

Annexe 6

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
Contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d'évaluation
Changement climatiques 2021 : les bases scientifiques physiques

Résumé à l'intention des décideurs

Résumé à l'intention des décideurs

Résumé à l'intention des décideurs

Équipe de rédaction:

Richard P. Allan (Royaume-Uni), Paola A. Arias (Colombie), Sophie Berger (France/Belgique), Josep G. Canadell (Australie), Christophe Cassou (France), Deliang Chen (Suède), Annalisa Cherchi (Italie), Sarah L. Connors (France/ Royaume-Uni), Erika Coppola (Italie), Faye Abigail Cruz (Philippines), Aïda Diongue-Niang (Sénégal), Francisco J. Doblas-Reyes (Espagne), Hervé Douville (France), Fatima Driouech (Maroc), Tamsin L. Edwards (Royaume-Uni), François Engelbrecht (Afrique du Sud), Veronika Eyring (Allemagne), Erich Fischer (Suisse), Gregory M. Flato (Canada), Piers Forster (Royaume-Uni), Baylor Fox-Kemper (États-Unis d'Amérique), Jan S. Fuglestedt (Norvège), John C. Fyfe (Canada), Nathan P. Gillett (Canada), Melissa I. Gomis (France/Suisse), Sergey K. Gulev (Fédération de Russie), José Manuel Gutiérrez (Espagne), Rafiq Hamdi (Belgique), Jordan Harold (Royaume-Uni), Mathias Hauser (Suisse), Ed Hawkins (Royaume-Uni), Helene T. Hewitt (Royaume-Uni), Tom Gabriel Johansen (Norvège), Christopher Jones (Royaume-Uni), Richard G. Jones (Royaume-Uni), Darrell S. Kaufman (États-Unis d'Amérique), Zbigniew Klimont (Autriche/Pologne), Robert E. Kopp (États-Unis d'Amérique), Charles Koven (États-Unis d'Amérique), Gerhard Krinner (France/Allemagne, France), June-Yi Lee (République de Corée), Irene Lorenzoni (Royaume-Uni /Italie), Jochem Marotzke (Allemagne), Valérie Masson-Delmotte (France), Thomas K. Maycock (États-Unis d'Amérique), Malte Meinshausen (Australie/Allemagne), Pedro M.S. Monteiro (Afrique du Sud), Angela Morelli (Norvège/Italie), Vaishali Naik (États-Unis d'Amérique), Dirk Notz (Allemagne), Friederike Otto (Royaume-Uni /Allemagne), Matthew D. Palmer (Royaume-Uni), Izidine Pinto (Afrique du Sud/Mozambique), Anna Pirani (Italie), Gian-Kasper Plattner (Suisse), Krishnan Raghavan (Inde), Roshanka Ranasinghe (Pays Bas/Sri Lanka, Australie), Joeri Rogelj (Royaume-Uni/Belgique), Maisa Rojas (Chili), Alex C. Ruane (États-Unis d'Amérique), Jean-Baptiste Sallée (France), Bjørn H. Samset (Norvège), Sonia I. Seneviratne (Suisse), Jana Sillmann (Norvège/Allemagne), Anna A. Sörensson (Argentine), Tannecia S. Stephenson (Jamaïque), Trude Storelvmo (Norvège), Sophie Szopa (France), Peter W. Thorne (Irlande/ Royaume-Uni), Blair Trewin (Australie), Robert Vautard (France), Carolina Vera (Argentine), Noureddine Yassaa (Algérie), Sönke Zaehle (Allemagne), Panmao Zhai (Chine), Xuebin Zhang (Canada), Kirsten Zickfeld (Canada/Allemagne)

Auteurs contributeurs:

Krishna M. AchutaRao (Inde), Bhupesh Adhikary (Népal), Edvin Aldrian (Indonésie), Kyle Armour (États-Unis d'Amérique), Govindasamy Bala (Inde/États-Unis d'Amérique), Rondrotiana Barimalala (Afrique du Sud/Madagascar), Nicolas Bellouin (Royaume-Uni/France), William Collins (Royaume-Uni), William D. Collins (États-Unis d'Amérique), Susanna Corti (Italie), Peter M. Cox (Royaume-Uni), Frank J. Dentener (EU/Pays-Bas), Claudine Dereczynski (Brésil), Alejandro Di Luca (Australie, Canada/Argentine), Alessandro Dosio (Italie), Leah Goldfarb (France/États-Unis d'Amérique), Irina V. Gorodetskaya (Portugal/Belgique, Fédération de Russie), Pandora Hope (Australie), Mark Howden (Australie), A. K. M. Saiful Islam (Bangladesh), Yu Kosaka (Japon), James Kossin (États-Unis d'Amérique), Svitlana Krakovska (Ukraine), Chao Li (Chine), Jian Li (Chine), Thorsten Mauritsen (Allemagne/Danemark), Sebastian Milinski (Allemagne), Seung-Ki Min (République de Corée), Thanh Ngo Duc (Vietnam), Andy Reisinger (Nouvelle Zélande), Lucas Ruiz (Argentine), Shubha Sathyendranath (Royaume-Uni/Canada, citoyen indien d'outre-mer), Aimée B. A. Slangen (Pays-Bas), Chris Smith (Royaume-Uni), Izuru Takayabu (Japon), Muhammad Irfan Tariq (Pakistan), Anne-Marie Treguier (France), Bart van den Hurk (Pays-Bas), Karina von Schuckmann (France/Allemagne), Cunde Xiao (Chine)

Résumé à référencer comme suit:

GIEC, 2021 : Résumé à l'intention des décideurs. In: *Changement climatique 2021: les bases scientifiques physiques*. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [publié sous la direction de Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, et B. Zhou]. Cambridge University Press.

Introduction

Ce Résumé à l'intention des décideurs (RID) présente les principales conclusions de la contribution du Groupe de travail I (GTI) au sixième Rapport d'évaluation (AR6)¹ du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) concernant les bases scientifiques physiques du changement climatique. Ce Rapport s'appuie sur la précédente contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (AR5), en 2013, et sur les rapports spéciaux du GIEC de l'AR6 de 2018 et 2019² ; et il intègre de nouveaux éléments scientifiques postérieurs issus des sciences du climat³.

Ce RID fournit un résumé de haut niveau de la compréhension de l'état actuel du climat, y compris la manière dont il est en train de changer et le rôle de l'influence humaine dans ces changements. Il présente également l'état des connaissances sur les évolutions futures possibles du climat, les informations climatiques pertinentes pour différentes régions et secteurs, ainsi que les conditions géophysiques permettant de limiter le changement climatique induit par les activités humaines.

En fonction des connaissances scientifiques, les conclusions principales peuvent être formulées comme des faits établis, ou être associées à un niveau de confiance, formulé selon le langage « calibré » défini par le GIEC⁴.

Les bases scientifiques sur lesquelles se fonde chaque conclusion principale se trouvent dans les sections des chapitres du Rapport principal et leur synthèse intégrée présentée dans le Résumé technique (ci-après RT) ; ces références sont indiquées entre accolades. L'Atlas interactif du GTI de l'AR6 permet d'explorer cette synthèse des résultats clés et les informations sur le changement climatique qui les sous-tendent, dans les diverses régions de référence du GTI⁵.

A. L'état actuel du climat

Depuis l'AR5, les améliorations apportées aux estimations issues des observations et aux informations extraites des archives paléoclimatiques fournissent une vue d'ensemble de chacune des composantes du système climatique et de leurs changements en cours. De nouvelles simulations issues de modèles climatiques, de nouvelles analyses, et des méthodes intégrant de multiples éléments probants ont permis de mieux comprendre l'influence humaine sur un plus grand jeu de variables climatiques, y compris les extrêmes météorologiques et climatiques. Les périodes examinées dans cette section dépendent de la disponibilité des produits d'observations, des archives paléoclimatiques et des études scientifiques évaluées par les pairs.

A.1 Il est sans équivoque que l'influence humaine a réchauffé l'atmosphère, l'océan et les terres. Des changements généralisés et rapides se sont produits dans l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et la biosphère. {2.2, 2.3, encadré thématique 2.3, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.8, 5.2, 5.3, 6.4, 7.3, 8.3, 9.2, 9.3, 9.5, 9.6, encadré thématique 9.1} (figure RID.1, figure RID.2)

A.1.1 Les augmentations des concentrations de gaz à effet de serre (GES) bien mélangés dans l'atmosphère, observées depuis environ 1750, résultent, sans équivoque, des activités humaines. Depuis 2011 (date des dernières mesures prises en compte dans l'AR5), les concentrations atmosphériques ont continué à augmenter, pour atteindre, en 2019, des moyennes annuelles de 410 parties par million (ppm) pour le dioxyde de carbone (CO₂), 1866 parties par milliard (ppb) pour le méthane (CH₄) et 332 ppb pour le protoxyde d'azote (N₂O)⁶. Au cours des six dernières décennies, les terres émergées et l'océan ont absorbé une proportion

1 Décision GIEC/XLVI-2.

2 Les trois Rapports spéciaux sont les suivants: 1) « Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté » (SR1.5) ; 2) « Changement climatique et terres émergées : Rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres » (SRCL) ; 3) « Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique » (SROCC).

3 Cette évaluation se fonde sur la littérature scientifique retenue pour publication à l'échéance du 31 janvier 2021.

4 Chaque conclusion se fonde sur une évaluation des éléments probants et de leur degré de concordance. Cinq qualificatifs sont utilisés pour exprimer le degré de confiance : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. Le degré de confiance d'un résultat est indiqué après celui-ci, entre parenthèses et en italique, comme ceci : (*degré de confiance moyen*). Les qualificatifs ci-après sont utilisés pour indiquer la probabilité évaluée d'un résultat : *quasi-certain* (probabilité de 99 à 100 %), *très probable* (90 à 100 %), *probable* (66 à 100 %), *à peu près aussi probable qu'improbable* (33 à 66 %), *improbable* (0 à 33 %), *très improbable* (0 à 10 %), *extraordinairement improbable* (0 à 1 %). D'autres qualificatifs peuvent également être utilisés le cas échéant : *extrêmement probable* (95-100 %) ; *plus probable qu'improbable* (>50-100 %) ; et *extrêmement improbable* (0-5 %). La probabilité évaluée est indiquée en italique, par exemple : *très probable*. Cette terminologie est conforme à celle du cinquième Rapport d'évaluation (AR5). Sauf indication contraire, les crochets [de x à y] indiquent la fourchette estimée comme *très probable*, correspondant à l'intervalle de confiance à 90 %.

5 L'Atlas interactif est disponible sur le site <https://interactive-atlas.ipcc.ch>.

6 Pour les autres GES, les concentrations en 2019 étaient les suivantes : hydrocarbures perfluorés (PFC) : 109 parties par trillion (ppt) équivalent CF₄ ; hexafluorure de soufre (SF₆) : 10 ppt ; trifluorure d'azote (NF₃) : 2 ppt ; hydrofluorocarbones (HFC) : 237 ppt équivalent HFC-134a ; autres gaz du protocole de Montréal (principalement les chlorofluorocarbones (CFC) et les hydrochlorofluorocarbones (HCFC)) : 1032 ppt équivalent CFC-12. Les augmentations par rapport à 2011 sont de : 19 ppm pour le CO₂, 63 ppb pour le CH₄ et 8 ppb pour le N₂O.

presque constante des émissions de CO₂ d'origine anthropique (environ 56 % par an à l'échelle globale), avec des différences régionales (*degré de confiance élevé*)⁷.
{2.2, 5.2, 7.3, RT.2.2, encadré RT.5}

- A.1.2 Chacune des quatre dernières décennies a été successivement plus chaude que toutes celles qui l'ont précédée depuis 1850. La hausse de la température à la surface du globe⁸ au cours des deux premières décennies du 21^e siècle (2001–2020) est de 0,99 °C [0,84–1,10 °C] par rapport à 1850–1900⁹. Elle est plus élevée de 1,09 °C [0,95–1,20 °C] sur la période 2011–2020 qu'en 1850–1900, avec un réchauffement plus prononcé au-dessus des terres émergées (1,59 °C [1,34–1,83 °C]) qu'à la surface de l'océan (0,88 °C [0,68–1,01 °C]). La hausse estimée de la température à la surface du globe depuis l'AR5 est principalement due à la poursuite du réchauffement depuis la période 2003–2012 (+0,19 °C [0,16–0,22 °C]). En outre, des améliorations méthodologiques et l'utilisation de nouveaux jeux de données ont contribué pour environ 0,1 °C à l'estimation réactualisée du réchauffement dans l'AR6¹⁰.
{2.3, encadré thématique 2.3} (figure RID.1)
- A.1.3 La fourchette *probable* de l'augmentation de la température à la surface du globe due à l'ensemble des activités humaines entre 1850–1900 et 2010–2019¹¹ est de 0,8 °C à 1,3 °C, avec une meilleure estimation de 1,07 °C. La fourchette *probable* du réchauffement dû aux GES bien mélangés est de 1,0 °C à 2,0 °C, celle de l'effet refroidissant des autres facteurs humains (principalement les aérosols) est de 0,0 °C à 0,8 °C, l'effet des facteurs naturels se situe entre –0,1 °C et +0,1 °C et l'effet de la variabilité interne entre –0,2 °C et +0,2 °C. Il est *très probable* que les GES bien mélangés sont le principal facteur¹² du réchauffement de la troposphère depuis 1979 et *extrêmement probable* que l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique dû aux activités humaines a été le principal facteur du refroidissement de la basse stratosphère entre 1979 et le milieu des années 1990.
{3.3, 6.4, 7.3, RT 2.3, encadré thématique RT.1, RT.2.3} (figure RID.2)
- A.1.4 Les précipitations moyennées à l'échelle mondiale sur les terres émergées ont *probablement* augmenté depuis 1950, avec un rythme plus rapide depuis les années 1980 (*degré de confiance moyen*). Il est *probable* que l'influence humaine a contribué à la structure spatiale des changements observés de précipitations depuis le milieu du 20^e siècle et il est *extrêmement probable* qu'elle a contribué à la structure des changements observés de salinité de l'océan de surface. Les trajectoires des tempêtes aux latitudes moyennes se sont *probablement* déplacées vers les pôles dans les deux hémisphères depuis les années 1980, avec une forte saisonnalité de ces tendances (*degré de confiance moyen*). Dans l'hémisphère sud, l'influence humaine a *très probablement* contribué au déplacement vers le pôle du courant-jet extratropical (un phénomène étroitement lié aux trajectoires des tempêtes) durant l'été austral.
{2.3, 3.3, 8.3, 9.2, RT 2.3, RT 2.4, encadré RT 6}
- A.1.5 L'influence humaine est *très probablement* le principal facteur du recul des glaciers à l'échelle planétaire depuis les années 1990 et de la diminution de l'étendue de la glace de mer de l'Arctique entre 1979–1988 et 2010–2019 (diminutions d'environ 40 % en septembre et d'environ 10 % en mars). L'étendue de la glace de mer de l'Antarctique ne montre pas de tendance significative entre 1979 et 2020, en raison de tendances régionales de signe opposé et d'une forte variabilité interne. L'influence humaine a *très probablement* contribué à la diminution du manteau neigeux printanier de l'hémisphère nord depuis 1950. Il est *très probable* qu'elle a contribué à la fonte en surface de la calotte glaciaire du Groenland observée au cours des deux dernières décennies, mais il n'existe que *des éléments probants limités*, avec un *degré de concordance moyen*, quant à l'influence humaine sur la perte de masse de la calotte glaciaire antarctique.
{2.3, 3.4, 8.3, 9.3, 9.5, RT.2.5}
- A.1.6 Il est *quasi-certain* que la partie supérieure de l'océan mondial (0–700 m) s'est réchauffée depuis les années 1970 et il est *extrêmement probable* que l'influence humaine en est le principal facteur. Il est *quasi-certain* que les émissions de CO₂ d'origine

7 Les terres émergées et les océans ne sont pas des puits substantiels pour les autres GES.

8 Dans le présent RID, le terme « température à la surface du globe » désigne aussi bien la température moyenne à la surface du globe que la température moyenne de l'air à la surface du globe. Il est estimé, avec un *degré de confiance élevé*, que les changements de ces grandeurs physiques diffèrent d'au maximum 10 %, mais le *degré de confiance* concernant le signe d'une éventuelle différence entre leurs tendances à long terme est *faible*, en raison d'éléments contradictoires. {encadré thématique RT.1}

9 La période 1850–1900 est la période la plus ancienne pour laquelle les observations sont suffisamment complètes à l'échelle planétaire pour estimer la température à la surface du globe. Comme dans l'AR5 et le SR1.5, elle est utilisée ici comme une approximation des conditions préindustrielles.

10 Depuis l'AR5, des progrès méthodologiques et de nouveaux jeux de données ont permis une représentation spatiale plus complète des changements de la température de surface, y compris dans l'Arctique. Ces progrès, accompagnés d'autres améliorations, ont conduit à réévaluer à la hausse (d'environ 0,1 °C) l'estimation du changement de température à la surface du globe, mais cet ajustement ne représente donc pas un réchauffement physique supplémentaire depuis l'AR5.

11 La période mentionnée ici ne coïncide pas avec celle du paragraphe A.1.2, car les études d'attribution se fondent sur cette période légèrement antérieure. Le réchauffement observé jusqu'en 2010-2019 s'élève à 1,06 °C [0,88–1,21 °C].

12 Dans le présent RID, l'expression « principal facteur » signifie « responsable de plus de 50 % du changement ».

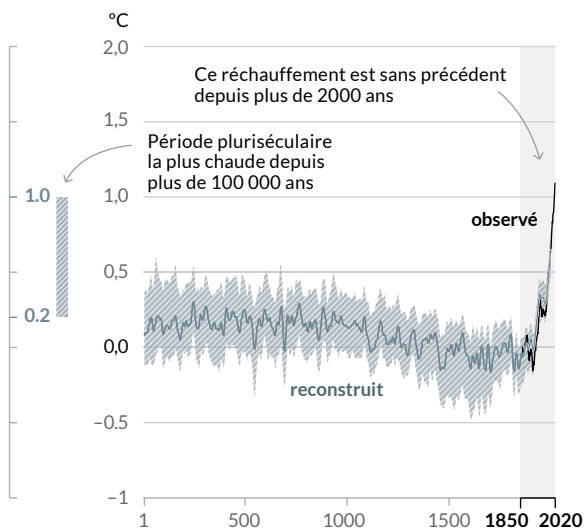
humaine sont le principal facteur de l'acidification actuelle des eaux de surface en haute mer à l'échelle mondiale. Depuis le milieu du 20^e siècle, les niveaux d'oxygène ont chuté dans la couche supérieure de nombreuses régions océaniques (*degré de confiance élevé*), et l'influence humaine a contribué à cette diminution (*degré de confiance moyen*).
{2.3, 3.5, 3.6, 5.3, 9.2, RT.2.4}

- A.1.7 Sur l'ensemble du globe, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 0,20 m [0,15 à 0,25 m] entre 1901 et 2018. Le rythme moyen de cette élévation était de 1,3 mm/an [0,6 à 2,1 mm/an] entre 1901 et 1971. Il est passé à 1,9 mm/an [0,8–2,9 mm/an] entre 1971 et 2006, puis a encore augmenté pour atteindre 3,7 mm/an [3,2–4,2 mm/an] entre 2006 et 2018 (*degré de confiance élevé*). L'influence humaine est *très probablement* le principal facteur de cette élévation depuis au moins 1971.
{2.3, 3.5, 9.6, encadré thématique 9.1, encadré RT.4}
- A.1.8 Les changements survenus dans la biosphère terrestre depuis 1970 sont cohérents avec le réchauffement planétaire : dans les deux hémisphères, les zones climatiques se sont déplacées vers les pôles, et la saison de croissance de la végétation s'est allongée en moyenne jusqu'à deux jours par décennie depuis les années 1950 dans les régions extratropicales de l'hémisphère nord (*degré de confiance élevé*).
{2.3, RT.2.6}

L'influence humaine a réchauffé le climat à un rythme sans précédent depuis au moins 2000 ans.

Changement de la température à la surface du globe par rapport à la période 1850–1900

a) Changement de la température à la surface du globe (moyenne décennale) *reconstruit* (1–2000) et *observé* (1850–2020)



b) Changement de la température à la surface du globe (moyenne annuelle) observé et simulé en considérant les **facteurs humains et naturels** et les **facteurs naturels uniquement** (1850–2020 pour les deux)

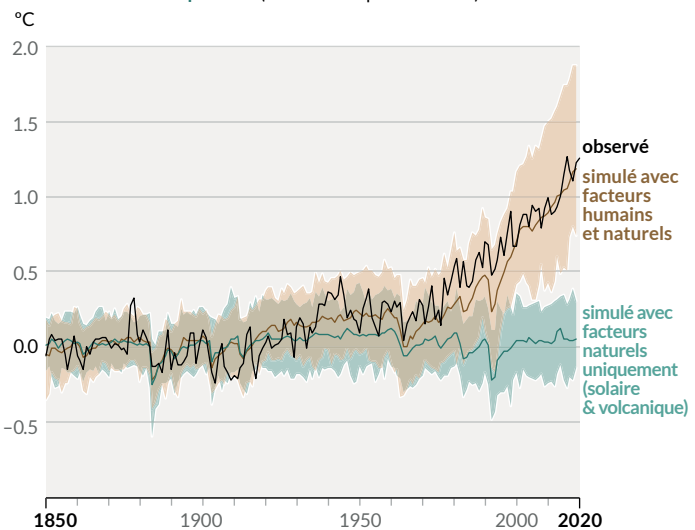


Figure RID.1 | Historique des changements de température à l'échelle planétaire et causes du réchauffement récent.

Panneau (a) Changements de la température à la surface du globe reconstruits à partir des archives paléoclimatiques (courbe grise pleine, années 1–2000) **et issus des observations directes** (courbe noire pleine, 1850–2020), par rapport à 1850–1900 et en moyenne décennale. La barre verticale de gauche indique les variations de température estimées (fourchette *très probable*) au cours de la période pluriséculaire la plus chaude depuis au moins 100 000 ans, et qui s'est produite il y a environ 6500 ans, pendant la période interglaciaire actuelle (Holocène). La dernière période interglaciaire, qui remonte à il y a environ 125 000 ans, est la précédente période passée la plus récente susceptible d'avoir connu une température plus élevée. Ces périodes chaudes passées ont été causées par des variations orbitales lentes (plurimillénaires). L'enveloppe grise hachurée, striée de lignes diagonales blanches, indique les fourchettes *très probables* des reconstructions de température.

Panneau (b) Changements de la température à la surface du globe au cours des 170 dernières années (ligne noire) par rapport à 1850–1900 et en moyenne annuelle, comparés aux changements simulés par les modèles climatiques de la phase 6 du Projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP6) (voir encadré RID.1) en réponse aux facteurs humains et naturels conjugués (ligne marron) ou aux facteurs naturels uniquement (activité solaire et volcanique, ligne verte). Les lignes pleines colorées indiquent la moyenne multi-modèle, et les enveloppes colorées indiquent la fourchette *très probable* des températures simulées. (Voir la figure RID.2 pour l'évaluation des 'contributions' au réchauffement).

{2.3.1 ; encadré thématique 2.3 ; 3.3 ; RT.2.2 ; encadré thématique TS.1, figure 1a}

Le réchauffement observé est dû aux émissions issues des activités humaines, le réchauffement dû aux gaz à effet de serre étant partiellement masqué par le refroidissement dû aux aérosols

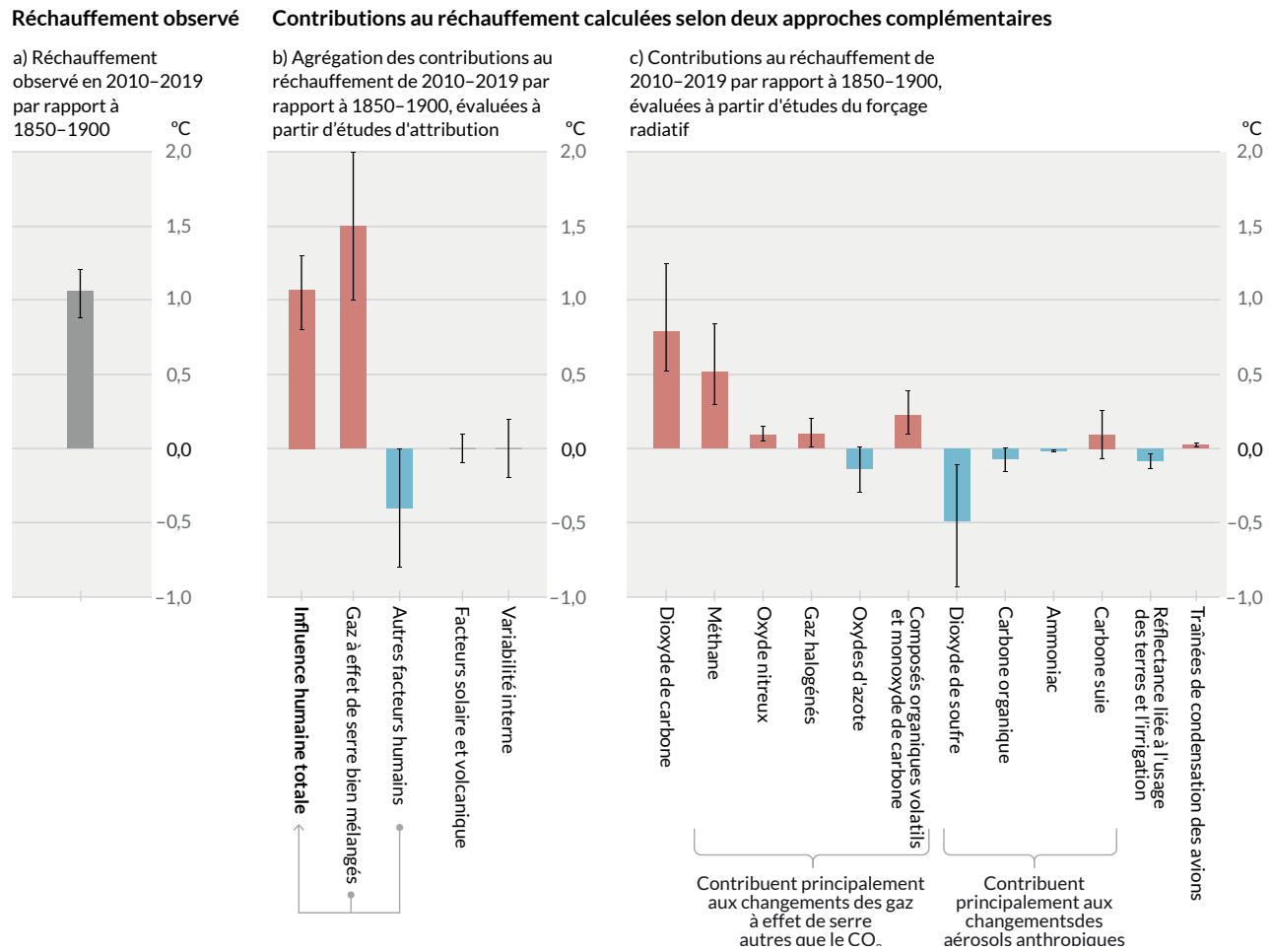


Figure RID.2 | Evaluation des contributions au réchauffement observé sur la période 2010–2019 par rapport à la période 1850–1900.

Panneau (a) Réchauffement planétaire observé (augmentation de la température à la surface du globe) et fourchette *très probable*.

Panneau (b) Éléments probants provenant des études d'attribution, qui synthétisent les informations provenant des modèles climatiques et des observations. Le panneau montre les changements de température attribués : à l'influence humaine totale ; aux changements de concentration des gaz à effet de serre bien mélangés ; aux autres facteurs humains dus aux aérosols, à l'ozone et au changement d'affectation des terres (réflectance liée à l'usage des terres), aux facteurs solaires et volcaniques, et à la variabilité interne du climat. Les moustaches indiquent les fourchettes *probables*.

Panneau (c) Éléments probants provenant de l'évaluation du forçage radiatif et de la sensibilité du climat. Ce panneau montre les changements de température dus à chaque composante de l'influence humaine : les émissions de gaz à effet de serre, d'aérosols et de leurs précurseurs, les changements d'affectation des terres (réflectance liée à l'usage des terres et irrigation), et les trainées de condensation des avions. Les moustaches indiquent les fourchettes *très probables*. Les estimations tiennent compte des émissions directes dans l'atmosphère comme de leurs effets éventuels sur d'autres facteurs climatiques. En ce qui concerne les aérosols, tant les effets directs (*via* le rayonnement) que les effets indirects (*via* l'interaction avec les nuages) sont pris en compte.

[encadré thématique 2.3, 3.3.1, 6.4.2, 7.3]

- A.2 L'ampleur des changements récents dans l'ensemble du système climatique, et l'état actuel de nombreux aspects du système climatique, sont sans précédent depuis plusieurs siècles à plusieurs milliers d'années. {2.2, 2.3, encadré thématique 2.1, 5.1} (figure RID.1)**
- A.2.1 En 2019, les concentrations atmosphériques de CO₂ ont été les plus élevées depuis au moins 2 millions d'années (*degré de confiance élevé*) et les concentrations de CH₄ et de N₂O ont été les plus élevées depuis au moins 800 000 ans (*degré de confiance très élevé*). Depuis 1750, les augmentations des concentrations de CO₂ (47 %) et de CH₄ (156 %) dépassent largement – et les augmentations de N₂O (23 %) sont similaires à – l'ampleur de leurs variations naturelles plurimillénaires entre les périodes glaciaires et interglaciaires des derniers 800 000 ans au moins (*confiance très élevée*).
{2.2, 5.1, RT.2.2}
- A.2.2 La température à la surface du globe a augmenté plus rapidement depuis 1970 que sur toute autre période de 50 ans au cours des 2000 dernières années au moins (*degré de confiance élevé*). Les températures de la décennie la plus récente (2011–2020) ont dépassé celles de la période chaude pluriséculaire la plus récente, il y a environ 6500 ans¹³ [avec une élévation de 0,2 °C à 1 °C par rapport à 1850–1900] (*degré de confiance moyen*). Il faut remonter à il y a environ 125 000 ans pour trouver une période chaude avec une variation de température pluriséculaire [+0,5 °C à 1,5 °C par rapport à 1850–1900] qui englobe celle observée pour la décennie la plus récente (*degré de confiance moyen*).
{2.3, encadré thématique 2.1, encadré thématique RT.1} (figure RID.1)
- A.2.3 Sur la période 2011–2020, l'étendue moyenne annuelle de glace de mer de l'Arctique a atteint son niveau le plus bas depuis au moins 1850 (*degré de confiance élevé*). À la fin de l'été, l'étendue de la glace de mer arctique est la plus basse depuis au moins mille ans (*degré de confiance moyen*). Le caractère planétaire du recul des glaciers depuis les années 1950, un phénomène qui touche simultanément la quasi-totalité des glaciers du monde, est sans précédent depuis au moins 2000 ans (*degré de confiance moyen*).
{2.3, RT.2.5}
- A.2.4 Le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe s'est élevé plus rapidement depuis 1900 qu'au cours de tout autre siècle au cours des trois derniers millénaires (*degré de confiance élevé*). L'océan mondial s'est réchauffé plus rapidement au cours du siècle dernier que depuis la fin de la dernière déglaciation (il y a environ 11 000 ans) (*degré de confiance moyen*). Une augmentation du pH des eaux de surface en haute mer s'est produite à long terme au cours des 50 derniers millions d'années (*degré de confiance élevé*). Cependant, un pH des eaux de surface en haute mer aussi bas que celui des dernières décennies est inhabituel au cours des 2 derniers millions d'années (*degré de confiance moyen*).
{2.3, RT.2.4, encadré RT.4}
- A.3 Le changement climatique d'origine humaine affecte déjà de nombreux extrêmes météorologiques et climatiques dans toutes les régions du monde. Les preuves des changements observés dans les extrêmes tels que les vagues de chaleur, les précipitations extrêmes, les sécheresses et les cyclones tropicaux, et notamment de leur attribution à l'influence humaine, se sont accumulées depuis l'AR5. {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, encadré 8.1, encadré 8.2, encadré 9.2, 10.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.8, 11.9, 12.3} (figure RID.3)**
- A.3.1 Il est *quasi-certain* que les extrêmes chauds (y compris les vagues de chaleur) sont devenus plus fréquents et plus intenses dans la plupart des terres émergées depuis les années 1950, tandis que les extrêmes froids (y compris les vagues de froid) sont devenus moins fréquents et moins sévères, le changement climatique d'origine humaine étant, avec un *degré de confiance élevé*, le principal facteur¹⁴ de ces changements. Certains extrêmes chauds observés au cours de la dernière décennie auraient été *extrêmement improbables* sans l'influence humaine sur le système climatique. La fréquence des vagues de chaleur marines a approximativement doublé depuis les années 1980 (*degré de confiance élevé*) et l'influence humaine a *très probablement* contribué à la plupart d'entre elles depuis au moins 2006.
{encadré 9.2, 11.2, 11.3, 11.9, TS.2.4, RT.2.6, encadré RT.10} (figure RID.3)
- A.3.2 La fréquence et l'intensité des précipitations extrêmes ont augmenté depuis les années 1950 sur la plupart des terres émergées pour lesquelles les données d'observation sont suffisantes pour procéder à une analyse des tendances (*degré de confiance élevé*), et le changement climatique d'origine humaine en est *probablement* le principal facteur. Le changement climatique

13 Comme indiqué à la section B.1, même dans le cadre du scénario d'émissions très basses SSP1-1.9, il est estimé que les températures futures resteront plus élevées que celles de la décennie la plus récente jusqu'en 2100 au moins, et seront donc plus chaudes que celles de la période d'il y a 6500 ans, à l'échelle du siècle.

14 Dans le présent RID, « principal facteur » signifie « responsable de plus de 50 % du changement ».

- d'origine humaine a contribué à l'augmentation des sécheresses de type agricole et écologique¹⁵ dans certaines régions, en raison de l'augmentation de l'évapotranspiration¹⁶ au-dessus des terres émergées (*degré de confiance moyen*). {8.2, 8.3, 11.4, 11.6, 11.9, RT.2.6, encadré RT.10} (figure RID.3)
- A.3.3 La diminution des précipitations¹⁷ de la mousson globale au-dessus des terres émergées entre les années 1950 et les années 1980 est en partie attribuée aux émissions d'aérosols d'origine humaine dans l'hémisphère nord, mais l'augmentation observée depuis lors est due à l'augmentation des concentrations de GES et à la variabilité interne décennale à pluri décennale (*degré de confiance moyen*). En Asie du Sud, en Asie de l'Est et en Afrique de l'Ouest, l'augmentation des précipitations de mousson due au réchauffement résultant des émissions de GES a été contrebalancée par une diminution des précipitations de mousson due au refroidissement entraîné par les émissions d'aérosols issus des activités humaines au cours du 20^e siècle (*degré de confiance élevé*). L'augmentation des précipitations de la mousson d'Afrique de l'Ouest depuis les années 1980 est en partie due à l'influence croissante des GES et à la réduction de l'effet refroidissant produit par les émissions d'aérosols issus des activités humaines en Europe et en Amérique du Nord (*degré de confiance moyen*). {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, encadré 8.1, encadré 8.2, 10.6, encadré RT.13}
- A.3.4 Il est *probable* que la proportion de cyclones tropicaux majeurs (catégories 3–5), à l'échelle globale, a augmenté au cours des quatre dernières décennies et que la latitude à laquelle les cyclones tropicaux atteignent leur intensité maximale sur le bassin ouest du Pacifique Nord s'est déplacée vers le nord ; ces changements ne peuvent pas être expliqués par la seule variabilité interne (*degré de confiance moyen*). Un *degré de confiance faible* est associé à l'évaluation des tendances à long terme (pluridécennales à centennales) de la fréquence des cyclones tropicaux de toutes catégories. Les études d'attribution d'événements et la compréhension physique indiquent que le changement climatique d'origine humaine entraîne une augmentation des précipitations extrêmes associées aux cyclones tropicaux (*degré de confiance élevé*), mais, les limitations des données d'observation disponibles empêchent de détecter clairement des tendances passées à l'échelle mondiale. {8.2, 11.7, encadré RT.10}
- A.3.5 L'influence humaine a *probablement* augmenté l'occurrence d'événements extrêmes composites¹⁸ depuis les années 1950. Cela comprend une fréquence accrue des vagues de chaleur coïncidant avec des sécheresses à l'échelle mondiale (*degré de confiance élevé*), des conditions météorologiques propices aux incendies dans plusieurs régions de tous les continents habités (*degré de confiance moyen*) et des inondations composites à certains endroits (*degré de confiance moyen*). {11.6, 11.7, 11.8, 12.3, 12.4, RT.2.6, tableau RT.5, encadré RT.10}

15 Sécheresse agricole et écologique (selon le biome affecté) : période caractérisée par un déficit anormal d'humidité du sol résultant d'un manque de précipitations conjugué à un excès d'évapotranspiration et qui, pendant la saison de croissance, affecte la production des cultures ou plus largement les fonctions écosystémiques. Les changements observés pour les sécheresses météorologiques (déficits de précipitations) et les sécheresses hydrologiques (déficits de ruissellement et débit des cours d'eau) sont distincts des changements observés pour les sécheresses agricoles et écologiques et sont traités dans le rapport complet de l'AR6 (chapitre 11).

16 Processus combinés par lesquels l'eau est transférée à l'atmosphère à partir des plans d'eau, des surfaces englacées, des sols nus et de la végétation qui composent la surface de la Terre (voir le glossaire).

17 Le domaine de la mousson globale est défini comme la zone où l'amplitude annuelle des précipitations (été local moins hiver local) est supérieure à 2,5 mm par jour (voir le glossaire). Les précipitations de la mousson globale au-dessus des terres émergées sont définies comme les précipitations moyennes associées à la mousson globale qui tombent sur les terres émergées.

18 Les événements extrêmes composites correspondent à la conjonction de multiples facteurs et/ou aléas contribuant à un risque pour la société ou l'environnement. On peut citer à titre d'exemple les vagues de chaleur coïncidant avec des sécheresses, les inondations composites (par exemple, une surcote marine due à une onde de tempête combinée à des précipitations et/ou un débit fluvial extrêmes), des conditions météorologiques composites propices aux incendies (par exemple, une conjonction de conditions chaudes, sèches et venteuses) ou des événements extrêmes simultanés en différents lieux.

Le changement climatique affecte déjà toutes les régions habitées de la planète, l'influence humaine contribuant à de nombreux changements observés des extrêmes météorologiques et climatiques

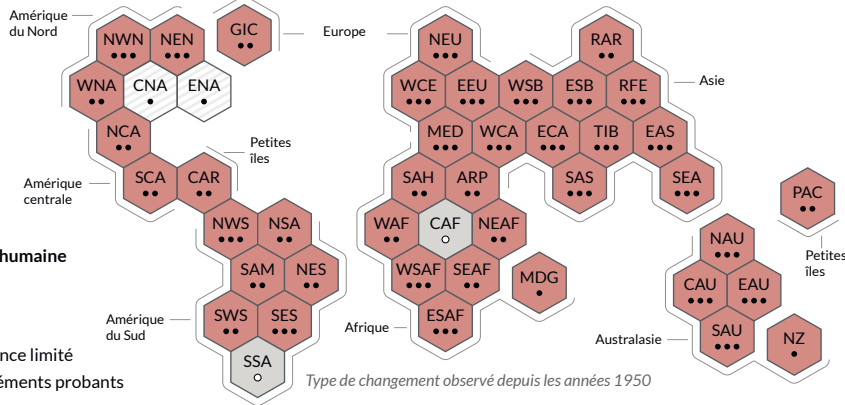
(a) Synthèse de l'évaluation des changements observés des **extrêmes chauds** et degré de confiance associé à la contribution humaine à ces changements, par région du monde

Type de changement observé dans les extrêmes chauds

- Augmentation (41)
- Diminution (0)
- Faible degré de concordance pour ce type de changement (2)
- Données et/ou publications scientifiques limitées (2)

Degré de confiance associé à la contribution humaine au changement observé

- Élevé
- Moyen
- Faible en raison d'un degré de concordance limité
- Faible en raison d'un nombre limité d'éléments probants



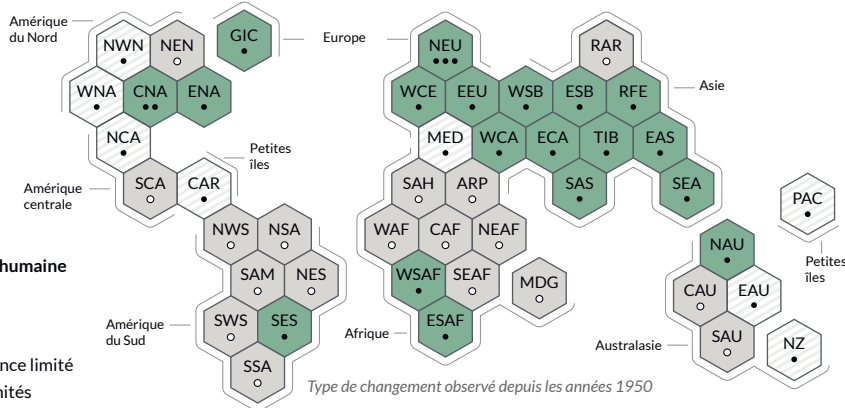
(b) Synthèse de l'évaluation des changements observés des **précipitations extrêmes** et degré de confiance associé à la contribution humaine à ces changements, par région du monde

Type de changement observé dans les précipitations extrêmes

- Augmentation (19)
- Diminution (0)
- Faible degré de concordance pour ce type de changement (8)
- Données et/ou publications scientifiques limitées (18)

Degré de confiance associé à la contribution humaine au changement observé

- Élevé
- Moyen
- Faible en raison d'un degré de concordance limité
- Faible en raison d'éléments probants limités



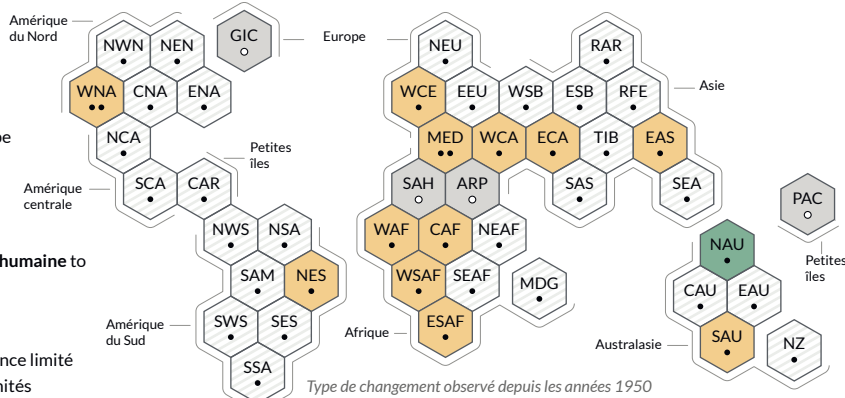
(c) Synthèse de l'évaluation des changements observés des **sécheresses de type agricole et écologique** et degré de confiance associé à la contribution humaine à ces changements, par région du monde

Type de changement observé dans les sécheresses de type agricole et écologique

- Augmentation (12)
- Diminution (1)
- Faible degré de concordance pour le type de changement (28)
- Données et/ou publications scientifiques limitées (4)

Degré de confiance associé à la contribution humaine au changement observé

- Élevé
- Moyen
- Faible en raison d'un degré de concordance limité
- Faible en raison d'éléments probants limités



Chaque hexagone correspond à l'une des régions de référence du GTI du GIEC dans l'AR6.

Nord-Ouest Amérique du Nord

Régions de référence du GTI du GIEC dans l'AR6 : **Amérique du Nord** : NWN (Nord-Ouest de l'Amérique du Nord), NEN (Nord-Est de l'Amérique du Nord), WNA (Ouest de l'Amérique du Nord), CNA (Centre de l'Amérique du Nord), ENA (Est de l'Amérique du Nord), **Amérique centrale** : NCA (Nord de l'Amérique centrale), SCA (Sud de l'Amérique centrale), CAR (Caraïbes), **Amérique du Sud** : NWS (Nord-Ouest de l'Amérique du Sud), NSA (Nord de l'Amérique du Sud), NES (Nord-Est de l'Amérique du Sud), SAM (Mousson d'Amérique du Sud), SWS (Sud-Ouest de l'Amérique du Sud), SES (Sud-Est de l'Amérique du Sud), SSA (Sud de l'Amérique du Sud), **Europe** : GIC (Groenland/Islande), NEU (Nord de l'Europe), WCE (Europe du centre et de l'ouest), EEU (Est de l'Europe), MED (Méditerranée), **Afrique** : MED (Méditerranée), SAH (Sahara), WAF (Afrique de l'Ouest), CAF (Afrique centrale), NEAF (Nord-Est de l'Afrique), SEAF (Sud de l'Afrique de l'Est), WSAF (Sud-Ouest de l'Afrique), ESAF (Est de l'Afrique du Sud), MDG (Madagascar), **Asie** : RAR (Arctique russe), WSB (Ouest de la Sibérie), ESB (Est de la Sibérie), RFE (Extrême-Orient russe), WCA (Ouest de l'Asie centrale), ECA (Est de l'Asie centrale), TIB (Plateau tibétain), EAS (Est de l'Asie), ARP (Péninsule arabique), SAS (Sud de l'Asie), SEA (Asie du Sud-Est), **Australasie** : NAU (Nord de l'Australie), CAU (Centre de l'Australie), EAU (Est de l'Australie), SAU (Sud de l'Australie), NZ (Nouvelle-Zélande), **Petites îles** : CAR (Caraïbe), PAC (Petites îles du Pacifique)

Figure RID.3 | Synthèse de l'évaluation de changements régionaux observés et de leur attribution.

Les régions habitées faisant l'objet de l'évaluation par le GTI de l'AR6 du GIEC sont représentées sous forme d'**hexagones** de même taille, situés à leur emplacement géographique approximatif (voir la légende pour les acronymes régionaux). Toutes les évaluations sont effectuées pour l'ensemble de la région concernée et pour la période allant des années 1950 à aujourd'hui. Les évaluations effectuées à d'autres échelles temporelles ou à des échelles spatiales plus locales sont susceptibles de différer de celles qui sont présentées dans la figure. Les **couleurs** de chaque panneau correspondent aux quatre résultats de l'évaluation des changements observés. La présence de hachures (blanches et gris clair) dans un hexagone signale un *degré de cohérence faible* sur le type de changement pour la région dans son ensemble. La couleur grise indique des données et/ou des études publiées limitées, et, par conséquent, l'impossibilité d'établir une évaluation pour l'ensemble de la région. Les autres couleurs indiquent au minimum un *degré de confiance moyen* associé à la variation observée. Le **degré de confiance** avec lequel chacun des changements observés est attribué à l'influence humaine est établi sur la base de l'évaluation de la détection de tendances et de leur attribution, et des études publiées d'attribution d'événements. Il est indiqué par le nombre de points : trois points pour un *degré de confiance élevé*, deux points pour un *degré de confiance moyen* et un point pour un *degré de confiance faible* (un seul point plein : *degré de concordance limitée* ; cercle unique : *éléments probants limités*).

Panneau (a) Pour les extrêmes chauds, les éléments probants s'appuient principalement sur l'évolution de métriques basées sur les températures maximales quotidiennes ; les études menées à l'échelle régionale exploitant d'autres indices (durée, fréquence et intensité des vagues de chaleur) sont utilisées à titre complémentaire. Les hexagones rouges indiquent les régions où l'augmentation observée des extrêmes chauds est établie avec au minimum un *degré de confiance moyen*.

Panneau (b) Pour les précipitations extrêmes, les éléments probants reposent principalement sur les changements d'indices basés sur les hauteurs de précipitations pour un jour ou pour cinq jours dans le cadre d'études menées à l'échelle mondiale ou régionale. Les hexagones verts indiquent les régions où l'augmentation observée des précipitations extrêmes est établie avec au minimum un *degré de confiance moyen*.

Panneau (c) Les sécheresses de type agricole et écologique sont évaluées sur la base des changements observés ou simulés de l'humidité de la colonne totale de sol, complétés par des éléments probants concernant les changements de l'humidité de surface du sol, du bilan hydrique (précipitations moins évapotranspiration) et d'indices déterminés par les précipitations et de la demande évaporative atmosphérique. Les hexagones jaunes indiquent les régions où l'augmentation observée de ce type de sécheresse est établie avec au minimum un *degré de confiance moyen*. Les hexagones verts indiquent les régions où la diminution observée des sécheresses de type agricole et écologique est établie avec au minimum un *degré de confiance moyen*.

Pour toutes les régions, le tableau RT 5 présente un éventail plus large de changements observés en plus de ceux illustrés sur cette figure. Il convient de noter que le sud de l'Amérique du Sud (SSA) est la seule région qui ne présente pas de changements observés dans les métriques illustrées sur cette figure, mais qu'elle est affectée par une augmentation observée de la température moyenne, une diminution observée du gel et une augmentation observée des vagues de chaleur marines.

{11.9 ; Atlas.1.3.3 ; figure Atlas.2 ; tableau RT.5 ; encadré RT.10, figure.1}

A.4 L'amélioration de la compréhension des processus climatiques, des éléments probants paléoclimatiques, et de la réponse du système climatique au forçage radiatif croissant conduit à une meilleure estimation de la sensibilité climatique à l'équilibre établie à 3 °C, avec une fourchette plus étroite que dans l'AR5. {2.2, 7.3, 7.4, 7.5, 9.4, 9.5, 9.6, encadré 7.2, 9.4, 9.5, 9.6, encadré thématique 9.1}

A.4.1 Le forçage radiatif d'origine humaine, de $2,72 \text{ W m}^{-2}$ [$1,96$ à $3,48 \text{ W m}^{-2}$] en 2019 par rapport à 1750, a réchauffé le système climatique. Ce réchauffement est principalement dû à l'augmentation des concentrations de GES, partiellement réduit par le refroidissement dû à l'augmentation des concentrations d'aérosols. Le forçage radiatif a augmenté de $0,43 \text{ W m}^{-2}$ (19 %) par rapport à l'AR5, dont $0,34 \text{ W m}^{-2}$ sont dus à l'accroissement des concentrations de GES depuis 2011. Le reste de l'écart est dû à une meilleure compréhension scientifique et à une modification de l'évaluation du forçage imputable aux aérosols, qui intègre la diminution de leur concentration et une amélioration de son calcul (*degré de confiance élevé*). {2.2, 7.3, RT.2.2, RT.3.1}

A.4.2 Le forçage radiatif net d'origine humaine est positif et entraîne une accumulation d'énergie supplémentaire (réchauffement) dans le système climatique, qui est partiellement réduite par une perte d'énergie vers l'espace accrue, en réponse au réchauffement de surface. Le taux moyen d'accumulation d'énergie observée dans le système climatique est passé de $0,50 \text{ W m}^{-2}$ [$0,32$ à $0,69 \text{ W m}^{-2}$] en 1971–2006¹⁹ à $0,79 \text{ W m}^{-2}$ [$0,52$ à $1,06 \text{ W m}^{-2}$] en 2006–2018²⁰ (*degré de confiance élevé*). Le réchauffement de l'océan représente 91 % de l'accumulation d'énergie dans le système climatique, tandis que le réchauffement des terres émergées, la fonte des glaces et le réchauffement de l'atmosphère en représentent respectivement environ 5 %, 3 % et 1 % (*degré de confiance élevé*). {7.2, encadré 7.2, RT.3.1}

A.4.3 L'accumulation de chaleur dans le système climatique a provoqué l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe du fait de la fonte des glaces continentales et de la dilatation thermique due au réchauffement des océans. La dilatation thermique explique 50 % de l'élévation du niveau de la mer entre 1971 et 2018, tandis que la perte de masse des glaciers y a contribué à hauteur de 22 %, celle des calottes glaciaires à hauteur de 20 % et la variation du stockage d'eau terrestre à hauteur de 8 %. Le rythme de perte de masse des calottes glaciaires a augmenté d'un facteur 4 entre la période 1992–1999 et la période

19 Augmentation cumulée d'énergie de 282 ZJ [177 à 387 ZJ] sur la période 1971–2006 (1 ZJ = 10^{21} joules).

20 Augmentation cumulée d'énergie de 152 ZJ [100 à 205 ZJ] sur la période 2006–2018.

2010–2019. Ensemble, les pertes de masse des calottes glaciaires et des glaciers représentent la contribution prépondérante à l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe entre 2006 et 2018 (*degré de confiance élevé*).
{9.4, 9.5, 9.6, encadré thématique 9.1}

- A.4.4 La sensibilité climatique à l'équilibre est une grandeur physique importante, utilisée pour quantifier la réponse du climat au forçage radiatif. Sur la base de multiples éléments probants²¹, la fourchette *très probable* de la sensibilité climatique à l'équilibre se situe entre 2 °C (*degré de confiance élevé*) et 5 °C (*degré de confiance moyen*). La meilleure estimation résultant de l'évaluation de l'AR6 est de 3 °C, avec une fourchette *probable* de 2,5 °C à 4 °C (*degré de confiance élevé*), contre 1,5 °C à 4,5 °C dans l'AR5, qui n'avait pas fourni de meilleure estimation.
{7.4, 7.5, RT.3.2}

B. Futurs climatiques possibles

Un ensemble de cinq nouveaux scénarios d'émissions illustratifs a été choisi pour examiner de manière cohérente, au sein de ce rapport, la réponse du climat à un éventail plus large d'évolutions futures des gaz à effet de serre (GES), de l'affectation des terres et des polluants atmosphériques que celui considéré dans l'AR5. Cet ensemble de scénarios alimente les projections des modèles climatiques concernant les changements du système climatique. Ces projections tiennent compte de l'activité solaire et du forçage de fond dû aux volcans. Les résultats pour le 21e siècle sont fournis pour le court terme (2021–2040), le moyen terme (2041–2060) et le long terme (2081–2100) par rapport à la période 1850–1900, sauf indication contraire.

Encadré RID.1 | Scénarios, modèles climatiques et projections

Encadré RID.1.1 : Le présent rapport évalue la réponse du climat à cinq scénarios illustratifs qui couvrent l'éventail des évolutions futures possibles des facteurs anthropiques du changement climatique disponibles dans la littérature scientifique. Ces scénarios débutent en 2015 et incluent des scénarios²² d'émissions de GES élevées et très élevées (SSP3-7.0 et SSP5-8.5), avec des émissions de CO₂ atteignant près du double des niveaux actuels d'ici à 2100 et 2050, respectivement, des scénarios d'émissions de GES intermédiaires (SSP2-4.5) avec des émissions de CO₂ qui restent proches des niveaux actuels jusqu'au milieu du siècle, et des scénarios d'émissions très basses et basses de GES, avec des émissions de CO₂ diminuant jusqu'à des émissions nettes égales à zéro vers ou après 2050, suivies de niveaux variables d'émissions nettes négatives de CO₂²³ (SSP1-1.9 et SSP1-2.6), comme l'illustre la figure RID 4. Les émissions varient d'un scénario à l'autre en fonction des hypothèses socio-économiques, du niveau d'atténuation du changement climatique et, s'agissant des aérosols, et des précurseurs non méthaniques d'ozone, des mesures de contrôle de la pollution atmosphérique. D'autres hypothèses peuvent aboutir à des émissions et des réponses climatiques similaires, mais les hypothèses socio-économiques et la faisabilité ou la probabilité des divers scénarios ne font pas partie de cette évaluation.
{1.6, encadré thématique 1.4, RT.1.3} (figure RID.4)

Encadré RID.1.2 : Ce rapport évalue les résultats des modèles climatiques participant à la phase 6 du Project d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP6) du Programme mondial de recherches sur le climat. Ces modèles bénéficient d'une représentation nouvelle et améliorée de processus physiques, chimiques et biologiques, ainsi qu'une résolution plus élevée, par rapport aux modèles climatiques examinés dans les précédents rapports d'évaluation du GIEC. Les simulations de l'état moyen récent de la plupart des indicateurs de grande échelle du changement climatique et de nombreux autres aspects au sein du système climatique s'en trouvent améliorées. Certaines différences persistent par rapport aux observations, par exemple vis-à-vis de la structure régionale des précipitations. Les simulations historiques CMIP6 évaluées dans ce rapport ont une moyenne d'ensemble du changement de la température à la surface du globe qui se situe à moins de 0,2 °C des observations sur la majeure partie de la période historique, et le réchauffement observé s'inscrit dans la fourchette *très probable* de l'ensemble CMIP6. Toutefois, certains modèles de CMIP6 simulent un réchauffement qui

21 La compréhension des processus climatiques, des enregistrements instrumentaux, des paléoclimats et des contraintes émergentes basées sur les modèles (voir le glossaire).

22 Dans le présent rapport, les cinq scénarios illustratifs sont désignés par l'abréviation SSPx-y, où "SSPx" renvoie à la trajectoire socio-économique partagée (SSP) décrivant les tendances socio-économiques à la base du scénario, et "y" renvoie au niveau approximatif du forçage radiatif (en watts par mètre carré, ou W m⁻²) résultant du scénario en 2100. Une comparaison détaillée avec les scénarios utilisés dans les précédents rapports du GIEC est fournie dans la section RT 1.3, et les sections 1.6 et 4.6. Les SSP qui sous-tendent les scénarios de forçage spécifiquement utilisés pour forcer les modèles climatiques ne sont pas évaluées par le GTI. Néanmoins, le label SSPx-y assure la traçabilité par rapport aux publications scientifiques où ces trajectoires de forçage spécifiques sont utilisées en entrée des modèles climatiques. Le GIEC est neutre en ce qui concerne les hypothèses sous-jacentes aux SSP, qui ne recouvrent pas tous les scénarios possibles. Des scénarios alternatifs peuvent être envisagés ou élaborés.

23 Des émissions nettes négatives de CO₂ sont atteintes lorsque les éliminations anthropiques de CO₂ dépassent les émissions anthropiques (voir le glossaire).

se situe soit au-dessus, soit au-dessous de la fourchette évaluée comme *très probable* du réchauffement observé. {1.5, encadré thématique 2.2, 3.3, 3.8, RT.1.2, encadré thématique RT.1} (figure RID.1b, figure RID.2)

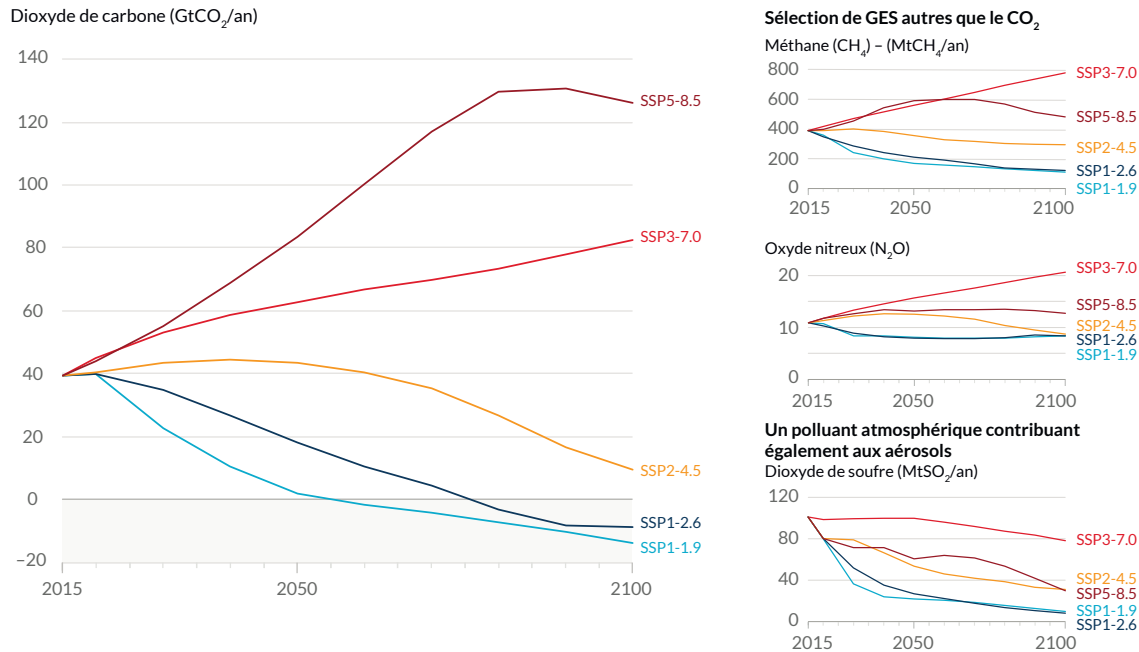
Encadré RID.1.3 : Les modèles CMIP6 pris en compte dans le présent rapport présentent une fourchette de sensibilité climatique plus large que celle des modèles CMIP5 et que la fourchette *très probable* évaluée dans l'AR6, établie à partir de multiples éléments probants. Ces modèles CMIP6 présentent également une sensibilité climatique moyenne plus élevée que les modèles CMIP5 et que la meilleure estimation résultant de l'évaluation de l'AR6. Les valeurs plus élevées de la sensibilité climatique de CMIP6 par rapport à CMIP5 peuvent être imputées à l'effet amplificateur de la rétroaction des nuages qui est plus important d'environ 20 % dans CMIP6. {encadré 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, RT.3.2}

Encadré RID.1.4 : Pour la première fois dans un rapport du GIEC, les évaluations des changements futurs de la température à la surface du globe, du réchauffement de l'océan et du niveau de la mer sont construites en combinant les projections multi-modèles avec des contraintes issues des observations s'appuyant sur le réchauffement passé simulé, ainsi que sur l'évaluation de la sensibilité climatique de l'AR6. Pour d'autres variables, il n'existe pas encore de méthodes aussi robustes permettant de contraindre les projections. Néanmoins, pour un niveau donné de réchauffement planétaire, il est possible d'identifier des structures géographiques robustes sont identifiées dans les projections de nombreuses variables, communes aux scénarios considérés, et indépendantes du moment où ce niveau de réchauffement planétaire est atteint. {1.6, 4.3, 4.6, encadré 4.1, 7.5, 9.2, 9.6, encadré thématique 11.1, encadré thématique RT.1}

(Encadré RID.1 suite)

Les émissions futures entraînent un réchauffement supplémentaire à venir, le réchauffement total étant dominé par les émissions de CO₂ passées et à venir

(a) Émissions annuelle futures de CO₂ (à gauche) et d'un sous-ensemble de facteurs clés autres que le CO₂ (à droite), pour cinq scénarios illustratifs



(b) Contribution des différentes émissions à l'augmentation de la température à la surface du globe, et rôle dominant des émissions de CO₂
Changement de la température à la surface du globe en 2081–2100 par rapport à 1850–1900 (°C)

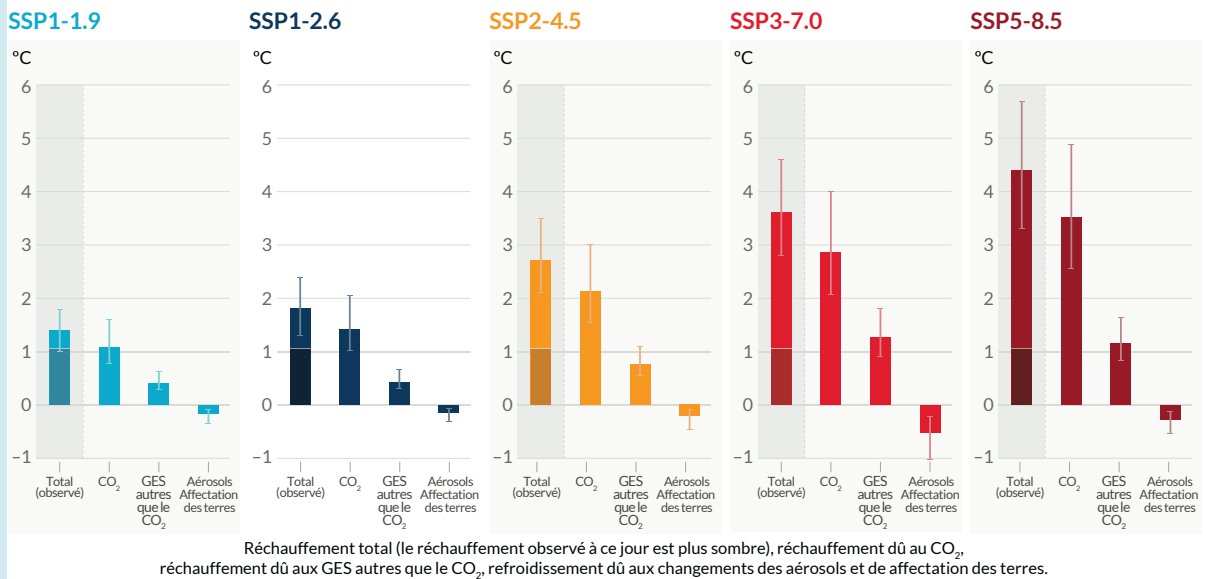


Figure RID.4 | Émissions anthropiques futures des principaux facteurs du changement climatique et contributions au réchauffement par groupes de facteurs pour les cinq scénarios illustratifs utilisés dans ce rapport.

Les cinq scénarios sont SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5.

Panneau (a) Émissions anthropiques (d'origine humaine) annuelles sur la période 2015–2100. Sont représentées ici les trajectoires d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂) de tous les secteurs (GtCO₂/an) (graphique de gauche) et d'un sous-ensemble de trois facteurs clés autres que le CO₂ pris en compte dans les scénarios : le méthane (CH₄, MtCH₄/an, graphique en haut à droite) ; le protoxyde d'azote (N₂O, Mt N₂O /an, graphique du milieu à droite) ; et le dioxyde de soufre (SO₂, MtSO₂/an, graphique en bas à droite), contribuant aux aérosols d'origine anthropique dans le panneau (b).

Panneau (b) Les contributions au réchauffement, par groupe de facteurs anthropiques et par scénario, sont indiquées par un changement de la température à la surface du globe (°C) en 2081–2100 par rapport à 1850–1900, avec indication du réchauffement observé à ce jour. Les barres et les moustaches représentent, respectivement, les valeurs médianes et la fourchette *très probable*. Dans les diagrammes à barres des divers scénarios, les barres représentent : le réchauffement planétaire total (°C ; barre « Total ») (voir tableau RID.1) ; les contributions au réchauffement (°C) dues aux variations du CO₂ (barre « CO₂ ») et aux gaz à effet de serre (GES) autres que le CO₂ ; (barre « GES autres que le CO₂ » : comprenant les gaz à effet de serre bien mélangés et l'ozone) ; et le refroidissement net dû à d'autres facteurs anthropiques (barre « Aérosols et affectation des terres » : aérosols anthropiques, changement de réflectance dû à des changements d'affectation des terres et d'irrigation, et traînées de condensation des avions) (voir la figure RID 2, panneau (c), pour les contributions au réchauffement à ce jour pour les divers facteurs). La meilleure estimation du réchauffement observé en 2010–2019 par rapport à 1850–1900 (voir figure RID 2, panneau (a)) est représentée par la partie plus sombre de la barre « Total ». Dans le panneau (b), les contributions au réchauffement sont calculées selon la méthode présentée dans le tableau RID 1 pour la barre « Total ». Pour les autres barres, la contribution des différents groupes de facteurs au changement de température à la surface du globe est calculée à l'aide d'un émulateur des processus physiques du climat qui s'appuie sur les évaluations de la sensibilité climatique et du forçage radiatif.

{encadré thématique 1.4 ; 4.6 ; figure 4.35 ; 6.7 ; figures 6.18, 6.22 et 6.24 ; 7.3 ; encadré thématique 7.1 ; figure 7.7 ; encadré RT.7 ; figures RT.4 et RT.15}

B.1 La température à la surface du globe continuera à augmenter au moins jusqu'au milieu de ce siècle, dans tous les scénarios d'émissions considérés. Un réchauffement planétaire de 1,5 °C et 2 °C sera dépassé au cours du 21e siècle, sauf si des réductions importantes des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre ont lieu au cours des prochaines décennies.

{2.3, encadré thématique 2.3, encadré thématique 2.4, 4.3, 4.4, 4.5} (figure RID.1, figure RID.4, figure RID.8, tableau RID.1, encadré RID.1)

B.1.1 En moyenne sur la période 2081–2100, la température à la surface du globe sera *très probablement* supérieure de 1,0 °C à 1,8 °C à celle de 1850–1900 pour le scénario de très basses émissions de GES (SSP1-1.9), de 2,1 °C à 3,5 °C pour le scénario d'émissions de GES intermédiaires (SSP2-4.5) et de 3,3 °C à 5,7 °C pour le scénario d'émissions très élevées de GES (SSP5-8.5)²⁴. La dernière fois que la température à la surface du globe s'est maintenue à 2,5 °C ou plus au-dessus du niveau de 1850–1900 s'est produite il y a plus de 3 millions d'années (*degré de confiance moyen*).

{2.3, encadré thématique 2.4, 4.3, 4.5, encadré RT.2, encadré RT.4, encadré thématique RT.1} (tableau RID.1)

Tableau RID.1 | Évaluation des changements de la température à la surface du globe, sur la base de multiples éléments probants, pour une sélection de périodes de 20 ans et pour les cinq scénarios d'émissions illustratifs considérés. Les écarts de température par rapport à la température moyenne à la surface du globe durant la période 1850–1900 sont exprimés en °C. Ils incluent la réévaluation du réchauffement historique observé pour la période de référence 1986–2005 de l'AR5, qui est dans l'AR6 supérieur de 0,08 °C [– 0,01 à + 0,12 °C] à celui de l'AR5 (voir la note de bas de page 10). Les changements relatifs à la période de référence récente (1995–2014) peuvent être calculés approximativement en soustrayant 0,85 °C, correspondant à la meilleure estimation du réchauffement observé entre 1850–1900 et 1995–2014.

{Encadré thématique 2.3, 4.3, 4.4, encadré thématique RT.1}

Scénarios	Court terme, 2021–2040		Moyen terme, 2041–2060		Long terme, 2081–2100	
	Meilleure estimation (°C)	Fourchette <i>très probable</i> (°C)	Meilleure estimation (°C)	Fourchette <i>très probable</i> (°C)	Meilleure estimation (°C)	Fourchette <i>très probable</i> (°C)
SSP1-1.9	1,5	1,2 to 1,7	1,6	1,2 to 2,0	1,4	1,0 to 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 to 1,8	1,7	1,3 to 2,2	1,8	1,3 to 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 to 1,8	2,0	1,6 to 2,5	2,7	2,1 to 3,5
SSP3-7.0	1,5	1,2 to 1,8	2,1	1,7 to 2,6	3,6	2,8 to 4,6
SSP5-8.5	1,6	1,3 to 1,9	2,4	1,9 to 3,0	4,4	3,3 to 5,7

B.1.2 D'après l'évaluation de multiples éléments probants, un réchauffement planétaire de 2 °C par rapport à 1850–1900 serait dépassé au cours du 21e siècle dans le cas des scénarios d'émissions de GES élevées et très élevées considérés dans ce rapport (SSP3-7.0 et SSP5-8.5, respectivement). Il est *extrêmement probable* qu'un réchauffement planétaire de 2 °C serait dépassé dans le cas du scénario intermédiaire d'émissions de GES (SSP2-4.5). Dans le cas des scénarios d'émissions très basses et basses de GES, il est *extrêmement improbable* qu'un réchauffement planétaire de 2 °C soit dépassé (SSP1-1.9) ou *improbable* qu'il le soit

24 Sauf indication contraire, les changements de la température à la surface du globe correspondent à des moyennes glissantes sur 20 ans.

(SSP1-2.6)²⁵. Le franchissement d'un niveau de réchauffement planétaire de 2 °C à moyen terme (2041–2060) est *très probable* dans le cas du scénario d'émissions très élevées de gaz à effet de serre (SSP2-4.5), *probable* dans le cas du scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0) et *plus probable qu'improbable* dans le cas du scénario d'émissions intermédiaires (SSP5-8.5)²⁶. {4.3, encadré thématique RT.1} (tableau RID.1, figure RID.4, encadré RID.1)

- B.1.3 Un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport à 1850–1900 serait dépassé au cours du 21^e siècle dans le cas des scénarios d'émissions de GES intermédiaires, élevées et très élevées considérés dans ce rapport (SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, respectivement). Pour les cinq scénarios illustratifs, à court terme (2021–2040), le fait de dépasser un niveau de réchauffement planétaire de 1,5 °C est *très probable* dans le cas du scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8.5), *probable* dans le cas des scénarios d'émissions intermédiaires et élevées (SSP2-4.5 et SSP3-7.0), *plus probable qu'improbable* dans le cas du scénario d'émissions basses (SSP1-2.6) et le fait d'atteindre ce niveau de réchauffement est *plus probable qu'improbable* dans le cas du scénario avec des émissions de GES très basses (SSP1-1.9)²⁷. De plus, pour ce scénario d'émissions très basses de GES (SSP1-1.9), il est *plus probable qu'improbable* que la température à la surface du globe redescende en-dessous de 1,5 °C vers la fin du 21^e siècle, avec un dépassement temporaire de tout au plus 0,1 °C au-dessus d'un niveau de réchauffement de 1,5 °C. {4.3, encadré thématique RT.1} (tableau RID.1, figure RID.4)
- B.1.4 Pour une année donnée, la température à la surface du globe peut fluctuer au-dessus ou en-dessous de la tendance à long terme d'origine humaine du fait de l'importante variabilité naturelle²⁸. L'occurrence d'années individuelles pour lesquelles la température à la surface du globe dépasse un certain niveau, par exemple 1,5 °C ou 2 °C, par rapport à 1850–1900, n'implique pas que ce niveau de réchauffement planétaire ait été atteint²⁹. {4.3, encadré thématique RT.1} (tableau RID.1, figure RID.4)

B.2 Il existe une relation directe entre l'amplification de nombreux changements au sein du système climatique et l'augmentation du réchauffement planétaire. Il s'agit notamment de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des extrêmes chauds, des vagues de chaleur marines, des précipitations extrêmes et, dans certaines régions, des sécheresses de type agricole et écologique ; de l'augmentation de la proportion de cyclones tropicaux intenses ; et de la diminution de la glace de mer de l'Arctique, du manteau neigeux et du pergélisol. {4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 8.2, 8.4, encadré 8.2, 9.3, 9.5, encadré 9.2, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.9, encadré thématique 11.1, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (figure RID.5, figure RID.6, figure RID.8)

- B.2.1 Il est *quasi-certain* que le réchauffement sera plus prononcé au-dessus des terres émergées qu'à la surface des océans (*probablement* 1,4 à 1,7 fois plus). Il est *quasi-certain* que le réchauffement de l'Arctique sera plus prononcé que le réchauffement à la surface du globe, avec un *degré de confiance élevé* que son rythme de réchauffement sera plus de deux fois supérieur au rythme de réchauffement planétaire. {2.3, 4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 11.1, 11.3, 11.9, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, encadré thématique RT.1, RT.2.6} (figure RID.5)
- B.2.2 Chaque incrément supplémentaire de réchauffement planétaire entraîne la poursuite de l'amplification des changements dans les extrêmes. Par exemple, chaque demi-degré supplémentaire de réchauffement planétaire entraîne clairement une augmentation perceptible de l'intensité et de la fréquence des extrêmes chauds, y compris les vagues de chaleur (*très probable*), et des précipitations extrêmes (*degré de confiance élevé*), ainsi que des sécheresses de type agricole et écologique³⁰ dans certaines régions (*degré de confiance élevé*). Des changements perceptibles de l'intensité et de la fréquence des sécheresses météorologiques sont constatés dans certaines régions pour chaque demi-degré supplémentaire de réchauffement planétaire, avec davantage de régions présentant des augmentations que des diminutions (*degré de confiance moyen*). Dans certaines

25 Les scénarios SSP1-1.9 et SSP1-2.6, qui démarrent en 2015, correspondent à des émissions de GES respectivement très basses et basses, avec des émissions de CO₂ diminuant jusqu'à des émissions nettes égales à zéro vers ou après 2050, suivies de niveaux variables d'émissions nettes négatives de CO₂.

26 Sauf indication contraire, les changements de la température à la surface du globe correspondent à des moyennes glissantes sur 20 ans.

27 L'évaluation présentée dans l'AR6 pour déterminer le moment où un niveau donné de réchauffement planétaire sera franchi pour la première fois s'appuie sur la prise en compte des scénarios illustratifs, des multiples éléments probants intégrés dans l'évaluation de la réponse future de la température à la surface du globe au forçage radiatif, et de l'amélioration de l'estimation du réchauffement historique. L'évaluation présentée dans l'AR6 n'est donc pas directement comparable au RID du SR1.5, qui indiquait qu'un réchauffement planétaire de 1,5 °C serait *probablement* atteint entre 2030 et 2052, à partir d'une simple extrapolation linéaire du rythme de réchauffement du passé récent. En réponse à des scénarios similaires au SSP1-1.9 plutôt qu'avec une extrapolation linéaire, l'estimation du rapport SR1.5 du moment où un niveau de réchauffement planétaire de 1,5 °C est franchi pour la première fois est proche de la meilleure estimation de ce rapport.

28 La variabilité naturelle fait référence aux fluctuations climatiques qui se produisent sans aucune influence humaine, c'est-à-dire la variabilité interne du climat, combinée à sa réponse aux facteurs naturels externes tels que les éruptions volcaniques, les variations de l'activité solaire et, sur des échelles de temps plus longues, les effets orbitaux et la tectonique des plaques (voir le glossaire).

29 La variabilité interne, pour une année donnée, est estimée à environ ± 0,25 °C (fourchette de 5 à 95 %, *degré de confiance élevé*).

30 Les projections de changements des sécheresses de type agricole et écologique sont principalement évaluées sur la base de l'humidité de la colonne totale de sol. Voir la note de bas de page 15 pour leur définition et leur lien avec les précipitations et l'évapotranspiration.

- régions, la hausse du réchauffement planétaire accentue l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des sécheresses hydrologiques (*degré de confiance moyen*). L'occurrence de certains extrêmes, sans précédent dans les séries d'observations, augmentera pour chaque hausse supplémentaire du réchauffement planétaire, même pour un niveau de réchauffement de 1,5 °C. Dans les projections, les changements de fréquence, exprimés en pourcentage d'occurrence, sont plus importants pour les événements les plus rares (*degré de confiance élevé*).
{8.2, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, encadré thématique 11.1, encadré thématique 12.1, RT.2.6} (figure RID.5, figure RID.6)
- B.2.3 Il est projeté que certaines régions des latitudes moyennes, certaines régions semi-arides ainsi que la région de la mousson sud-américaine connaîtront l'augmentation la plus forte de la température des jours les plus chauds, à un rythme environ 1,5 à 2 fois plus important que celui du réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*). Il est projeté que l'Arctique connaîtra la plus forte augmentation de la température des jours les plus froids, à un rythme environ trois fois supérieur à celui du réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*). Pour chaque hausse supplémentaire du réchauffement planétaire, la fréquence des vagues de chaleur marines continuera à augmenter (*degré de confiance élevé*), en particulier dans l'océan tropical et l'Arctique (*degré de confiance moyen*).
{encadré 9.2, 11.1, 11.3, 11.9, encadré thématique 11.1, encadré thématique 12.1, 12.4, RT.2.4, RT.2.6} (figure RID.6)
- B.2.4 Il est *très probable* que les précipitations extrêmes s'intensifieront et deviendront plus fréquents dans la plupart des régions pour chaque hausse supplémentaire du réchauffement planétaire. À l'échelle mondiale, il est projeté que les précipitations journalières extrêmes s'intensifieront d'environ 7 % pour chaque degré (°C) de réchauffement planétaire supplémentaire (*degré de confiance élevé*). Il est projeté que la proportion de cyclones tropicaux intenses (catégorie 4–5) et la vitesse maximale des vents des cyclones tropicaux les plus intenses augmenteront avec la hausse du réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*).
{8.2, 11.4, 11.7, 11.9, encadré thématique 11.1, encadré RT.6, RT.4.3.1} (figure RID.5, figure RID.6)
- B.2.5 Dans les projections, tout réchauffement supplémentaire amplifie le dégel du pergélisol et la perte du manteau neigeux saisonnier, des glaces continentales et de la glace de mer arctique (*degré de confiance élevé*). Il est *probable* que l'Arctique sera pratiquement libre de glace de mer³¹ au mois de septembre au moins une fois avant 2050 pour les cinq scénarios illustratifs considérés dans ce rapport – avec des récurrences plus fréquentes pour des niveaux de réchauffement plus élevés. Le *degré de confiance est faible* concernant la diminution projetée de la glace de mer de l'Antarctique.
{4.3, 4.5, 7.4, 8.2, 8.4, encadré 8.2, 9.3, 9.5, 12.4, encadré thématique 12.1, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, RT.2.5} (figure RID.8)

31 Une étendue moyenne mensuelle de glace de mer inférieure à 1 million de km², ce qui représente environ 15 % de l'étendue moyenne de la glace de mer observée en septembre entre 1979 et 1988.

Pour chaque incrément de réchauffement planétaire, les changements s'accroissent pour les moyennes régionales de la température, des précipitations et de l'humidité du sol

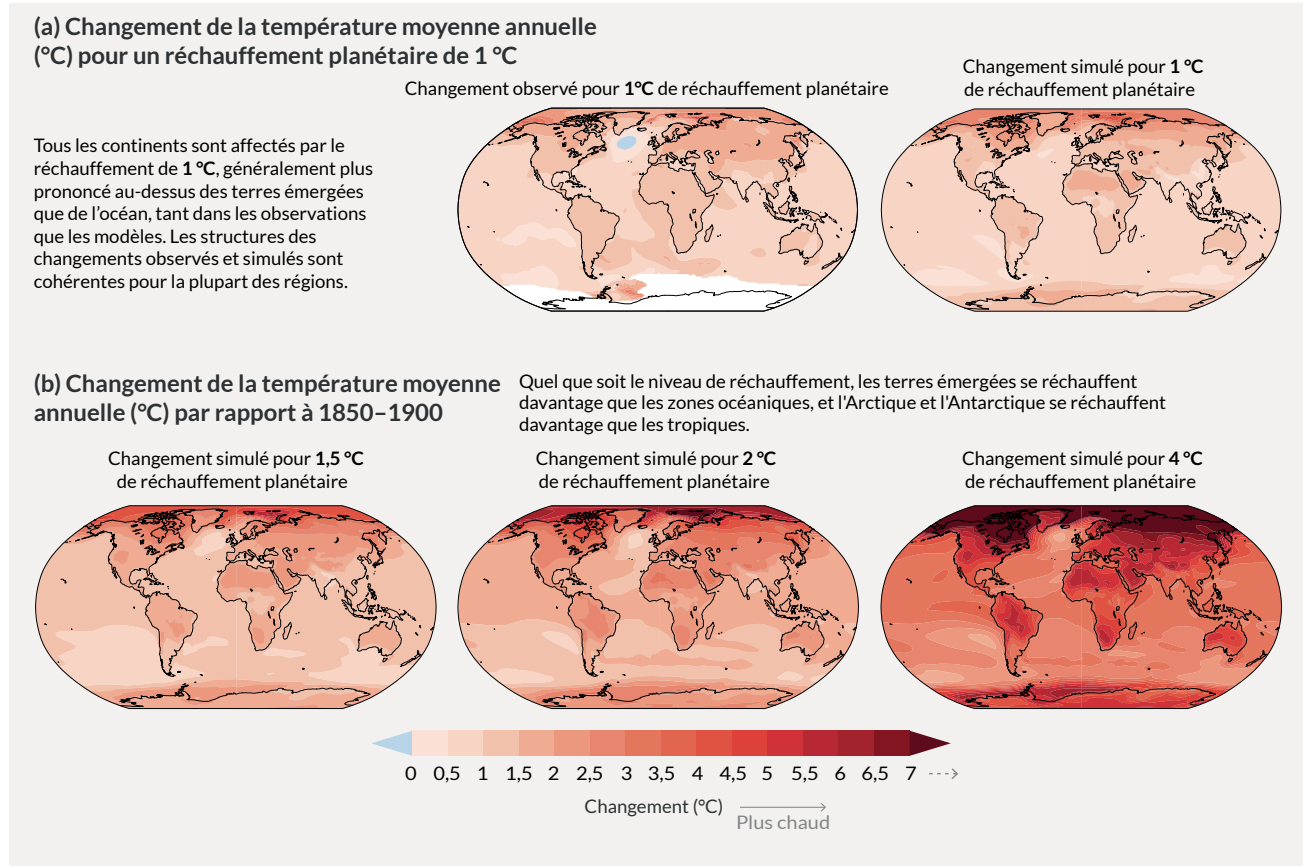
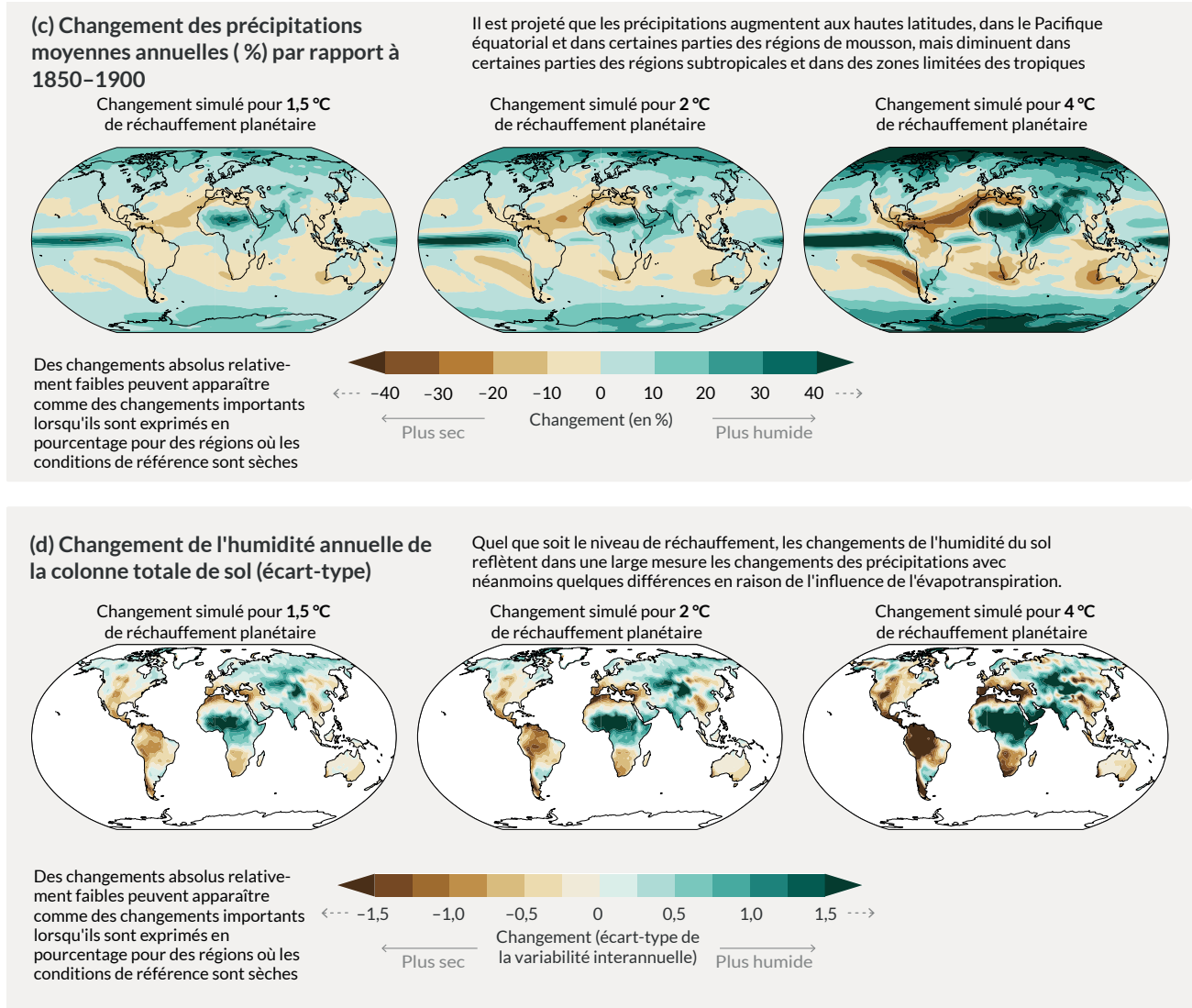


Figure RID.5 | Changements de la température moyenne annuelle en surface, des précipitations et de l'humidité du sol.

Panneau (a) Comparaison des changements observés et simulés de la température moyenne annuelle de surface. La carte de gauche montre les changements de la température moyenne annuelle de surface observés au cours de la période 1850–2020 par degré Celsius de réchauffement planétaire (°C). Les changements de la température annuelle moyenne en surface observés localement (c'est-à-dire au point de grille) sont régressés linéairement par rapport à la température à la surface du globe pour la période 1850–2020. Les données relatives aux observations de température proviennent de Berkeley Earth, le jeu de données offrant la plus grande couverture spatiale et la plus haute résolution horizontale. La régression linéaire est appliquée à toutes les années pour lesquelles des données sont disponibles au point de grille correspondant. Cette méthode de régression a été utilisée pour prendre en compte l'intégralité des séries chronologiques d'observations et ainsi réduire le rôle de la variabilité interne à l'échelle des points de grille. Les zones marquées en blanc sont celles pour lesquelles la couverture temporelle est de 100 ans ou moins, et, donc, trop courte pour procéder à une régression linéaire fiable. La carte de droite est basée sur les simulations issues de modèles climatiques. Elle présente les changements multi-modèles des températures moyennes annuelles simulées pour un niveau de réchauffement planétaire de 1 °C (changement de la température à la surface du globe moyenné sur 20 ans par rapport à 1850–1900). Les triangles situés à chaque extrémité de la barre de couleur indiquent les valeurs hors limites, c'est-à-dire les valeurs supérieures ou inférieures aux bornes indiquées.



Panneau (b) Changement simulé de la moyenne annuelle de la température (en °C), panneau (c) des précipitations (en %), panneau (d) de l'humidité de la colonne totale du sol (en écart-type de la variabilité interannuelle) pour des niveaux de réchauffement planétaire de 1,5 °C, 2 °C et 4 °C (changement de la température à la surface du globe moyennée sur 20 ans, par rapport à 1850–1900). Les changements simulés correspondent au changement moyen multi-modèle de la phase 6 du Projet de comparaison de modèles couplés (CMIP6) (changement médian pour l'humidité du sol) pour le niveau de réchauffement planétaire correspondant, suivant la même méthode que pour la carte de droite du panneau (a). **Dans le panneau (c)**, des changements positifs élevés en pourcentage dans les régions sèches peuvent correspondre à des changements absolus faibles. **Dans le panneau (d)**, l'unité est l'écart-type de la variabilité interannuelle de l'humidité du sol sur la période 1850–1900. L'écart-type est une métrique couramment utilisée pour caractériser la sévérité des sécheresses. Une réduction projetée d'un écart-type de l'humidité moyenne du sol correspond à des conditions d'humidité du sol typiques de sécheresses qui se produisaient environ une fois tous les six ans en 1850–1900. Dans le panneau (d), de grands changements dans des régions sèches présentant une faible variabilité interannuelle dans les conditions de référence peuvent correspondre à un faible changement absolu. Les triangles situés à chacune des extrémités des barres de couleur indiquent les valeurs hors limites, c'est-à-dire les valeurs supérieures ou inférieures aux bornes indiquées. Les résultats de tous les modèles atteignant le niveau de réchauffement correspondant dans l'un des cinq scénarios illustratifs (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5) sont moyennés. Les cartes des changements de la température et des précipitations moyennes annuelles pour un niveau de réchauffement planétaire de 3 °C sont présentées dans les figure 4.31 et 4.32 de la section 4.6. Les cartes correspondant aux panneaux (b), (c) et (d), et comprenant des zones hachurées signalant le niveau de concordance entre les modèles à l'échelle de chaque point de grille, se trouvent respectivement aux figures 4.31, 4.32 et 11.19 ; comme le souligne l'encadré thématique Atlas.1, ces zones hachurées à l'échelle du point de grille ne fournissent pas d'informations pertinentes pour des échelles spatiales plus grandes (par exemple, pour les régions de référence de l'AR6) où les signaux agrégés sont moins affectés par la variabilité de petite échelle, ce qui entraîne une augmentation de la robustesse. [figure 1.14, 4.6.1, encadré thématique 11.1, encadré thématique Atlas.1, RT.1.3.2, figures RT 3 et RT 5]

La fréquence et l'intensité des extrêmes augmentent, dans les projections, pour chaque incrément supplémentaire de réchauffement planétaire

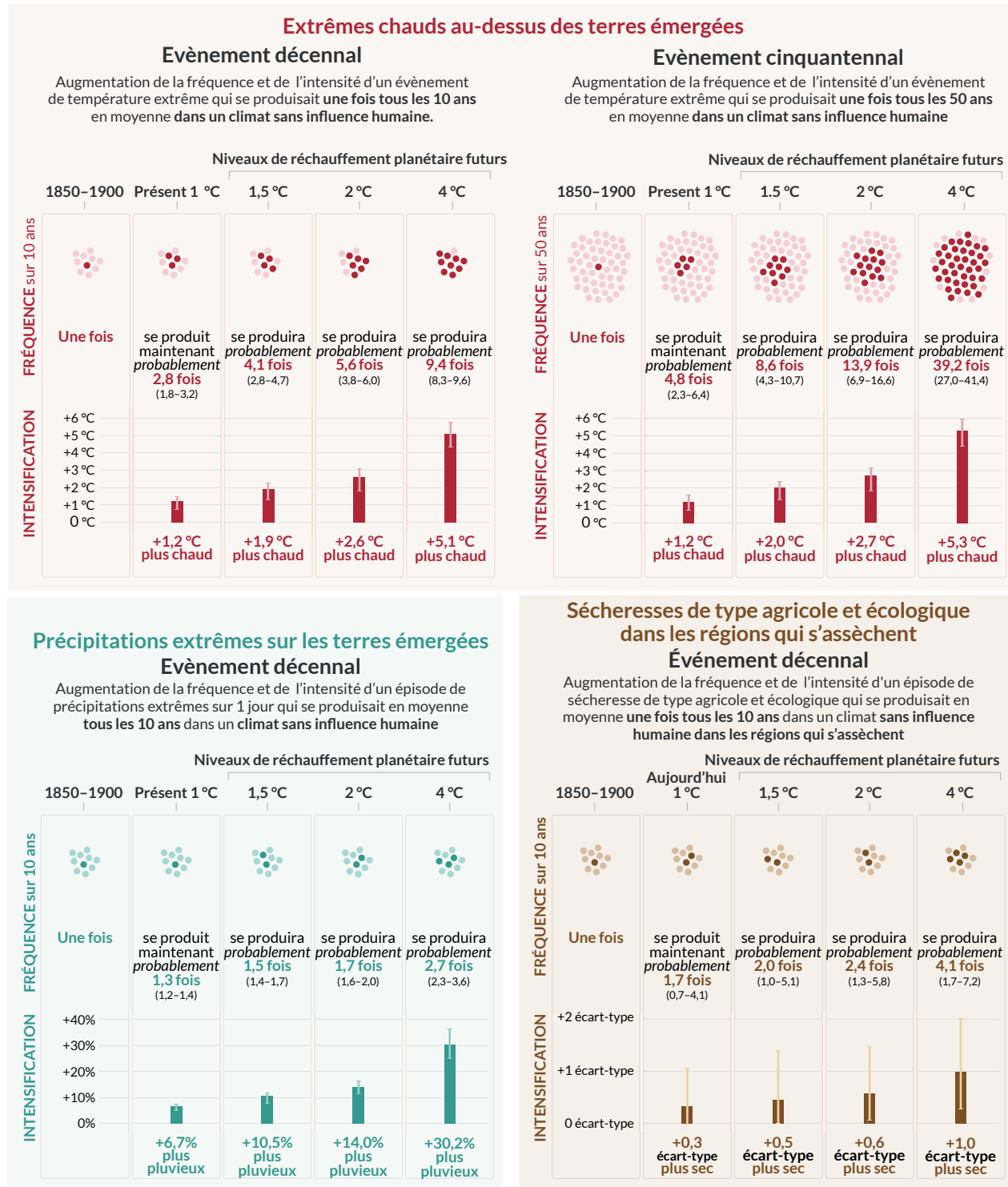


Figure RID.6 | Projections des changements de l'intensité et de la fréquence des extrêmes chauds et des précipitations extrêmes sur les terres émergées, ainsi que des sécheresses de type agricole et écologique dans les régions qui s'assèchent.

Les projections de ces changements sont présentées pour des niveaux de réchauffement planétaire (de 1 °C, 1,5 °C, 2 °C et 4 °C) par rapport à 1850–1900, période représentative d'un climat sans influence humaine. La figure indique la fréquence et l'intensification d'évènements extrêmes ayant une période de retour de dix ou cinquante ans par rapport à la période de référence (1850–1900) pour différents niveaux de réchauffement planétaire.

Les extrêmes chauds sont définis par des températures maximales quotidiennes sur les terres émergées qui n'ont été dépassées en moyenne qu'une seule fois par décennie (évènement décennal) ou qu'une fois en 50 ans (évènement cinquantennal) au cours de la période de référence 1850–1900. Les **épisodes de précipitations extrêmes** se caractérisent par des hauteurs de précipitations quotidiennes sur les terres émergées qui n'ont été dépassées en moyenne qu'une

fois par décennie pendant la période de référence 1850–1900. Un épisode de sécheresse de type agricole et écologique est défini par une moyenne annuelle de l'humidité de la colonne totale du sol inférieure au 10^e percentile de la période de référence (1850–1900). Ces extrêmes sont définis à l'échelle de la maille du modèle. Pour les extrêmes chauds et les précipitations extrêmes, les valeurs sont présentées pour l'ensemble des terres émergées. Pour les sécheresses de type agricole et écologique, les résultats sont présentés uniquement pour les régions qui s'assèchent, à savoir les régions de l'AR6 pour lesquelles une augmentation des sécheresses de type agricole et écologique est projetée avec au minimum un *degré de confiance moyen* pour un niveau de réchauffement de 2 °C par rapport à la période de référence 1850–1900, dans la phase 6 du Projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP6). Ces régions comprennent l'ouest de l'Amérique du Nord, le centre de l'Amérique du Nord, le nord de l'Amérique centrale, le sud de l'Amérique centrale, les Caraïbes, le nord de l'Amérique du Sud, le nord-est de l'Amérique du Sud, la zone de mousson sud-américaine, le sud-ouest de l'Amérique du Sud, le sud de l'Amérique du Sud, l'Europe du centre et de l'ouest, la Méditerranée, l'Afrique du sud-ouest, l'Afrique du sud-est, Madagascar, l'est de l'Australie, le sud de l'Australie (les Caraïbes n'ont pas été prises en compte pour l'élaboration de la figure du fait d'un trop petit nombre de mailles correspondant entièrement à des terres émergées). Les régions qui ne s'assèchent pas ne présentent ni augmentation ni diminution généralisées de l'intensité des sécheresses. Les projections de changements des sécheresses de type agricole et écologique de l'ensemble multi-modèles de la phase 5 de CMIP (CMIP5) diffèrent de celles de CMIP6 dans certaines régions, notamment dans certaines parties de l'Afrique et de l'Asie. Les évaluations des projections de changements relatifs aux sécheresses météorologiques et hydrologiques sont fournies au chapitre 11.

Dans la **section « fréquence »**, chaque année est représentée par un point. Les points sombres indiquent les années au cours desquelles le seuil défini comme extrême est dépassé, tandis que les points clairs sont les années où ce seuil ne l'est pas. Les valeurs correspondent aux médianes (en gras) et à leurs fourchettes respectives, de 5 à 95 %, qui s'appuient sur l'ensemble multi-modèles des simulations CMIP6 selon différents scénarios de trajectoires socio-économiques partagées. Par souci de cohérence, le nombre de points sombres est basé sur l'arrondi vers le haut de la médiane. Dans la **section « intensité »**, les médianes et leurs fourchettes respectives (de 5 à 95 %), qui se fondent également sur l'ensemble multi-modèles des simulations CMIP6, apparaissent sous la forme de barres, respectivement sombres et claires. Les changements d'intensité des extrêmes chauds et des précipitations extrêmes sont exprimés, respectivement, en degrés Celsius et en pourcentage. Pour ce qui est des sécheresses de type agricole et écologique, les changements d'intensité sont exprimés sous forme de fractions de l'écart-type de l'humidité du sol moyenne annuelle.

{11.1 ; 11.3 ; 11.4 ; 11.6 ; 11.9 ; figures 11.12, 11.15, 11.6, 11.7 et 11.18}

B.3 Il est projeté que la poursuite du réchauffement planétaire intensifiera davantage le cycle global de l'eau, notamment sa variabilité, les précipitations de la mousson globale et la sévérité des épisodes humides et secs.

{4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, encadré 8.2, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, Atlas.3} (figure RID.5, figure RID.6)

B.3.1 Le renforcement des éléments probants depuis l'AR5 montre que le cycle global de l'eau continuera à s'intensifier à mesure de la hausse de la température planétaire (*degré de confiance élevé*), les projections indiquant une augmentation de la variabilité des précipitations et des écoulements d'eau de surface dans la plupart des régions continentales, au cours d'une même saison (*degré de confiance élevé*) et d'une année à l'autre (*degré de confiance moyen*). Il est projeté, d'ici à 2081–2011, par rapport à 1995–2014, que les précipitations annuelles moyennes sur les terres émergées à l'échelle mondiale augmenteront de 0 à 5 % dans le cas du scénario de très basses émissions de GES (SSP1-1.9), de 1,5 à 8 % dans le cas du scénario d'émissions de GES intermédiaires (SSP2-4.5) et de 1 à 13 % dans le cas du scénario d'émissions très élevées de GES (SSP5-8.5) (*fourchettes probables*). Il est projeté que les précipitations augmenteront aux hautes latitudes, dans le Pacifique équatorial et dans certaines parties des régions de mousson, mais diminueront dans certaines parties des régions subtropicales et dans des zones limitées des tropiques pour les scénarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5 (*très probable*). Dans les projections, la portion des terres émergées de la planète présentant une augmentation ou une diminution détectable des hauteurs moyennes de précipitations saisonnières augmentera (*degré de confiance moyen*). Dans les régions dominées par la neige, à l'échelle mondiale, il y a un *degré de confiance élevé* dans un début plus précoce de la fonte des neiges printanière, avec des débits de pointe plus élevés, au détriment des écoulements d'été.

{4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, Atlas.3, RT.2.6, RT.4.3, encadré RT.6} (figure RID.5)

B.3.2 Un climat plus chaud intensifiera les événements météorologiques et climatiques ainsi que les saisons très humides et très secs, avec des implications pour les inondations ou les sécheresses (*degré de confiance élevé*), mais l'emplacement et la fréquence de ces événements dépendent des projections de changements de la circulation atmosphérique à l'échelle régionale, notamment les moussons et les trajectoires des tempêtes aux latitudes moyennes. Il est *très probable* que la variabilité des précipitations liée à El Niño-oscillation australe sera amplifiée d'ici à la seconde moitié du 21^e siècle, dans le cas des scénarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5.

{4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, 8.5, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, RT.2.6, RT.4.2, encadré RT.6} (figure RID.5, figure RID.6)

B.3.3 Dans les projections, les précipitations de mousson augmentent à moyen ou long terme à l'échelle mondiale, en particulier en Asie du Sud et du Sud-Est, en Asie de l'Est et en Afrique de l'Ouest, à l'exception de l'extrême ouest du Sahel (*degré de confiance élevé*). Il est projeté que le démarrage de la saison de mousson sera plus tardif en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Afrique de l'Ouest (*degré de confiance élevé*) et son retrait plus tardif en Afrique de l'Ouest (*degré de confiance moyen*).

{4.4, 4.5, 8.2, 8.3, 8.4, encadré 8.2, encadré RT.13}

B.3.4 Aux moyennes latitudes de l'hémisphère sud, le déplacement vers le sud et l'intensification des trajectoires des tempêtes estivales et des précipitations associées sont *probables* dans le cas des scénarios d'émissions élevées de GES (SSP3-7.0, SSP5-8.5), mais,

à court terme, l'effet de la reconstitution de la couche d'ozone stratosphérique contrebalance ces changements (*degré de confiance élevé*). Il y a un *degré de confiance moyen* quant à la poursuite du déplacement vers le pôle des tempêtes et des précipitations associées dans le Pacifique Nord, tandis qu'il y a un *degré de confiance faible* quant aux changements projetés de trajectoires des tempêtes dans l'Atlantique Nord.

{4.4, 4.5, 8.4, RT.2.3, RT.4.2}

B.4 Pour les scénarios où les émissions de CO₂ augmentent, il est projeté que les puits de carbone océaniques et terrestres seront moins efficaces pour ralentir l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère.
{4.3, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6} (Figure RID.7)

B.4.1 Alors qu'il est projeté que les puits de carbone naturels terrestres et océaniques absorbent, en termes absolus, une quantité de plus en plus grande de CO₂ dans les scénarios d'émissions plus élevées, que dans les scénarios d'émissions plus basses, ces puits de carbone deviennent moins efficaces, c'est-à-dire que la proportion des émissions absorbées par les terres émergées et l'océan diminue à mesure que le cumul des émissions de CO₂ augmente. Il en résulte, dans les projections, une fraction plus élevée du CO₂ émis restant dans l'atmosphère (*degré de confiance élevé*).
{5.2, 5.4, encadré RT.5} (figure RID.7)

B.4.2 Dans le cas du scénario intermédiaire qui stabilise les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère au cours de ce siècle (SSP2-4.5), les projections climatiques montrent une diminution des taux d'absorption du CO₂ par les terres émergées et l'océan au cours de la seconde moitié du 21^e siècle (*degré de confiance élevé*). Dans le cas de scénarios d'émissions de GES très basses ou basses (SSP1-1.9, SSP1-2.6), qui entraînent un pic, puis une diminution des concentrations de CO₂ au cours du 21^e siècle, les terres émergées et l'océan commenceraient à absorber moins de carbone en réponse à la baisse de concentrations du CO₂ dans l'atmosphère (*degré de confiance élevé*) pour devenir une faible source nette d'ici à 2100 dans le cas du scénario SSP1-1.9 (*degré de confiance moyen*). Il est très *improbable* que l'ensemble des puits terrestre et océanique se transforme en source d'ici 2100 dans le cas de scénarios sans émissions nettes négatives (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5)³².
{4.3, 5.4, 5.5, 5.6, encadré RT.5, RT.3.3}

B.4.3 L'ampleur des rétroactions entre le changement climatique et le cycle du carbone s'accroît, mais devient aussi plus incertaine, pour les scénarios d'émissions élevées de CO₂ (*degré de confiance très élevé*). Toutefois, les projections des modèles climatiques montrent que les incertitudes relatives aux concentrations atmosphériques de CO₂ d'ici à 2100 sont dominées par les différences entre les scénarios d'émissions (*degré de confiance élevé*). D'autres réponses des écosystèmes au réchauffement qui ne sont pas encore entièrement prises en compte dans les modèles climatiques, comme les flux de CO₂ et de CH₄ provenant des zones humides, du dégel du pergélisol et des incendies de forêt, renforceraient encore l'augmentation des concentrations de ces gaz dans l'atmosphère (*degré de confiance élevé*).
{5.4, encadré RT.5, RT.3.2}

³² Ces projections d'ajustements des puits de carbone en réponse à la stabilisation ou à la diminution du CO₂ atmosphérique sont pris en compte dans le calcul des budgets carbone résiduels.

La proportion des émissions de CO₂ absorbée par les puits de carbone terrestres et océaniques est plus faible pour les scénarios correspondant à des émissions cumulées de CO₂ plus élevées

Émissions totales cumulées de CO₂ absorbées par les terres émergées et l'océan (couleurs) et restant dans l'atmosphère (gris) selon les cinq scénarios illustratifs entre 1850 et 2100.

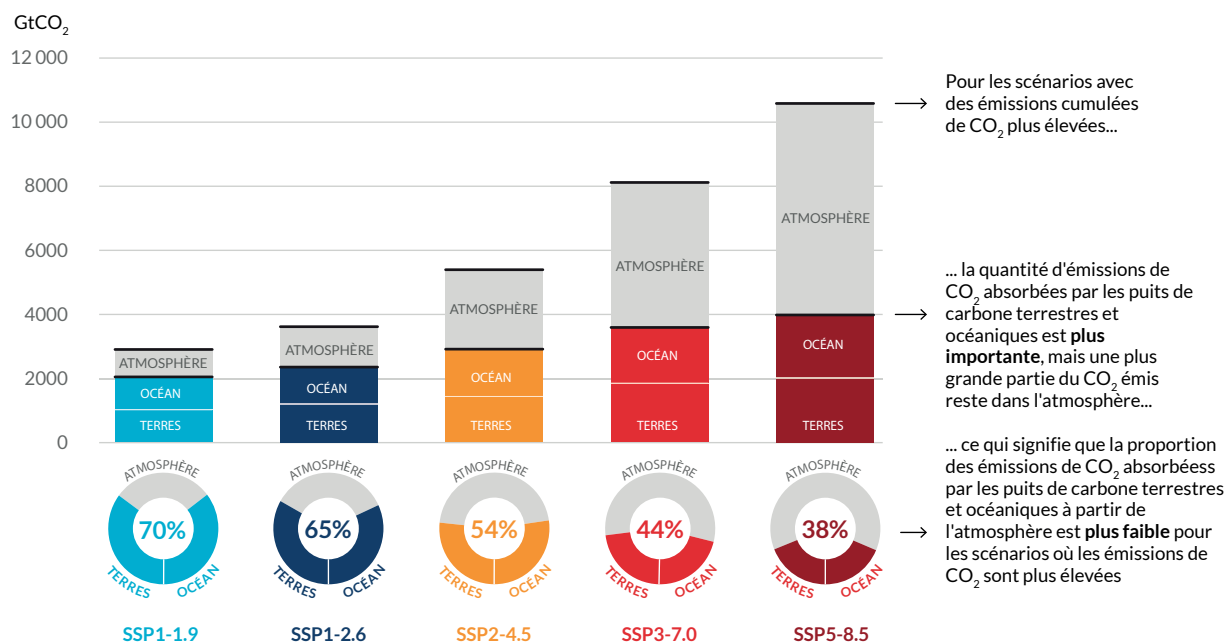


Figure RID.7 | Émissions anthropiques cumulées de CO₂ absorbées par les puits terrestres et océaniques d'ici à 2100 pour les cinq scénarios illustratifs.

Les émissions cumulées de dioxyde de carbone (CO₂) anthropiques (d'origine humaine) absorbées par les puits terrestres et océaniques sont simulées de 1850 à 2100 pour les cinq scénarios illustratifs (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5) par les modèles climatiques de la phase 6 du Projet de comparaison de modèles couplés (CMIP6) dans des configurations où les concentrations sont prescrites. Les puits de carbone terrestres et océaniques répondent aux émissions passées, actuelles et futures ; ce sont donc les puits cumulés de 1850 à 2100 qui sont présentés ici. Au cours de la période historique (1850–2019), les puits terrestres et océaniques observés ont absorbé 1430 GtCO₂ (59 % des émissions).

Le **diagramme en barres** illustre les quantités cumulées entre 1850 et 2100 d'émissions de CO₂ (GtCO₂) d'origine anthropique restant dans l'atmosphère (partie grise) et absorbées par les terres émergées et l'océan (partie colorée) en 2100 selon les projections. Le **diagramme circulaire** illustre la proportion des émissions anthropiques cumulées de CO₂ absorbées par les puits terrestres et océaniques et celle restant dans l'atmosphère en 2100. Les valeurs en pourcentage indiquent la proportion des émissions cumulées de CO₂ d'origine anthropique absorbées par l'ensemble des puits terrestres et océaniques combinés en 2100. Le total des émissions de carbone d'origine anthropique est calculé en ajoutant les émissions mondiales nettes liées à l'usage des terres de la base de données des scénarios CMIP6 aux autres émissions sectorielles calculées sur la base des simulations de modèles climatiques avec des concentrations prescrites de CO₂³³. La quantité de CO₂ absorbé par les terres émergées et l'océan depuis 1850 est calculée sur la base de la productivité nette des biomes terrestres, corrigée des pertes de CO₂ dues aux changements d'affectation des terres par l'ajout des émissions correspondantes, et du flux net de CO₂ océanique.

{5.2.1 ; tableau 5.1 ; 5.4.5 ; figure 5.25 ; encadré RT.5 ; encadré RT.5, figure 1}

B.5 De nombreux changements dus aux émissions de gaz à effet de serre passées et à venir sont irréversibles à l'échelle de siècles à millénaires, en particulier les changements concernant l'océan, les calottes glaciaires et le niveau de la mer à l'échelle du globe.

{2.3, encadré thématique 2.4, 4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, 9.4, 9.5, 9.6, encadré 9.4} (figure.RID.8)

B.5.1 Les émissions passées de GES depuis 1750 entraînent inexorablement un réchauffement de l'océan mondial qui va se poursuivre à l'avenir (*degré de confiance élevé*). L'ampleur du réchauffement *probable* de l'océan varie de 2 à 4 (SSP1-2.6) à 4 à 8 fois (SSP5-8.5) celui survenu entre 1971 et 2018. Sur la base de multiples éléments probants, la stratification des couches supérieures de l'océan (*quasi-certain*), l'acidification de l'océan (*quasi-certain*) et la désoxygénation de l'océan (*degré de confiance élevé*) continueront à augmenter au cours du 21^e siècle, le rythme de ces changements dépendant des émissions futures. Les changements de température de l'océan mondial (*degré de confiance très élevé*), l'acidification de l'océan profond (*degré de*

33 Les autres émissions sectorielles sont calculées comme étant le résidu de la quantité nette de CO₂ absorbée par les terres émergées et l'océan ainsi que les changements des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère prescrits pour les simulations CMIP6. Ces émissions calculées sont des valeurs nettes, qui ne distinguent pas les émissions brutes d'origine anthropique des quantités éliminées, qui sont incluses implicitement.

confiance très élevée) et la désoxygénation de l'océan profond (*degré de confiance moyen*) sont irréversibles à l'échelle de siècles à millénaires.

{4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, RT.2.4} (figure RID.8)

B.5.2 Les glaciers de montagne et les glaciers polaires vont inexorablement continuer à fondre pendant des décennies ou des siècles (*degré de confiance très élevé*). La perte de carbone du pergélisol entraînée par son dégel est irréversible à l'échelle de siècles (*degré de confiance élevé*). Au cours du 21^e siècle, il est *quasi-certain* que la perte de glace de la calotte glaciaire du Groenland se poursuivra, et cela est *probable* pour la calotte glaciaire Antarctique. Il y a un *degré de confiance élevé* sur le fait que le total de la perte de glace de la calotte glaciaire de l'Antarctique augmentera avec le cumul des émissions. Il existe des *éléments probants limités* concernant des éventualités de faible probabilité mais à fort impact (résultant de processus d'instabilité des calottes glaciaires, caractérisés par une incertitude profonde, et, dans certains cas, faisant intervenir des points de bascule) qui augmenteraient fortement la perte de glace de la calotte glaciaire antarctique durant des siècles dans le cas de scénarios d'émissions élevées de GES³⁴.

{4.3, 4.7, 5.4, 9.4, 9.5, encadré 9.4, encadré RT.1, RT.2.5}

B.5.3 Il est *quasi-certain* que l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe se poursuivra au cours du 21^e siècle. Par rapport à 1995–2014, l'élévation *probable* du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe d'ici à 2100 est de 0,28 à 0,55 m dans le cas du scénario de très basses émissions de GES (SSP1-1.9) ; de 0,32 à 0,62 m dans le cas du scénario de basses émissions de GES (SSP1-2.6) ; de 0,44 à 0,76 m dans le cas du scénario d'émissions de GES intermédiaires (SSP2-4.5) ; et de 0,63 à 1,01 m dans le cas du scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8.5). Par rapport à la même période de référence, l'élévation *probable* d'ici à 2150 est de 0,37 à 0,86 m dans le cas du scénario d'émissions très faibles (SSP1-1.9) ; de 0,46 à 0,99 m dans le cas du scénario d'émissions faibles (SSP1-2.6) ; de 0,66 à 1,33 m dans le cas du scénario intermédiaire (SSP2-4.5) ; et de 0,98 à 1,88 m dans le cas du scénario d'émissions très élevées (SSP5-8.5) (*degré de confiance moyen*)³⁵. Une élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe supérieure à la fourchette *probable* – approchant 2 m d'ici à 2100 et 5 m d'ici à 2150 dans le cas d'un scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8.5) (*degré de confiance faible*) – ne peut être exclue en raison de l'incertitude profonde liée aux processus des calottes glaciaires.

{4.3, 9.6, encadré 9.4, encadré RT 4} (figure RID.8)

B.5.4 À plus long terme, le niveau de la mer va inéluctablement continuer à s'élever pendant des siècles à des millénaires, du fait de la poursuite du réchauffement de l'océan profond et de la fonte des calottes glaciaires, et restera élevé pendant des milliers d'années (*degré de confiance élevé*). Au cours des 2000 prochaines années, le niveau moyen de la mer à l'échelle globale s'élèvera d'environ 2 à 3 m si le réchauffement est limité à 1,5 °C, de 2 à 6 m s'il est limité à 2 °C et de 19 à 22 m pour un réchauffement de 5 °C, et continuera à augmenter au cours des millénaires suivants (*degré de confiance faible*). Les projections de l'élévation plurimillénaire du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe moyen de la mer sont cohérentes avec les niveaux reconstruits pendant les périodes climatiques chaudes du passé : une élévation *probable* de 5 à 10 m de plus qu'aujourd'hui il y a environ 125 000 ans, lorsque les températures planétaires étaient supérieures de 0,5 °C à 1,5 °C (*très probable*) à celles de 1850–1900 ; et une élévation *très probable* de 5 à 25 m de plus qu'aujourd'hui il y a environ 3 millions d'années, lorsque les températures planétaires étaient de 2,5 à 4 °C plus élevées (*degré de confiance moyen*).

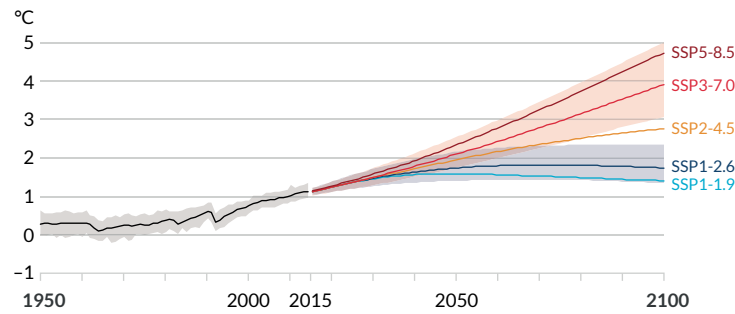
{2.3, encadré thématique 2.4, 9.6, encadré RT.2, encadré RT.4, encadré RT.9}

34 Les éventualités de faible probabilité mais à fort impact sont des événements dont la probabilité d'occurrence est faible ou mal connue (comme dans le contexte d'une incertitude profonde) mais dont les impacts potentiels sur la société et les écosystèmes seraient considérables. Un point de bascule est un seuil critique au-delà duquel un système se réorganise, souvent de manière soudaine et/ou irréversible (voir le glossaire). {1.4, encadré thématique 1.3, 4.7}

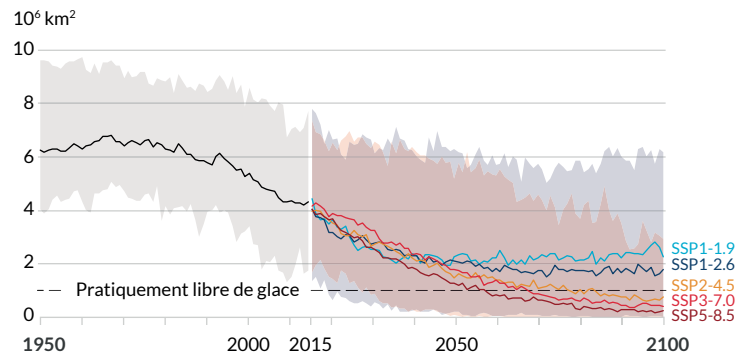
35 Pour comparer à la période de référence 1986–2005 utilisée dans l'AR5 et le SROCC, ajouter 0,03 m à ces estimations de l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe. Pour comparer à la période de référence de 1900 utilisée à la figure RID 8, ajouter 0,16 m.

Les activités humaines affectent toutes les composantes majeures du système climatique, certaines réagissant pendant des décennies et d'autres pendant des siècles.

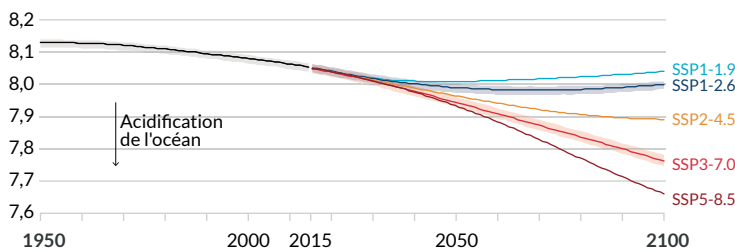
(a) Changement de la température à la surface du globe par rapport à 1850–1900



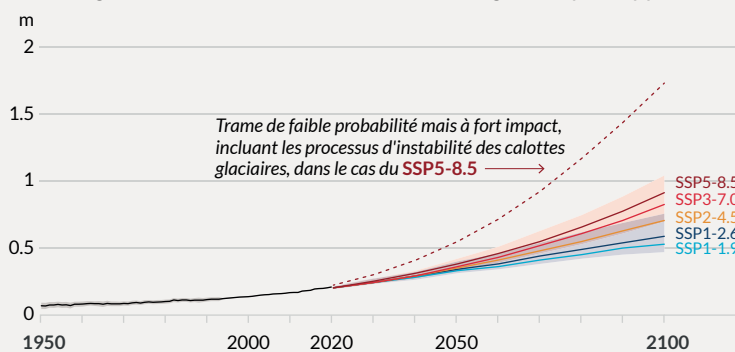
(b) Etendue de glace de mer de l'Arctique en septembre



(c) pH (une mesure de l'acidité) de surface de l'océan à l'échelle globale

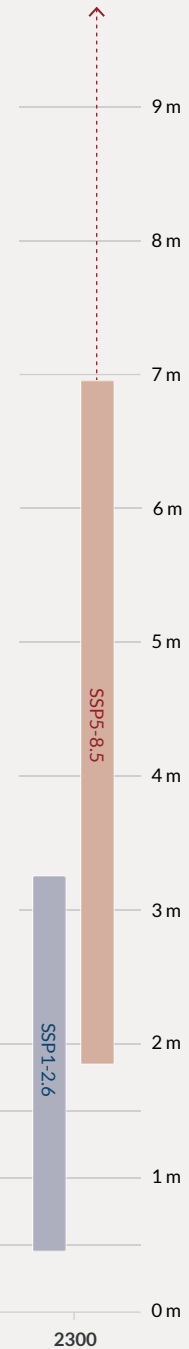


(d) Changement du niveau de la mer à l'échelle globale par rapport à 1900



(e) Changement du niveau moyen de la mer à l'échelle globale en 2300 par rapport à 1900

Une élévation du niveau de la mer supérieure à 15 m ne peut pas être exclue en cas d'émissions élevées.



RID

Figure RID.8 | Sélection d'indicateurs du changement climatique planétaire, pour les cinq scénarios illustratifs utilisés dans ce rapport.

Les projections pour chacun des cinq scénarios sont indiquées en couleur. Les zones ombrées représentent les fourchettes d'incertitude. Plus de détails sont fournis pour chaque panneau ci-dessous. Les courbes noires correspondent aux simulations historiques (panneaux a, b, c) ou aux observations (panneau d). Ces valeurs historiques sont incluses dans tous les graphiques pour fournir le contexte des changements projetés.

Panneau (a) Changements de la température à la surface du globe en °C par rapport à 1850–1900. Ces changements ont été obtenus en combinant les simulations des modèles CMIP6 (Phase 6 du Projet d'intercomparaison de modèles couplés), aux contraintes issues des observations basées sur le réchauffement passé simulé, et à la réévaluation de la sensibilité climatique à l'équilibre (voir encadré RID 1). Les changements par rapport à 1850–1900, basés sur des moyennes sur des périodes de 20 ans, sont calculés en ajoutant 0,85 °C (la hausse de la température à la surface du globe entre 1850–1900 et 1995–2014) aux changements simulés par rapport à 1995–2014. Les fourchettes *très probables* sont indiquées pour les scénarios SSP1-2.6 et SSP3-7.0.

Panneau (b) Etendue de glace de mer de l'Arctique en septembre, en 10⁶ km², issue des simulations des modèles CMIP6. Les fourchettes *très probables* sont indiquées pour les scénarios SSP1-2.6 et SSP3-7.0. Dans le cas des scénarios avec des émissions de GES intermédiaires ou élevées, il est projeté que l'Arctique sera pratiquement libre de glace vers le milieu de ce siècle.

Panneau (c) pH de surface de l'océan à l'échelle globale (une mesure de l'acidité) issu sur des simulations des modèles CMIP6. Les fourchettes *très probables* sont indiquées pour les scénarios SSP1-2.6 et SSP3-7.0.

Panneau (d) Changement du niveau moyen de la mer à l'échelle globale en mètres, par rapport à 1900. Les changements historiques sont issus des observations (à l'aide de marégraphes avant 1992, puis d'altimètres par la suite) et les changements futurs sont évalués de manière cohérente avec les contraintes issues des observations à partir de l'émulation de CMIP, et de modèles de calottes glaciaires et de glaciers. Les fourchettes *probables* sont indiquées pour les scénarios SSP1-2.6 et SSP3-7.0. Seules les fourchettes *probables* sont évaluées pour les changements du niveau de la mer en raison de la difficulté à estimer la distribution résultant de processus associés à une incertitude profonde. La courbe en pointillés indique l'impact potentiel de ces processus associés à une incertitude profonde. Elle représente le 83e percentile des projections SSP5-8.5 incluant des processus liés aux calottes glaciaires de faible probabilité mais à fort impact, qui ne peuvent être exclus ; du fait du *faible degré de confiance* qui accompagne les projections de ces processus, cette courbe ne s'inscrit pas dans une fourchette *probable*. Les changements par rapport à 1900 sont calculés en ajoutant 0,158 m (élévation moyenne du niveau de la mer à l'échelle globale, observée entre 1900 et la période 1995–2014) aux changements simulés et observée par rapport à la période 1995–2014.

Panneau (e) Changement du niveau moyen de la mer à l'échelle globale en 2300, exprimée en mètres, par rapport à 1900. Seuls les scénarios SSP1-2.6 et SSP5-8.5 font l'objet de projections à l'horizon 2300, car les simulations qui s'étendent au-delà de 2100 sont trop peu nombreuses pour que les résultats soient robustes. Les fourchettes entre le 17e et le 83e percentile sont ombrées. La flèche en pointillés illustre le 83e percentile des projections SSP5-8.5 incluant des processus liés aux calottes glaciaires à faible probabilité mais à fort impact, qui ne peuvent être exclus.

Le panneau (b) comme le panneau (c) sont basés sur des simulations uniques de chacun des modèles et comportent donc une composante de variabilité interne. Les panneaux (a), (d) et (e) sont basés sur des moyennes à long terme, avec par conséquent des contributions basses de la variabilité interne.

{4.3 ; figures 4.2, 4.8 et 4.11 ; 9.6 ; figure 9.27 ; figures RT 8 et RT.11 ; encadré RT.4, figure 1}

C. Informations climatiques pour l'évaluation des risques et l'adaptation régionale

Les informations climatiques physiques caractérisent la manière dont le système climatique répond aux interactions entre l'influence humaine, les facteurs naturels et la variabilité interne. Les connaissances portant sur la réponse du climat et l'éventail des éventualités, y compris celles à faible probabilité mais à fort impact, éclairent les services climatiques dans le cadre de l'évaluation des risques liés au climat et de la planification des mesures d'adaptation. Les informations climatiques physiques, que ce soit à l'échelle mondiale, régionale ou locale, sont élaborées sur la base de multiples éléments probants, notamment des produits d'observation, des résultats de modèles climatiques et des diagnostics sur mesure.

C.1 Les facteurs naturels et la variabilité interne moduleront les changements d'origine humaine, en particulier à l'échelle régionale et à court terme, mais auront peu d'effet sur le réchauffement planétaire à l'échelle du siècle. Il est important de tenir compte de ces modulations pour se préparer à tout l'éventail des changements possibles.

{1.4, 2.2, 3.3, encadré thématique 3.1, 4.4, 4.6, encadré thématique 4.1, encadré 7.2, 8.3, 8.5, 9.2, 10.3, 10.4, 10.6, 11.3, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, encadré thématique Atlas.2}

C.1.1 L'enregistrement historique de la température à la surface du globe montre que la variabilité décennale a renforcé et masqué les changements sous-jacents à long terme d'origine humaine, et cette variabilité persistera à l'avenir (*degré de confiance très élevé*). Par exemple, la variabilité interne décennale et les variations des facteurs solaires et volcaniques ont partiellement masqué le réchauffement de surface d'origine humaine durant la période 1998–2012, avec des empreintes régionales et saisonnières prononcées (*degré de confiance élevé*). Néanmoins, l'accumulation de chaleur dans le système climatique s'est poursuivie au cours de cette période, comme en témoignent à la fois le réchauffement continu de l'océan mondial (*degré de confiance très élevé*) et l'accroissement continu des extrêmes chauds sur les terres émergées (*degré de confiance moyen*).

{1.4, 3.3, encadré thématique 3.1, 4.4, encadré 7.2, 9.2, 11.3, encadré thématique RT.1} (figure RID.1)

- C.1.2 Les changements dus à l'influence humaine projetés pour le climat moyen et les facteurs climatiques générateurs d'impacts (CID, pour "climatic impact-drivers"³⁶), seront soit amplifiés soit atténués par la variabilité interne (*degré de confiance élevé*)³⁷. Un refroidissement à court terme par rapport au climat actuel pourrait se produire en tout lieu et serait cohérent avec l'augmentation de la température à la surface du globe due à l'influence humaine (*degré de confiance élevé*).
{1.4, 4.4, 4.6, 10.4, 11.3, 12.5, Atlas.5, Atlas.10, Atlas.11, RT.4.2}
- C.1.3 Pour les précipitations moyennes de nombreuses régions terrestres, la variabilité interne est en grande partie responsable de l'amplification et l'amoinissement des changements d'origine humaine à l'échelle décennale à multi décennale observés (*degré de confiance élevé*). Aux échelles globale et régionale, les variations à court terme des moussons seront dominées par les effets de la variabilité interne (*degré de confiance moyen*). En plus de l'influence de la variabilité interne, les projections des changements à court terme des précipitations à l'échelle mondiale comme régionale sont incertaines en raison de l'incertitude des modèles et de l'incertitude des forçages liés aux aérosols d'origine naturelle et anthropique (*degré de confiance moyen*).
{1.4, 4.4, 8.3, 8.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, Atlas.4, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, encadré thématique Atlas.2, RT.4.2, encadré RT.6, encadré RT.13}
- C.1.4 Sur la base des éléments probants paléoclimatiques et historiques, il est *probable* qu'au moins une grande éruption volcanique explosive se produira au cours du 21^e siècle³⁸. Une telle éruption entraînerait une diminution de la température à la surface du globe et des précipitations, en particulier sur les terres émergées, pendant un à trois ans, altérerait la circulation de la mousson globale, modifierait les précipitations extrêmes et affecterait de nombreux CID (*degré de confiance moyen*). Si une telle éruption se produisait, elle masquerait donc temporairement et partiellement le changement climatique d'origine humaine.
{2.2, 4.4, encadré thématique 4.1, 8.5, RT.2.1}
- C.2 Avec la poursuite du réchauffement climatique, il est projeté que chaque région subira de plus en plus de changements multiples et simultanés de facteurs climatiques générateurs d'impacts. Les changements de plusieurs de ces facteurs seraient plus généralisés pour 2 °C que pour 1,5 °C de réchauffement planétaire et encore plus généralisés et/ou prononcés pour des niveaux de réchauffement planétaire plus élevés.**
{8.2, 9.3, 9.5, 9.6, encadré 10.3, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.9, encadré 11.3, encadré 11.4, encadré thématique 11.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (tableau RID.1, figure RID.9)
- C.2.1 Il est projeté que toutes les régions³⁹ vont subir de nouvelles augmentations des CID chauds et de nouvelles diminutions des CID froids (*degré de confiance élevé*). De nouvelles réductions sont projetées pour le pergélisol, la neige, les glaciers et les calottes glaciaires, la glace de lac, et la glace de mer arctique (*degré de confiance moyen à élevé*)⁴⁰. Ces changements seraient plus importants pour un réchauffement planétaire de 2 °C ou davantage que pour 1,5 °C (*degré de confiance élevé*). Par exemple, il est projeté que les seuils de chaleur extrême critiques pour l'agriculture et la santé seront dépassés plus fréquemment pour les niveaux de réchauffement planétaire les plus élevés (*degré de confiance élevé*).
{9.3, 9.5, 11.3, 11.9, encadré thématique 11.1, 12.3, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, RT 4.3} (tableau RID.1, figure RID.9)
- C.2.2 Pour un réchauffement planétaire de 1,5 °C, il est projeté que les précipitations extrêmes et les inondations associées s'intensifieront et deviendront plus fréquentes dans la plupart des régions d'Afrique et d'Asie (*degré de confiance élevé*), d'Amérique du Nord (*degré de confiance moyen à élevé*)³⁹ et d'Europe (*degré de confiance moyen*). De plus, il est projeté que les sécheresses de type agricole et écologique deviendront plus fréquentes et/ou plus sévères que durant la période 1850–1900 dans quelques régions de tous les continents habités, à l'exception de l'Asie (*degré de confiance moyen*) ; il est projeté que les sécheresses météorologiques augmenteront également dans quelques régions (*degré de confiance moyen*). Il est projeté qu'un petit nombre de régions subira une augmentation ou une diminution des précipitations moyennes (*degré de confiance moyen*).
{11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, RT.4.3} (tableau RID.1)

36 Les facteurs climatiques générateurs d'impact (CID, pour « climatic impact-drivers ») sont des conditions physiques du système climatique (par exemple des moyennes, des événements ou des extrêmes) qui affectent la société ou les écosystèmes d'une certaine façon. Selon la tolérance du système concerné, ces facteurs et leurs changements peuvent avoir un effet préjudiciable, bénéfique, neutre ou un mélange de ces aspects sur l'ensemble des éléments de ce système et des régions qui sont en interaction. Les catégories de CID incluent la chaleur et le froid, l'humidité et la sécheresse, le vent, la neige et la glace, le littoral et la haute mer.

37 Les principaux phénomènes impliqués dans la variabilité interne sont El Niño-oscillation australe, la variabilité décennale du Pacifique et la variabilité atlantique pluridécennale, du fait de leur influence régionale.

38 Sur la base des reconstructions des derniers 2500 ans, les éruptions avec un forçage négatif plus fort que -1 W m^{-2} se produisent en moyenne deux fois par siècle.

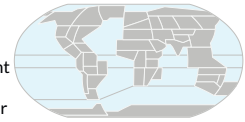
39 Les régions dont il est question ici sont les régions de référence du GTI de l'AR6, qui sont utilisées dans ce rapport pour présenter synthétiquement les informations à l'échelle de régions sous-continentales et océaniques. Sauf indication contraire, les changements sont comparés aux moyennes des 20 à 40 dernières années. {1.4, 12.4, Atlas.1}.

40 Le degré de confiance ou de probabilité spécifique dépend de la région considérée. Ces précisions sont disponibles dans le Résumé technique et dans le rapport complet.

- C.2.3 Pour un réchauffement planétaire de 2 °C ou davantage, le niveau de confiance associé aux changements de sécheresses, de précipitations moyennes et extrêmes augmente, tout comme l'ampleur de ces changements, par rapport à leurs caractéristiques pour un réchauffement de 1,5 °C. Il est projeté que les précipitations extrêmes et les inondations associées deviendront plus intenses et plus fréquentes dans les îles du Pacifique et dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord et d'Europe (*degré de confiance moyen à élevé*)³⁹. Des tendances similaires sont également attendues dans certaines régions d'Australasie et d'Amérique centrale et du Sud (*degré de confiance moyen*). Pour plusieurs régions d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Europe, il est projeté que les sécheresses de type agricole et écologique deviendront plus fréquentes et/ou plus sévères (*degré de confiance moyen à élevé*)³⁹ ; des augmentations similaires sont également attendues en Australasie, en Amérique centrale et du Nord, et dans les Caraïbes (*degré de confiance moyen*). Il est projeté qu'un petit nombre de régions d'Afrique, d'Australasie, d'Europe et d'Amérique du Nord seront affectées par une augmentation des sécheresses hydrologiques, et il est projeté que plusieurs régions connaîtront une augmentation ou une diminution des sécheresses météorologiques, avec davantage de régions concernées par une augmentation (*degré de confiance moyen*). Il est projeté que les précipitations moyennes augmenteront dans toutes les régions polaires, de même que dans toutes les régions du nord de l'Europe et d'Amérique du Nord, dans la plupart des régions d'Asie et dans deux régions d'Amérique du Sud (*degré de confiance élevé*).
{11.4, 11.6, 11.9, encadré thématique 11.1, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, RT.4.3} (tableau RID.1, figure RID.5, figure RID.6, figure RID.9)
- C.2.4 Il est projeté qu'un plus grand nombre de CID changeront dans un plus grand nombre de régions pour 2 °C par rapport à 1,5 °C de réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*). Les changements affectant spécifiquement certaines régions comprennent l'intensification des cyclones tropicaux et/ou des tempêtes extratropicales (*degré de confiance moyen*), l'augmentation des inondations fluviales (*degré de confiance moyen à élevé*)⁴⁰, la diminution des précipitations moyennes et l'augmentation de l'aridité (*degré de confiance moyen à élevé*)⁴⁰, et l'augmentation des conditions météorologiques propices aux incendies (*degré de confiance moyen à élevé*)⁴⁰. Dans la plupart des régions, un degré de confiance faible est associé aux changements potentiels futurs d'autres CID, tels que la grêle, les pluies verglaçantes, les orages violents, les tempêtes de sable, les chutes de neige extrêmes et les glissements de terrain.
{11.7, 11.9, encadré thématique 11.1, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, Atlas.4, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.10, RT.4.3.1, TS.4.3.2, RT.5} (tableau RID.1, figure RID.9)
- C.2.5 Il est *très probable*, voire *quasi-certain*⁴⁰, que l'élévation relative moyenne régionale du niveau de la mer se poursuivra tout au long du 21^e siècle, sauf dans quelques régions où le taux de soulèvement géologique du sol est important. Pour environ deux tiers du littoral mondial, les projections de l'élévation relative régionale du niveau de la mer se situent à ± 20 % de l'élévation moyenne à l'échelle du globe (*degré de confiance moyen*). En raison de l'élévation relative du niveau de la mer, il est projeté que les événements de niveau marin extrême qui, dans un passé récent, se produisaient une fois par siècle, se produiront au minimum annuellement d'ici à 2100, pour plus de la moitié des sites où se trouvent des marégraphes (*degré de confiance élevé*). L'élévation relative du niveau de la mer contribue à l'accroissement de la fréquence et la sévérité des inondations côtières dans les zones de faible altitude et à l'érosion côtière le long de la plupart des littoraux sableux (*degré de confiance élevé*).
{9.6, 12.4, 12.5, encadré thématique 12.1, encadré RT.4, RT.4.3} (figure RID.9)
- C.2.6 Les villes intensifient localement le réchauffement dû aux activités humaines. La poursuite de l'urbanisation, conjuguée à l'augmentation de la fréquence des extrêmes chauds, augmentera la sévérité des vagues de chaleur (*degré de confiance très élevé*). L'urbanisation entraîne également une augmentation des précipitations moyennes et extrêmes au-dessus et en aval des villes (*degré de confiance moyen*) ainsi qu'une intensification du ruissellement qui en résulte (*degré de confiance élevé*). Dans les villes côtières, la conjonction de l'augmentation de la fréquence des événements de niveau marin extrême (en raison de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête) et des événements de précipitations /écoulements fluviaux extrêmes augmentera la probabilité d'occurrence d'inondations (*degré de confiance élevé*).
{8.2, encadré 10.3, 11.3, 12.4, encadré RT.14}
- C.2.7 Il est projeté que de nombreuses régions subiront une augmentation de la probabilité d'événements composites avec un réchauffement planétaire plus élevé (*degré de confiance élevé*). En particulier, il est probable que la concomitance de vagues de chaleur et de sécheresses sera plus fréquente. Les événements extrêmes se produisant simultanément en plusieurs lieux, y compris dans des zones de production agricole, deviennent plus fréquents pour 2 °C ou davantage que pour 1,5 °C de réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*).
{11.8, encadré 11.3, encadré 11.4, 12.3, 12.4, encadré thématique 12.1, RT.4.3} (tableau RID.1)

Des changements de multiples facteurs climatiques générateurs d'impact sont projetés dans toutes les régions du monde

Les **facteurs climatiques générateurs d'impact (CID)** sont des conditions physiques du système climatique (par exemple des moyennes, des événements, des extrêmes) qui affectent la société ou les écosystèmes d'une certaine façon. Selon la tolérance du système concerné, ces facteurs et leurs changements peuvent avoir un effet préjudiciable, bénéfique, neutre ou un mélange de ces aspects sur l'ensemble des éléments de ce système et des régions qui sont en interaction. Les CID sont groupés en sept types, qui sont récapitulés sous les icônes de la figure. Il est projeté que toutes les régions subiront des changements d'au moins 5 CID. Il est projeté que presque toutes les régions (96 %) connaîtront des changements d'au moins 10 CID, et la moitié des régions seront concernées par des changements d'au moins 15 CID. Pour de nombreux CID, leurs changements sont très variables selon la zone géographique, et il est donc projeté que chaque région connaîtra une combinaison spécifique de changements de CID. Chaque barre du graphique représente une combinaison géographique spécifique de changements qui peuvent être explorés dans l'Atlas interactif du GTI.



interactive-atlas.ipcc.ch

RID

Nombre de régions terrestres et côtières (a) et de régions de haute mer (b) pour lesquelles il est projeté une **augmentation** ou une **diminution** de chaque facteur climatique générateur d'impact (CID), avec un **degré de confiance élevé** (ombrage foncé) ou un **degré de confiance moyen** (ombrage clair).

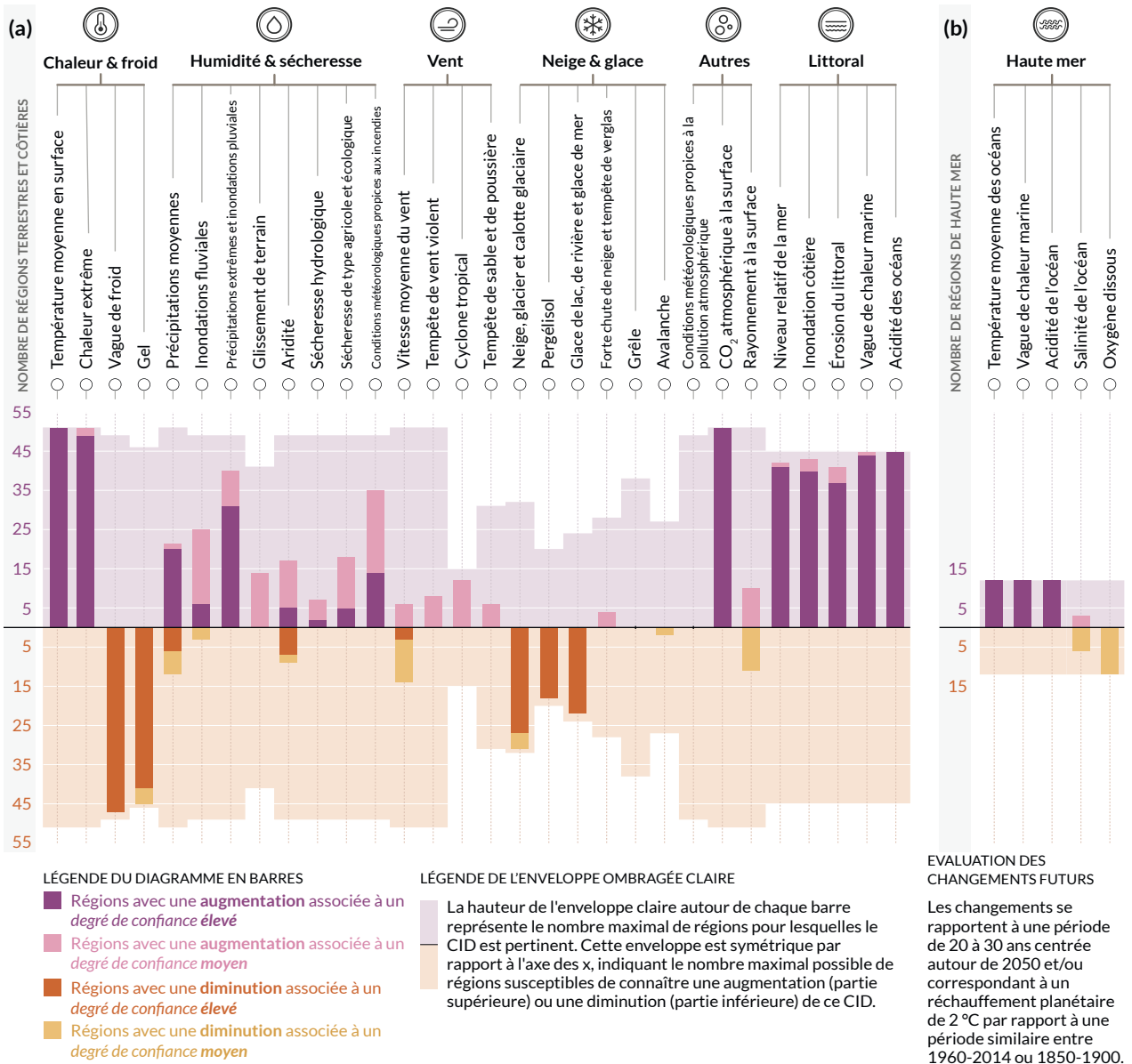


Figure RID.9 | Synthèse du nombre de régions de référence du GTI de l'AR6 pour lesquelles sont projetés des changements des facteurs climatiques générateurs d'impacts.

Au total, 35 facteurs climatiques générateurs d'impact (CID) regroupés en sept types sont présentés : chaleur & froid ; humidité & sécheresse ; vent ; neige & glace ; littoral ; haute mer ; autres. Pour chaque CID, la barre du diagramme ci-dessous indique le nombre de régions de référence du GTI de l'AR6 où un changement est projeté. Les **couleurs** indiquent le sens du changement et le degré de confiance associé à ce changement : le violet indique une augmentation, tandis que le brun indique une diminution. Une couleur foncée indique un **degré de confiance élevé**. Une couleur claire indique un **degré de confiance moyen**. Les plages plus claires qui entourent les barres indiquent le nombre maximum de régions concernées dans leur ensemble par chaque CID.

Le **panneau (a)** montre les 30 CID pertinents pour les **régions terrestres et côtières**, tandis que le **panneau (b)** montre les cinq CID pertinents pour les **régions de haute mer**. Les vagues de chaleur marines et l'acidité de l'océan sont évaluées pour les régions côtières dans le panneau (a) et pour les régions de haute mer dans le panneau (b). Les changements se rapportent à une période de 20 à 30 ans autour de 2050 et/ou correspondant à un réchauffement planétaire de 2 °C par rapport à

une période similaire entre les années 1960 et 2014, à l'exception des sécheresses hydrologiques et des sécheresses de type agricole et écologique, pour lesquelles les comparaisons se rapportent à la période 1850–1900. Les régions sont définies dans l'Atlas.1 et l'Atlas interactif (voir <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>).
{11.9, 12.2, 12.4, Atlas.1, tableau RT.5, figures RT.22 et RT.25} (tableau RID.1)

C.3 Des éventualités à faible probabilité, telles que des effondrements de calotte glaciaire, des changements abrupts de circulation océanique, certains événements extrêmes composites ainsi qu'un réchauffement nettement supérieur à la fourchette évaluée comme *très probable* du réchauffement futur, ne peuvent être exclues et font partie de l'évaluation des risques.

{1.4, encadré thématique 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, encadré thématique 4.1, 8.6, 9.2, encadré 9.4, 11.8, encadré 11.2, encadré thématique 12.1} (tableau RID.1)

C.3.1 Si le réchauffement planétaire est supérieur à la fourchette évaluée comme *très probable* pour un scénario d'émissions de GES donné, y compris pour les scénarios d'émissions de GES faibles, alors les changements à l'échelle mondiale comme régionale de nombreux aspects du système climatique, tels que les précipitations régionales et d'autres CID, dépasseront également leurs fourchettes évaluées comme *très probables (degré de confiance élevé)*. De telles éventualités de fort réchauffement, à faible probabilité, sont associées à des impacts potentiellement très importants, notamment du fait de vagues de chaleur et des précipitations extrêmes plus fréquentes et plus intenses, et des risques élevés pour les systèmes humains et écologiques, en particulier pour les scénarios d'émissions élevées de GES.
{encadré thématique 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, encadré 9.4, encadré 11.2, encadré thématique 12.1, RT.1.4, encadré RT.3, encadré RT.4} (Tableau RID.1)

C.3.2 Des éventualités à faible probabilité, mais à fort impact³⁴ pourraient se produire à l'échelle mondiale et régionale, même pour un réchauffement planétaire situé dans la fourchette *très probable* pour un scénario d'émissions de GES donné. La probabilité que surviennent des éventualités de faible probabilité mais à fort impact augmente avec le niveau de réchauffement planétaire (*degré de confiance élevé*). Des réponses abruptes et des points de bascule du système climatique, tels qu'une forte augmentation de la fonte de la calotte glaciaire de l'Antarctique et du dépérissement des forêts, ne peuvent être exclus (*degré de confiance élevé*).
{1.4, 4.3, 4.4, 4.8, 5.4, 8.6, encadré 9.4, encadré thématique 12.1, RT.1.4, RT.2.5, encadré RT.3, encadré RT.4, encadré RT.9} (Tableau RID.1)

C.3.3 Si le réchauffement planétaire s'accroît, certains événements extrêmes composites¹⁸ à faible probabilité d'occurrence dans le contexte climatique passé ou actuel deviendront plus fréquents, et il y aura une plus forte probabilité que se produisent des événements d'une intensité, d'une durée, et/ou d'une étendue spatiale sans précédent dans les séries d'observations (*degré de confiance élevé*).
{11.8, encadré 11.2, encadré thématique 12.1, encadré RT.3, encadré RT.9}

C.3.4 Pour l'ensemble des scénarios d'émissions, il est *très probable* que la circulation méridienne océanique de l'Atlantique s'affaiblira au cours du 21^e siècle. Si cet affaiblissement au cours du 21^e siècle est caractérisé par un *degré de confiance élevé*, il n'y a qu'un *degré de confiance faible* concernant l'amplitude de cette tendance. Il y a un *degré de confiance moyen* dans le fait qu'il n'y aura pas d'effondrement abrupt de cette circulation avant 2100. Un tel effondrement, s'il devait se produire, entraînerait *très probablement* des modifications abruptes de caractéristiques régionales du climat et du cycle de l'eau, tels qu'un déplacement vers le sud de la ceinture des précipitations tropicales, un affaiblissement des moussons africaines et asiatiques, un renforcement des moussons de l'hémisphère sud et un assèchement de l'Europe.
{4.3, 8.6, 9.2, RT.2.4, encadré RT.3}

C.3.5 Des phénomènes naturels imprévisibles et rares qui ne sont pas liés à l'influence humaine sur le climat peuvent engendrer des éventualités de faible probabilité mais à fort impact. Par exemple, une succession de grandes éruptions volcaniques explosives en quelques décennies s'est produite dans le passé, provoquant d'importantes perturbations climatiques à l'échelle mondiale et régionale pendant plusieurs décennies. De tels événements ne peuvent être exclus à l'avenir, mais, en raison de leur imprévisibilité inhérente, ils ne sont pas inclus dans le jeu de scénarios illustratifs pris en compte dans ce rapport.
{2.2, encadré thématique 4.1, encadré RT.3} (encadré RID.1)

D. Limiter le changement climatique à venir

Depuis la publication de l'AR5, les estimations des budgets carbone résiduels ont été améliorées grâce à une nouvelle méthodologie, présentée pour la première fois dans le SR1.5, à des données actualisées et à l'intégration des résultats issus de multiples éléments probants. Un large éventail de niveaux possibles de contrôle de la pollution de l'air dans les scénarios est utilisé pour évaluer de manière cohérente les effets de diverses hypothèses sur les projections du climat et de la pollution atmosphérique. Un aspect novateur est la capacité à déterminer le moment où les réponses du climat à des réductions d'émissions deviendraient discernables vis-à-vis de la variabilité climatique naturelle, y compris la variabilité interne et les réponses aux facteurs naturels.

D.1 Du point de vue des sciences physiques, limiter le réchauffement planétaire d'origine humaine à un niveau donné nécessite de limiter les émissions cumulées de CO₂, en atteignant au minimum des émissions nettes de CO₂ égales à zéro, tout en réduisant fortement les émissions des autres gaz à effet de serre. Diminuer fortement, rapidement et de manière soutenue les émissions de CH₄ limiterait également l'effet de réchauffement induit par la baisse de la pollution due aux aérosols et améliorerait la qualité de l'air. {3.3, 4.6, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, encadré 5.2, encadré thématique 5.1, 6.7, 7.6, 9.6} (figure RID.10, tableau RID.2)

D.1.1 Ce rapport réaffirme avec un *degré de confiance élevé* la conclusion de l'AR5 selon laquelle il existe une relation quasi-linéaire entre les émissions anthropiques cumulées de CO₂ et le réchauffement planétaire qu'elles provoquent. Il est évalué que chaque tranche de 1000 GtCO₂ d'émissions cumulées de CO₂ provoque une élévation *probable* de 0,27 °C à 0,63 °C de la température à la surface du globe, la meilleure estimation étant de 0,45 °C⁴¹. Cette fourchette est plus étroite que dans l'AR5 et le SR1.5. Cette grandeur est désignée par le terme *réponse transitoire du climat aux émissions cumulées de CO₂* (TCRE). Cette relation implique qu'il est nécessaire d'atteindre des émissions anthropiques⁴² nettes de CO₂ égales à zéro pour stabiliser l'élévation de la température planétaire d'origine humaine à quelque niveau que ce soit, mais que limiter la hausse de la température planétaire à un niveau donné impliquerait de respecter un budget carbone correspondant à une limitation des émissions cumulées de CO₂⁴³. {5.4, 5.5, RT.1.3, RT.3.3, encadré RT.5} (figure RID.10)

41 Dans les publications scientifiques, les données sont présentées en utilisant des unités de degrés Celsius par pétagrammes de carbone (°C / 1000 PgC), et la fourchette *probable* de la TCRE rapportée dans l'AR6 est de 1,0 °C à 2,3 °C par 1000 PgC, la meilleure estimation étant de 1,65 °C.

42 Situation dans laquelle les émissions anthropiques de CO₂ sont compensées par les éliminations anthropiques de CO₂ sur une période donnée.

43 Le terme « budget carbone » désigne la quantité maximale d'émissions anthropiques mondiales nettes cumulées de CO₂ qui permettrait de limiter le réchauffement planétaire à un niveau donné avec une probabilité donnée, compte tenu de l'effet des autres forçages climatiques anthropiques. Cette quantité est appelée *budget carbone total* quand elle est exprimée à partir de la période préindustrielle, et *budget carbone résiduel*, quand elle est exprimée à partir d'une date récente donnée (voir le glossaire). Les émissions cumulées historiques de CO₂ ont déterminé dans une large mesure le niveau de réchauffement à ce jour, tandis que les émissions futures provoqueront un réchauffement supplémentaire à l'avenir. Le budget carbone résiduel indique la quantité de CO₂ qui pourrait encore être émise tout en maintenant le réchauffement au-dessous d'un niveau de température donné.

Chaque tonne d'émissions de CO₂ accroît le réchauffement de la planète

Augmentation de la température à la surface du globe depuis 1850–1900 (°C) en fonction des émissions cumulées de CO₂ (GtCO₂)

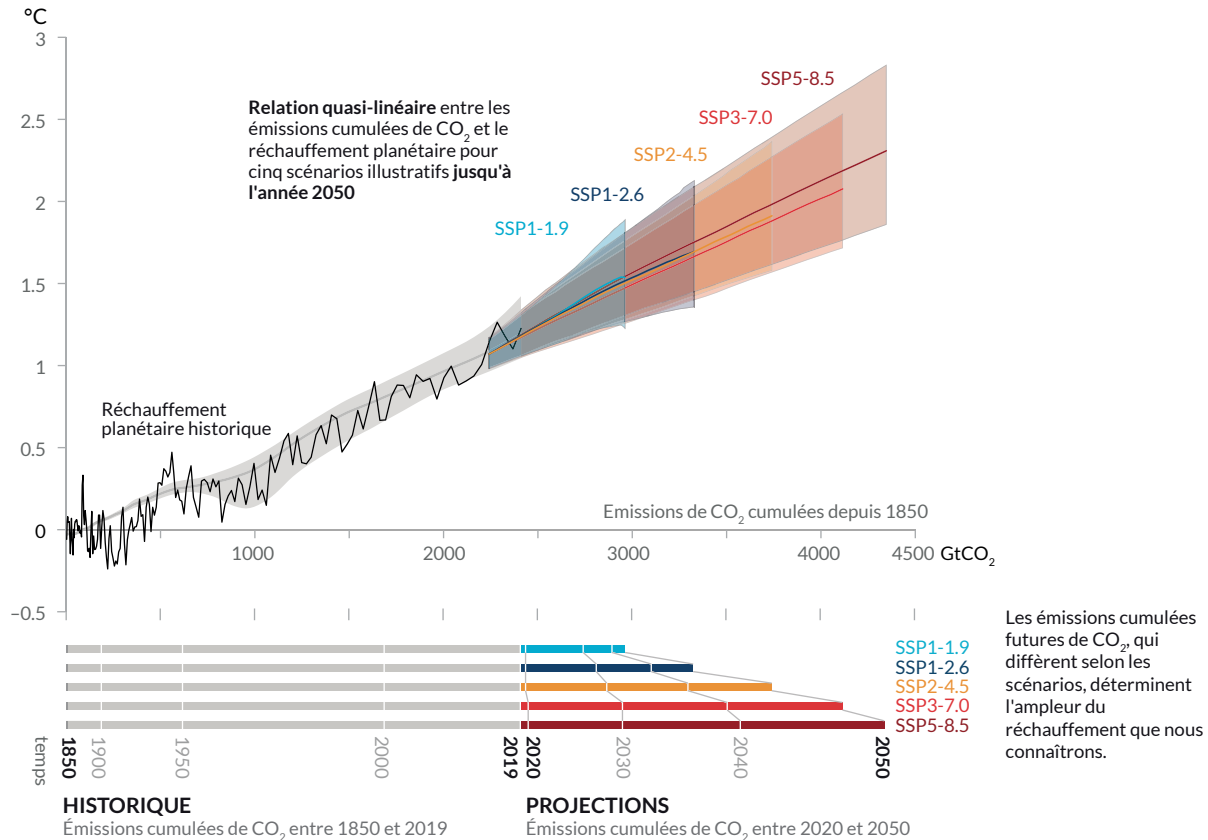


Figure RID.10 | Relation quasi-linéaire entre les émissions cumulées de CO₂ et l'augmentation de la température à la surface du globe.

Panneau supérieur : les données historiques (fine courbe noire) indiquent l'élévation observée de la température à la surface du globe (exprimée en degrés Celsius, °C) depuis 1850–1900 en fonction des émissions historiques cumulées de dioxyde de carbone (CO₂) exprimées en GtCO₂ entre 1850 et 2019. La plage grise autour de sa courbe centrale donne une estimation correspondante du réchauffement de surface historique dû aux activités humaines (voir figure RID 2). Les zones colorées indiquent la fourchette *très probable* des projections de température à la surface du globe et les lignes centrales colorées plus épaisses donnent l'estimation médiane en fonction des émissions cumulées de CO₂ entre 2020 et 2050 pour l'ensemble des scénarios illustratifs (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5 ; voir la figure RID 4). Les projections se fondent sur les émissions cumulées de CO₂ de chaque scénario respectif, et la projection du réchauffement planétaire prend en compte l'influence de tous les forçages anthropiques. La relation est illustrée pour la gamme d'émissions cumulées de CO₂ pour laquelle la réponse transitoire du climat aux émissions cumulées de CO₂ (TCRE) restera constante avec un *degré de confiance élevé*, et pour la période entre 1850 et 2050 au cours de laquelle les émissions mondiales nettes de CO₂ restent positives dans tous les scénarios illustratifs, car l'application quantitative de la TCRE pour estimer l'évolution de la température n'est étayée que par des éléments probants limités dans le cas d'émissions nettes négatives de CO₂.

Panneau inférieur : Valeurs historiques et projections des émissions cumulées de CO₂ (exprimées en GtCO₂) pour les divers scénarios.

[Section 5.5, figure 5.31, figure RT.18]

D.1.2 Au cours de la période 1850–2019, un total de 2390 ± 240 (fourchette *probable*) GtCO₂ de CO₂ anthropique a été émis. Les budgets carbone résiduels ont été estimés pour plusieurs limites de température planétaire et divers niveaux de probabilité, à partir de la valeur estimée de la TCRE et de son incertitude, des estimations du réchauffement historique, des variations du réchauffement projeté dû aux émissions autres que le CO₂, des rétroactions du système climatique (telles que les émissions dues au dégel du pergélisol) et du changement de la température à la surface du globe après l'atteinte d'émissions anthropiques mondiales de CO₂ nettes égales à zéro.

[Sections 5.1, 5.5, encadré 5.2, RT.3.3] (Tableau RID.2)

Réchauffement planétaire entre 1850–1900 et 2010–2019 (°C)		Émissions historiques cumulées de CO ₂ de 1850 à 2019 (GtCO ₂)					
1,07 (0,8–1,3 ; fourchette probable)		2390 (± 240 ; fourchette probable)					
Réchauffement planétaire approximatif par rapport à 1850–1900 jusqu'à la limite de température (°C) ^a	Réchauffement planétaire supplémentaire par rapport à 2010–2019 jusqu'à la limite de température (°C)	Estimation des budgets carbone résiduels à partir du début de 2020 (GtCO ₂)					Variations des réductions des émissions autres ^c que le CO ₂
		Probabilité de limiter le réchauffement planétaire à la limite de température ^b					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1,5	0,43	900	650	500	400	300	Une réduction plus ou moins importante des émissions connexes autres que le CO ₂ peut augmenter ou diminuer les valeurs indiquées à gauche de 220 GtCO ₂ ou plus.
1,7	0,63	1450	1050	850	700	550	
2,0	0,93	2300	1700	1350	1150	900	

Tableau RID.2 | Estimations des émissions historiques de dioxyde de carbone (CO₂) et des budgets carbone résiduels. Les budgets carbone résiduels estimés sont calculés à partir du début de l'année 2020 et s'étendent jusqu'à ce que des émissions nettes mondiales de CO₂ égales à zéro soient atteintes. Ils font référence aux émissions de CO₂, tout en tenant compte de l'effet sur le réchauffement planétaire des émissions autres que celles de CO₂. Dans ce tableau, le réchauffement planétaire fait référence à l'augmentation de la température à la surface du globe due aux activités humaines, ce qui exclut l'effet de la variabilité naturelle sur la température à l'échelle globale au cours d'années individuelles.

{Tableau 3.1, 5.5.1, 5.5.2, encadré 5.2, tableau 5.1, tableau 5.7, tableau 5.8, tableau RT.3}

^a Les valeurs pour chaque incrément de 0,1 °C de réchauffement sont disponibles dans les tableaux RT 3 et 5.8.

^b Ce degré de probabilité se fonde sur l'incertitude liée à la réponse transitoire du climat aux émissions cumulées de CO₂ (TCRE) et sur les rétroactions supplémentaires du système Terre, et indique la probabilité que le réchauffement planétaire ne dépasse pas les niveaux de température indiqués dans les deux colonnes de gauche. Les incertitudes liées au réchauffement historique (± 550 GtCO₂), au forçage non imputable au CO₂ et à la réponse aux forçages autres que CO₂ (± 220 GtCO₂) sont partiellement prises en compte dans l'incertitude évaluée dans la TCRE, mais les incertitudes liées aux émissions récentes depuis 2015 (±20 GtCO₂) et à la réponse du climat lorsque des émissions nettes de CO₂ égales à zéro sont atteintes (±420 GtCO₂) sont distinctes.

^c Les estimations du budget carbone résiduel tiennent compte du réchauffement dû aux facteurs autres que le CO₂, selon les implications des scénarios évalués dans le SR1.5. Dans sa contribution à l'AR6, le Groupe de travail 3 évaluera l'atténuation des émissions autres que le CO₂.

D.1.3 Plusieurs facteurs qui déterminent les estimations du budget carbone résiduel ont été réévalués et leurs mises à jour sont minimales depuis le SR1.5. Une fois révisées pour tenir compte des émissions enregistrées depuis les rapports précédents, les estimations des budgets carbone résiduels sont donc semblables à celles du SR1.5, mais plus importantes que celles de l'AR5 en raison des améliorations méthodologiques⁴⁴.

{5.5, encadré 5.2, RT.3.3} (tableau RID.2)

D.1.4 L'élimination anthropique de CO₂ (CDR) a le potentiel d'éliminer du CO₂ de l'atmosphère et de le stocker durablement dans des réservoirs (*degré de confiance élevé*). La CDR vise à compenser des émissions résiduelles pour atteindre des émissions nettes de CO₂ ou de GES égales à zéro ou, si elle est mise en œuvre à une échelle telle que les éliminations anthropiques dépassent les émissions anthropiques, pour abaisser la température de surface. Les méthodes de CDR peuvent avoir des effets potentiellement considérables sur les cycles biogéochimiques et le climat, ce qui peut soit affaiblir soit renforcer le potentiel de ces méthodes pour éliminer du CO₂ et amoindrir le réchauffement, et peut également affecter la disponibilité et la qualité de l'eau, la production alimentaire et la biodiversité⁴⁵ (*degré de confiance élevé*).

{5.6, encadré thématique 5.1, RT.3.3}

D.1.5 Une élimination anthropique de CO₂ (CDR, pour « carbon dioxide removal ») conduisant à des émissions mondiales nettes négatives abaisserait la concentration atmosphérique de CO₂ et inverserait l'acidification de l'océan de surface (*degré de confiance élevé*). Les éliminations et les émissions anthropiques de CO₂ sont partiellement compensées par respectivement des relargages ou des absorptions de CO₂ depuis ou par les réservoirs de carbone terrestres et océaniques (*degré de confiance très élevé*). La CDR diminuerait le CO₂ atmosphérique d'une quantité approximativement égale à l'augmentation due à une émission anthropique de la même ampleur (*degré de confiance élevé*). La diminution du CO₂ atmosphérique résultant d'éliminations

⁴⁴ Par rapport à l'AR5, et compte tenu des émissions enregistrées depuis l'AR5, les estimations de l'AR6 sont supérieures d'environ 300 à 350 GtCO₂ pour le budget carbone résiduel compatible avec une limitation du réchauffement à 1,5 °C ; pour 2 °C, la différence est d'environ 400-500 GtCO₂.

⁴⁵ Les effets négatifs et positifs potentiels du CDR pour la biodiversité, l'eau et la production alimentaire sont spécifiques à chaque méthode et dépendent souvent considérablement du contexte local, des modalités de gestion, de l'utilisation antérieure des terres et de l'échelle de mise en œuvre. Les Groupes de travail 2 et 3 du GIEC évaluent le potentiel de CDR et les effets écologiques et socio-économiques des méthodes de CDR dans le cadre de leurs contributions à l'AR6.

anthropiques de CO₂ pourrait être jusqu'à 10 % inférieure à l'augmentation du CO₂ atmosphérique résultant d'une quantité équivalente d'émissions de CO₂, selon la quantité totale de CDR (*degré de confiance moyen*).
{5.3, 5.6, RT.3.3}

D.1.6 Si des émissions mondiales de CO₂ nettes négatives étaient atteintes et maintenues, l'augmentation de la température de surface globale induite par le CO₂ s'inverserait progressivement, mais d'autres changements climatiques se poursuivraient selon leur tendance actuelle pendant des décennies à des millénaires (*degré de confiance élevé*). Par exemple, il faudrait plusieurs siècles à millénaires pour que l'évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle globale s'inverse, même en cas d'émissions nettes négatives de CO₂ considérables (*degré de confiance élevé*).
{4.6, 9.6, RT.3.3}

D.1.7 Dans les cinq scénarios illustratifs, les changements simultanés des émissions de CH₄ et de précurseurs d'aérosols et d'ozone, qui contribuent également à la pollution atmosphérique, entraînent un réchauffement planétaire net en surface à court et à long terme (*degré de confiance élevé*). À long terme, ce réchauffement net est moindre dans les scénarios intégrant des mesures de contrôles de la pollution de l'air combinées à une réduction forte et soutenue des émissions de CH₄ (*degré de confiance élevé*). Dans les scénarios d'émissions de GES basses ou très basses, les réductions présumées des émissions d'aérosols anthropiques entraînent un réchauffement net, tandis que les réductions des émissions de CH₄ et des autres précurseurs d'ozone induisent un refroidissement net. En raison de la courte durée de vie du CH₄ et des aérosols, leurs effets climatiques se compensent partiellement, et les réductions des émissions de CH₄ contribuent également à l'amélioration de la qualité de l'air par la baisse à l'échelle planétaire de l'ozone de surface (*degré de confiance élevé*).
{6.7, encadré RT.7} (figure RID.2, encadré RID.1)

D.1.8 Atteindre des émissions mondiales nettes de CO₂ égales à zéro, de sorte que les émissions anthropiques de CO₂ soient contrebalancées par des éliminations anthropiques de CO₂, est indispensable pour stabiliser l'élévation de la température à la surface du globe induite par le CO₂. Cela n'est pas la même chose que de ramener les émissions nettes de GES à zéro, lorsque les émissions anthropiques de GES, pondérées par une métrique, sont égales aux éliminations anthropiques de GES, pondérées par la même métrique. Pour une trajectoire d'émissions de GES donnée, les trajectoires de chaque GES déterminent la réponse du climat⁴⁶, tandis que le choix de la métrique⁴⁷ d'émissions utilisée pour calculer les émissions et les éliminations agrégées des différents GES affecte le moment auquel ce calcul des émissions nettes agrégées des GES atteint zéro. Les trajectoires d'émissions de GES qui atteignent et maintiennent une valeur nette égale à zéro définie par le potentiel de réchauffement global sur 100 ans entraînent une baisse de la température de surface après un pic antérieur (*degré de confiance élevé*).
{4.6, 7.6, encadré 7.3, RT.3.3}

D.2 Les scénarios d'émissions de GES très basses ou basses (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) aboutissent, en quelques années, à des effets discernables sur les concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols et sur la qualité de l'air, par rapport aux scénarios d'émissions de GES élevées et très élevées (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5). Entre ces scénarios contrastés, des différences discernables commenceraient à émerger de la variabilité naturelle sur une vingtaine d'années pour les tendances de la température à la surface du globe, et sur des périodes plus longues pour de nombreux autres facteurs climatiques générateurs d'impact (*degré de confiance élevé*).
{4.6, 6.6, 6.7, encadré thématique 6.1, 9.6, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6, encadré thématique 11.1, 12.4, 12.5} (figure RID.8, figure RID.10)

D.2.1 En 2020, les baisses d'émissions liées aux mesures visant à limiter la propagation du COVID-19 ont eu des effets temporaires mais détectables sur la pollution atmosphérique (*degré de confiance élevé*), associés à une légère augmentation transitoire du forçage radiatif total, principalement due à la diminution du refroidissement causé par les aérosols provenant des activités humaines (*degré de confiance moyen*). Les réponses du climat à l'échelle mondiale et régionale à ce forçage transitoire ne sont toutefois pas détectables au-dessus de la variabilité naturelle (*degré de confiance élevé*). Les concentrations de CO₂ atmosphérique ont continué à augmenter en 2020, sans diminution détectable du taux de croissance du CO₂ observé (*degré de confiance moyen*)⁴⁸.
{encadré thématique 6.1, RT.3.3}

46 Terme général désignant la manière dont le système climatique répond à un forçage radiatif (voir le glossaire).

47 Le choix de la métrique d'émissions dépend des objectifs pour lesquels ces gaz ou agents de forçage sont comparés. Le présent rapport inclut les valeurs réactualisées des métriques d'émissions et évalue de nouvelles méthodes pour l'agrégation des gaz.

48 Pour les autres GES, il n'a pas été possible d'évaluer les changements détectables de leur taux de croissance atmosphérique en 2020 faute de publications scientifiques disponibles au moment de l'évaluation.

- D.2.2 Réduire les émissions de GES entraîne également une amélioration de la qualité de l'air. Toutefois, à court terme⁴⁹, même dans les scénarios avec une forte réduction des GES, tels que les scénarios d'émissions de GES basses et très basses (SSP1-2.6 et SSP1-1.9), ces améliorations ne sont pas suffisantes, dans de nombreuses régions polluées, pour respecter les lignes directrices sur la qualité de l'air définies par l'Organisation mondiale de la santé (*degré de confiance élevé*). Les scénarios comprenant des réductions ciblées d'émissions de polluants atmosphériques conduisent à des améliorations plus rapides de la qualité de l'air, en quelques années, que ceux qui ne visent que la réduction des émissions de GES. Toutefois, à partir de 2040, des améliorations supplémentaires sont projetées dans les scénarios combinant les efforts de réduction de la pollution atmosphérique et de des émissions de GES, l'ampleur des effets positifs variant selon les régions (*degré de confiance élevé*).
{6.6, 6.7, encadré RT.7}
- D.2.3 Les scénarios avec des émissions très basses ou basses de GES (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) auraient des effets rapides et soutenus pour limiter le changement climatique d'origine anthropique, par rapport aux scénarios avec des émissions de GES élevées ou très élevées (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5), mais les réponses précoces du système climatique peuvent être masquées par la variabilité naturelle. En ce qui concerne la température à la surface du globe, il est *probable* que des différences pour ses tendances sur 20 ans émergeraient à court terme entre un scénario avec très basses émissions de GES (SSP1-1.9) et un scénario de fortes ou très fortes émissions de GES (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5). La réponse de nombreuses autres variables climatiques émergerait de la variabilité naturelle ultérieurement à différents moments au cours du 21^e siècle (*degré de confiance élevé*).
{4.6, encadré thématique RT.1} (figure RID.8, figure RID.10)
- D.2.4 Les scénarios avec de très basses ou basses émissions de GES (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) entraîneraient, au-delà de 2040 pour un ensemble de CID³⁶, des changements bien moindres que les scénarios avec des émissions de GES élevées ou très élevées (SSP3-7.0 et SSP5-8.5). D'ici à la fin du siècle, les scénarios avec de très basses ou basses émissions de GES limiteraient fortement les changements de plusieurs CID, tels que l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes de niveau marin, des précipitations extrêmes et des inondations pluviales, et des dépassements de seuils de chaleur dangereux, tout en limitant le nombre de régions où ces dépassements surviennent, par rapport aux scénarios avec de fortes émissions de GES (*degré de confiance élevé*). Ces changements seraient également plus restreints dans le cas de scénarios de très basses émissions que dans le cas de scénarios de basses émissions, ainsi que dans le cas de scénarios d'émissions intermédiaires (SSP2-4.5) par rapport à des scénarios d'émissions élevées ou très élevées (*degré de confiance élevé*).
{9.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, encadré thématique 11.1, 12.4, 12.5, RT.4.3}