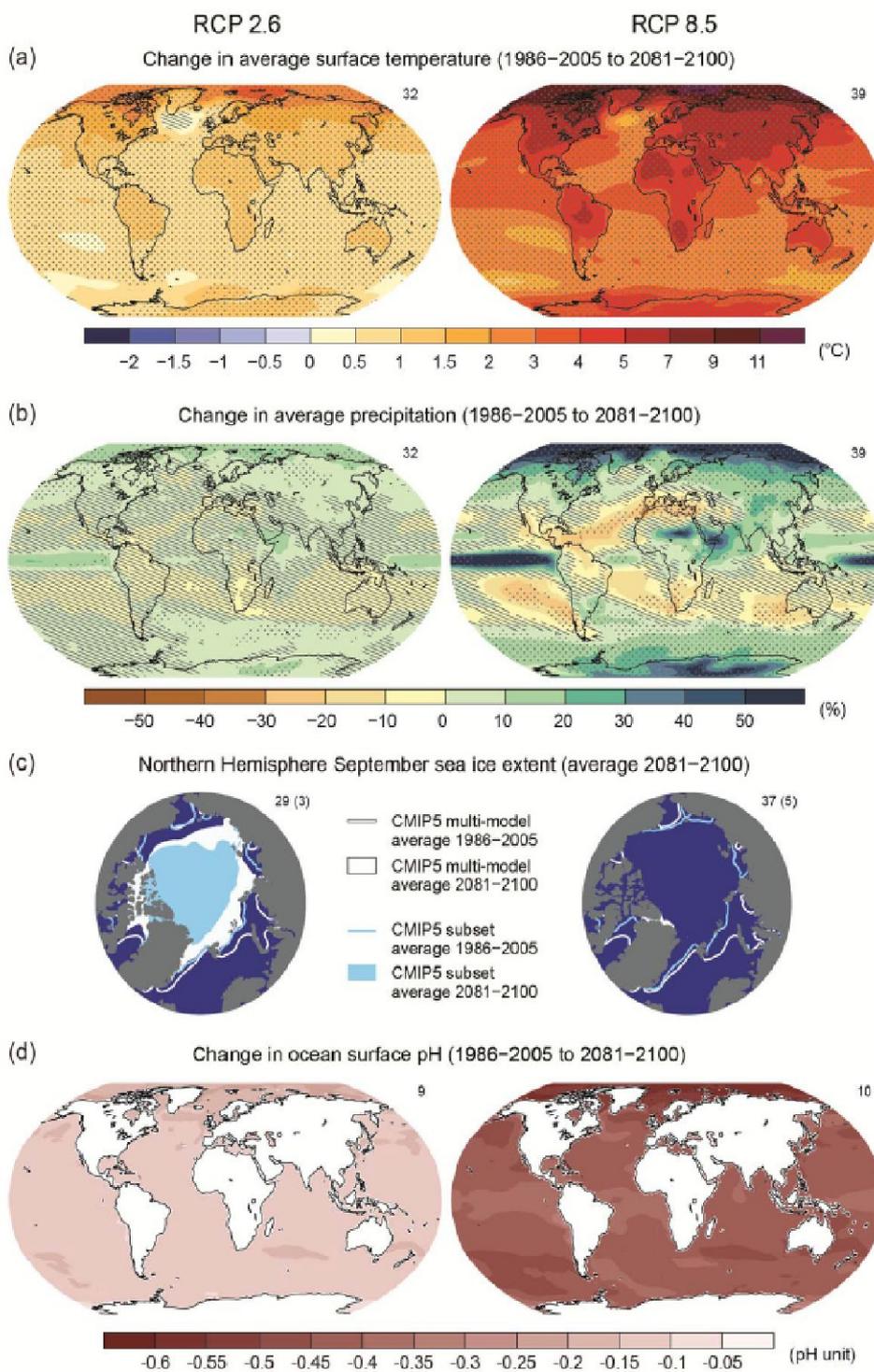
De nouvelles émissions de gaz à effet de serre impliqueront une poursuite du réchauffement et des changements affectant toutes les composantes du système climatique. Limiter le changement climatique demandera une réduction significative et durable des émissions de gaz à effet de serre. {chapitres 6, 11, 12, 13, 14}

- Les projections pour les prochaines décennies font apparaître des structures de changement climatique similaires à celles projetées plus tard au cours du XXI<sup>e</sup> siècle mais avec une amplitude moindre. La variabilité naturelle continue de jouer un rôle majeur sur le climat, en particulier pour le court terme et à l'échelle régionale. Vers le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle, l'ampleur des changements projetés dépend fortement du choix du scénario d'émissions (encadré SPM.1). {11.3, encadré 11.1, Annexe I}
- Le changement climatique projeté sur la base des RCP est similaire au RE4, à la fois en terme de structure et d'amplitude, en prenant en compte les différences de scénarios. La dispersion des projections pour les RCP les plus intenses est moindre que pour les scénarios analogues utilisés dans le RE4 car, à la différence des scénarios d'émission SRES utilisés dans le RE4, les RCP utilisés dans le RE5 sont définis comme des profils de concentration et donc les incertitudes liées au cycle du carbone affectant les concentrations atmosphériques en CO<sub>2</sub> ne sont pas prises en compte dans les simulations CMIP5 forcées par des concentrations. L'élévation du niveau des mers projetée est plus grande que dans le RE4, principalement en raison d'une amélioration de la modélisation de la contribution des glaces continentales. {11.3, 12.3, 12.4, 13.4, 13.5}



**Figure SPM.7 :** Séries chronologiques simulées à partir de plusieurs modèles CMIP5 de 1950 à 2100 pour (a), le changement de température annuelle moyenne du globe en surface par rapport à la période 1986–2005 (voir le Tableau SPM.2 pour les autres périodes de référence). (b), l'étendue de la banquise de l'hémisphère Nord en septembre (moyenne glissante sur 5 ans), et (c), le pH moyen de la surface de l'océan à l'échelle globale. Les séries chronologiques des projections et une mesure de l'incertitude (parties ombrées) sont présentées pour les scénarios RCP2.6 (en bleu) et RCP8.5 (en rouge). Le noir (couleur grise) représente l'évolution historique modélisée à l'aide des forçages historiques reconstruits. Les moyennes et incertitudes associées sur la période 2081-2100 sont fournies pour tous les scénarios RCP sous forme de barres verticales de couleur. Le nombre de modèles CMIP5 utilisés pour calculer la moyenne multimodèle est indiqué. Pour l'étendue de banquise (b), la moyenne projetée et l'incertitude (plage minimum-maximum) du sous-ensemble de modèles qui reproduisent le plus fidèlement la moyenne climatologique et l'évolution de la banquise Arctique pour la période 1979-2012 sont fournis. Par souci d'exhaustivité, la moyenne multimodèle CMIP5 est indiquée par des points. La courbe en pointillés représente des conditions pratiquement sans glace (i.e. lorsque le minimum annuel de l'étendue de banquise est inférieur à 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> pendant au moins cinq

années consécutives). Pour plus de détails techniques, voir l'annexe du Résumé Technique. {figures 6.28, 12.5 et 12.28–12.31 ; figures TS.15, TS.17 et TS.20}



**Figure SPM.8** : Cartes des moyennes multimodèles CMIP5 pour les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 pour la période 2081–2100 pour (a) le changement de la température en surface, (b) le changement moyen en pourcentage des précipitations moyennes annuelles, (c) l'étendue de la banquise dans l'hémisphère Nord en septembre et (d) le changement du pH de la surface des océans. Les changements indiqués dans les parties (a), (b) et (d) sont relatifs à la période 1986–2005. Le nombre de modèles CMIP5 utilisés pour calculer la moyenne multimodèle est indiqué dans l'angle supérieur droit de chaque image. Pour les parties (a) et (b), les hachures signalent les régions dans lesquelles la moyenne multimodèle est faible par rapport à la variabilité interne (i.e. moins d'un écart-type de la variabilité interne sur des moyennes de 20 ans). Les pointillés signalent les régions dans lesquelles la moyenne multimodèle est grande par rapport à la variabilité interne (i.e. supérieure à deux écarts-types dans les moyennes de 20 ans) et dans lesquelles 90 % des modèles s'accordent sur le signe du changement (voir encadré 12.1). Dans la partie (c), les lignes représentent les moyennes modélisées pour la période 1986–2005 ; les zones remplies concernent la fin du siècle. La moyenne multimodèle CMIP5 est indiquée en blanc, la moyenne projetée de

l'étendue de banquise d'un sous-ensemble de modèles qui reproduisent le plus fidèlement la moyenne climatologique et l'évolution de la banquise arctique sur la période 1979-2012 sont indiquées en bleu clair. Pour plus de détails techniques, voir l'annexe du Résumé Technique. {figures 6.28, 12.11, 12.22 et 12.29; figures TS.15, TS.16, TS.17 et TS.20}

		2046-2065		2081-2100	
Variable	Scénario	moyenne	plage probable <sup>c</sup>	moyenne	plage probable <sup>c</sup>
Changement de la température moyenne à la surface du globe (°C) <sup>a</sup>	RCP2.6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP4.5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP6.0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP8.5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
		moyenne	plage probable <sup>d</sup>	moyenne	plage probable <sup>d</sup>
Élévation du niveau moyen des mers (m) <sup>b</sup>	RCP2.6	0,24	0,17 à 0,32	0,40	0,26 à 0,55
	RCP4.5	0,26	0,19 à 0,33	0,47	0,32 à 0,63
	RCP6.0	0,25	0,18 à 0,32	0,48	0,33 à 0,63
	RCP8.5	0,30	0,22 à 0,38	0,63	0,45 à 0,82

**Tableau SPM.2** : Changement projeté de la moyenne de la température de l'air à la surface du globe et de l'élévation du niveau moyen des mers pour le milieu et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. {12.4 ; Tableaux 12.2 et 13.5}

**Notes :**

(a) Basé sur l'ensemble CMIP5 ; anomalies calculées par rapport à la période 1986–2005. À l'aide de HadCRUT4 et de son estimation de l'incertitude (intervalle de confiance de 5–95 %), le réchauffement observé pour la période de référence 1986–2005 utilisée pour les projections est de 0,61 [0,55 à 0,67] °C par rapport à 1850–1900, 0,30 [0,27 à 0,33] °C par rapport à 1961–1990 et 0,11 [0,09 à 0,13] °C par rapport à 1980–1999. {2.4.3 ; Tableaux 12.2 et 12.3}

(b) Basée sur 21 modèles CMIP5 ; anomalies calculées par rapport à la période 1986–2005. Lorsque les résultats de CMIP5 n'étaient pas disponibles pour un MCGAO et un scénario particuliers, ces résultats étaient estimés de la manière exposée dans le Tableau 13.5 au Chapitre 13. Les contributions du changement de dynamiques rapides des calottes glaciaire et du stockage anthropique de l'eau dans les terres émergées sont traitées comme ayant des distributions de probabilité uniformes et comme étant en grande partie indépendante du scénario. Ce traitement n'implique pas que les contributions concernées ne dépendront pas du scénario suivi mais seulement que l'état actuel des connaissances ne permet pas une évaluation quantitative de cette dépendance. En l'état actuel des connaissances, seul l'effondrement de secteurs marins de la calotte glaciaire de l'Antarctique, si celui-ci était provoqué, pourrait faire monter de manière importante le niveau moyen de mers au-dessus de la plage *probable* au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. L'on peut affirmer avec un *degré de confiance moyen* que cette contribution supplémentaire ne représenterait pas une augmentation du niveau des mers supérieure à plusieurs décimètres au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.

(c) Calculées à partir des projections comme étant des plages de 5–95 % de l'ensemble des modèles. Ces plages sont ensuite évaluées comme étant des plages *probables* après avoir pris en compte les incertitudes supplémentaires ou les différents niveaux de confiance dans les modèles. Pour les projections du changement de la température moyenne à la surface du globe en 2046–2065, le *degré de confiance* est *moyen*, car les contributions du forçage radiatif et des conditions initiales à l'incertitude de la réponse de la température sont plus importantes que pour la période 2081–2100. Les plages probables pour 2046–2065 ne prennent pas en compte l'influence possible des facteurs qui causent des projections de la température moyenne à la surface du globe à court terme (2016–2035) inférieures aux plages de 5–95 % de l'ensemble des modèles, car l'influence de ces facteurs sur les projections à long terme n'a pas pu être quantifiée en raison de l'insuffisance des connaissances scientifiques. {11.3.6}

(d) Calculées à partir des projections comme étant des plages de 5–95 % de l'ensemble des modèles. Ces plages sont ensuite évaluées comme étant des plages *probables* après avoir pris en compte les incertitudes supplémentaires ou les différents niveaux de confiance dans les modèles. En ce qui concerne les projections de l'élévation du niveau moyen des mers, le *degré de confiance* est *moyen* pour les deux horizons temporels.

## **E.1. Atmosphère : température**

Le changement de la température moyenne du globe en surface pour la fin du XXI<sup>e</sup> dépassera *probablement* 1,5°C relativement à 1850-1900 pour tous les scénarios RCP sauf pour le scénario RCP2.6. Il est *probable* qu'il dépassera 2°C pour les scénarios RCP6.0 et RCP8.5, et il est *plus probable qu'improbable* qu'il dépasse 2°C pour le scénario RCP4.5. Le réchauffement se poursuivra au-delà de 2100 pour tous les scénarios RCP à l'exception du RCP2.6. Le réchauffement continuera à présenter de la variabilité interannuelle à décennale et ne sera pas uniforme d'une région à l'autre (voir figures SPM 7 et SPM.8). {11.3, 12.3, 12.4, 14.8}

- Le changement de la température moyenne à la surface du globe pour la période 2016–2035 relativement à 1986-2005 sera *probablement* compris entre 0,3°C et 0,7°C (*degré de confiance moyen*). Cette conclusion s'appuie sur de nombreux éléments et sous l'hypothèse qu'aucune éruption volcanique intense ou changement séculaire d'insolation n'ait lieu. Il est attendu que les augmentations des températures moyennes saisonnières et annuelles rapportées à la variabilité naturelle interne soient plus importantes dans les tropiques et subtropiques que dans les moyennes latitudes (*degré de confiance élevé*). {11.3}
- L'augmentation des températures moyennes à la surface du globe pour la période 2081–2100, relativement à 1986-2005, sera probablement dans les plages calculées à partir des simulations CMIP5 issues de modèles forcés par des concentrations, c.-à-d., 0,3°C à 1,7°C (RCP2.6), 1,1°C à 2,6°C (RCP4.5), 1,4°C à 3,1°C (RCP6.0), 2,6°C à 4,8°C (RCP8.5). L'Arctique se réchauffera plus rapidement que l'ensemble du globe, et le réchauffement moyen sur les continents sera supérieur à celui sur les océans (*degré de confiance très élevé*) (voir figure SPM.7 et SPM.8, tableau SPM.2). {12.4, 12.8}
- En prenant comme référence la période 1850-1900, selon les projections, l'augmentation de température vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle dépassera *probablement* 1,5°C pour le scénario RCP4.5, RCP6.0 et RCP8.5 (*degré de confiance élevé*). Un réchauffement au-delà de 2°C est *probable* pour RCP6.0 et RCP8.5 (*degré de confiance moyen*), *plus probable qu'improbable* pour RCP4.5 (*degré de confiance élevé*), mais improbable pour RCP2.6 (*degré de confiance moyen*). Il est *improbable* que le réchauffement dépasse 4°C pour les scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP6.0 (*degré de confiance élevé*) et il est *à peu près aussi probable qu'improbable* qu'il dépasse 4°C pour le scénario RCP8.5 (*degré de confiance moyen*). {12.4}
- Il est *pratiquement certain* que, dans la plupart des régions continentales, les extrêmes chauds seront plus nombreux et les extrêmes froids moins nombreux aux échelles quotidienne et saisonnière, à mesure que la température moyenne du globe augmentera. Il est *très probable* que les vagues de chaleur seront plus fréquentes et dureront plus longtemps. Toutefois, des extrêmes froids pourront se produire occasionnellement en hiver (voir tableau SPM.1). {12.4}

## **E.2. Atmosphère : cycle de l'eau**

Les changements concernant le cycle de l'eau mondial en réponse au réchauffement sur le XXI<sup>e</sup> siècle ne seront pas uniformes. Le contraste de précipitation entre régions humides et régions sèches, et entre saisons humides et saisons sèches augmentera, bien qu'il puisse exister des exceptions régionales (*degré de confiance élevé*) (voir figure SPM.7). {12.4, 14.3}

- Les changements projetés concernant le cycle de l'eau pour les prochaines décennies font apparaître des configurations à grande échelle similaires à ceux de la fin du siècle, avec toutefois une amplitude moins forte. Au cours des prochaines décennies, les changements projetés à l'échelle régionale seront fortement influencés par la variabilité interne, et pourraient être affectés par les émissions anthropiques d'aérosols. {11.3}
- La moyenne annuelle des précipitations augmentera *probablement* dans les hautes latitudes et l'Océan Pacifique équatorial d'ici la fin de ce siècle dans le cas du scénario RCP8.5. Dans de nombreuses régions des moyennes latitudes et dans les régions subtropicales arides, les précipitations diminueront *probablement*, tandis que dans de nombreuses régions humides des

moyennes latitudes, les précipitations moyennes augmenteront *probablement* d'ici la fin de ce siècle dans le cas du scénario RCP8.5 (voir figure SPM.8). {7.6, 12.4, 14.3}

- Les événements de précipitations extrêmes deviendront *très probablement* plus intenses et fréquents sur les continents des moyennes latitudes et les régions tropicales humides d'ici la fin de ce siècle, en lien avec l'augmentation de la températures moyenne en surface (voir table SPM.1). {7.6, 12.4}
- À l'échelle du globe, il est *probable* que les régions concernées par les systèmes de mousson vont s'étendre au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Tandis qu'il est *probable* que les circulations de mousson s'affaiblissent, il est *probable* que les précipitations de mousson s'intensifient, en raison de l'augmentation de l'humidité de l'air. Il est *probable* que les dates du début de la mousson surviennent plus tôt ou ne connaissent pas de changement important. Il est *probable* que les dates de fin de la mousson surviennent plus tard, ce qui se traduira donc par un allongement de la saison de la mousson dans de nombreuses régions. {14.2}
- L'oscillation australe El Niño (ENSO) va *très probablement* rester le mode de variabilité interannuelle dominant dans le Pacifique tropical (avec des influences à l'échelle du globe) au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. En raison des changements affectant la disponibilité de l'humidité, la variabilité des précipitations liées à l'ENSO à l'échelle régionale va *probablement* s'intensifier. Les modulations naturelles de l'amplitude et de la configuration spatiale de l'ENSO sont importantes et le *degré de confiance* concernant leurs changements spécifiques et phénomènes régionaux associés pour le XXI<sup>e</sup> siècle reste par conséquent *faible*. {5.4, 14.4}

### **E.3. Atmosphère : qualité de l'air**

- La gamme des projections de qualité de l'air (ozone et PM2.5<sup>17</sup> dans les basses couches atmosphériques) est essentiellement déterminée par les émissions (dont le CH<sub>4</sub>), plutôt que par le changement climatique physique (*degré de confiance moyen*). On peut affirmer avec un *degré de confiance élevé* qu'en moyenne globale, le réchauffement diminue la concentration de fond de l'ozone en surface. Des concentrations élevées en CH<sub>4</sub> (RCP8.5) peuvent retarder cette diminution, ce qui augmente la concentration de fond de l'ozone d'environ 8ppb (soit 25% des niveaux actuels) vers l'année 2100, relativement aux scénarios à faibles changements de CH<sub>4</sub> (RCP4.5, RCP6.0) (*degré de confiance élevé*). {11.3}
- Des éléments observationnels et issus de la modélisation indiquent que, toutes choses égales par ailleurs, des températures en surface localement élevées dans des régions polluées déclencheront des rétroactions chimiques régionales et des émissions qui augmenteront les pics de concentration d'ozone et de PM2.5 (*degré de confiance moyen*). Pour les PM2.5, le changement climatique pourrait altérer les sources naturelles d'aérosols, ainsi que le lessivage des aérosols par les précipitations, mais aucun degré de confiance n'est fourni quant à l'impact du changement climatique sur la distribution des PM2.5.

### **E.4. L'océan**

L'Océan global continuera à se réchauffer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. De la chaleur sera absorbée à la surface et pénétrera jusqu'à l'océan profond, affectant la circulation océanique. {11.3, 12.4}

- D'après les projections, le signal de réchauffement le plus fort concernera l'océan superficiel des régions tropicales et des régions subtropicales de l'hémisphère Nord. Plus en profondeur, le réchauffement sera le plus prononcé dans l'océan Austral (*haut degré de confiance*). Les estimations les plus probables du réchauffement de l'océan sur les cent premiers mètres sont d'environ 0,6°C (RCP2.6) à 2,0°C (RCP8.5), et d'environ 0,3°C (RCP2.6) à 0,6°C (RCP8.5) à une profondeur d'environ 1000 m vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. {12.4, 14.3}
- Il est *très probable* que la circulation méridienne de retournement de l'océan Atlantique (CMOA)

17 PM2.5 fait référence à des particules de matière dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres, une mesure de la concentration atmosphérique en aérosols.

va s'affaiblir au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les estimations les plus probables et intervalles<sup>18</sup> pour le déclin de la CMOA obtenus à partir de CMIP5 sont de 11% (1 à 24%) pour RCP2.6 et 34% (12 à 54%) pour RCP8.5. Il est *probable* qu'il y aura un déclin de la CMOA vers 2050. Toutefois, la CMOA pourrait augmenter au cours de certaines décennies en raison d'une importante variabilité interne. {11.3, 12.4}

- Au vu des scénarios pris en compte, il est *très improbable* que la CMOA subisse une transition brutale ou s'effondre au cours du XXI<sup>e</sup> siècle pour les scénarios pris en compte. Il y a une *faible degré de confiance* en ce qui concerne l'évaluation de l'évolution de la CMOA après le XXI<sup>e</sup> siècle en raison du nombre limité d'analyses et du caractère ambigu des résultats. Cependant, un effondrement après le XXI<sup>e</sup> siècle en raison d'un réchauffement important et prolongé ne peut être exclu. {12.5}

## E.5. La cryosphère

Il est très probable qu'au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, l'étendue de la couverture de banquise arctique, et son épaisseur, continueront à diminuer, de même que l'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps, en lien avec le réchauffement des températures. Le volume des glaciers continuera à diminuer. {12.4, 13.4}

- Les projections multimodèles pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle indiquent que l'étendue de la banquise diminuera quel que soit le mois de l'année. Pour le mois de septembre, la diminution est comprise entre 43 % pour le scénario RCP2.6 et 94 % pour le scénario RCP8.5. Pour le mois de février, elle est de 8% pour le scénario RCP2.6 et de 34 % pour le scénario RCP8.5 (*degré de confiance moyen*) (voir figures SPM.7 et SPM.8). {12.4}
- Selon une évaluation d'un sous-ensemble de modèles qui reproduisent le plus fidèlement la moyenne climatologique et la tendance de l'étendue de la banquise arctique sur la période 1979-2012, un océan Arctique pratiquement sans glace<sup>19</sup> en septembre avant le milieu du siècle est *probable* d'après le scénario RCP8.5 (*degré de confiance moyen*) (voir figures SPM.7 et SPM.8). Une projection de l'année du XXI<sup>e</sup> à partir de laquelle l'Arctique pourrait être pratiquement sans banquise en septembre ne peut pas être effectuée avec confiance pour les autres scénarios. {11.3, 12.4, 12.5}
- En Antarctique, les projections pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle font état d'une diminution de l'étendue et du volume de la banquise, avec un *faible degré de confiance*, en même temps qu'augmentera la température moyenne à la surface du globe. {12.4}
- Les projections pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle indiquent que le volume total des glaciers, en excluant les glaciers périphériques de l'Antarctique, diminuera de 15 à 55% (RCP2.6), et de 35 à 85% (RCP8.5) (*degré de confiance moyen*). {13.4, 13.5}
- Les projections pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle indiquent que la surface du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps diminuera de 7% pour le scénario RCP2.6 et de 25% pour le scénario RCP8.5 (*degré de confiance moyen*). {12.4}
- Il est pratiquement certain que l'étendue du pergélisol de surface (jusqu'à 3,5m de profondeur) diminuera dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord, tandis que la température moyenne à la surface du globe augmente. Vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, la superficie du pergélisol de surface diminuera, selon les projections, de 37 % (RCP2.6) à 81 % (RCP8.5) (*degré de confiance moyen*). {12.4}

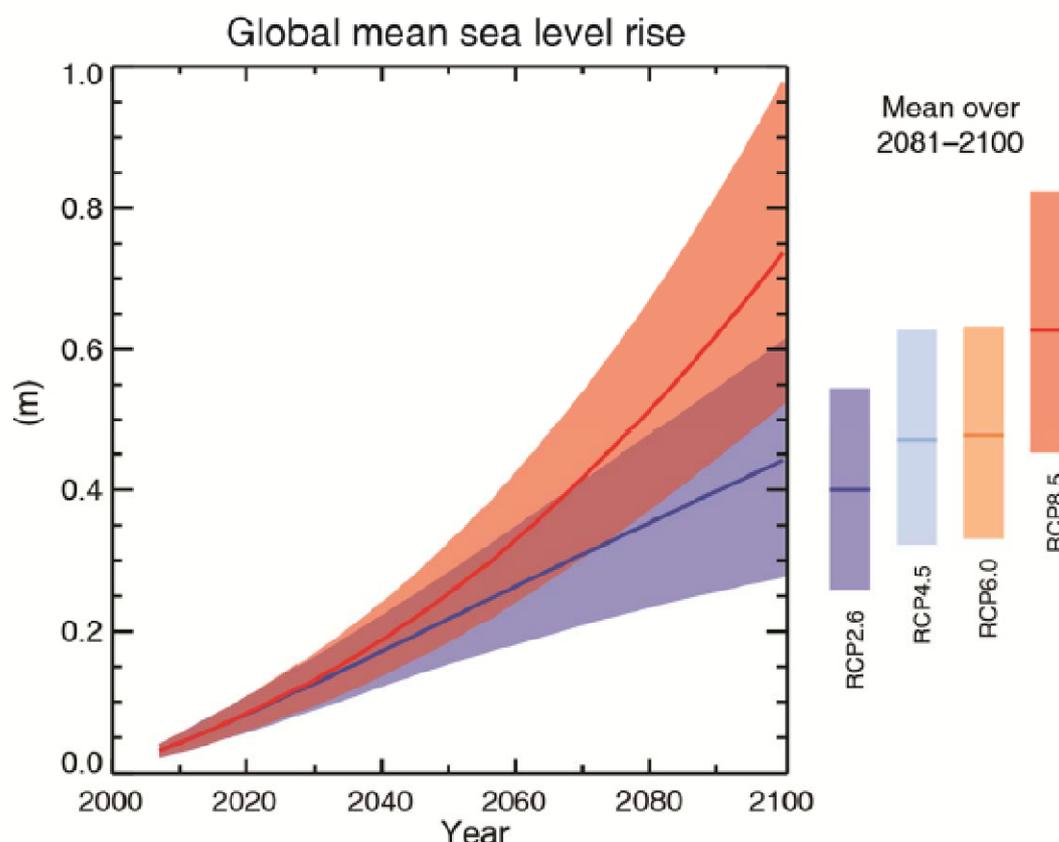
18 Les intervalles donnés dans ce paragraphe correspondent à la dispersion des modèles CMIP5.

19 On considère qu'il n'y a pratiquement pas de glace en océan Arctique lorsque le minimum annuel de l'étendue de banquise est inférieure à 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> pendant au moins cinq années consécutives.

## E.6. Le niveau de la mer

Le niveau moyen des mers continuera à s'élever au cours du XXI<sup>e</sup> siècle (voir figure SPM.9). La vitesse d'élévation du niveau des mers dépassera *très probablement* la vitesse observée sur la période 1971–2010 pour tous les scénarios RCP, en raison du réchauffement accru des océans et de l'augmentation de perte de masse des glaciers et des calottes glaciaires. {13.3-13.5}

- Le degré de confiance dans les projections du niveau moyen des mers a augmenté depuis le RE4 grâce à une meilleure compréhension des composantes du niveau des mers, un meilleur accord entre les observations et les modèles basés sur des processus, et la prise en compte des changements de la dynamique des calottes glaciaires. {13.3-13.5}



**Figure SPM.9** : Projections du changement du niveau moyen des mers au cours du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à la période 1986–2005 réalisées en combinant les modèles CMIP5 et les modèles basés sur les processus, pour les deux scénarios d'émissions RCP2.6 et RCP8.5. La plage *probable* estimée est indiquée sur la forme d'une bande de couleur. Les intervalles *probables* estimés pour les moyennes sur la période 2081–2100 pour tous les scénarios RCP sont indiquées sous la forme de barres verticales de couleur et la valeur médiane correspondante sous la forme d'une ligne horizontale. Pour plus de détails techniques, voir l'annexe du Résumé Technique {Tableau 13.5, figures 13.10 et 13.11 ; figures TS.21 et TS.22}

- L'élévation moyenne du niveau des mers pour la période 2081–2100 par rapport à 1986-2005 sera *probablement* comprise entre 0,26 et 0,55 m pour le scénario RCP2.6, entre 0,32 et 0,63 m pour le scénario RCP4.5, entre 0,33 et 0,63 m pour le scénario RCP6.0 et entre 0,45 et 0,82 m pour le scénario RCP8.5 (*degré de confiance moyen*). Pour le scénario RCP8.5, l'élévation du niveau des mers est comprise entre 0,52 et 0,98 m, avec un rythme moyen de 8 à 15 mm<sup>-1</sup> (*degré de confiance moyen*). Ces intervalles proviennent des projections climatiques CMIP5 combinées à des modèles basés sur les processus, et de la littérature portant sur la contribution des glaciers et des calottes glaciaires (voir figure SPM.9, tableau SPM.2). {13.5}
- Dans les scénarios RCP, la dilatation contribue à hauteur de 30 à 55 % de la hausse totale du

niveau des mers, tandis que la contribution des glaciers est de 15 à 35%. L'augmentation de la fonte superficielle de la calotte du Groenland dominera l'augmentation des chutes de neige, entraînant une contribution positive au niveau futur des mers (*degré de confiance élevé*). Sur la calotte de l'Antarctique, la fonte en surface restera faible, et les chutes de neige augmenteront (*degré de confiance moyen*), entraînant une contribution négative au niveau futur des mers en raison des changements du bilan de masse en surface. Les changements d'écoulement de la glace des deux calottes glaciaires contribueront *probablement* à hauteur de 0,03 et 0,20 m d'ici 2081–2100 (*degré de confiance moyen*). {13.3, 13.5}

- D'après les connaissances actuelles, seul l'effondrement des parties marines de la calotte glaciaire de l'Antarctique, s'il se déclençait, pourrait entraîner une hausse du niveau des mers significativement supérieure à l'intervalle probable pour le XXI<sup>e</sup> siècle. Cependant, cette contribution ne dépasserait pas quelques dixièmes de mètres d'élévation du niveau des mers au cours du XXI<sup>e</sup> siècle (*degré de confiance moyen*). {13.4, 13.5}
- Des projections plus élevées de l'augmentation du niveau moyen des mers au cours du XXI<sup>e</sup> siècle ont été examinées et il est apparu que l'on dispose actuellement d'éléments insuffisants pour évaluer la probabilité de niveaux spécifiques supérieurs à l'intervalle *probable*. De nombreuses projections du niveau moyen des mers par des modèles semi-empiriques fournissent des chiffres supérieurs à ceux des modèles basés sur des processus (jusqu'à deux fois plus importants), mais il n'existe pas de consensus au sein de la communauté scientifique concernant leur fiabilité et le *degré de confiance* dans leurs projections est donc *faible*. {13.5}
- L'élévation du niveau des mers ne sera pas uniforme. À la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, il est *très probable* que le niveau des mers augmentera sur plus de 95 % environ de la surface des océans. Selon les projections, environ 70 % des littoraux du monde vont connaître un changement du niveau des mers proche de l'élévation moyenne, à plus ou moins 20% près.

### **E.7. Carbone et autres cycles biogéochimiques**

Le changement climatique affectera les processus liés au cycle du carbone d'une manière qui accélèrera l'accroissement du CO<sub>2</sub> atmosphérique (*degré de confiance élevé*). La poursuite de l'absorption de carbone par l'océan augmentera son acidification. {6.4}

- L'absorption de CO<sub>2</sub> anthropique par l'océan va continuer pour les quatre RCP jusqu'en 2100, avec une absorption plus élevée pour les profils évolutifs dont les concentrations sont les plus élevées. L'évolution future de l'absorption du carbone par les terres émergées est plus incertaine. Une majorité de modèles suggèrent que l'absorption de carbone par les terres émergées, tandis que certains modèles simulent l'inverse, suite aux effets combinés du changement climatique et du changement d'utilisation des terres. {6.4}
- D'après les modèles de système terrestre, on peut affirmer, avec un *degré de confiance élevé*, que les rétroactions entre le climat et le cycle du carbone seront positives au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, c.-à-d. que le changement climatique retardera partiellement l'augmentation des puits de carbone des terres émergées et de l'océan due à l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Cela aura pour effet de stocker une part plus grande du CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère. Une rétroaction positive entre le climat et le cycle du carbone à des échelles allant du siècle au millénaire est corroborée par les observations et la modélisation paléoclimatiques. {6.2, 6.4}
- Les projections de modèles de système terrestre indiquent une augmentation de l'acidification des océans pour tous les scénarios RCP. Les intervalles<sup>13</sup> de la baisse correspondante du pH de l'océan de surface vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle sont de 0,06 à 0,07 pour le scénario RCP2.6, de 0,14 à 0,15 pour le scénario RCP4.5, de 0,20 à 0,21 pour le scénario RCP6.0 et de 0,30 à 0,32 pour le scénario RCP8.5 (voir figures SPM.7 et SPM.8). {6.4}
- Les émissions cumulées<sup>20</sup> de CO<sub>2</sub> pour la période 2012–2100 compatibles avec les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> des RCP, obtenues à partir de 15 modèles de système terrestre CMIP5 sont comprises entre 140 et 410 GtC pour le RCP2.6, 595 et 1 005 GtC pour le

<sup>20</sup> Provenant de l'utilisation de combustibles fossiles, de la production de ciment, de l'industrie et du secteur des déchets.

RCP4.5, 840 à 1 250 GtC pour le RCP6.0 et de 1415 à 1910 GtC pour le RCP8.5 (voir tableau SPM.3. {6.4})

Scénario	Emissions cumulées de CO <sub>2</sub> 2012-2100 (en GtC <sup>a</sup> )	
	Moyenne	Plage
RCP2.6	270	140 à 410
RCP4.5	780	595 à 1005
RCP6.0	1060	840 à 1250
RCP8.5	1685	1415 à 1910

**Tableau SPM.3 :** Émissions cumulées de CO<sub>2</sub> compatibles avec les concentrations atmosphériques simulées par les modèles de système terrestre CMIP5. {6.4, table 6.12}

Note : (a) 1 Gigatonne de carbone correspond à 3,67 Gt de CO<sub>2</sub>

- Vers 2050, les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> obtenues à partir de modèles de système terrestre pour le scénario RCP2.6 sont plus faibles que les émissions de 1990 (de 14 à 96%) (voir figure TS.19). Vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, environ la moitié des modèles projettent des émissions légèrement positives, tandis que l'autre moitié des modèles simulent que du CO<sub>2</sub> sera retiré de l'atmosphère. {6.4}
- Les estimations du dégazage de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> vers l'atmosphère provenant de carbone stocké dans des pergélisols fondant au cours du XXI<sup>e</sup> siècle sont comprises entre 50 et 250 GtC pour le scénario RCP8.5 (*faible degré de confiance*). {6.4}

### ***E.8. Stabilisation du climat, engagement à l'égard du changement climatique et irréversibilité***

Le total des émissions de CO<sub>2</sub> cumulées déterminent dans une large mesure la moyenne globale du réchauffement en surface vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle et au-delà (voir figure SPM.10). La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant plusieurs siècles même si les émissions de CO<sub>2</sub> sont arrêtées. L'inertie du changement climatique est considérable, de l'ordre de plusieurs siècles, et elle est due aux émissions de CO<sub>2</sub> passées, présentes et futures. {12.5}

- La relation entre le total des émissions de CO<sub>2</sub> cumulées et la réponse de la moyenne globale de la température de surface est approximativement linéaire (voir figure SPM.10). A tout niveau de réchauffement correspond un intervalle d'émissions de CO<sub>2</sub><sup>21</sup> cumulées, et ainsi, par exemple, des émissions importantes pendant les premières décennies impliquent des émissions plus faibles ensuite. {12.5}
- Limiter le réchauffement dû aux seules émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> à moins de 2°C relativement à 1861-1880<sup>22</sup>, avec une probabilité >33% , > 50% et > 66% nécessitera que les émissions cumulées de toutes les sources anthropiques de CO<sub>2</sub> soient respectivement comprises entre 0 et environ 1 560 GtC, 0 et 1210 GtC, et 0 et 1000 GtC depuis cette période<sup>23</sup>. Les bornes supérieures de ces estimations sont respectivement réduites à environ 880, 840 et 800 GtC, si l'on prend en compte les forçages autres que celui du CO<sub>2</sub> comme dans le scénario RCP2.6. depuis cette période. En 2011, le total déjà émis s'élevait à 531 [446 à 616] GtC. {12.5}
- Une cible de niveau de réchauffement inférieur, ou une probabilité plus élevée de rester en dessous d'une cible donnée demandera des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> plus faibles. La prise en compte l'effet réchauffant de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre autres

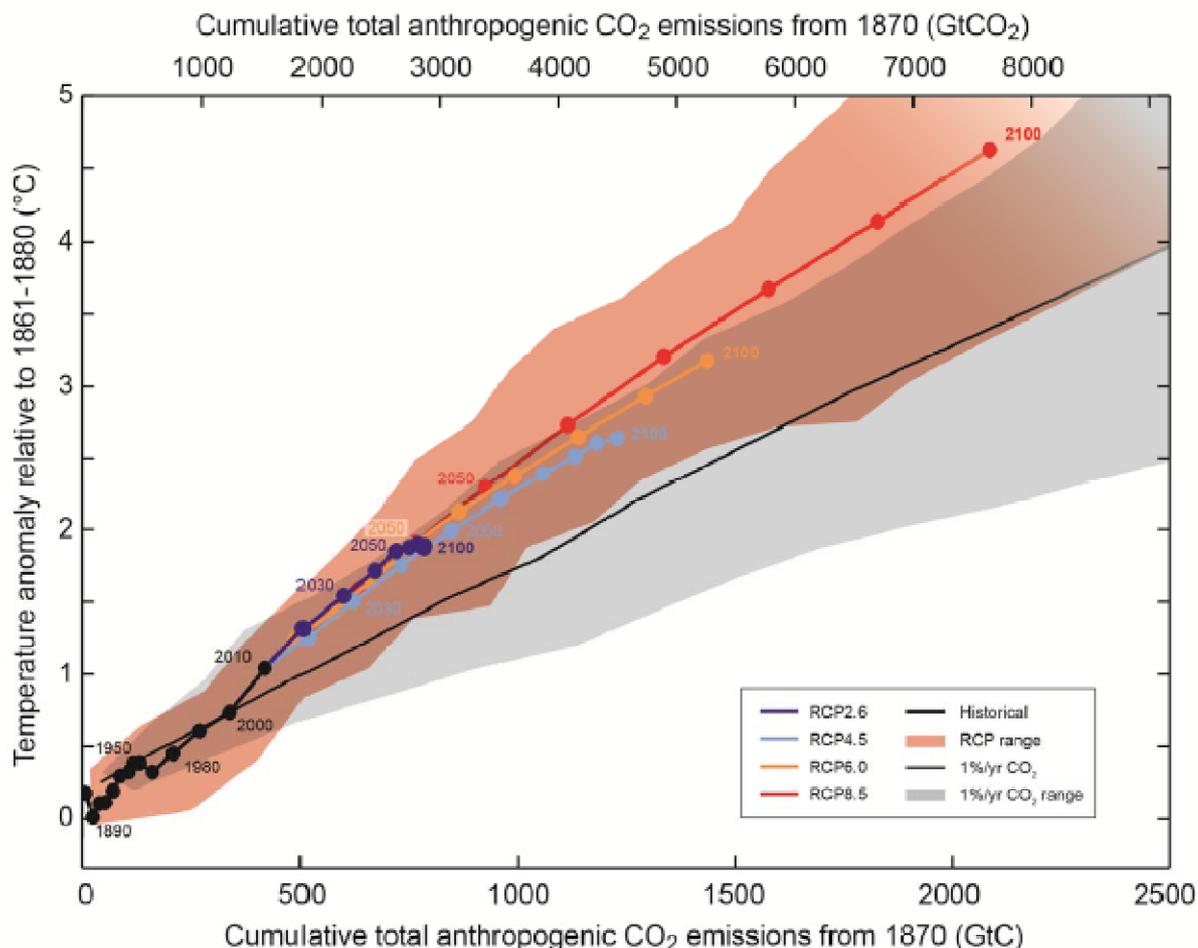
21 La quantification de cet intervalle d'émissions de CO<sub>2</sub> nécessite de prendre en compte les facteurs autres que le CO<sub>2</sub>

22 La première période de 20 ans disponibles à partir des modèles.

23 Ceci s'appuie sur l'évaluation de la réponse climatique transitoire aux émissions de carbone cumulées (RCTE) (voir section D.2)

que le CO<sub>2</sub>, les réductions d'émissions d'aérosols, or les émissions de gaz à effet de serre provenant des pergélisol contribuera aussi à diminuer les émissions cumulées de CO<sub>2</sub> pour une cible donnée de réchauffement (voir figure SPM.10). {12.5}

- Une grande partie du réchauffement climatique d'origine anthropique lié aux émissions de CO<sub>2</sub> est irréversible sur des périodes de plusieurs siècles à plusieurs millénaires, sauf dans le cas d'importants prélèvements de CO<sub>2</sub> atmosphérique sur une longue période. Les températures en surface resteront à peu près constantes, mais à des niveaux élevés pendant plusieurs siècles après la fin complète des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub>. En raison des longues constantes de temps caractérisant les transferts de chaleur entre la surface et l'océan profond, le réchauffement océanique se poursuivra sur plusieurs siècles. Selon le scénario, environ 15 à 40% du CO<sub>2</sub> émis restera dans l'atmosphère plus de 1000 ans. {encadré 6.2, 12.4, 12.5}
- Il est *pratiquement certain* que l'élévation du niveau des mers se poursuivra après 2100, et que la hausse du niveau des mers due à la dilatation thermique poursuivra pendant de nombreux siècles. Les quelques résultats de modèles disponibles au-delà de 2100 indiquent que par rapport au niveau préindustriel, l'élévation du niveau moyen des mers en 2300 devrait être de moins d'1 m pour un forçage radiatif associé à une concentration de CO<sub>2</sub> passant par un pic avant de diminuer et de rester en-dessous de 500 ppm, comme dans le scénario RCP2.6. Pour un forçage radiatif qui correspond à une concentration de CO<sub>2</sub> comprise entre 700 et 1500 ppm, comme dans le scénario RCP8.5, l'élévation projetée varie de 1 à 3 m (*degré de confiance moyen*). {13.5}
- Une élévation plus marquée du niveau des mers pourrait être causée par une perte de masse continue par les calottes glaciaires, et une partie de cette perte de masse pourrait être irréversible. Les données disponibles indiquent qu'un réchauffement continu supérieur à un certain seuil au-dessus des niveaux préindustriels provoquerait la disparition quasi complète de la calotte du Groenland en un millénaire ou plus, ce qui entraînerait une hausse du niveau moyen des mers atteignant 7 m. Les estimations actuelles indiquent que ce seuil de réchauffement moyen du globe par rapport aux niveaux préindustriels est supérieur à environ 1°C (*degré de confiance faible*) mais inférieur à environ 4°C (*degré de confiance moyen*). Une perte de glace soudaine et irréversible liée à une instabilité potentielle des parties marines de la calotte de l'Antarctique est possible, mais les éléments actuellement disponibles et le niveau de compréhension de ces phénomènes sont insuffisants pour une estimation quantitative. {5.8, 13.4, 13.5}



**Figure SPM.10** : Augmentation de la température moyenne de surface du globe en fonction du total des émissions de CO<sub>2</sub> cumulées dans le monde à partir de plusieurs sources de données. Les résultats de différents modèles de climat et cycle du carbone pour chaque RCP jusqu'à 2100 sont représentés par des lignes de couleur et des moyennes décennales (points). Certaines moyennes décennales sont indiquées par souci de clarté (e.g. 2050, indiquant la décennie 2041-2050). Les résultats de modèles sur la période historique (1860–2010) sont indiqués en noir. La région en couleur représente la dispersion des différents modèles pour les quatre scénarios de RCP et s'estompe à mesure que le nombre de modèles disponibles diminue. La moyenne et la plage multimodèles simulées par les modèles CMIP5, forcés par une augmentation du CO<sub>2</sub> de 1 % par an, sont indiquées par la fine ligne noire et la zone en gris foncé. Pour un niveau spécifique d'émissions cumulées, les simulations d'augmentation du CO<sub>2</sub> de 1 % par an simulent un réchauffement inférieur à celles forcées par les RCP, car ces dernières incluent des forçages additionnelles autres que le CO<sub>2</sub>. Toutes les valeurs sont données par rapport à la période de référence 1861-1880. Toutes les séries chronologiques sont représentées en reliant les moyennes décennales. {figure 12.45 ; TFE.8, figure 1}

- Des méthodes visant délibérément à contrer le changement climatique, regroupées sous le terme de géo-ingénierie, ont été proposées. Il existe peu d'éléments permettant d'évaluer quantitativement et de manière complète les techniques de gestion du rayonnement solaire (SRM) et de prélèvement du dioxyde de carbone (CDR), ainsi que leur impact sur le système climatique. Les méthodes de type CDR présentent des limitations biogéochimiques et technologiques quant à leur potentiel à grande échelle. Nous ne disposons pas de connaissances suffisantes pour quantifier dans quelle mesure les émissions de CO<sub>2</sub> pourraient être réduites grâce à des émissions négatives à l'échelle du siècle. La modélisation fait apparaître que certaines méthodes de SRM, si elles sont réalisables, peuvent compenser significativement une augmentation de la température du globe, mais celles-ci modifieraient également le cycle mondial de l'eau et ne réduiraient pas l'acidification des océans. Si la SRM prenait fin pour une quelconque raison, on peut affirmer, avec un *degré de confiance élevé*, que

les température moyenne de la surface du globe augmenterait très rapidement jusqu'à atteindre des valeurs correspondant au forçage dû aux gaz à effet de serre. Les méthodes de CDR et de SRM présentent des effets secondaires indésirables et ont des conséquences à long terme à l'échelle du globe. {6.5, 7.7}

### **Encadré SPM.1 : Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)**

Les projections du changement climatique du GTI nécessitent des informations sur les futures émissions ou concentrations de gaz à effet de serre, aérosols et autres facteurs anthropiques. Ces informations sont souvent exprimées sous la forme de différents scénarios d'activités humaines, qui ne sont pas évalués dans le présent rapport. Les scénarios du GTI du GIEC sont axés sur les émissions anthropiques et ne prennent pas en compte les évolutions des facteurs naturels tels que le forçage solaire ou volcanique, ou les émissions naturelles, par exemple de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O.

Pour le RE5 du GIEC, la communauté scientifique a défini un ensemble de quatre nouveaux scénarios, appelés profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP). Ces derniers sont identifiés par leur forçage radiatif total approximatif pour l'année 2100 par rapport à 1750 : 2,6 W m<sup>-2</sup> pour le RCP2.6, 4,5 W m<sup>-2</sup> pour le RCP4.5, 6,0 W m<sup>-2</sup> pour le RCP6.0 et 8,5 W m<sup>-2</sup> pour le RCP8.5. Pour les résultats de la cinquième phase du projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP5), ces valeurs doivent être comprises comme purement indicatives, car le forçage climatique résultant de tous les facteurs varie d'un modèle à l'autre, en raison des caractéristiques du modèle et du traitement des espèces à courte durée de vie. Ces quatre RCP contiennent un scénario de mitigation conduisant à un niveau de forçage très bas (RCP2.6), deux scénarios de stabilisation (RCP4.5 et RCP6.0), et un scénario aux concentrations très élevées (RCP8.5). Les RCP peuvent ainsi représenter toute une gamme de politiques climatiques pour le XXI<sup>e</sup> siècle, par comparaison avec le rapport spécial sur les scénarios d'émissions (SRES), dont les scénarios d'émissions étaient utilisés dans le RE3 et le RE4, et qui ne prévoyait pas de politique climatique. Dans le cas du RCP6.0 et du RCP8.5, le forçage radiatif n'atteint pas son maximum vers 2100 ; pour RCP2.6 il atteint un maximum puis décline ; et pour le RCP4.5 il se stabilise vers 2100. Chaque RCP fournit des cartes de changement d'utilisation des sols et des émissions de polluants par secteurs, et spécifie les émissions annuelles de gaz à effet de serre et émissions anthropiques jusqu'en 2100. Les RCP sont basés sur une combinaison de modèles d'évaluation intégrés, de modèles de climat simples, ainsi que sur des modèles de chimie atmosphérique et de cycle du carbone. Alors que les RCP couvrent une large gamme de forçages radiatifs totaux, ils ne couvrent pas complètement la gamme d'émissions fournie par la littérature, en particulier en ce qui concerne les aérosols.

La plupart des simulations CMIP5 et simulations réalisées par des modèles de système terrestre (ESM) ont été réalisées avec des concentrations de CO<sub>2</sub> prescrites atteignant 421 ppm (RCP2.6), 538 ppm (RCP4.5), 670 ppm (RCP6.0) et 936 ppm (RCP8.5) vers 2100. En incluant également les concentrations prescrites de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, les concentrations en CO<sub>2</sub> équivalent sont de 475 ppm (RCP2.6), 630 ppm (RCP4.5), 800 ppm (RCP6.0) et 1313 ppm (RCP8.5). Pour le RCP8.5, des simulations d'ESM CMIP5 additionnelles sont réalisées avec des émissions prescrites de CO<sub>2</sub> fournies par les modèles intégrés d'évaluation. Pour tous les RCP, des calculs complémentaires ont été réalisés en utilisant des données actualisées de chimie atmosphérique et des modèles (comprenant la composante chimie atmosphérique et climat de CMIP5), en reprenant les émissions d'espèces chimiquement actives issues des RCP (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, NMVOC). Ces simulations permettent d'étudier les incertitudes relatives aux rétroactions du cycle du carbone et de la chimie atmosphérique.

Résumé à l'attention des décideurs du volume 1 du 5e rapport d'évaluation du GIEC  
[www.developpement-durable.gouv.fr/giec](http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec)

Résumé à l'attention des décideurs du volume 1 du 5e rapport d'évaluation du GIEC  
[www.developpement-durable.gouv.fr/giec](http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec)

**Point focal national pour le GIEC :** [www.developpement-durable.gouv.fr/giec](http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec)

**Site officiel du GIEC :** [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

**Site officiel du groupe de travail 1 du GIEC :** [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org)

**Contact :** [pointfocalgiec@developpement-durable.gouv.fr](mailto:pointfocalgiec@developpement-durable.gouv.fr)

