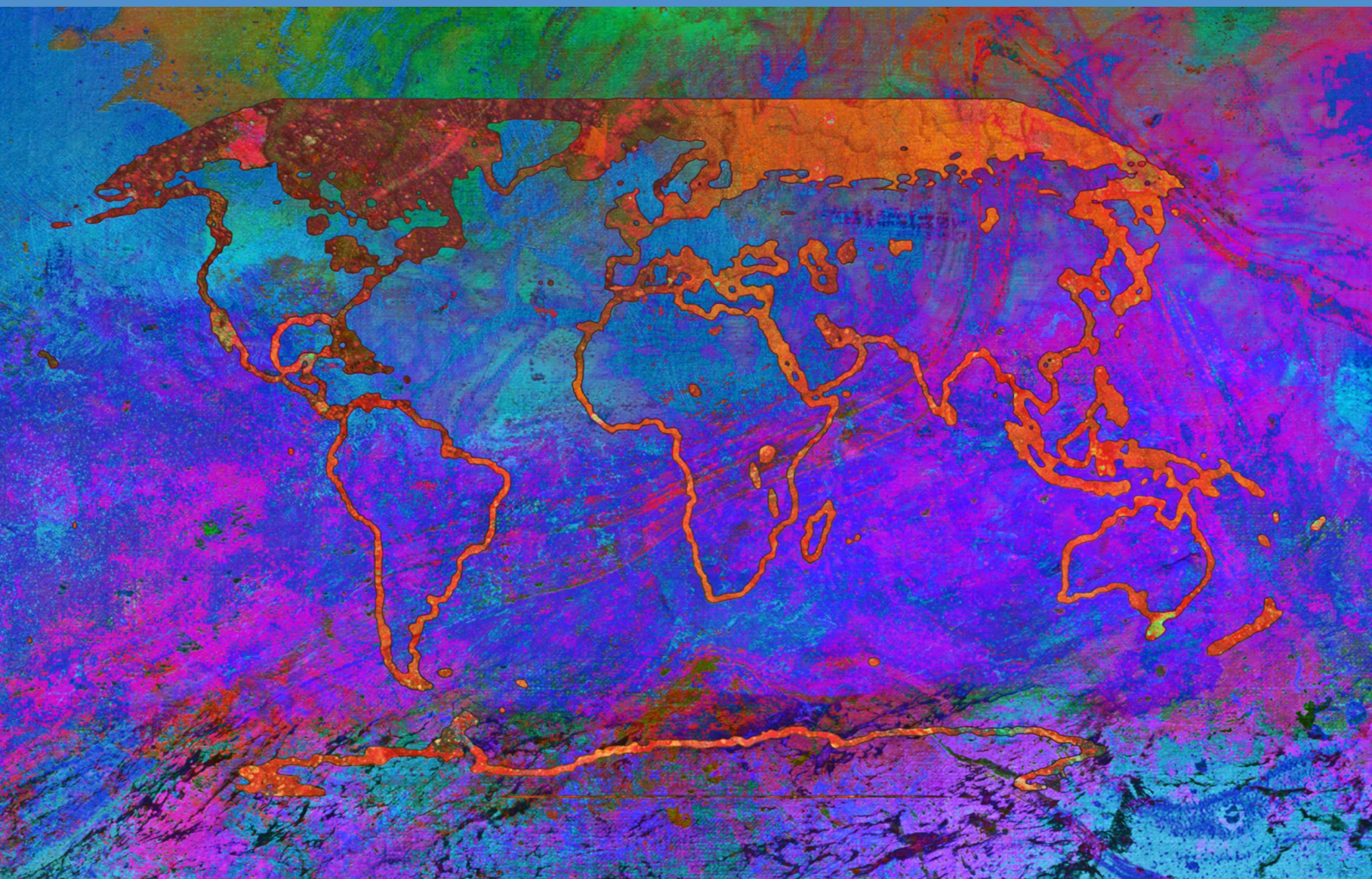


Les changements climatiques 2021

Les bases scientifiques physiques

Résumé à l'intention des décideurs



Résumé à l'intention des décideurs

Auteurs :

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. Fuglestad (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), Nouredine Yassaa (Algérie), Sönke Zaehle (Allemagne), Panmao Zhai (Chine), Xuebin Zhang (Canada), Kirsten Zickfeld (Canada/Allemagne)

Auteurs collaborateurs :

Alessandro Dosio (Italie), Leah Goldfarb (France/États-Unis d'Amérique), Irina V. Gorodetskaya (Portugal/Belgique, Fédération de Russie), Pandora Hope (Australie), Mark Howden (Australie), Akm 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, citoyenne indienne 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)

Date du document : 7 août 2021 17:00 CEST

Ce résumé à l'intention des décideurs doit être cité comme suit :

GIEC, 2021 : Résumé à l'intention des décideurs. Dans: *Changements climatiques 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* [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 (éd.)]. Cambridge University Press. Sous presse.

Le présent document peut faire l'objet d'une révision finale.

Sommaire

Introduction	4
A. L'état actuel du climat.....	5
B. Futurs climatiques possibles	15
C. Information sur le climat pour l'évaluation des risques et l'adaptation régionale	33
D. Limiter les changements climatiques futurs	38

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 (RE6)¹ du GIEC sur les bases scientifiques physiques des changements climatiques. Le rapport s'appuie sur la contribution du Groupe de travail I de 2013 au cinquième rapport d'évaluation (RE5) du GIEC et sur les Rapports spéciaux² du GIEC 2018-2019 du cycle RE6. Il intègre également les nouveaux résultats des dernières recherches de la science du climat³.

Ce RID fournit une synthèse détaillée de l'interprétation de l'état actuel du climat, notamment la façon dont le changement se fait et le rôle de l'influence humaine, l'état des connaissances sur les futurs climatiques, les informations climatiques concernant des régions et secteurs particuliers, ainsi que la manière d'atténuer les changements climatiques causés par l'influence humaine.

Les principales conclusions, qui s'appuient sur des bases scientifiques, peuvent être formulées comme des états de faits ou être associées à un niveau de fiabilité estimé, indiqué à l'aide du langage calibré du GIEC⁴.

Les informations de référence ayant servi de base aux résultats les plus importants se trouvent dans les sections des chapitres indiquées entre accolades du Rapport principal et dans la synthèse intégrée présentée dans le Résumé Technique (ci-après le RT). L'Atlas interactif du Groupe de Travail I de l'AR6 facilite la recherche de ces synthèses clés et des informations complémentaires dans les régions de référence du GTI.⁵

¹ Décision GIEC/XLVI-2.

² Les trois Rapports spéciaux sont les suivants : Réchauffement planétaire de 1,5 °C : rapport spécial du GIEC sur les impacts du réchauffement planétaire de 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels et les voies d'émission de gaz à effet de serre qui y sont associées, dans le contexte du renforcement de la réponse mondiale à la menace du changement climatique, du développement durable et des efforts visant à éradiquer la pauvreté (SR1.5); Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (SRCCL); IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC).

³ L'évaluation s'appuie sur la littérature scientifique dont la publication a été acceptée au 31 janvier 2021.

⁴ Chaque résultat repose sur une évaluation des éléments et consensus dont on dispose. Un niveau de fiabilité est exprimé à l'aide de cinq qualificatifs : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé, et indiqué en italique, par exemple, *fiabilité moyenne*. Les termes suivants ont été utilisés pour indiquer la probabilité estimée d'un résultat : *pratiquement certain* de 99 à 100 %, *très probable* de 90 à 100 %, *probable* de 66 à 100 %, *à peu près aussi probable qu'improbable* de 33 à 66 %, *improbable* de 0 à 33 %, *très improbable* de 0 à 10 %, *exceptionnellement improbable* de 0 à 1 %. Les termes supplémentaires (*extrêmement probable* de 95 à 100 %, *plus probable qu'improbable* >50 à 100 % et *extrêmement improbable* de 0 à 5 %) peuvent également être utilisés le cas échéant. La probabilité estimée est indiquée en italique, par exemple, *très probable*. Ceci est conforme au langage employé dans le RE5. Dans le présent Rapport, sauf indication contraire, des crochets [x à y] sont utilisés pour fournir la fourchette d'incertitude *très probable*, ou intervalle de 90 %.

⁵ L'Atlas interactif est disponible à l'adresse <https://interactive-atlas.ipcc.ch>

A. L'état actuel du climat

Depuis le RE5 (Cinquième Rapport d'Évaluation), les progrès accomplis dans les estimations basées sur le changement climatique observé ainsi que les informations obtenues grâce aux archives paléoclimatiques permettent d'avoir une vision exhaustive de chaque composante du système climatique et de son évolution jusqu'à aujourd'hui. De nouveaux modèles de simulations climatiques, de nouvelles analyses et de nouvelles méthodes combinant différentes formes de données permettent de mieux comprendre l'influence humaine sur un éventail plus large de variables climatiques, notamment les conditions météorologiques et climatiques extrêmes. Les périodes considérées dans cette Section dépendent de la disponibilité des données observées, des archives paléoclimatiques et des études scientifiques.

A.1 Il est certain que l'influence humaine a provoqué le réchauffement de l'atmosphère, des océans et des terres. L'atmosphère, l'océan, la cryosphère et la biosphère ont été soumis à des changements rapides et de grande ampleur.

{2.2, 2.3, encadré transversal 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 9.1} (figure RID.1, figure RID.2)

A.1.1 Les hausses observées des concentrations en gaz à effet de serre (GES) depuis environ 1750 sont sans équivoque causées par l'activité humaine. Depuis 2011 (date des mesures rapportées dans le RE5), ces concentrations ont continué d'augmenter dans l'atmosphère, atteignant des moyennes annuelles de 410 ppm pour le dioxyde de carbone (CO₂), 1866 ppb pour le méthane (CH₄) et 332 ppb pour le protoxyde d'azote (N₂O) en 2019⁶. Les terres et les océans ont connu une augmentation presque constante en proportion (environ 56 % par an dans le monde) des émissions de CO₂ provenant des activités humaines au cours des six dernières décennies, avec des différences selon les régions (*fiabilité élevée*)⁷. {2.2, 5.2, 7.3, TS.2.2, Encadré TS.5}

A.1.2 Chacune des quatre dernières décennies a été successivement la décennie la plus chaude depuis 1850. La température à la surface de la planète⁸ au cours des deux premières décennies du XXI^e siècle (2001-2020) était de 0,99 [0,84-1,10]° C supérieure à celle de la période 1850-1900⁹. La température à la surface de la planète était supérieure de 1,09 [0,95 à 1,20]° C en 2011-2020 qu'entre 1850 et 1900, avec des augmentations plus importantes sur les terres (1,59 [1,34 à 1,83]° C) qu'au-dessus des océans (0,88 [0,68 à 1,01]° C). L'augmentation estimée de la température à la surface de la planète depuis le RE5 est principalement imputable au réchauffement accru depuis 2003-2012 (+0,19 [0,16 à 0,22]° C). De plus, les avancées méthodologiques et de nouveaux ensembles de données ont contribué à l'ajout d'environ 0,1° C dans la nouvelle estimation du réchauffement du RE6¹⁰.

⁶ Les autres concentrations de GES en 2019 étaient les suivantes : PFC (équivalent CF₄ de 109 ppt); SF₆ (10 ppt); NF₃ (2 ppt); HFC (équivalent HFC-134a de 237 ppt); autres gaz du Protocole de Montréal (principalement des CFC, des HCFC, 1032 ppt d'équivalent CFC-12). Les augmentations par ordre depuis 2011 sont de 19 ppm pour le CO₂, de 63 ppb pour le CH₄ et de 8 ppb pour le N₂O.

⁷ Les terres et les océans ne constituent pas d'importants puits de carbone pour les autres GES.

⁸ L'expression « température à la surface du globe » est utilisée à la fois pour désigner la température moyenne mondiale en surface et la température de l'air à la surface du globe dans l'ensemble de ce RID. On évalue avec une *grande fiabilité* que les changements dans ces quantités diffèrent de 10 % au plus les uns des autres, mais des sources de données contradictoires conduisent à penser qu'il est *peu probable* qu'il y ait une différence dans la tendance à long terme. {Encadré de coupe TS.1}

⁹ La période 1850-1900 représente la première période où les observations ont été suffisamment complètes à l'échelle mondiale pour estimer la température à la surface de la planète et, comme dans le RE5 et SR1.5, cette période est utilisée comme approximation pour les conditions préindustrielles.

¹⁰ Depuis le RE5, les progrès méthodologiques et de nouveaux ensembles de données ont fourni une représentation spatiale plus complète des changements de température à la surface de la planète, notamment dans l'Arctique. Ces améliorations et d'autres ont en outre permis d'augmenter l'estimation des changements de température à la surface de la planète d'environ 0,1° C, mais cette augmentation ne représente pas un réchauffement physique supplémentaire depuis le RE5.

A.1.3 L'augmentation totale *probable* de la température à la surface du globe causée par l'homme entre les périodes 1850-1900 et 2010-2019¹¹ est comprise entre 0,8° C à 1,3° C, l'estimation la plus sûre étant 1,07° C. Il est *probable* que les GES bien mélangés ont contribué à un réchauffement de 1,0° C à 2,0° C, que d'autres facteurs humains (principalement les aérosols) ont contribué à un refroidissement de 0,0° C à 0,8° C, que des facteurs naturels ont contribué à une variation de la température à la surface du globe de -0,1° C à 0,1° C et que la variabilité interne naturelle du système climatique l'a modifiée de -0,2° C à 0,2° C. Il est *très probable* que les GES bien mélangés ont été le facteur principal¹² du réchauffement de la troposphère depuis 1979, et il est *extrêmement probable* que la diminution de la couche d'ozone causée par l'homme a été le facteur principal du refroidissement de la basse stratosphère entre 1979 et le milieu des années 1990. {3.3, 6.4, 7.3, encadré TS.1, TS.2.3} (**Figure RID.2**)

A.1.4 Les moyennes mondiales des précipitations terrestres ont *probablement* augmenté depuis 1950, avec un taux d'augmentation plus rapide depuis les années 1980 (*fiabilité moyenne*). Il est *probable* que l'influence humaine a contribué à la variation observée dans les précipitations depuis le milieu du XXe siècle et il est *extrêmement probable* que l'influence humaine a contribué aux changements observés dans la salinité des eaux de surface des océans. Les trajectoires des tempêtes dans les latitudes moyennes se sont *probablement* déplacées vers les pôles dans les deux hémisphères depuis les années 1980, avec des caractères saisonniers marqués dans les tendances (*fiabilité moyenne*). Dans l'hémisphère Sud, l'influence humaine a *très probablement* contribué à la déviation vers le pôle du courant jet extratropical pendant l'été austral. {2.3, 3.3, 8.3, 9.2, TS.2.3, TS.2.4, encadré TS.6}

A.1.5 L'influence humaine est *très probablement* le facteur principal du recul mondial des glaciers depuis les années 1990 et de la diminution de la superficie de la glace de mer dans l'Arctique entre la période 1979-1988 et la période 2010-2019 (environ 40 % en septembre et environ 10 % en mars). Il n'y a pas de tendance significative concernant l'étendue de la glace de mer dans l'Antarctique entre 1979 et 2020 en raison de tendances régionales opposées et d'une grande variabilité interne. L'influence humaine a *très probablement* contribué à la diminution de la couverture neigeuse printanière dans l'hémisphère Nord depuis 1950. Il est *très probable* que l'influence humaine a contribué à la fonte des surfaces de la calotte glaciaire du Groenland observée au cours des deux dernières décennies, mais il n'existe *que peu de signes*, avec un *consensus moyen*, de l'influence humaine sur la fonte de la calotte glaciaire de l'Antarctique. {2.3, 3.4, 8.3, 9.3, 9.5, TS.2.5}

A.1.6 Il est *pratiquement certain* que la couche océanique supérieure (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 *pratiquement certain* que les émissions de CO₂ d'origine humaine sont le facteur principal de l'acidification actuelle de la surface des océans dans le monde. Il est *presque certain* que les niveaux d'oxygène ont chuté dans de nombreuses régions océaniques en surface depuis le milieu du XXe siècle et il est *probable* que l'influence humaine a contribué à cette chute. {2.3, 3.5, 3.6, 5.3, 9.2, TS.2.4}

A.1.7 Le niveau moyen de la mer s'est élevé de 0,20 [0,15 à 0,25] m à l'échelle mondiale entre 1901 et 2018. Le taux moyen de l'élévation du niveau des mers était de 1,3 [0,6 à 2,1] mm par an⁻¹ entre 1901 et 1971, passant à 1,9 [0,8 à 2,9] mm par an⁻¹ entre 1971 et 2006, et passant encore ensuite à 3,7 [3,2 à 4,2] mm par an⁻¹ entre 2006 et 2018 (*fiabilité élevée*). L'influence humaine a *très probablement* été la cause principale de ces augmentations depuis au moins 1971. {2.3, 3.5, 9.6, encadré 9.1, encadré TS.4}

A.1.8 Les changements dans la biosphère terrestre depuis 1970 sont cohérents avec le réchauffement climatique : les aires climatiques se sont déplacées vers les pôles dans les deux hémisphères et les saisons de croissance de la végétation ont en moyenne été allongées d'un jour ou deux par décennie depuis les années 1950 dans les zones extratropicales de l'hémisphère Nord (*fiabilité élevée*). {2.3, TS.2.6}

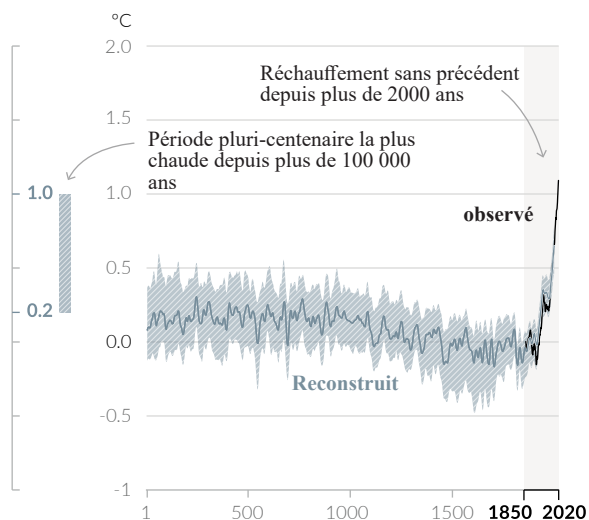
¹¹ La distinction de période avec A.1.2 résulte du fait que les études d'attribution considèrent cette période un peu plus ancienne. Le réchauffement observé jusqu'en 2010-2019 est de 1,06 [0,88 à 1,21]° C.

¹² Tout au long de ce RID, le terme « facteur principal » désigne un facteur responsable de plus de 50 % du changement.

L'activité humaine a réchauffé le climat à une vitesse sans précédent depuis les 2000 dernières années au minimum.

Variations de la température à la surface du globe par rapport à 1850-1900

a) Variation de la température à la surface du globe (moyenne décennale) telle que **reconstruite** (1-2000) et **observée** (1850-2020)



b) Variation de la température à la surface du globe (moyenne annuelle) telle qu'**observée** et simulée avec les facteurs **humains et naturels** et les facteurs naturels seuls (1850-2020)

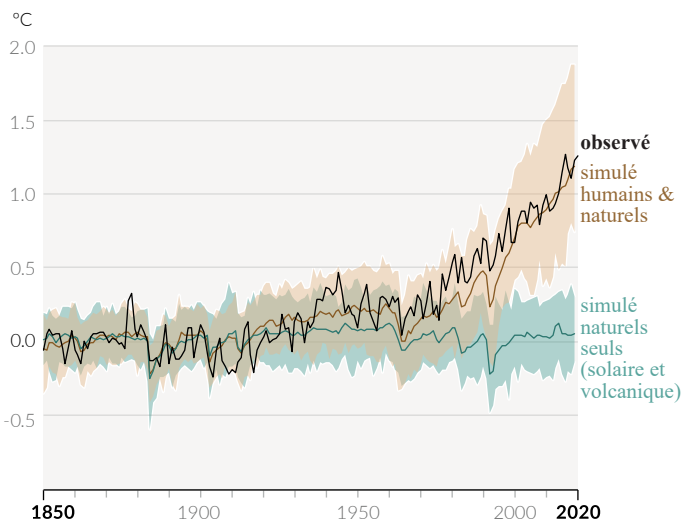


Figure RID.1 : Histoire du changement de la température mondiale et causes du réchauffement récent

Tableau a) : Changements de la température à la surface terrestre reconstitués à partir d'archives paléoclimatiques (ligne grise continue, 1-2000) et d'**observations directes** (ligne noire continue, 1850-2020), toutes les deux rapportées à 1850-1900 selon les moyennes décennales. La barre verticale à gauche montre la température estimée (*très probable*) pendant la période multi-centenaire la plus chaude sur les 100 000 dernières années au minimum, qui s'est produite il y a environ 6500 ans, pendant la période interglaciaire actuelle (Holocène). La dernière ère Interglaciaire, qui date d'il y a environ 125 000 ans, est la période chaude suivante la plus proche. Ces périodes de réchauffement passées ont été causées par des variations orbitales lentes (multi-millénaires). L'ombrage gris avec des lignes diagonales blanches montre les fourchettes *très probables* des reconstructions de température.

Tableau b) : Changements de la température à la surface du globe au cours des 170 dernières années (ligne noire) par rapport à la période 1850-1900 et selon les moyennes annuelles, comparés aux modèles de simulation climatique CMIP6 (voir l'encadré RID.1) de la réponse climatique à la fois aux facteurs humains et naturels (brun), et aux seuls facteurs naturels (activité solaire et volcanique, en vert). Les lignes colorées en gras montrent les moyennes des multi-modèles et les ombres colorées montrent les limites *très probables* de la fourchette des simulations. (voir la figure RID.2 pour l'évaluation des contributions au réchauffement).

{2.3.1, 3.3, encadré 2.3, encadré en coupe transversale TS.1, figure 1a, TS.2.2}

Le réchauffement observé est imputable aux émissions provenant des activités humaines, le réchauffement provoqué par les gaz à effet de serre ayant été en partie masqué par le rafraîchissement liés aux aérosols.

Réchauffement observé Contributions au réchauffement basées sur deux approches complémentaires

a) Réchauffement observé de 2010 à 2019 par rapport à 1850-1900

b) Contributions agrégées au réchauffement de 2010-2019 par rapport à 1850-1900, évaluées à partir des études d'attribution

c) Contributions au réchauffement de 2010-2019 par rapport à 1850-1900, évaluées à partir des études sur le forçage radiatif

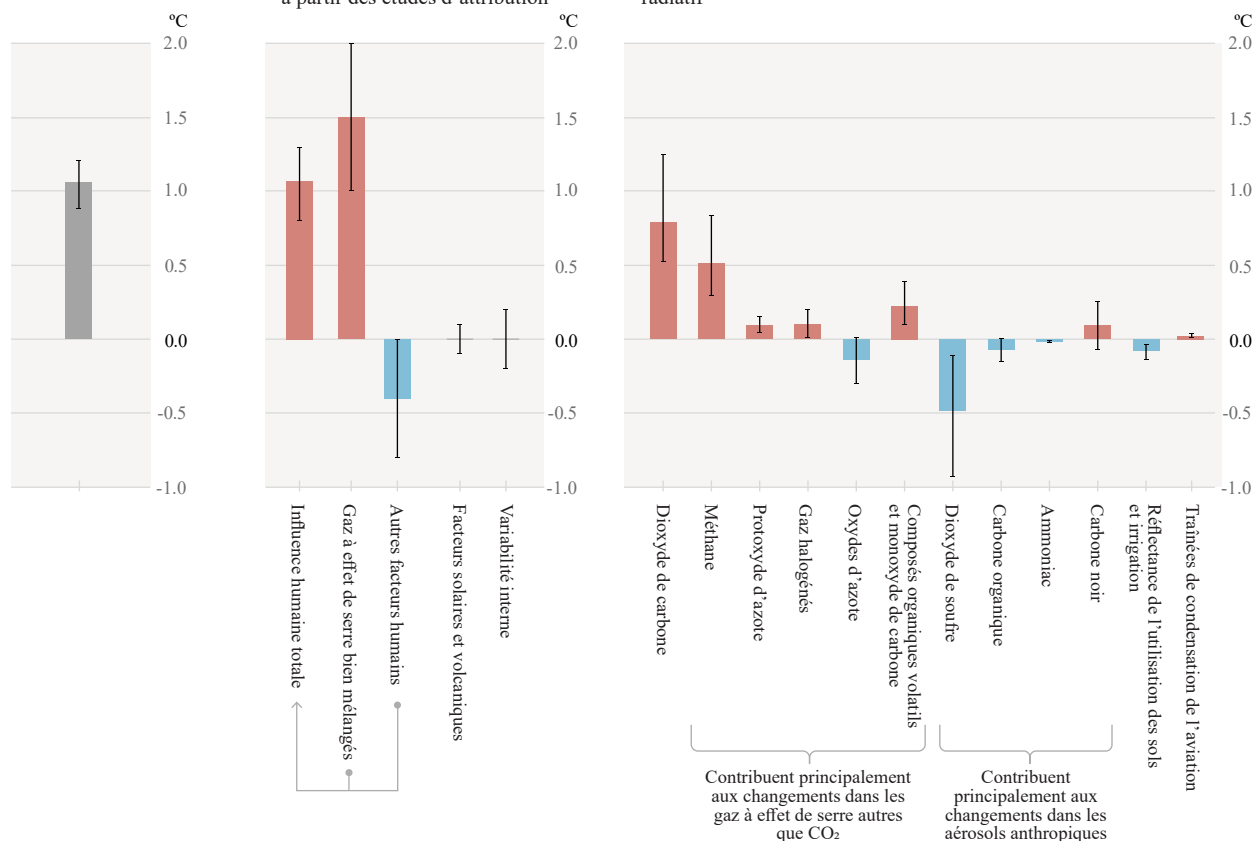


Figure RID.2 : Évaluations des contributions au réchauffement observé en 2010-2019 par rapport à la période 1850-1900.

Tableau a) : Réchauffement climatique observé (augmentation de la température à la surface terrestre) et son intervalle de probabilité *très probable* {3.3.1, encadré 2.3}.

Tableau b) : Résultats des études d'attribution qui synthétisent les informations issues des modèles climatiques et des observations. Le graphique montre les variations de température attribuées à l'ensemble de l'influence humaine, en différenciant la concentration des gaz à effet de serre bien mélangés, les autres facteurs d'origine humaine liés aux aérosols, l'ozone et le changement d'affectation des terres (réflectance liée à l'utilisation des sols), les facteurs solaires et volcaniques et la variabilité climatique interne. Les moustaches montrent les fourchettes *probables* {3.3.1}.

Tableau c) : Résultats de l'évaluation du forçage radiatif et de la sensibilité climatique. Le graphique montre les variations de température dues aux différentes composantes de l'influence humaine, notamment les émissions de gaz à effet de serre, les aérosols et leurs précurseurs; les changements dans l'utilisation des sols (réflectance et irrigation), et les traînées de condensation de l'aviation.

Les moustaches montrent les fourchettes *très probables*. Les estimations tiennent compte à la fois des émissions directes dans l'atmosphère et de leurs effets, le cas échéant, sur d'autres facteurs climatiques. Pour les aérosols, les effets directs (à travers les radiations) et indirects (à travers leurs interactions avec les nuages) sont pris en compte. {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 sur les dernières centaines de milliers d'années.

{Encadré transversal 2.1, 2.2, 2.3, 5.1} (Figure RID.1)

A.2.1 En 2019, les concentrations atmosphériques de CO₂ étaient les plus élevées des 2 derniers millions d'années (*fiabilité élevée*), et les concentrations de CH₄ ainsi que de N₂O n'avaient jamais été aussi élevées depuis 800 000 ans (*fiabilité très élevée*). On peut dire avec un *très haut niveau de fiabilité* que depuis 1750, les augmentations de concentration de CO₂ (47 %) et de CH₄ (156 %) dépassent de loin les changements multi-millénaires naturels entre les périodes glaciaires et interglaciaires qui se sont produits au cours des 800 000 dernières années. Les augmentations de N₂O (23 %) sont les mêmes.
{2.2, 5.1, TS.2.2}

A.2.2 La température à la surface terrestre a augmenté plus rapidement depuis 1970 que sur n'importe quelle autre période de 50 ans depuis 2000 ans au moins (*fiabilité élevée*). Les températures au cours de la dernière décennie (2011-2020) dépassent celles de la période multi-centenaire chaude la plus récente, qui date d'il y a environ 6500 ans¹³ [de 0,2° C à 1° C par rapport à 1850- 1900] (*fiabilité moyenne*). Avant cela, il faut remonter à 125 000 ans pour connaître une période chaude dont les températures s'approchent de celles observées dans la dernière décennie [de 0,5° C à 1,5° C par rapport à 1850-1900] (*fiabilité moyenne*).
{Encadré 2.1, 2.3, Encadré section TS.1} (Figure RID.1)

A.2.3 En 2011-2020, la superficie moyenne annuelle de la glace de mer dans l'Arctique a atteint son niveau le plus bas depuis au moins 1850 (*fiabilité élevée*). La superficie de la glace de mer à la fin de l'été dans l'Arctique était plus faible qu'elle ne l'avait jamais été depuis 1000 ans au moins (*fiabilité moyenne*). La rétractation généralisée des glaciers, presque tous les glaciers du monde reculant de manière synchronisée, depuis les années 1950, est sans précédent depuis 2000 années au moins (*fiabilité moyenne*).
{2.3, TS.2.5}

A.2.4 Le niveau moyen mondial de la mer s'est élevé plus rapidement depuis 1900 qu'au cours des 3000 dernières années au moins (*fiabilité élevée*). Les océans se sont réchauffés plus rapidement au cours du siècle dernier que depuis la fin de la dernière transition glaciaire (il y a environ 11 000 ans) (*fiabilité moyenne*). Une hausse à long terme du pH des océans en surface s'est produite au cours des 50 derniers millions d'années (*fiabilité élevée*) et un pH de l'océan en surface aussi bas que ces dernières décennies est atypique sur les 2 derniers millions d'années (*fiabilité moyenne*).
{2.3, TS.2.4, encadré TS.4}

¹³ Comme indiqué dans la section B.1, même dans le scénario SSP1-1.9 à très faibles émissions, on pense que les températures resteront supérieures à celles de la dernière décennie jusqu'en 2100 au moins et donc plus chaudes que pendant la période multi-centenaire d'il y a 6500 ans.

A.3 Les changements climatiques d'origine humaine entraînent déjà de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes dans toutes les régions du monde. Les observations montrent une augmentation des événements météorologiques extrêmes tels que les vagues de chaleur, les fortes précipitations, les sécheresses et les cyclones tropicaux, et leur attribution à l'influence humaine s'est renforcée depuis le RE5. {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 *pratiquement certain* que les extrêmes de chaleur (notamment les vagues de chaleur) sont devenus plus fréquents et plus intenses dans la plupart des régions continentales depuis les années 1950 et que les épisodes de basses températures extrêmes (notamment les vagues de froid) sont devenus moins fréquents et moins graves. On peut dire avec une *fiabilité élevée* que le changement climatique induit par l'homme est le facteur principal de¹⁴ ces changements. Il est *extrêmement improbable* que certaines canicules récentes, observées au cours de la dernière décennie, se seraient produites sans l'influence humaine sur le système climatique. Les vagues de chaleur marines ont environ doublé de fréquence depuis les années 1980 (*fiabilité élevée*) et l'activité 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, TS.2.6, Encadré TS.10} (**Figure RID.3**)

A.3.2 La fréquence et l'intensité des épisodes de fortes précipitations ont augmenté depuis les années 1950 sur la plupart des régions continentales pour lesquelles les données d'observation sont suffisantes pour analyser les tendances (*fiabilité élevée*) et le changement climatique induit par l'homme en est *probablement* le principal facteur. Le changement climatique imputable à l'influence humaine a contribué à l'augmentation des sécheresses agricoles et écologiques¹⁵ dans certaines régions en raison de l'accroissement de l'évapotranspiration des sols¹⁶ (*fiabilité moyenne*). {8.2, 8.3, 11.4, 11.6, 11.9, TS.2.6, encadré TS.10} (**Figure RID.3**)

A.3.3 La diminution mondiale du volume des moussons terrestres¹⁷ entre les années 1950 et 1980 est en partie attribuée aux émissions d'aérosols causées par l'homme dans l'hémisphère Nord, mais les augmentations depuis lors ont résulté de la hausse de la concentration en GES ainsi que de la variabilité interne décennale et multi décennale (*fiabilité moyenne*). Les augmentations du volume des moussons à travers l'Asie du Sud, l'Asie de l'Est et l'Afrique de l'Ouest liées au réchauffement dû aux émissions de GES ont été contrebalancées par les diminutions du volume des moussons liées au refroidissement causé par les émissions d'aérosol engendrées par les humains au cours du XXe siècle (*fiabilité forte*) L'augmentation du volume de la mousson en 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 de refroidissement des émissions d'aérosols d'origine humaine en Europe et en Amérique du Nord (*fiabilité moyenne*). {2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, Encadré 8.1, Encadré 8.2, 10.6, Encadré TS.13}

¹⁴ Tout au long de ce RID, l'expression « facteur principal » désigne un facteur responsable de plus de 50 % du changement.

¹⁵ Sécheresse agricole et écologique (selon le biome affecté) : une période avec un déficit anormal d'humidité du sol, qui résulte d'une pénurie de précipitations combinée à une évapotranspiration excessive et qui, pendant la saison de croissance, affecte la production végétale ou le fonctionnement de l'écosystème en général. Les changements observés dans les sécheresses météorologiques (déficits de précipitations) et les sécheresses hydrologiques (déficits du débit des cours d'eau) sont distincts de ceux des sécheresses agricoles et écologiques. Ils sont traités dans une autre partie du RE6 (chapitre 11).

¹⁶ Les processus combinés par lesquels l'eau est transférée à l'atmosphère depuis les surfaces d'eau et de glace, de sol nu et de végétation qui composent la surface de la Terre.

¹⁷ La mousson mondiale est définie comme la zone dans laquelle l'aire de répartition annuelle (été local moins hiver local) des précipitations est supérieure à 2,5 mm par jour⁻¹. Le volume des moussons terrestres fait référence aux précipitations moyennes sur les zones terrestres au sein de la mousson mondiale.

A.3.4 Il est *probable* que la proportion mondiale de cyclones tropicaux majeurs (catégorie 3 à 5) a augmenté au cours des quatre dernières décennies, et la latitude où les cyclones tropicaux dans l'ouest du Pacifique Nord atteignent leur intensité maximale s'est déplacée vers le nord. Ces changements ne peuvent pas s'expliquer par la seule variabilité interne (*fiabilité moyenne*). Les tendances à long-terme (multi-décennales à centenaires) de la fréquence des cyclones tropicaux (quelle que soit leur catégorie) présentent une *faible fiabilité*. Les études d'attribution des événements et la compréhension des phénomènes physiques indiquent que le changement climatique induit par l'homme augmente les fortes pluies associées aux cyclones tropicaux (*fiabilité élevée*), mais l'insuffisance des données ne permet pas la mise en évidence claire de tendances passées à l'échelle mondiale. {8.2, 11.7, encadré TS.10}

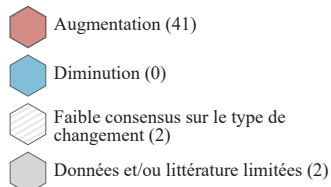
A.3.5 L'influence humaine a *probablement* augmenté la formation d'événements météorologiques extrêmes¹⁸ depuis les années 1950. Ceci inclut l'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur et des sécheresses simultanées à l'échelle mondiale (*fiabilité élevée*), les incendies dans certaines régions de tous les continents habités (*fiabilité moyenne*) et les inondations aggravées dans certains endroits (*fiabilité moyenne*). {11.6, 11.7, 11.8, 12.3, 12.4, TS.2.6, Tableau TS.5, Encadré TS.10}

¹⁸ Les événements extrêmes composés sont la combinaison de multiples facteurs et/ou risques qui contribuent à un risque sociétal ou environnemental. Il peut s'agir, par exemple, de vagues de chaleur et de sécheresses simultanées, d'inondations aggravées (par exemple, une onde de tempête combinée à des pluies intenses et/ou au débordement d'une rivière), de conditions météorologiques favorisant les incendies (c.-à-d. une combinaison de conditions chaudes, sèches et venteuses) ou d'événements extrêmes simultanés à différents endroits.

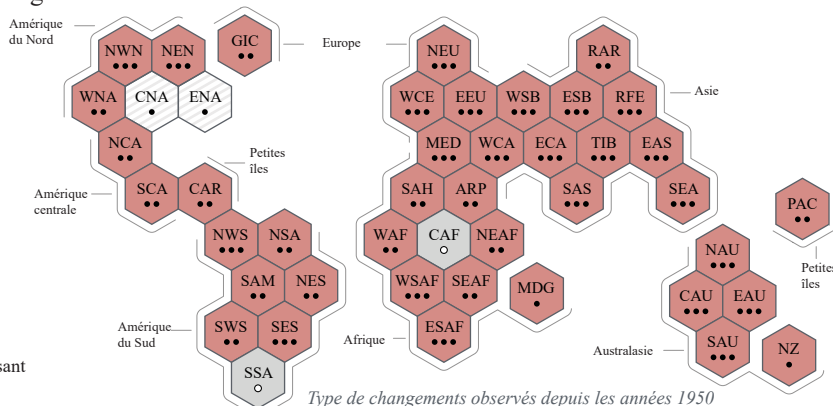
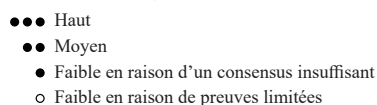
Le changement climatique affecte déjà toutes les régions habitées du monde, l'influence humaine contribuant aux nombreux événements météorologiques et climatiques extrêmes observés.

a) Synthèse de l'évaluation des changements observés dans les **extrêmes de chaleur** et de la probabilité de la contribution humaine à ces changements observés dans les régions du monde

Type de changements observés dans les extrêmes de chaleur



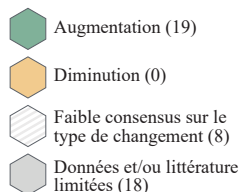
Degré de probabilité de la contribution humaine aux changements observés



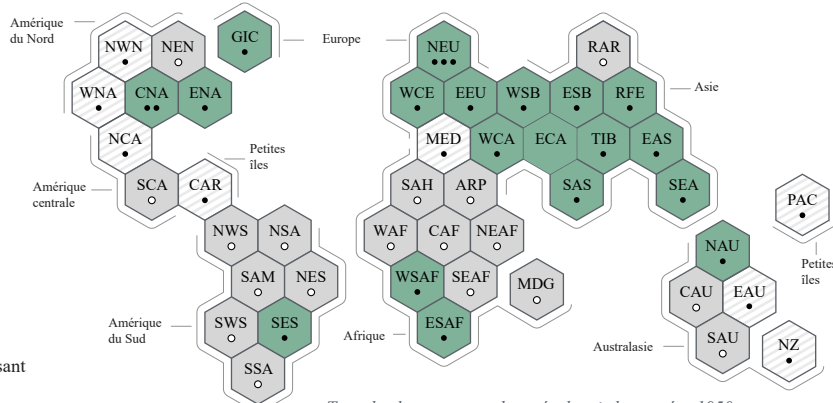
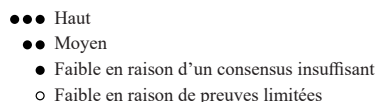
Type de changements observés depuis les années 1950

b) Synthèse de l'évaluation du changement observé dans les **fortes précipitations** et probabilité de la contribution humaine aux changements observés dans les régions du monde

Type de changements observés dans les fortes précipitations



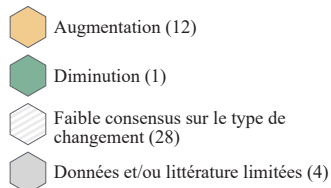
Degré de probabilité de la contribution humaine aux changements observés



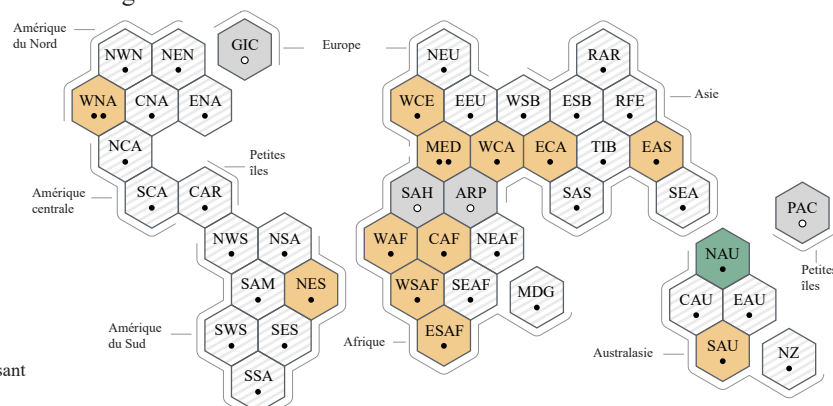
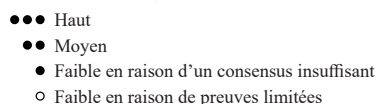
Type de changements observés depuis les années 1950

c) Synthèse de l'évaluation des changements observés dans les **sécheresses agricoles et écologiques** et de la contribution humaine aux changements observés dans les régions du monde

Type de changements observés dans les sécheresses agricoles et écologiques



Degré de probabilité de la contribution humaine aux changements observés



Type de changements observés depuis les années 1950

Chaque hexagone correspond à l'une des régions de référence du GTI du RE6 du GIEC



Régions de référence du GTI du RE6 du GIEC : **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* (Amérique centrale du Nord), *ENA* (Est de l'Amérique du Nord), **Amérique centrale**: *NCA* (Amérique centrale du Nord), *SCA* (Amérique centrale du Sud), *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 sud-américaine), *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* (Europe du Nord), *WCE* (Europe occidentale et centrale), *EEU* (Europe de l'Est), *MED* (Méditerranée), **Afrique**: *MED* (Méditerranée), *SAH* (Sahara), *WAF* (Afrique de l'Ouest), *CAF* (Afrique centrale), *NEAF* (Afrique du Nord-Est), *SEAF* (Afrique du Sud-Est), *WSAF* (Afrique australe de l'Ouest), *ESAF* (Afrique australe orientale), *MDG* (Madagascar), **Asie**: *RAR* (Arctique russe), *WSB* (Sibérie occidentale), *ESB* (Sibérie orientale), *RFE* (Extrême-Orient russe), *WCA* (Asie centrale occidentale), *ECA* (Asie centrale et orientale), *TIB* (Plateau Tibétain), *EAS* (Asie de l'Est), *ARP* (péninsule arabique), *SAS* (Asie du Sud), *SEA* (Asie du Sud-Est), **Australasie**: *NAU* (Australie du Nord), *CAU* (Australie centrale), *EAU* (Est de l'Australie), *SAU* (Australie du Sud), *NZ* (Nouvelle-Zélande), **Petites îles**: *CAR* (Caraïbes), *PAC* (Petites îles du Pacifique)

Figure RID.3 : Synthèse des changements régionaux évalués, observés et attribuables

Les régions habitées du GTI du RE6 sont représentées sous forme **d'hexagones** de taille identique dans leurs emplacements géographiques approximatifs (voir la légende pour les acronymes régionaux). Toutes les évaluations sont faites pour chaque région dans son ensemble sur une période allant des années 1950 jusqu'à aujourd'hui. Des analyses faites sur une période de temps différente ou des échelles spatiales plus locales peuvent varier par rapport à ce qui figure sur le schéma. Les **couleurs** sur chaque schéma représentent les quatre résultats des analyses sur les changements observés. Les hexagones rayés blancs et gris clair sont utilisés lorsqu'il y a peu de consensus sur le type du changement dans la région et les hexagones gris sont utilisés lorsqu'il existe des données et / ou une littérature insuffisantes, rendant une évaluation de la région dans son ensemble difficile. Les autres couleurs indiquent au moins une *fiabilité moyenne* concernant le changement observé. Le **niveau de fiabilité** concernant l'influence humaine sur les changements observés s'appuie sur l'estimation des tendances décelées et de l'attribution, ainsi que sur la documentation sur l'attribution des événements. Il est indiqué par le nombre de points : trois points pour une *fiabilité élevée*, deux points pour une *fiabilité moyenne* et un point pour une *fiabilité faible* (point rempli : accord limité; point vide : preuves limitées).

Schéma a) Pour les chaleurs extrêmes, les données sont principalement tirées des changements dans les statistiques basées sur les températures maximales quotidiennes; des études régionales utilisant d'autres indicateurs (durée, fréquence et intensité des vagues de chaleur) sont utilisées en complément. Les hexagones rouges indiquent les régions où l'augmentation observée des chaleurs extrêmes est *moyennement fiable*.

Schéma b) Pour les fortes précipitations, les données sont principalement tirées des variations des indicateurs s'appuyant sur les volumes de précipitations sur un jour ou sur cinq jours, d'après les études mondiales et régionales. Les hexagones verts indiquent les régions où l'augmentation observée des fortes précipitations est *moyennement fiable*.

Schéma c) L'évaluation des sécheresses agricoles et écologiques s'appuie sur l'observation et la simulation des changements de l'humidité des sols en profondeur, complétées par la constatation des changements de l'humidité des sols en surface, les bilans hydriques (précipitations moins évapotranspiration) et les indicateurs axés sur les précipitations et la demande évaporative atmosphérique. Les hexagones jaunes indiquent les régions où l'observation de l'augmentation de ce type de sécheresse est *moyennement fiable* et les hexagones verts indiquent les régions où l'observation de la diminution observée de la sécheresse agricole et écologique est *moyennement fiable*.

Pour toutes les régions, le tableau TS.5 montre un éventail plus large de changements observés que ceux indiqués dans ce schéma. Notez que la SSA est la seule région qui n'affiche pas de changements observés dans les statistiques figurant dans ce schéma, mais qui est affectée par l'augmentation des températures moyennes observées, la diminution du gel et l'augmentation des vagues de chaleur marines.

{11.9, tableau TS.5, encadré TS.10, figure 1, atlas 1.3.3, figure Atlas.2}

A.4 La meilleure connaissance des processus climatiques, la recherche paléoclimatique et la réponse du système climatique face à l'augmentation du forçage radiatif donnent 3 °C comme étant la meilleure estimation de la sensibilité climatique à l'équilibre, avec une fourchette plus étroite par rapport au RE5. **{2.2, 7.3, 7.4, 7.5, encadré 7.2, encadré 9.1, 9.4, 9.5, 9.6}**

A.4.1 Le forçage radiatif d'origine humaine de 2,72 [1,96 à 3,48] W m⁻² en 2019 par rapport à 1750 a provoqué un réchauffement du système climatique. Ce réchauffement est principalement dû à l'augmentation des concentrations en GES, en partie contrebalancée par le refroidissement dû à la hausse des concentrations d'aérosols. Le forçage radiatif a augmenté de 0,43 W m⁻² (19 %) par rapport au RE5, dont 0,34 W m⁻² est dû à l'augmentation des concentrations en GES depuis 2011. Le reste est dû à une meilleure compréhension scientifique et à des changements dans l'évaluation du forçage des aérosols, qui comprend des baisses des concentrations et une amélioration dans son calcul (*fiabilité élevée*). {2.2, 7.3, TS.2.2, TS.3.1}

A.4.2 Le forçage radiatif positif net causé par l'homme provoque une accumulation d'énergie supplémentaire (réchauffement) dans le système climatique, en partie réduite par l'augmentation de la perte d'énergie vers l'espace en réponse au réchauffement de la surface. Le taux moyen du réchauffement du système climatique observé est passé de 0,50 [0,32 à 0,69] W m⁻² pour la période 1971-2006¹⁹, à 0,79 [0,52 à 1,06] W m⁻² pour la période 2006-2018²⁰ (*fiabilité élevée*). Le réchauffement des océans représente 91 % du réchauffement climatique, avec le réchauffement des terres, la perte des glaces et le réchauffement de l'atmosphère représentant respectivement environ 5 %, 3 % et 1 % (*fiabilité élevée*). {7.2, encadré 7.2, TS.3.1}

A.4.3 Le réchauffement du système climatique a provoqué une élévation moyenne du niveau de la mer à l'échelle mondiale à travers la fonte des glaces terrestres et la dilatation thermique causée par le réchauffement des océans. La dilatation thermique explique 50 % de l'élévation du niveau de la mer entre 1971 et 2018. La perte de la masse des glaciers y a contribué pour 22 %, la fonte de la calotte glaciaire pour 20 % et les changements dans le stockage des eaux continentales pour 8 %. La vitesse de la fonte des nappes glaciaires a été multipliée par quatre entre 1992-1999 et 2010-2019. La fonte de la calotte glaciaire et de la masse des glaciers a été le facteur principal contribuant à l'élévation mondiale du niveau de la mer entre 2006 et 2018. (*fiabilité élevée*)
{Encadré 9.1, 9.4, 9.5, 9.6}

A.4.4 La sensibilité climatique à l'équilibre est un indicateur important de la réponse du système climatique au forçage radiatif. Sur la base de multiples sources de données²¹, on estime que la sensibilité du climat à l'équilibre *la plus probable* se situe entre 2° C (*fiabilité élevée*) et 5° C (*fiabilité moyenne*). Le RE6 a jugé que 3° C est la meilleure estimation avec une fourchette *probable* située entre 2,5° C et 4° C (*fiabilité élevée*), comparée avec la fourchette de 1,5° C à 4,5° C, donnée par le RE5 comme sa meilleure estimation. {7.4, 7.5, TS.3.2}

¹⁹ augmentation cumulative de l'énergie de 282 [177 à 387] ZJ entre 1971 et 2006 (1 ZJ = 10²¹ J).

²⁰ augmentation cumulative de l'énergie de 152 [100 à 205] ZJ entre 2006 et 2018.

²¹ la compréhension des processus climatiques, l'enregistrement par les instruments, les paléoclimats et les contraintes émergentes basées sur la modélisation (voir glossaire).

B. Futurs climatiques possibles

Un ensemble de cinq nouveaux scénarios d'émissions est examiné de façon cohérente dans le présent rapport afin d'explorer les réponses climatiques vis à vis d'un éventail plus large de gaz à effet de serre (GES), d'affectation des sols et de polluants atmosphériques que dans le RE5. Cet ensemble de scénarios permet de construire des projections de changements sur des modèles climatiques. Ces projections tiennent compte de l'activité solaire et du forçage de fond des volcans. Les résultats pour le XXI^e 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 climatique à cinq scénarios illustratifs qui couvrent les développements possibles des facteurs anthropiques responsables du changement climatique trouvés dans la littérature. Ils commencent en 2015 et comprennent des scénarios²² d'émissions de GES élevées et très élevées (SSP3-7.0 et SSP5-8.5) ainsi que d'émissions de CO₂ qui doublent par rapport aux niveaux actuels d'ici 2100 et 2050 respectivement. Ils comportent des scénarios d'émissions de GES moyennes (SSP2-4.5) et des émissions de CO₂ restant autour des niveaux actuels jusqu'au milieu du siècle; des scénarios d'émissions de GES très faibles et faibles ainsi que des émissions de CO₂ diminuant jusqu'à atteindre zéro net autour de 2050 ou après, avec ensuite des niveaux variables d'émissions nettes négatives de CO₂²³ (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) comme illustré par la figure RID.4. Les émissions varient d'un scénario à l'autre en fonction des hypothèses socioéconomiques, des niveaux d'atténuation du changement climatique et, pour les aérosols et les précurseurs d'ozone non méthanique, des mesures de lutte contre la pollution atmosphérique. D'autres hypothèses peuvent donner lieu à des émissions et à des réactions climatiques similaires, mais les hypothèses socioéconomiques et la faisabilité ou la probabilité de chaque scénario ne font pas partie de l'évaluation. {TS.1.3, 1.6, encadré 1.4 du chapitre croisé} (Figure RID.4)

Encadré RID.1.2: Ce rapport évalue les résultats des modèles climatiques qui participent à la phase 6 du projet de comparaison des modèles couplés (CMIP6) du Programme mondial de recherche sur le climat. Ces modèles comprennent une meilleure représentation des processus physiques, chimiques et biologiques par rapport aux modèles climatiques utilisés dans les précédents rapports d'évaluation du GIEC. Ceci a permis d'améliorer la simulation de l'état moyen récent de la majorité des indicateurs de changement climatique à grande échelle mais aussi de nombreux autres aspects du système climatique. Certaines différences par rapport aux observations subsistent, par exemple dans les régimes régionaux de précipitations. Les simulations historiques des modèles CMIP6 évalués dans ce rapport ont une variation moyenne de la température à la surface du globe de 0,2° C par rapport aux observations effectuées sur la majeure partie de la période historique, et le réchauffement observé se situe dans la fourchette *très probable* de l'ensemble CMIP6. Cependant, certains modèles CMIP6 simulent un réchauffement soit supérieur soit inférieur à la fourchette *très probable* du réchauffement observé. {1.5, encadré 2.2, 3.3, 3.8, TS.1.2, encadré trans section transversale TS.1} (Figure RID.1 b, Figure RID.2)

²² Tout au long du présent rapport, les cinq scénarios illustratifs sont appelés SSPx-y, où « SSPx » fait référence à la voie socio-économique partagée et « SSP » décrit les tendances socio-économiques qui sous-tendent le scénario, et « y » fait référence au niveau approximatif de forçage radiatif (en W m⁻²) résultant du scénario en l'an 2100. Une comparaison détaillée avec les scénarios utilisés dans les rapports antérieurs du GIEC est fournie dans les sections TS1.3 et 1.6 et 4.6. Les SSP qui sous-tendent les scénarios de forçage spécifiques utilisés pour piloter les modèles climatiques ne sont pas évalués par le GTI. L'étiquetage SSPx-y assure la traçabilité avec la littérature dans laquelle des voies de forçage spécifiques sont utilisées dans les modèles climatiques. Le GIEC est neutre en ce qui concerne les hypothèses de base des SSP, qui ne couvrent pas tous les scénarios possibles. D'autres scénarios peuvent être envisagés ou élaborés.

²³ Les émissions nettes négatives de CO₂ sont atteintes lorsque les absorptions anthropiques de CO₂ dépassent les émissions anthropiques. {Glossaire}

Encadré RID.1.3: Les modèles CMIP6 examinés dans le présent rapport ont une fourchette de sensibilité climatique plus large que celle des modèles CMIP5 et que la fourchette *très probable*, estimée par le RE6, qui s'appuie sur de multiples sources de données.

Ces modèles CMIP6 ont également une sensibilité climatique moyenne plus élevée que les modèles CMIP5 et que la meilleure estimation du RE6. Les valeurs de sensibilité climatique plus élevées des modèles CMIP6 par rapport au CMIP5 peuvent être attribuées à une rétroaction des nuages qui est plus importante d'environ 20 % dans les modèles CMIP6.

{Encadré 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, TS.3.2}

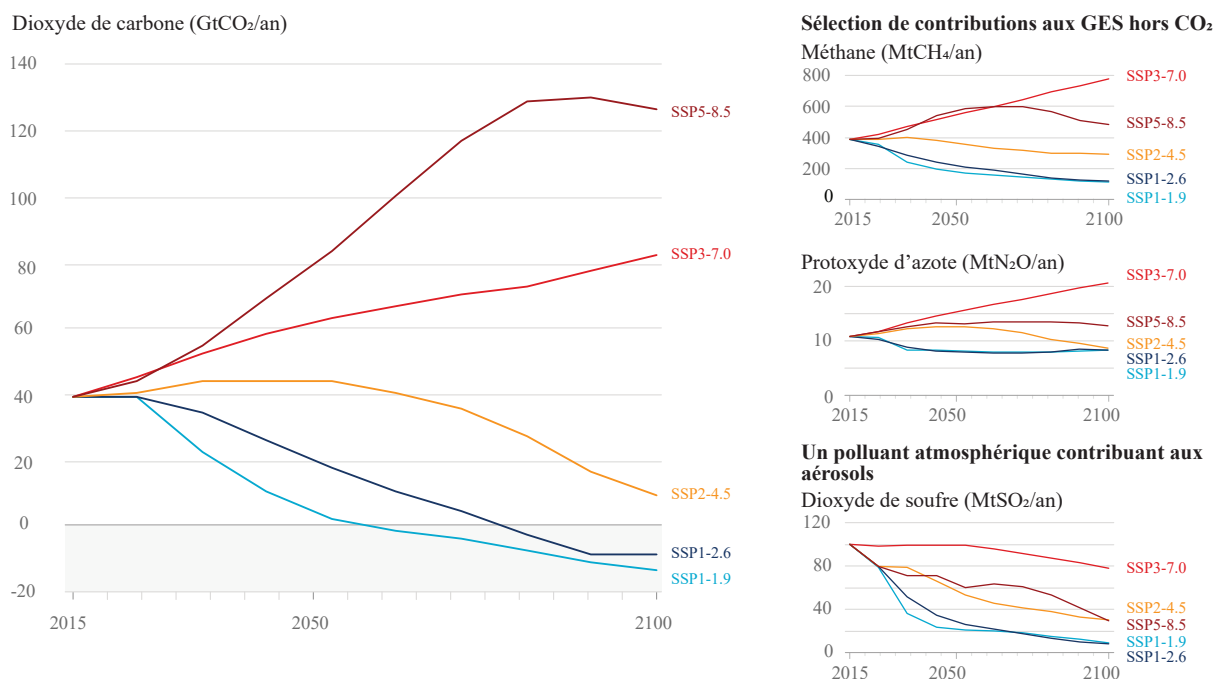
Encadré RID.1.4: Pour la première fois dans un rapport du GIEC, les estimations des futures variations de la température à la surface du globe, du réchauffement des océans et du niveau de la mer sont construites en combinant des projections multi-modèles avec des contraintes d'observation définies par des simulations passées, avec l'estimation de la sensibilité climatique du RE6. Pour d'autres paramètres, il n'existe pas encore de méthodes aussi robustes pour contraindre les projections. Néanmoins, il est possible de projeter de robustes modèles géographiques à plusieurs variables, pour un niveau donné de réchauffement climatique.

Les modèles géographiques de nombreuses variables peuvent être identifiés à un niveau donné de réchauffement climatique, commun à tous les scénarios considérés et indépendamment du moment où le niveau de réchauffement climatique est atteint.

{1.6, encadré 4.1, 4.3, 4.6, 7.5, 9.2, 9.6, encadré 11.1, encadré en coupe transversale TS.1}

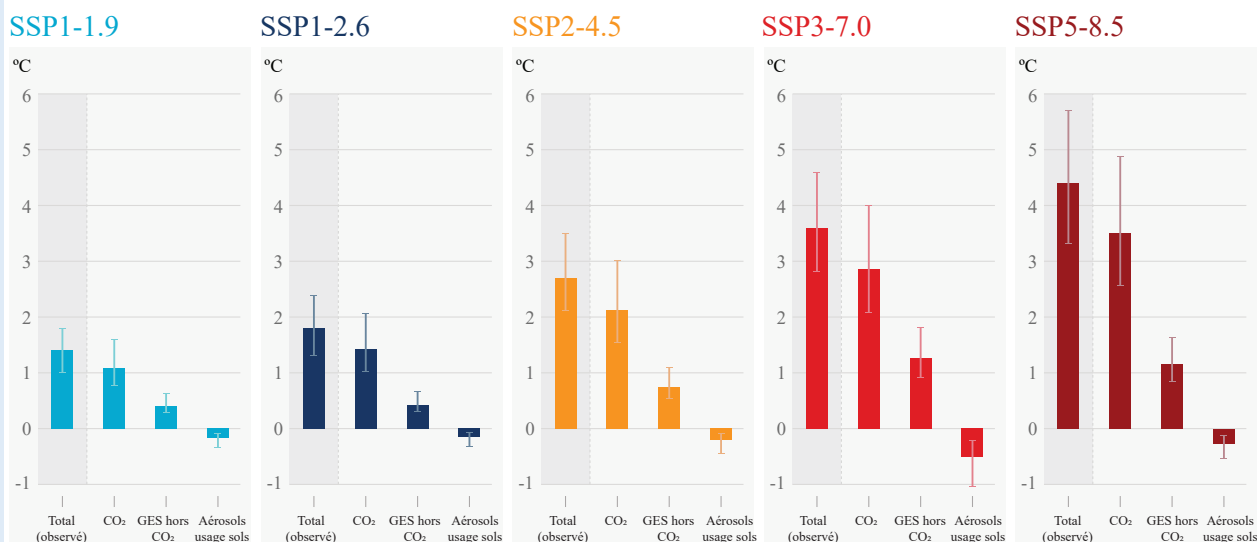
Les émissions futures provoquent un réchauffement futur accru, le réchauffement total étant dominé par les émissions de CO₂ passées et futures.

a) Émissions annuelles futures de CO₂ (à gauche) et sous-ensemble de facteurs clés autres que le CO₂ (à droite), dans cinq scénarios illustratifs



b) Contribution des différentes émissions à l'augmentation de la température de surface du globe, avec le rôle dominant des émissions de CO₂

Variation de la température globale de surface en 2081-2100 par rapport à 1850-1900 (°C)



Réchauffement total (réchauffement observé à ce jour en teinte plus foncée), réchauffement dû au CO₂, réchauffement dû aux GES hors CO₂ et refroidissement dû aux changements dans les aérosols et l'utilisation des sols

Figure RID.4 : Émissions anthropiques futures des principaux facteurs de changement climatique et contributions au réchauffement par groupes de facteurs pour les cinq scénarios illustratifs.

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

Encadré a) Émissions anthropiques annuelles (d'origine humaine) sur la période 2015-2100. Ici on voit les trajectoires des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) de tous les secteurs (GtCO₂/an) (graphique de gauche) ainsi que pour 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, MtN₂O/an, graphique du milieu à droite) et le dioxyde de soufre (SO₂, MtSO₂/an, graphique en bas à droite, qui contribuent aux aérosols anthropiques de l'encadré b).

Encadré b) Les contributions au réchauffement par groupes de facteurs anthropiques et par scénario sont présentées sous la forme d'un changement de la température à la surface du globe (°C) sur la période 2081-2100 par rapport à la période 1850-1900, avec l'indication du réchauffement déjà observé à ce jour. Les barres et les moustaches représentent respectivement les valeurs médianes et la fourchette *très probable*. Dans le diagramme à barres de chaque scénario, les barres représentent le réchauffement planétaire total (°C; barre totale) (voir tableau RID.1) et les contributions au réchauffement (°C) dues aux variations de CO₂ (CO₂ bar), aux gaz à effet de serre autres que le CO₂ (barre des GES autres que le CO₂; gaz à effet de serre bien mélangés et ozone) ainsi qu'au refroidissement net dû à d'autres facteurs anthropiques (aérosols et utilisation des sols; aérosols anthropiques, variations de la réflectance dues aux changements d'utilisation des sols et à l'irrigation, traînées des avions; voir la figure RID.2, encadré c, pour les contributions actuelles au réchauffement par facteur). La meilleure estimation du réchauffement observé en 2010-2019 par rapport à 1850-1900 (voir la figure RID.2, encadré a) est indiquée dans la colonne la plus sombre de la barre totale. Les contributions au réchauffement dans l'encadré b sont calculées comme expliqué dans le tableau RID.1 pour la barre totale. Pour les autres barres, la contribution des groupes de facteurs est calculée à l'aide d'un émulateur climatique physique de la température à la surface du globe qui repose sur des estimations de la sensibilité du climat et du forçage radiatif.

{Encadrés transversaux 1.4, 4.6, figures 4.35, 6.7, figures 6.18, 6.22 et 6.24, encadrés transversaux 7.1, 7.3, figure 7.7, encadré TS.7, figures TS.4 et TS.15}

B.1 La température à la surface du globe continuera d'augmenter au moins jusqu'au milieu du siècle dans tous les scénarios d'émissions envisagés. Le niveau de réchauffement planétaire dépassera les 1,5° C et 2° C au cours du XXI^e siècle à moins que des réductions importantes des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre n'interviennent dans les décennies à venir.

{2.3, encadré 2.3, encadré transversal 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 La température moyenne à la surface terrestre entre 2081 et 2100 sera *très probablement* supérieure de 1,0° C à 1,8° C à ce qu'elle était sur la période de 1850 à 1900 dans le cadre du scénario à très faibles émissions (SSP1-1.9), de 2,1° C à 3,5° C dans le cadre du scénario intermédiaire (SSP2-4.5) et de 3,3° C à 5,7° C dans le cadre du scénario à émissions de GES très élevées (SSP5-8.5)²⁴ La dernière fois que la température à la surface du globe s'est maintenue à plus ou moins 2,5° C au-dessus de son niveau de la période 1850-1900, c'était il y a plus de 3 millions d'années (*fiabilité moyenne*).

{2.3, encadré 2.4, 4.3, 4.5, encadré TS.2, encadré TS.4, encadré TS.1} (Tableau RID.1)

Tableau RID.1 : Variations de la température à la surface du globe, évaluées sur la base de multiples sources de données, pour des périodes sélectionnées de 20 ans et pour les cinq scénarios d'émissions considérés. Les différences de température par rapport à la température moyenne à la surface du globe de la période 1850-1900 sont indiquées en °C. Ceci comprend l'évaluation révisée du réchauffement historique observé pour la période de référence du RE5 (1986-2005), qui, dans le RE6, est plus élevé de 0,08 [-0,01 à 0,12]° C (voir référence 10).

Les variations par rapport à la période de référence récente de 1995 à 2014 peuvent être calculées approximativement en soustrayant 0,85° C, la meilleure estimation du réchauffement observé entre 1850-1900 et 1995-2014.

{Encadré 2.3, 4.3, 4.4, encadré en coupe transversale TS.1}

²⁴ Les variations de la température à la surface du globe sont indiquées comme des moyennes courantes sur 20 ans, sauf indication contraire.

Scénario	À court terme, 2021-2040		À moyen terme, 2041-2060		long terme, 2081-2100	
	Meilleure estimation (°C)	Très probablement fourchette (°C)	Meilleure estimation (°C)	Très probablement fourchette (°C)	Meilleure estimation (°C)	Très probablement fourchette (°C)
SSP1-1.9	1,5	1,2 à 1,7	1,6	1,2 à 2,0	1,4	1,0 à 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 à 1,8	1,7	1,3 à 2,2	1,8	1,3 à 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 à 1,8	2,0	1,6 à 2,5	2,7	2,1 à 3,5
SSP3-7.0	1,5	1,2 à 1,8	2,1	1,7 à 2,6	3,6	2,8 à 4,6
SSP5-8.5	1,6	1,3 à 1,9	2,4	1,9 à 3,0	4,4	3,3 à 5,7

B.1.2 D'après une estimation s'appuyant sur plusieurs sources de données, la température planétaire augmenterait de plus de 2° C par rapport à la période 1850-1900 au cours du XXI^e siècle, dans le cadre des scénarios d'émissions de GES élevées et très élevées de ce rapport (SSP3-7.0 et SSP5-8.5, respectivement). La température se réchaufferait *très probablement* de plus de 2° C dans le scénario intermédiaire (SSP2-4.5). Dans les scénarios à très faibles et faibles émissions de GES, il est *extrêmement improbable* que le seuil de réchauffement de 2° C soit dépassé (SSP1-1.9), ou *peu probable* qu'il le soit (SSP1-2.6)²⁵. Le fait que la hausse de la température du climat planétaire dépasse 2° C au cours de la période à moyen terme (2041-2060) est *très probable* dans le cadre du scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8.5), *probable* dans le cadre du scénario d'émissions élevées (SSP3-7.0), et *plus probable qu'improbable* dans le cadre du scénario d'émissions intermédiaires (SSP2-4.5)²⁶.

{4.3, Encadré TS.1} (**Tableau RID.1**, **Figure RID.4**, **Encadré RID.1**)

B.1.3 Le seuil de hausse de la température du climat mondial de 1,5° C par rapport à la période 1850-1900 serait dépassé au cours du XXI^e siècle dans le cadre des scénarios intermédiaire, élevé et très élevé. (SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, respectivement). Dans les cinq scénarios illustratifs, à court terme (2021-2040), il est *très probable* que le niveau de réchauffement planétaire de 1,5° C soit dépassé dans le cadre du scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8.5), *probable* qu'il soit dépassé dans les scénarios d'émissions intermédiaires et élevées (SSP2-4.5 et SSP3-7.0), *plus probable qu'improbable* qu'il soit dépassé dans le scénario à faibles émissions (SSP1-2.6) et *plus probable qu'improbable qu'il soit atteint* dans le scénario à très faibles émissions de GES (SSP1-1.9)²⁷. De plus, dans le cadre du scénario à très faibles émissions de GES (SSP1-1.9), il est *plus probable qu'improbable* que la température à la surface de la terre retombe à moins de 1,5° C vers la fin du XXI^e siècle, avec un dépassement temporaire de 0,1° C au maximum au-dessus de la barre des 1,5° C de réchauffement climatique.

{4.3, Encadré TS.1} (**Tableau RID.1**, **Figure RID.4**)

²⁵ Le SSP1-1.9 et le SSP1-2.6 sont des scénarios qui commencent en 2015, avec des émissions de GES et de CO₂ très faibles et faibles qui diminuent pour arriver à zéro net vers ou après 2050, avec ensuite des niveaux variables d'émissions nettes négatives de CO₂.

²⁶ Ce dépassement est défini ici comme l'estimation du changement de la température à la surface du globe, calculé sur une période de 20 ans, dépassant un seuil particulier de réchauffement planétaire.

²⁷ L'estimation du RE6 du moment où un niveau de réchauffement planétaire donné est dépassé pour la première fois bénéficie de l'examen des scénarios illustratifs, des multiples sources de données entrant dans l'estimation de la réponse climatique future face au forçage radiatif et d'une meilleure estimation du réchauffement historique. Les estimations du RE6 ne sont donc pas directement comparables à celles du RID SR1.5, qui avait estimé que le réchauffement planétaire aurait atteint les 1,5° C entre 2030 et 2052, à partir d'une simple extrapolation linéaire des taux de réchauffement du passé récent. Lorsque l'on considère des scénarios similaires au SSP1-1.9 au lieu d'une extrapolation linéaire, l'estimation du SR1.5 du moment où le niveau de 1,5° C de réchauffement est atteint pour la première fois, est proche de la meilleure estimation rapportée ici.

B.1.4 La température à la surface du globe peut, au cours d'une année donnée, varier au-dessus ou en dessous de la tendance à long terme induite par l'homme, en raison d'une variabilité naturelle importante²⁸. L'occurrence, au cours d'une année donnée, d'une variation de la température mondiale en surface au-dessus d'un certain niveau, par exemple 1,5° C ou 2° C, par rapport à la période 1850-1900, n'implique pas que ce niveau de réchauffement climatique ait été atteint²⁹.

{Encadré 2.3, 4.3, 4.4, Encadré 4.1, Encadré TS.1, Section transversale TS.1} (**Tableau RID.1, Figure RID.1, Figure RID.8**)

B.2 De nombreux changements dans le système climatique s'intensifient, en relation directe avec l'augmentation du réchauffement de la planète. Il s'agit notamment de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des chaleurs extrêmes, des vagues de chaleur marines, des fortes précipitations, des sécheresses agricoles et écologiques dans certaines régions, de la proportion de cyclones tropicaux intenses, ainsi que de la diminution de la glace de mer, de la couverture neigeuse et du pergélisol dans l'Arctique. {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 transversal 11.1, 12.4, 12.5, Encadré transversal 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 *pratiquement certain* que la surface terrestre continuera de se réchauffer davantage que la surface des océans, (*probablement* 1,4 à 1,7 fois plus). Il est *pratiquement certain* que l'Arctique continuera de se réchauffer davantage que la température à la surface de la planète, à hauteur de deux fois le rythme du réchauffement planétaire (*fiabilité élevée*).

{2.3, 4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 11.1, 11.3, 11.9, 12.4, 12.5, encadré 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, Boîte de coupe transversale TS.1, TS.2.6} (**Figure RID.5**)

B.2.2 Avec chaque accroissement du réchauffement climatique, les extrêmes météorologiques et climatiques s'accroîtront. Par exemple, chaque 0,5° C supplémentaire provoque une augmentation clairement perceptible de l'intensité et de la fréquence des chaleurs extrêmes, notamment des vagues de chaleur (*très probables*), des fortes précipitations (*fiabilité élevée*), ainsi que des sécheresses agricoles et écologiques³⁰ dans certaines régions (*fiabilité élevée*). Des changements perceptibles dans l'intensité et la fréquence des sécheresses météorologiques, avec un plus grand nombre de régions présentant des augmentations que des diminutions, sont observés dans certaines régions pour chaque 0,5° C supplémentaire de réchauffement climatique (*fiabilité moyenne*). L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses hydrologiques se renforce avec l'augmentation du réchauffement climatique dans certaines régions (*fiabilité moyenne*). L'occurrence de certains événements extrêmes, sans précédent dans les archives d'observation, augmentera avec le réchauffement planétaire, même avec 1,5° C de réchauffement. Les projections de pourcentages de changement de fréquence sont plus élevées pour les événements les plus rares (*fiabilité élevée*).

{8.2, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, encadré transversal 11.1, encadré réticulation 12.1, TS.2.6} (**Figure RID.5, Figure RID.6**)

²⁸ La variabilité naturelle fait référence aux fluctuations climatiques qui se produisent sans aucune influence humaine, c'est-à-dire la variabilité interne combinée à la réponse aux facteurs naturels externes tels que les éruptions volcaniques, les changements dans l'activité solaire et, sur des échelles temporelles plus longues, les effets orbitaux et la tectonique des plaques.

²⁹ La variabilité interne au cours d'une année donnée est estimée à $\pm 0,25^\circ\text{C}$ (fourchette de 5 à 95 %, *fiabilité élevée*).

³⁰ Les changements prévus dans les sécheresses agricoles et écologiques sont principalement estimés en fonction de l'humidité totale des sols. Voir la note de bas de page 15 pour la définition et la relation avec les précipitations et l'évapotranspiration.

B.2.3 Certaines régions des latitudes moyennes et semi-arides, ainsi que la région de la mousson sud-américaine, devraient connaître la plus forte augmentation de la température des jours les chauds, soit environ 1,5 à 2 fois le taux du réchauffement planétaire (*fiabilité élevée*). L'Arctique devrait connaître la plus forte hausse de la température des jours les plus froids, soit environ 3 fois le taux du réchauffement planétaire (*fiabilité élevée*). Si le réchauffement climatique se poursuit, la fréquence des vagues de chaleur marines continuera d'augmenter (*fiabilité élevée*), en particulier dans l'océan tropical et l'Arctique (*fiabilité moyenne*).

{Encadré 9.2, 11.1, 11.3, 11.9, Encadré transversal 11.1, Encadré transversal 12.1, 12.4, TS.2.4, TS.2.6} **(Figure RID.6)**

B.2.4 Il est *très probable* que les épisodes de fortes précipitations s'intensifieront et deviendront plus fréquents dans la plupart des régions si le réchauffement se poursuit. À l'échelle mondiale, les précipitations quotidiennes extrêmes devraient s'intensifier d'environ 7 % pour chaque degré de réchauffement (*fiabilité élevée*). La proportion de cyclones tropicaux intenses (catégories 4-5) et les vitesses de vent maximales des cyclones tropicaux les plus intenses devraient augmenter à l'échelle mondiale avec l'augmentation du réchauffement climatique (*fiabilité élevée*).

{8.2, 11.4, 11.7, 11.9, encadré 11.1, encadré TS.6, TS.4.3.1} **(Figure RID.5, Figure RID.6)**

B.2.5 La poursuite du réchauffement devrait accélérer le dégel du pergélisol ainsi que la fonte de la couverture neigeuse saisonnière, de la glace terrestre et de la glace de mer arctique (*fiabilité élevée*). L'Arctique sera probablement dépourvu de glace de mer en³¹ septembre au moins une fois avant 2050, dans les cinq scénarios illustratifs examinés dans le présent rapport, avec des occurrences plus fréquentes en cas de niveaux de réchauffement plus élevés. La diminution projetée de la glace de mer dans l'Antarctique est d'une *fiabilité faible*.

{4.3, 4.5, 7.4, 8.2, 8.4, encadré 8.2, 9.3, 9.5, 12.4, encadré 12.1, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, TS.2.5} **(Figure RID.8)**

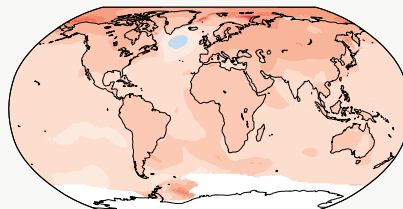
³¹ superficie mensuelle moyenne de glace de mer inférieure à 1 million de km², soit environ 15 % de la superficie moyenne de glace de mer observée en septembre sur la période 1979-1988

Avec chaque incrément du réchauffement climatique, les changements deviennent plus importants en température moyenne régionale, précipitations et humidité du sol

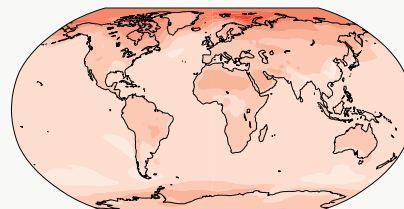
a) Variation annuelle moyenne de la température (°C) à 1 °C de réchauffement climatique

Le réchauffement à 1 °C affecte tous les continents et est généralement plus important sur terre que sur les océans, tant dans les observations que dans les modèles. Dans la plupart des régions, les tendances observées et simulées sont cohérentes.

Changement observé par réchauffement climatique de 1 °C



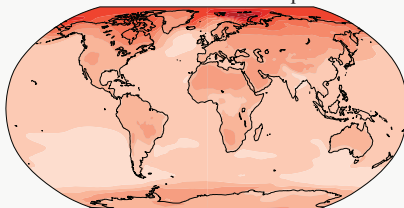
Changement simulé à 1 °C de réchauffement climatique



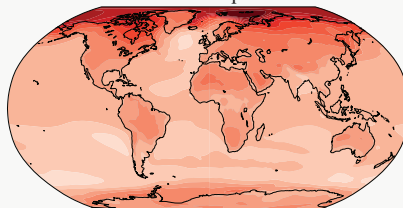
b) Variation annuelle moyenne de la température (°C) par rapport à 1850-1900

À travers les niveaux de réchauffement, les zones terrestres se réchauffent plus que les océans, et l'Arctique et l'Antarctique se réchauffent plus que les tropiques.

Changement simulé à 1,5 °C de réchauffement climatique



Changement simulé à 2 °C de réchauffement climatique



Changement simulé à 4 °C de réchauffement climatique

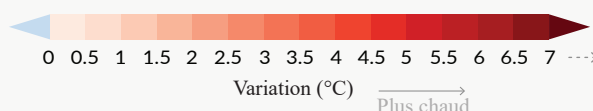
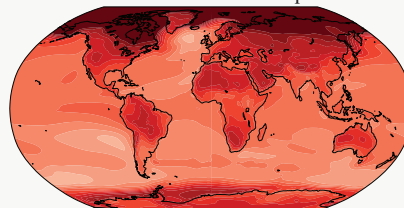


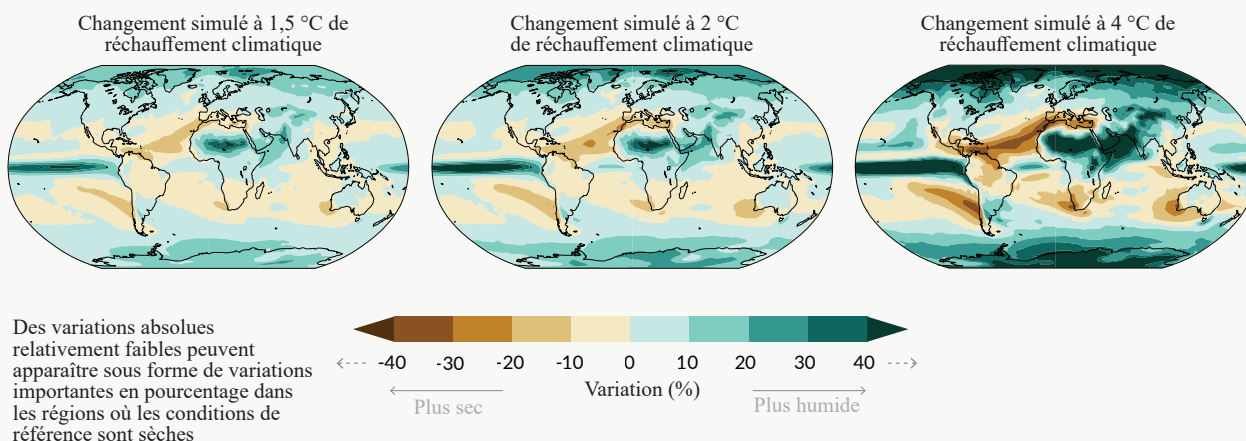
Figure RID.5 : Changements de la température moyenne annuelle de surface, des précipitations et de l'humidité du sol.

Panneau a) Comparaison des variations annuelles observées et simulées de la température moyenne de surface. La **carte de gauche** montre les changements observés dans la température moyenne annuelle de surface au cours de la période de 1850 à 2020 par °C de réchauffement climatique (°C). Les variations de température de surface moyennes locales (c.-à-d. le point de grille) observées sont régressées linéairement par rapport à la température de surface globale au cours de la période 1850-2020. Les données de température observées proviennent de Berkeley Earth, le jeu de données avec la plus grande couverture et la résolution horizontale la plus élevée. La régression linéaire est appliquée à toutes les années pour lesquelles les données au point de grille correspondant sont disponibles. La méthode de régression a été utilisée pour tenir compte de la série chronologique d'observation complète et ainsi réduire le rôle de la variabilité interne au niveau du point de grille. Le blanc indique les zones où la couverture temporelle était de 100 ans ou moins et donc trop courte pour calculer une régression linéaire fiable. La **carte de droite** est basée sur des simulations de modèles et montre l'évolution des températures moyennes annuelles simulées multi-modèles à un niveau de réchauffement planétaire de 1 °C (variation moyenne de la température de surface mondiale sur 20 ans par rapport à 1850-1900). Les triangles à chaque extrémité de la barre de couleur indiquent des valeurs hors limites, c'est-à-dire des valeurs supérieures ou inférieures aux limites données.

Panneau b) Variation annuelle simulée de la température moyenne (°C), panel c) variation des précipitations (%) et panneau d) variation totale de l'humidité du sol dans la colonne (écart-type de la variabilité interannuelle) à des niveaux de réchauffement climatique de 1,5 °C, 2 °C et 4 °C (variation moyenne de la température de surface mondiale sur 20 ans par rapport à 1850-1900). Les changements simulés correspondent au changement moyen multi-modèles CMIP6 (changement médian pour l'humidité du sol) au niveau du réchauffement climatique correspondant, c'est-à-dire la même méthode que pour la carte de droite dans le panneau a).

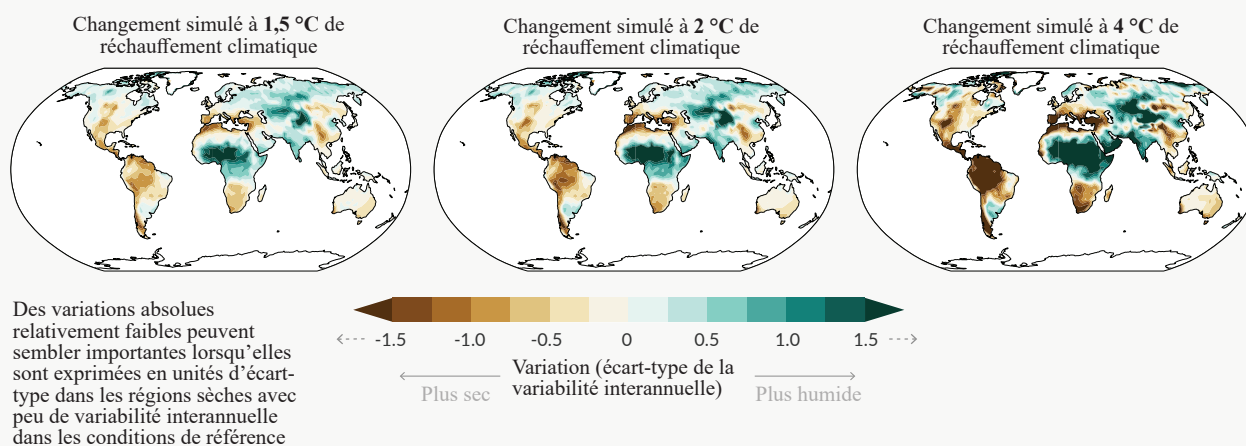
c) Variation annuelle moyenne des précipitations (%) par rapport à 1850-1900

Les précipitations devraient augmenter sur les hautes latitudes, le Pacifique équatorial et certaines parties des régions de mousson, mais diminuer sur certaines parties des régions subtropicales et dans des zones limitées des tropiques.



d) Variation annuelle moyenne de l'humidité totale du sol dans la colonne (écart-type)

À travers les niveaux de réchauffement, les changements dans l'humidité du sol suivent en grande partie les changements dans les précipitations, mais montrent également certaines différences dues à l'influence de l'évapotranspiration.



Dans le **panneau c)**, des variations positives élevées en pourcentage dans les régions sèches peuvent correspondre à de faibles variations absolues. Dans le **panneau d)**, l'unité est l'écart-type de la variabilité interannuelle de l'humidité du sol entre 1850 et 1900. L'écart-type est une mesure largement utilisée pour caractériser la gravité de la sécheresse. Une réduction projetée de l'humidité moyenne du sol d'un écart-type correspond aux conditions d'humidité du sol typiques des sécheresses qui se sont produites environ une fois tous les six ans entre 1850 et 1900. Dans le panneau d), des changements importants dans les régions sèches avec peu de variabilité interannuelle dans les conditions de référence peuvent correspondre à un petit changement absolu. Les triangles à chaque extrémité des barres de couleur indiquent des valeurs non liées, c'est-à-dire des valeurs supérieures ou inférieures aux limites données. La moyenne des 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) est établie. Des cartes des variations annuelles moyennes de la température et des précipitations à un niveau de réchauffement climatique de 3 °C sont disponibles à la figure 4.31 et à la figure 4.32 à la section 4.6.

Les cartes correspondantes des panneaux b), c) et d), y compris les hachures pour indiquer le niveau de concordance du modèle au niveau des cellules de la grille, se trouvent aux figures 4.31, 4.32 et 11.19, respectivement ; comme le souligne l'Atlas.1 de la boîte CC, l'éclosion au niveau des cellules de la grille n'est pas informative pour les grandes échelles spatiales (p. ex., sur les régions de référence AR6) où les signaux agrégés sont moins affectés par la variabilité à petite échelle, ce qui entraîne une augmentation de la robustesse.

{TS.1.3.2, figure TS.3, figure TS.5, figure 1.14, 4.6.1, encadré inter-chapitres 11.1, encadré Atlas inter-chapitres.1}

Les changements prévus dans les extrêmes sont plus fréquents et plus intenses à chaque augmentation supplémentaire du réchauffement climatique

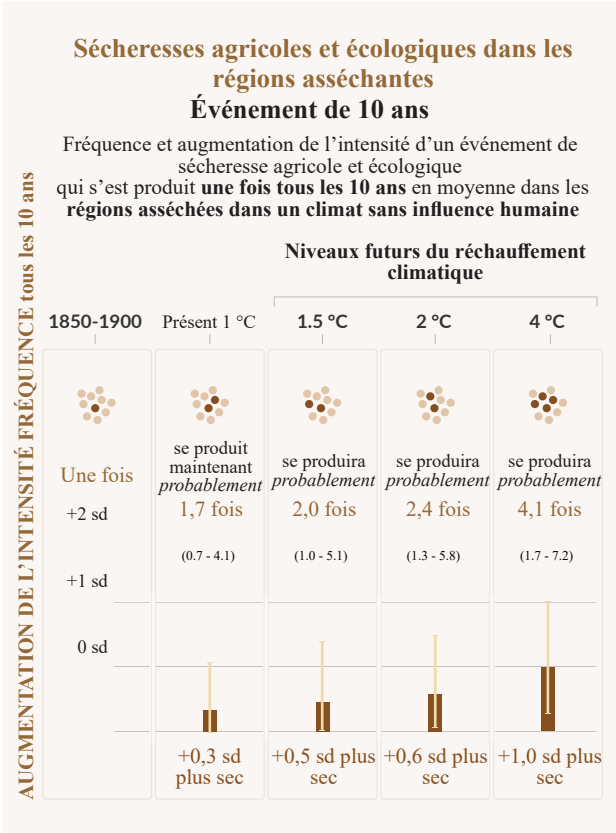
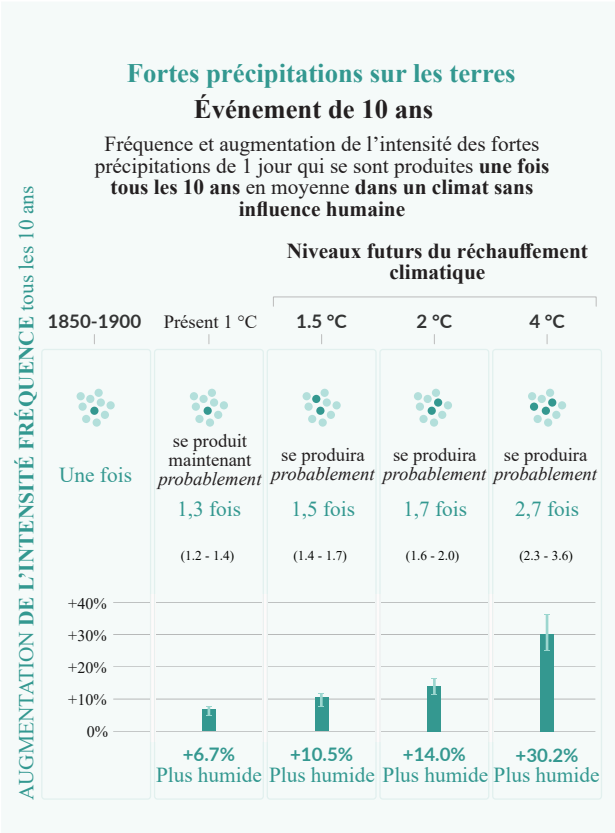
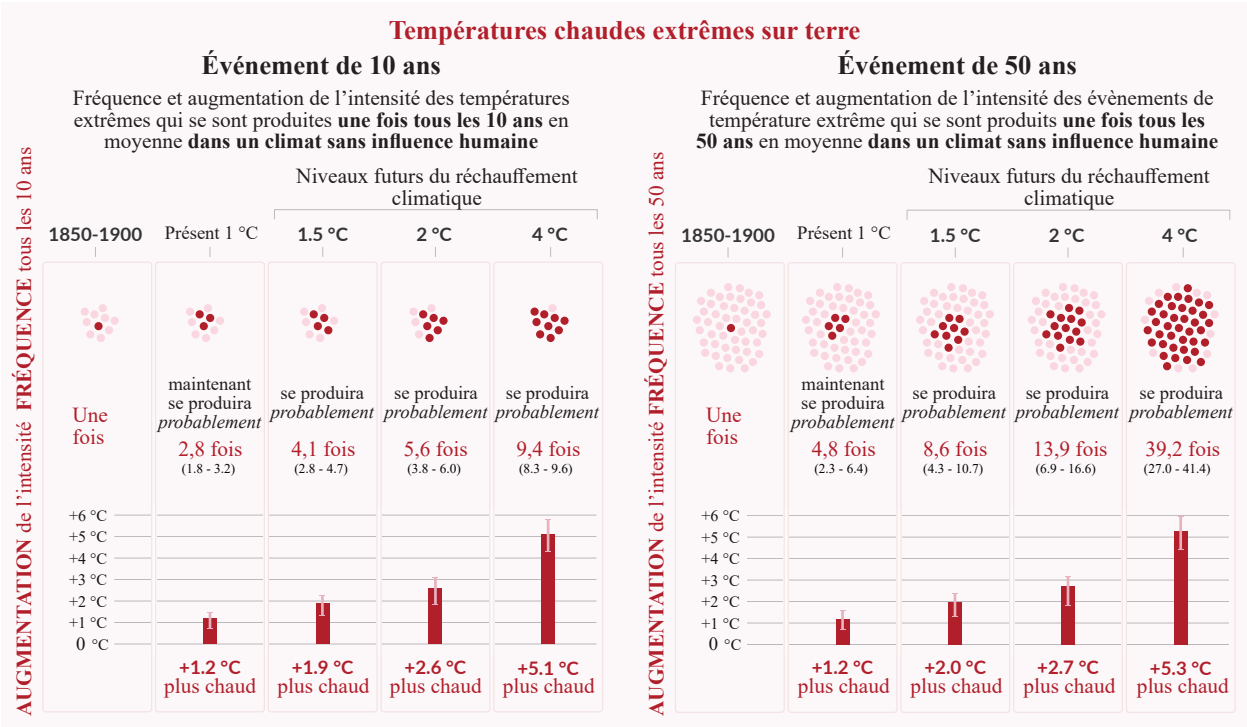


Figure RID.6 : Changements prévus dans l'intensité et la fréquence des températures extrêmes chaudes sur les terres, des précipitations extrêmes sur les terres et des sécheresses agricoles et écologiques dans les régions asséchantes.

Les changements prévus sont montrés à des niveaux de réchauffement climatique de 1 °C, 1,5 °C, 2 °C et 4 °C et sont relatifs à 1850-1900⁹ représentant un climat sans influence humaine. La figure illustre la fréquence et l'augmentation de l'intensité des événements extrêmes de 10 ou 50 ans par rapport à la période de référence (1850-1900) sous différents niveaux de réchauffement climatique.

Les températures extrêmes chaudes sont définies comme les températures maximales quotidiennes sur terre qui ont été dépassées en moyenne une fois par décennie (événement de 10 ans) ou une fois par 50 ans (événement de 50 ans) au cours de la période de référence de 1850 à 1900. **Les événements de précipitations extrêmes** sont définis comme la quantité quotidienne de précipitations sur les terres qui a été dépassée en moyenne une fois par décennie au cours de la période de référence 1850-1900. **Les événements de sécheresses agricoles et écologiques** sont définis comme la moyenne annuelle de l'humidité totale du sol de la colonne inférieure au 10e centile de la période de référence de 1850 à 1900. Ces extrêmes sont définis à l'échelle des mailles de grille du modèle. Pour les températures et les précipitations extrêmes, les résultats sont présentés pour la terre globale. Pour la sécheresse agricole et écologique, les résultats sont présentés uniquement pour les régions asséchantes, qui correspondent aux régions AR6 dans lesquelles il y a au moins une *fiabilité moyenne* dans une augmentation projetée de la sécheresse agricole / écologique au niveau de réchauffement de 2 °C par rapport à la période de base 1850-1900 dans CMIP6. Ces régions comprennent l'Ouest de l'Amérique du Nord, Centre de l'Amérique du Nord, Nord de l'Amérique centrale, Sud de l'Amérique centrale, Caraïbes, Nord de l'Amérique du Sud, Nord-Est de l'Amérique du Sud, Mousson sud-américaine, Sud-Ouest de l'Amérique du Sud, Sud de l'Amérique du Sud, Europe de l'Ouest et Europe centrale, Méditerranéen, Ouest de l'Afrique australe, Est de l'Afrique australe, Madagascar, Australie de l'Est, Australie du Sud (les Caraïbes ne sont pas incluses dans le calcul du chiffre en raison du trop petit nombre de cellules de la grille terrestre complète). Les régions non asséchantes ne montrent pas d'augmentation ou de diminution globale de la gravité de la sécheresse. Les projections de l'évolution des sécheresses agricoles et écologiques dans l'ensemble multi-modèles CMIP5 diffèrent de celles du CMIP6 dans certaines régions, y compris dans une partie de l'Afrique et de l'Asie. Les évaluations des changements prévus dans les sécheresses météorologiques et hydrologiques sont fournies au chapitre 11. {11.6, 11.9}

Dans la **section « fréquence »**, chaque année est représentée par un point. Les points noirs indiquent les années au cours desquelles le seuil extrême est dépassé, tandis que les points clairs sont des années où le seuil n'est pas dépassé. Les valeurs correspondent aux médianes (en gras) et à leur plage respective de 5 à 95 % basées sur l'ensemble multi-modèles des simulations de CMIP6 dans différents scénarios SSP. Par souci de cohérence, le nombre de points noirs est basé sur la médiane arrondie vers le haut. Dans la **section « intensité »**, les médianes et leur plage de 5 à 95 %, également basées sur l'ensemble multi-modèles des simulations de CMIP6, sont affichées sous forme de barres sombres et claires, respectivement. Les variations de l'intensité des températures extrêmes chaudes et des précipitations extrêmes sont exprimées en degrés Celsius et en pourcentage. En ce qui concerne la sécheresse agricole et écologique, les changements d'intensité sont exprimés en fractions de l'écart-type de l'humidité annuelle du sol.

{11.1, 11.3, 11.4, 11.6, Figure 11.12, Figure 11.15, Figure 11.6, Figure 11.7, Figure 11.18}

B.3 La poursuite du réchauffement climatique devrait intensifier encore le cycle mondial de l'eau, notamment sa variabilité, les précipitations mondiales de mousson et la gravité 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 Depuis le RE5, il est de plus en plus évident que le cycle mondial de l'eau continuera de s'intensifier à mesure que les températures mondiales augmenteront (*fiabilité élevée*), les précipitations et les flux d'eau de surface devant devenir plus variables dans la plupart des régions terrestres au cours des saisons (*fiabilité élevée*) et d'une année à l'autre (*fiabilité moyenne*). Les précipitations annuelles moyennes dans le monde devraient augmenter de 0 à 5 % dans le cadre du scénario de très faibles émissions de GES (SSP1-1,9), de 1,5 à 8 % pour le scénario d'émissions intermédiaires de GES (SSP2-4,5) et de 1 à 13 % dans le scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8,5) d'ici 2081-2100 par rapport à 1995-2014 (*fourchettes probables*). Les précipitations devraient augmenter sur les hautes latitudes, le Pacifique équatorial et certaines parties des régions de mousson, mais diminuer sur certaines parties des régions subtropicales et dans les zones limitées dans les tropiques en SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5 (*très probable*). La partie des terres du monde connaissant des augmentations ou des diminutions détectables des précipitations moyennes saisonnières devrait augmenter (*fiabilité moyenne*). Il y a une *grande fiabilité* que la fonte des neiges printanières se produise plus tôt, avec des débits de pointe plus élevés au détriment des débits estivaux dans les régions dominées par la neige à l'échelle mondiale.

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

B.3.2 Un climat plus chaud intensifiera les événements et les saisons météorologiques et climatiques très humides et très secs, avec des implications en matière d'inondations ou de sécheresse (*fiabilité élevée*), mais l'emplacement et la fréquence de ces événements dépendent des changements prévus dans la circulation atmosphérique régionale, notamment les moussons et les trajectoires des tempêtes aux latitudes moyennes. Il est *très probable* que la variabilité des précipitations liée à l'oscillation australe El Niño soit amplifiée dans la seconde moitié du XXI^e siècle dans les 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, TS.2.6, TS.4.2, encadré TS.6} (Figure RID.5, Figure RID.6)

B.3.3 Les précipitations de mousson devraient augmenter à moyen et long terme à l'échelle mondiale, en particulier sur l'Asie du Sud et du Sud-Est, l'Asie de l'Est et l'Afrique de l'Ouest, à l'exception de l'extrême ouest du Sahel (*fiabilité élevée*). La saison de la mousson devrait avoir un début retardé sur l'Amérique du Nord et du Sud et l'Afrique de l'Ouest (*fiabilité élevée*) et un retrait retardé sur l'Afrique de l'Ouest (*fiabilité moyenne*).

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

B.3.4 Un déplacement et une intensification projetés vers le sud des trajectoires des tempêtes estivales des latitudes moyennes de l'hémisphère sud et des précipitations associées sont *probables* à long terme dans le cadre des scénarios à émissions élevées de GES (SSP3-7.0, SSP5-8.5), mais à court terme, l'effet de la reconstitution de l'ozone stratosphérique contrecarre ces changements (*fiabilité élevée*). Une *fiabilité moyenne* est accordée à la poursuite continue du déplacement vers les pôles des tempêtes et de leurs précipitations dans le Pacifique Nord, tandis qu'une *fiabilité faible* est accordée aux changements prévus dans les trajectoires des tempêtes de l'Atlantique Nord.

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

B.4 Dans les scénarios d'augmentation des émissions de CO₂, les puits de carbone océaniques et terrestres devraient être 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 que les puits de carbone naturels terrestres et océaniques devraient absorber, en termes absolus, une quantité de CO₂ de plus en plus importante dans les scénarios d'émissions de CO₂ plus élevées que dans les scénarios d'émissions plus faibles, ils deviennent moins efficaces, c'est-à-dire que la proportion des émissions absorbées par la terre et l'océan diminue avec l'augmentation des émissions cumulées de CO₂. Il en résulterait une proportion plus élevée de CO₂ émis restant dans l'atmosphère (*fiabilité élevée*).

{5.2, 5.4, Encadré TS.5} (Figure RID.7)

B.4.2 Sur la base des projections de modèles, dans le scénario intermédiaire qui stabilise les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère au cours de ce siècle (SSP2-4,5), les taux d'absorption de CO₂ par les terres et les océans devraient diminuer dans la seconde moitié du 21^e siècle (*fiabilité élevée*). Dans les scénarios de très faibles et faibles émissions de GES (SSP1-1.9, SSP1-2.6), où les concentrations de CO₂ atteignent des pics et diminuent au cours du 21^{ème} siècle, les terres et les océans commencent à absorber moins de carbone en réponse à la baisse des concentrations atmosphériques de CO₂ (*fiabilité élevée*) et deviennent en une source nette faible d'ici 2100 dans le cadre du scénario SSP1-1.9 (*fiabilité moyenne*). Il est *très improbable* que le puits terrestre et océanique mondial combiné devienne une source d'ici 2100 dans des scénarios sans émissions négatives nettes³² (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5).
{4.3, 5.4, 5.5, 5.6, encadré TS.5, TS.3.3}

B.4.3 L'ampleur des rétroactions entre le changement climatique et le cycle du carbone devient plus grande mais aussi plus incertaine dans les scénarios à fortes émissions de CO₂ (*fiabilité très élevée*). Cependant, les projections des modèles climatiques montrent que les incertitudes des concentrations atmosphériques de CO₂ d'ici 2100 sont dominées par les différences entre les scénarios d'émissions (*fiabilité élevée*). D'autres réponses des écosystèmes au réchauffement qui ne sont pas encore pleinement incluses dans les modèles climatiques, telles que les flux de CO₂ et de CH₄ provenant des zones humides, le dégel du pergélisol et les feux de forêt, augmenteraient encore les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère (*fiabilité élevée*).
{5.4, encadré TS.5, TS.3.2}

³² Ces ajustements prévus des puits de carbone à la stabilisation ou au déclin du CO₂ atmosphérique sont pris en compte dans les calculs des bilans carbone restants.

La proportion des émissions de CO₂ prélevées par les puits de carbone terrestres et océaniques est plus faible dans les scénarios où les émissions cumulatives de CO₂ sont plus élevées

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

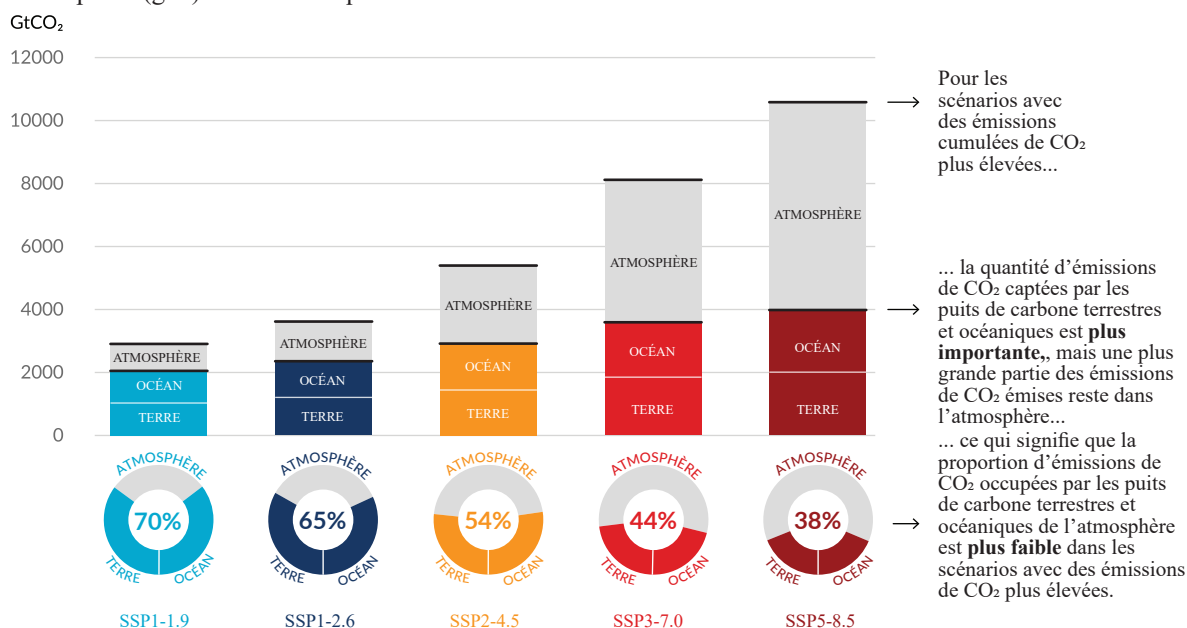


Figure RID.7 : Émissions anthropiques cumulées de CO₂ absorbées par les puits terrestres et océaniques d'ici 2100 dans les cinq scénarios illustratifs.

Les émissions anthropiques cumulées (d'origine humaine) de dioxyde de carbone (CO₂) absorbées par les puits terrestres et océaniques dans le cadre des cinq scénarios illustratifs (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5) sont simulées de 1850 à 2100 par les modèles climatiques CMIP6 dans les simulations axées sur les concentrations. Les puits de carbone terrestres et océaniques réagissent aux émissions passées, actuelles et futures, c'est pourquoi les puits cumulés de 1850 à 2100 sont présentés ici. Au cours de la période historique (1850-2019), les puits terrestre et océanique observés ont absorbé 1430 GtCO₂ (59 % des émissions).

Le **graphique à barres** illustre la quantité projetée d'émissions anthropiques cumulées de CO₂ (GtCO₂) entre 1850 et 2100 restant dans l'atmosphère (partie grise) et absorbée par la terre et l'océan (partie colorée) en l'an 2100. Le **graphique en anneau** illustre la proportion des émissions anthropiques cumulées de CO₂ absorbées par les puits terrestres et océaniques et restant dans l'atmosphère en l'an 2100. Les valeurs en % indiquent la proportion des émissions anthropiques cumulées de CO₂ absorbées par les puits terrestres et océaniques combinés en l'an 2100. Les émissions anthropiques globales de carbone sont calculées en ajoutant les émissions mondiales nettes liées à l'utilisation des terres de la base de données de scénarios CMIP6 aux autres émissions sectorielles calculées à partir de simulations de modèles climatiques avec des concentrations de CO₂ prescrites³³. L'absorption de CO₂ par les terres et les océans depuis 1850 est calculée à partir de la productivité nette du biome terrestre, corrigée des pertes de CO₂ dues au changement d'utilisation des terres en ajoutant les émissions liées au changement d'utilisation des terres, et des flux nets de CO₂ océanique.

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

³³ Les autres émissions sectorielles sont calculées comme étant le résidu de l'absorption nette de CO₂ dans les terres et les océans et les changements prescrits de concentration de CO₂ dans l'atmosphère dans les simulations CMIP6. Ces émissions calculées sont des émissions nettes et ne séparent pas les émissions anthropiques brutes des absorptions, qui sont incluses implicitement.

B.5 De nombreux changements dus aux émissions passées et futures de gaz à effet de serre sont irréversibles pendant des siècles à des millénaires, en particulier les changements dans l'océan, les calottes glaciaires et le niveau mondial de la mer.

{Encadrés inter-chapitres 2.4, 2.3, 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 ont engagé l'océan mondial dans le réchauffement futur (*fiabilité élevée*). Sur le reste du 21^e siècle, le réchauffement *probable* des océans varie de 2 à 4 (SSP1-2,6) à 4 à 8 fois (SSP5-8,5) le changement survenu entre 1971 et 2018. Sur la base de multiples sources de données, la stratification des couches supérieures des océans (*pratiquement certain*), l'acidification des océans (*pratiquement certain*) et la désoxygénation des océans (*fiabilité élevée*) continueront d'augmenter au 21^e siècle, à des taux dépendant des émissions futures. Les changements sont irréversibles sur les échelles de temps du centenaire au millénaire en ce qui concerne la température mondiale des océans (*fiabilité très élevée*), l'acidification des océans profonds (*fiabilité très élevée*) et la désoxygénation (*fiabilité moyenne*). {4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, TS.2.4} (Figure RID.8)

B.5.2 Les glaciers de montagne et polaires se sont engagés à continuer à fondre pendant des décennies ou des siècles (*fiabilité très élevée*). La perte de carbone du pergélisol à la suite du dégel du pergélisol est irréversible à des échelles de temps centenaires (*fiabilité élevée*). La perte continue de glace au cours du 21^e siècle est *pratiquement certaine* pour l'inlandsis du Groenland et *probable* pour l'inlandsis de l'Antarctique. Il est *très probable* que la perte totale de glace de la calotte glaciaire de l'inlandsis du Groenland augmentera avec les émissions cumulatives. Il existe des *preuves limitées* de résultats peu probables et à fort impact (résultant de processus d'instabilité de l'inlandsis caractérisés par une incertitude profonde et impliquant, dans certains cas, des points de basculement) qui augmenteraient fortement la perte de glace de l'inlandsis de l'antarctique pendant des siècles dans des scénarios d'émissions élevées de GES³⁴. {4.3, 4.7, 5.4, 9.4, 9.5, encadré 9.4, encadré TS.1, TS.2.5}

B.5.3 Il est *pratiquement certain* que le niveau moyen mondial de la mer continuera d'augmenter au cours du 21^e siècle. Par rapport à 1995-2014, l'élévation moyenne *probable* du niveau de la mer à l'échelle mondiale d'ici 2100 est de 0,28 à 0,55 m dans le scénario de très faibles émissions de GES (SSP1-1,9), de 0,32 à 0,62 m dans le scénario de faibles émissions de GES (SSP1-2,6), de 0,44 à 0,76 m dans le scénario d'émissions intermédiaires de GES (SSP2-4,5) et de 0,63 à 1,01 m dans le scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8,5), et d'ici à 2150, il est de 0,37-0,86 m dans le scénario très bas (SSP1-1,9), de 0,46-0,99 m dans le scénario bas (SSP1-2,6), de 0,66-1,33 m dans le scénario intermédiaire (SSP2-4,5), et de 0,98-1,88 m dans le scénario très élevé (SSP5-8,5) (*fiabilité moyenne*)³⁵. L'élévation moyenne globale du niveau de la mer au-dessus de la fourchette *probable* – approchant 2 m d'ici 2100 et 5 m d'ici 2150 dans un scénario d'émissions de GES très élevées (SSP5-8,5) (*faible fiabilité*) – ne peut être exclue en raison d'une profonde incertitude dans les processus de la calotte glaciaire.

{4.3, 9.6, encadré 9.4, encadré TS.4} (Figure RID.8)

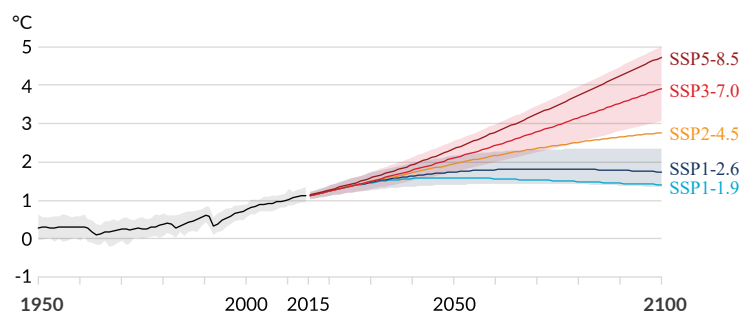
B.5.4 À plus long terme, le niveau de la mer devrait continuer à augmenter pendant des siècles, jusqu'à des millénaires, en raison du réchauffement continu des océans profonds et de la fonte des calottes glaciaires, et restera élevé pendant des milliers d'années (*fiabilité élevée*). Au cours des 2000 prochaines années, le niveau moyen mondial de la mer augmentera 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 avec 5 °C de réchauffement, et il continuera à augmenter au cours des millénaires suivants (*faible fiabilité*). Les projections de l'élévation pluri-millénaire du niveau moyen des océans à l'échelle mondiale sont cohérentes avec les niveaux reconstruits au cours des périodes climatiques chaudes passées : *probablement* 5 à 10 m de plus qu'aujourd'hui il y a environ 125 000 ans, lorsque les températures mondiales étaient *très probablement* supérieures de 0,5 °C à 1,5 °C à celles de 1850-1900 ; et *très probablement* 5 à 25 m plus élevées il y a environ 3 millions d'années, lorsque les températures mondiales étaient supérieures de 2,5 °C à 4 °C (*fiabilité moyenne*).
{2.3, encadrés inter-chapitres 2.4, 9.6, encadrés TS.2, encadrés TS.4, encadrés TS.9}

³⁴ Les résultats à faible probabilité et à fort impact sont ceux 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 pourraient être élevés. Un point de basculement est un seuil critique au-delà duquel un système se réorganise, souvent brusquement et/ou irréversiblement.
{Encadré inter-chapitres 1.3, 1.4, 4.7}

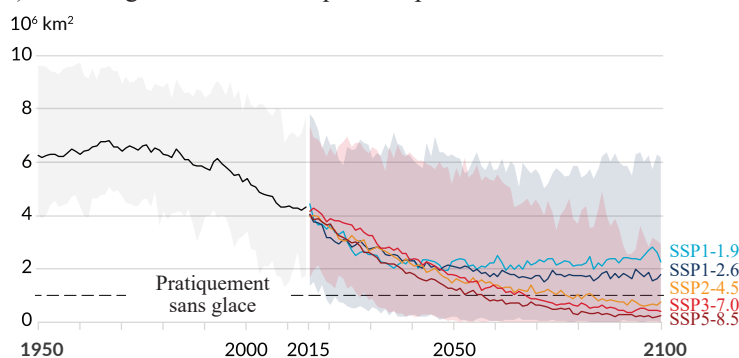
³⁵ Pour comparer à la période de référence de 1986 à 2005 utilisée dans le RE5 et le SROCC, ajouter 0,03 m aux estimations mondiales moyennes de l'élévation du niveau de la mer. Pour comparer à la période de référence de 1900 utilisée dans la figure RID.8, ajouter 0,16 m.

Les activités humaines affectent tous les principaux composants du système climatique, certains réagissant au fil des décennies et d'autres au cours des siècles.

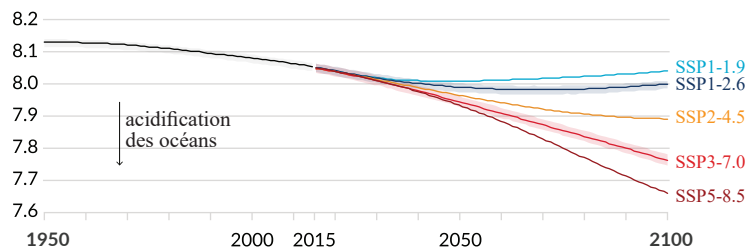
a) Variation de la température de surface mondiale par rapport à 1850-1900



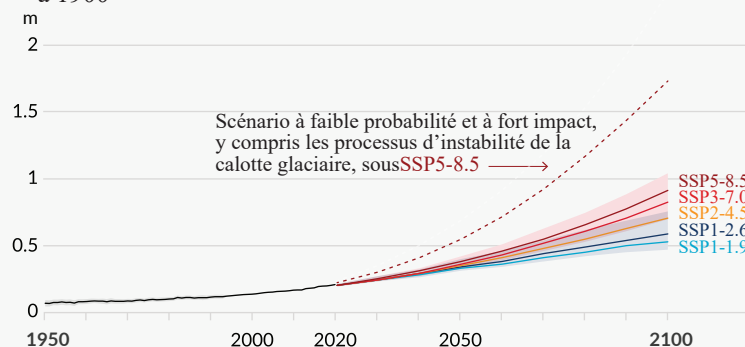
b) Zone de glace de mer arctique de septembre



c) PH de surface de l'océan à l'échelle mondiale (une mesure de l'acidité)



d) Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale par rapport à 1900



e) Variation du niveau moyen des océans à l'échelle mondiale en 2300 par rapport à 1900

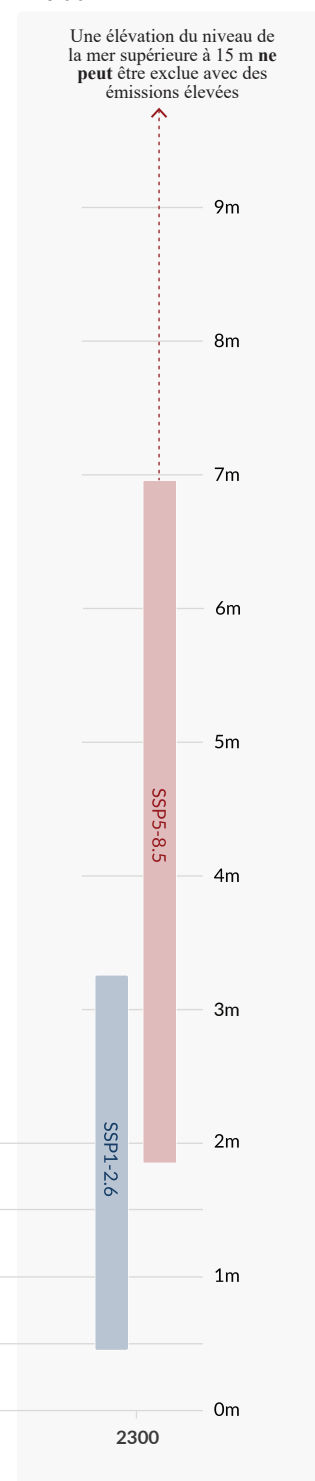


Figure RID.8 : Sélection d'indicateurs du changement climatique mondial selon les cinq scénarios illustratifs utilisés dans le présent rapport.

Les projections pour chacun des cinq scénarios sont présentées en couleur. Les nuances représentent les plages d'incertitude – plus de détails sont fournis pour chaque panneau ci-dessous. Les courbes noires représentent les simulations historiques (panneaux a, b, c) ou les observations (panneau d). Les valeurs historiques sont incluses dans tous les graphiques afin de fournir un contexte pour les changements futurs projetés.

Panneau a) Changements de la température de surface mondiale en °C par rapport à 1850-1900. Ces changements ont été obtenus en combinant des simulations du modèle CMIP6 avec des contraintes d'observation basées sur le réchauffement simulé passé, ainsi qu'une évaluation mise à jour de la sensibilité climatique à l'équilibre (voir l'encadré RID.1). Les changements par rapport à la période 1850-1900 basés sur des périodes moyennes de 20 ans sont calculés en ajoutant 0,85 °C (l'augmentation observée de la température de surface mondiale de 1850-1900 à 1995-2014) aux changements simulés par rapport à 1995-2014. Des plages *très probables* sont indiquées pour SSP1-2.6 et SSP3-7.0.

Panneau b) Zone de glace de mer de l'Arctique en septembre dans 10⁶ km² basée sur les simulations de modèles CMIP6. Des plages *très probables* sont indiquées pour SSP1-2.6 et SSP3-7.0. L'Arctique devrait être pratiquement dépourvu de glace vers le milieu du siècle dans le cadre de scénarios d'émissions moyennes et élevées de GES.

Panel c) PH global de la surface des océans (une mesure de l'acidité) basée sur les simulations de modèles CMIP6. Des fourchettes *très probables* sont indiquées pour SSP1-2.6 et SSP3-7.0.

Panel d) Variation moyenne globale du niveau de la mer en mètres par rapport à 1900. Les changements historiques sont observés (à partir des marégraphes avant 1992 et des altimètres par la suite), et les changements futurs sont évalués de manière cohérente avec les contraintes d'observation basées sur l'émulation des modèles CMIP, inlandsis et glacier. Les plages *probables* sont indiquées pour SSP1-2.6 et SSP3-7.0. Seules les fourchettes *probables* sont évaluées pour les changements du niveau de la mer en raison des difficultés à estimer la distribution des processus profondément incertains. La courbe en pointillés indique l'impact potentiel de ces processus très incertains. Elle montre le 83e centile des projections SSP5-8.5 qui incluent des processus de calotte glaciaire à faible probabilité et à fort impact qui ne peuvent être exclus ; en raison de la *faible fiabilité* dans les projections de ces processus, cette courbe ne fait pas partie d'une fourchette *probable*. Les changements par rapport à 1900 sont calculés en ajoutant 0,158 m (élévation moyenne du niveau de la mer observée de 1900 à 1995-2014) aux changements simulés et observés par rapport à 1995-2014.

Panneau e) : Variation moyenne mondiale du niveau de la mer à 2300 mètres par rapport à 1900. Seuls SSP1-2.6 et SSP5-8.5 sont projetés à 2300, car les simulations qui s'étendent au-delà de 2100 pour les autres scénarios sont trop peu nombreuses pour avoir des résultats robustes. Les plages des 17e et 83e centiles sont grisées. La flèche en pointillés illustre le 83e centile des projections SSP5-8.5 qui incluent des processus de calotte glaciaire à faible probabilité et à fort impact qui ne peuvent être exclus.

Les panneaux b) et c) sont basés sur des simulations uniques de chaque modèle et comprennent donc une composante de variabilité interne. Les panneaux a), d) et e) sont basés sur des moyennes à long terme et, par conséquent, les contributions de la variabilité interne sont faibles.

{Figure TS.8, Figure TS.11, Encadré TS.4 Figure 1, Encadré TS.4 Figure 1, 4.3, 9.6, Figure 4.2, Figure 4.8, Figure 4.11, Graphique 9.27}

C. Information sur le climat pour l'évaluation des risques et l'adaptation régionale

L'information sur le climat physique traite de la façon dont le système climatique réagit à l'interaction entre l'influence humaine, les facteurs naturels et la variabilité interne. La connaissance de la réponse climatique et de l'éventail des résultats possibles, y compris les résultats à faible probabilité et à impact élevé, éclaire les services climatiques – l'évaluation des risques liés au climat et la planification de l'adaptation. Les informations climatiques physiques à l'échelle mondiale, régionale et locale sont développées à partir de multiples sources de données, y compris 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, avec peu d'effet sur le réchauffement climatique centenaire. Ces modulations sont importantes à prendre en compte lors de la planification de l'ensemble des changements possibles.

{1.4, 2.2, 3.3, encadrés inter-chapitres 3.1, 4.4, 4.6, encadrés inter-chapitres 4.1, 4.4, encadrés 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, encadrés inter-chapitres Atlas.2, Atlas.11}

C.1.1 L'historique des températures de surface mondiales montre que la variabilité décennale a renforcé et masqué les changements sous-jacents à long terme causés par l'homme, et que cette variabilité se poursuivra à l'avenir (*fiabilité très élevée*). Par exemple, la variabilité décennale interne et les variations des facteurs solaires et volcaniques ont partiellement masqué le réchauffement climatique de surface causé par l'homme entre 1998 et 2012, avec des signatures régionales et saisonnières prononcées (*fiabilité élevée*). Néanmoins, le réchauffement du système climatique s'est poursuivi au cours de cette période, comme en témoignent à la fois le réchauffement continu de l'océan au niveau mondial (*fiabilité très élevée*) et l'augmentation continue des extrêmes chauds sur les terres (*fiabilité moyenne*).

{1.4, 3.3, encadré inter-chapitres 3.1, 4.4, encadré 7.2, 9.2, 11.3, encadré inter-chapitre TS.1} (**Figure RID.1**)

C.1.2 Les changements projetés d'origine humaine dans le climat moyen et les facteurs d'impact climatique (CID)³⁶, y compris les extrêmes, seront soit amplifiés, soit atténués par la variabilité interne³⁷ (*fiabilité élevée*). Un refroidissement à court terme à n'importe quel endroit particulier par rapport au climat actuel pourrait se produire et serait compatible avec l'augmentation de la température de surface mondiale due à l'influence humaine (*fiabilité élevée*).

{1.4, 4.4, 4.6, 10.4, 11.3, 12.5, Atlas.5, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.2}

C.1.3 La variabilité interne a été en grande partie responsable de l'amplification et de l'atténuation des changements de précipitations moyennes décennales à multi-décennales d'origine humaine observés dans de nombreuses régions terrestres (*fiabilité élevée*). À l'échelle mondiale et régionale, les changements à court terme des moussons seront dominés par les effets de la variabilité interne (*fiabilité moyenne*). En plus de l'influence de la variabilité interne, les changements projetés à court terme dans les précipitations à l'échelle mondiale et régionale sont incertains en raison de l'incertitude du modèle et de l'incertitude des forçages des aérosols naturels et anthropiques (*fiabilité moyenne*).

{1.4, 4.4, 8.3, 8.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, Atlas.4, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, encadrés inter-chapitres Atlas.2, Atlas.11, TS.4.2, encadré TS.6, Encadré TS.13}

³⁶ Les facteurs d'impact climatique (CID) sont des conditions physiques du système climatique (p. ex., moyens, événements, extrêmes) qui affectent un élément de la société ou des écosystèmes. Selon la tolérance du système, les CID et leurs modifications peuvent être préjudiciables, bénéfiques, neutres ou un mélange de chacun à travers les éléments et les régions du système en interaction. Les types de CID comprennent la chaleur et le froid, l'humidité et la sécheresse, le vent, la neige et la glace, la côte et la haute mer.

³⁷ Les principaux phénomènes de variabilité interne comprennent El Niño-oscillation australe, la variabilité décennale du Pacifique et la variabilité pluri-décennale de l'Atlantique, grâce à leur influence régionale.

C.1.4 Sur la base des données paléoclimatiques et historiques, il est *probable* qu'au moins une grande éruption volcanique explosive se produirait au cours du 21^{ème} siècle³⁸. Une telle éruption réduirait la température de surface mondiale et les précipitations, en particulier sur terre, pendant un à trois ans, modifierait la circulation mondiale de la mousson, modifierait les précipitations extrêmes et changerait de nombreux CID (*fiabilité moyenne*). Si une telle éruption se produit, cela masquerait donc temporairement et partiellement le changement climatique d'origine humaine.

{4.4, encadré inter-chapitres 4.1, 2.2, 8.5, TS.2.1}

C.2 Avec la poursuite du réchauffement climatique, chaque région devrait subir de plus en plus de changements simultanés et multiples dans les facteurs d'impact climatique. Les changements dans plusieurs facteurs d'impact climatique seraient plus répandus à 2 °C par rapport à 1,5 °C de réchauffement climatique et encore plus répandus et/ou prononcés pour des niveaux de réchauffement plus élevés.

{8.2, 9.3, 9.5, 9.6, encadré 10.3, Box 11.3, Box 11.4, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.9, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, encadré inter-chapitres 11.1, encadré inter-chapitres 12.1} (**tableau RID.1, figure RID.9**)

C.2.1 Toutes les régions³⁹ devraient connaître une nouvelle augmentation des facteurs d'impact climatique chaud (CID) et une diminution des CID froids (*fiabilité élevée*). D'autres diminutions sont prévues dans le pergélisol, la neige, les glaciers et les calottes glaciaires, la glace de mer des lacs et de l'Arctique (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰. Ces changements seraient plus importants à un réchauffement climatique de 2 °C ou plus qu'à 1,5 °C (*fiabilité élevée*). Par exemple, les seuils de chaleur extrême pertinents pour l'agriculture et la santé devraient être dépassés plus fréquemment à des niveaux de réchauffement climatique plus élevés (*fiabilité élevée*).

{9.3, 9.5, 11.3, 11.9, 12.3, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3, encadré inter-chapitres 11.1, encadré inter-chapitres 12.1} (**Tableau RID.1, Figure RID.9**)

C.2.2 À 1,5 °C de réchauffement climatique, les fortes précipitations et les inondations associées devraient s'intensifier et être plus fréquentes dans la plupart des régions d'Afrique et d'Asie (*fiabilité élevée*), en Amérique du Nord (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰ et en Europe (*fiabilité moyenne*). En outre, des sécheresses agricoles et écologiques plus fréquentes et/ou plus sévères sont prévues dans quelques régions de tous les continents à l'exception de l'Asie par rapport à 1850-1900 (*fiabilité moyenne*) ; des augmentations des sécheresses météorologiques sont également prévues dans quelques régions (*fiabilité moyenne*). Un petit nombre de régions devraient connaître une augmentation ou une diminution des précipitations moyennes (*fiabilité moyenne*).

{11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3} (**Tableau RID.1**)

³⁸ Sur la base de reconstructions de 2 500 ans, des éruptions plus négatives que -1 W m^{-2} se produisent en moyenne deux fois par siècle.

³⁹ Les régions se réfèrent ici aux régions de référence du groupe de travail AR6 utilisées dans le présent rapport pour résumer l'information dans les régions sous-continentales et océaniques. Les changements sont comparés aux moyennes des 20 à 40 dernières années, sauf indication contraire. {1.4, 12.4, Atlas.1, Atlas interactif}.

⁴⁰ Le niveau spécifique de fiabilité ou de probabilité dépend de la région considérée. Les détails se trouvent dans le résumé technique et le rapport sous-jacent.

C.2.3 À 2 °C de réchauffement climatique et plus, le niveau de fiabilité et l'ampleur de l'évolution des sécheresses et des précipitations abondantes et moyennes augmentent par rapport à ceux de 1,5 °C. Les fortes précipitations et les inondations associées devraient devenir plus intenses et fréquentes dans les îles du Pacifique et dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord et d'Europe (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰. Ces changements sont également observés dans certaines régions d'Australasie et d'Amérique centrale et du Sud (*fiabilité moyenne*). Plusieurs régions d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Europe devraient connaître une augmentation de la fréquence et/ou de la gravité des sécheresses agricoles et écologiques avec une *fiabilité moyenne à élevée*⁴⁰ ; des augmentations sont également prévues en Australasie, en Amérique centrale et du Nord, et dans les Caraïbes avec une *fiabilité moyenne*. Un petit nombre de régions d'Afrique, d'Australasie, d'Europe et d'Amérique du Nord devraient également être touchées par l'augmentation des sécheresses hydrologiques, et plusieurs régions devraient être touchées par des augmentations ou des diminutions des sécheresses météorologiques, un plus grand nombre de régions affichant une augmentation (*fiabilité moyenne*). Les précipitations moyennes devraient augmenter dans toutes les régions polaires, du nord de l'Europe et du nord de l'Amérique du Nord, dans la plupart des régions asiatiques et dans deux régions d'Amérique du Sud (*fiabilité élevée*).

{11.4, 11.6, 11.9, 12.4, 12.5, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, TS.4.3, encadré inter-chapitres 11.1, encadré inter-chapitres 12.1} (**Tableau RID.1, Figure RID.5, Figure RID.6, Figure RID.9**)

C.2.4 Un plus grand nombre de CID dans un plus grand nombre de régions devraient changer à 2 °C et plus par rapport au réchauffement climatique de 1,5 °C (*fiabilité élevée*). Les changements propres à une région comprennent l'intensification des cyclones tropicaux et/ou des tempêtes extra-tropicales (*fiabilité moyenne*), l'augmentation des crues fluviales (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰, la réduction des précipitations moyennes et l'augmentation de l'aridité (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰, et l'augmentation des conditions météorologiques des incendies (*fiabilité moyenne à élevée*)⁴⁰. Dans la plupart des régions, la *fiabilité est faible* en ce qui concerne les changements futurs potentiels dans d'autres CID, tels que la grêle, les tempêtes de verglas, les tempêtes violentes, les tempêtes de poussière, les fortes chutes de neige et les glissements de terrain.

{11.7, 11.9, 12.4, 12.5, Atlas.4, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.10, TS.4.3.1, TS.4.3.2, TS.5, encadré inter-chapitres, 11.1, encadré inter-chapitres 12.1} (**Tableau RID.1, Figure RID.9**)

C.2.5 C'est très probable à pour pratiquement certains⁴⁰ que l'élévation moyenne régionale relative du niveau de la mer se poursuivra tout au long du 21^e siècle, sauf dans quelques régions où les taux de soulèvement géologique des terres sont importants. Pour environ deux tiers du littoral mondial, les projections de l'élévation régionale du niveau relatif de la mer se situe à ± 20 % de l'augmentation moyenne mondiale (*fiabilité moyenne*). En raison de l'élévation relative du niveau de la mer, les événements extrêmes du niveau de la mer qui se sont produits une fois par siècle dans un passé récent devraient se produire au moins une fois par an à plus de la moitié de tous les emplacements marégraphes d'ici 2100 (*fiabilité élevée*). L'élévation du niveau relatif de la mer contribue à l'augmentation de la fréquence et de la gravité des inondations côtières dans les zones de basse altitude et à l'érosion côtière le long de la plupart des côtes sablonneuses (*fiabilité élevée*).

{9.6, 12.4, 12.5, encadré TS.4, TS.4.3, encadré 12.1} (**Figure RID.9**)

C.2.6 Les villes intensifient localement le réchauffement induit par l'homme, et la poursuite de l'urbanisation combinée à l'augmentation de la fréquence des températures extrêmes augmentera la gravité des vagues de chaleur (*fiabilité très élevée*). L'urbanisation augmente également les précipitations moyennes et fortes au-dessus et/ou sous le vent des villes (*fiabilité moyenne*) et l'intensité du ruissellement qui en résulte (*fiabilité élevée*). Dans les villes côtières, la combinaison d'événements extrêmes plus fréquents liés au niveau de la mer (dus à l'élévation du niveau de la mer et aux ondes de tempête) et d'événements extrêmes de précipitations / débits fluviaux rendra les inondations plus probables (*fiabilité élevée*).

{8.2, encadré 10.3, 11.3, 12.4, encadré TS.14}

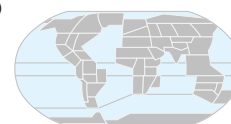
C.2.7 De nombreuses régions devraient connaître une augmentation de la probabilité d'événements composés avec un réchauffement climatique plus élevé (*fiabilité élevée*). En particulier, les vagues de chaleur et les sécheresses simultanées sont susceptibles de devenir plus fréquentes. Les extrêmes simultanés à plusieurs endroits deviennent plus fréquents, y compris dans les zones productrices de cultures, à 2 °C et plus par rapport à un réchauffement climatique de 1,5 °C (*fiabilité élevée*).

{11.8, Encadré 11.3, Encadré 11.4, 12.3, 12.4, TS.4.3, Encadré inter-chapitres 12.1} (**Tableau RID.1**)

De multiples facteurs d'impact climatique devraient changer dans toutes les régions du monde

Les facteurs d'impact climatique (CID) sont des conditions physiques du système climatique (p. ex., moyens, événements, extrêmes) qui affectent un élément de la société ou des écosystèmes. Selon la tolérance du système, les CID et leurs modifications peuvent être préjudiciables, bénéfiques, neutres ou un mélange de chacun d'eux à travers les éléments du système et les régions en interaction. Les CID sont regroupés en sept types, qui sont résumés sous les icônes de la figure. Toutes les régions devraient connaître des changements dans au moins 5 CID. On prévoit que presque tous (96 %) devraient connaître des changements dans au moins 10 CID et la moitié dans au moins 15 CID. Pour de nombreux CID, il existe de grandes variations géographiques dans l'endroit où ils changent et chaque région devrait donc connaître un ensemble spécifique de changements de CID.

Chaque barre du graphique représente un ensemble géographique spécifique de changements qui peuvent être explorés dans l'atlas interactif du groupe de travail I.



interactive-atlas.ipcc.ch

Nombre de régions terrestres et côtières (a) et de régions de haute mer (b) où chaque facteur d'impact climatique (CID) devrait *augmenter* ou *diminuer* avec une *fiabilité élevée* (grisé sombre) ou *moyenne* (grisé claire)

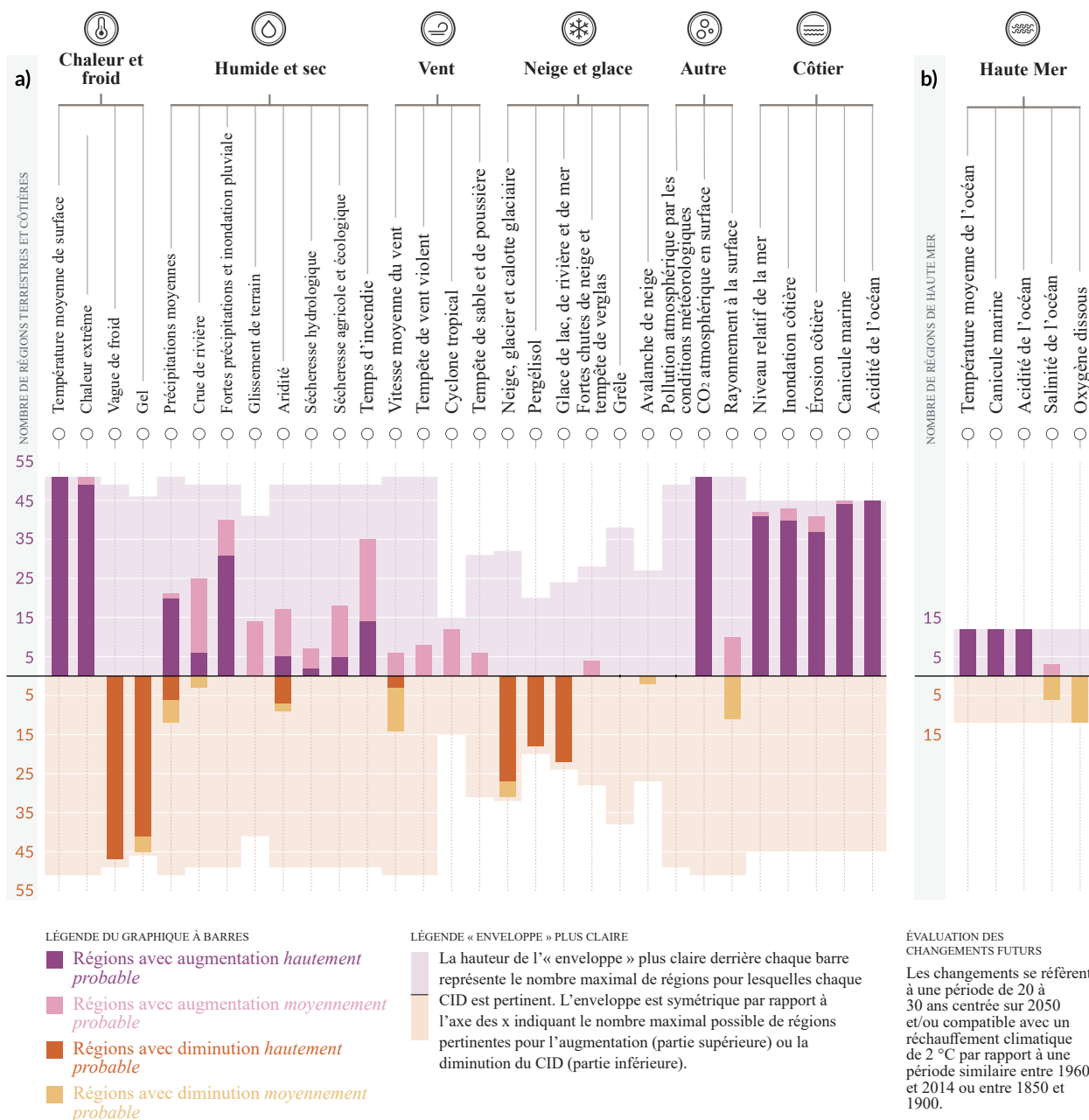


Figure RID.9 : Synthèse du nombre de régions de référence du WGI RA6 où les facteurs d'impact climatique devraient changer.

Au total, 35 facteurs d'impact climatique (CID) regroupés en sept types sont présentés : chaleur et froid, humidité et sécheresse, vent, neige et verglas, côtes, haute mer et autres. Pour chaque CID, la barre du graphique ci-dessous affiche le nombre de régions de référence du WGI AR6 où son changement est prévu. Les **couleurs** représentent la direction du changement et le niveau de fiabilité dans le changement : le violet indique une augmentation tandis que le brun indique une diminution ; les nuances plus sombres et plus claires se réfèrent à une *fiabilité élevée* et *moyenne*, respectivement. Les couleurs de fond plus claires représentent le nombre maximal de régions pour lesquelles chaque CID est globalement pertinent.

Le **panneau a)** montre les 30 CID pertinents pour les **régions terrestres et côtières** tandis que le **panneau b)** montre les 5 CID pertinents pour les régions de **haute mer**. Les vagues de chaleur marines et l'acidité des océans sont évaluées pour les régions océaniques côtières dans le panneau a) et pour les régions de haute mer dans le panneau b). Les changements se réfèrent à une période de 20 à 30 ans centrée autour de 2050 et/ou compatible avec un réchauffement climatique de 2 °C par rapport à une période similaire entre 1960 et 2014, sauf pour la sécheresse hydrologique et de la sécheresse agricole et écologique qui est comparée à 1850-1900. Les définitions des régions sont fournies dans l'Atlas.1 et l'Atlas interactif (voir *interactive-atlas.ipcc.ch*).

{Tableau TS.5, Figure TS.22, Figure TS.25, 11.9, 12.2, 12.4, Atlas.1} (**Tableau RID.1**)

C.3 Les résultats peu probables, tels que l'effondrement de la calotte glaciaire, les changements brusques de la circulation océanique, certains événements extrêmes composés et un réchauffement considérablement plus important que la plage très probable évaluée de réchauffement futur ne peuvent être exclus et font partie de l'évaluation des risques.

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

C.3.1 Si le réchauffement climatique dépasse la fourchette *très probable* évaluée pour un scénario d'émissions de GES donné, y compris les scénarios de faibles émissions de GES, les changements mondiaux et régionaux dans de nombreux aspects du système climatique, tels que les précipitations régionales et d'autres CID, dépasseraient également leurs fourchettes évaluées comme *très probables (fiabilité élevée)*. Ces résultats à faible probabilité d'un réchauffement élevé sont associées à des impacts potentiellement très importants, tels que des vagues de chaleur et des précipitations abondantes plus intenses et plus fréquentes, et à des risques élevés pour les systèmes humains et écologiques, en particulier pour les scénarios à émissions élevées de GES.

{Encadrés 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, 9.4, 11.2, Encadrés 12.1, 1.4, 3.3, 4.4, Encadrés TS.4} (**Tableau RID.1**)

C.3.2 Des résultats peu probables et à fort impact³⁴ pourraient se produire à l'échelle mondiale et régionale, même pour le réchauffement climatique dans la fourchette *très probable* pour un scénario d'émissions de GES donné. La probabilité de résultats peu probables et à fort impact augmente avec des niveaux de réchauffement climatique plus élevés (*fiabilité élevée*). Des réponses abruptes et des points de basculement du système climatique, tels qu'une forte augmentation de la fonte de l'inlandsis antarctique et le dépérissement des forêts, ne peuvent être exclus (*fiabilité élevée*).

{1.4, 4.3, 4.4, 4.8, 5.4, 8.6, encadré 9.4, encadré inter-chapitres 12.1, TS.1.4, TS.2.5, encadré TS.3, encadré TS.4, encadré TS.9} (**Tableau RID.1**)

C.3.3 Si le réchauffement climatique s'accroît, certains événements extrêmes composés¹⁸ peu probables dans le climat passé et actuel deviendront plus fréquents, et il y aura une plus grande probabilité que des événements avec des intensités, des durées et / ou des étendues spatiales accrues sans précédent dans les archives d'observation se produisent (*fiabilité élevée*).

{11.8, encadré 11.2, encadré inter-chapitres 12.1, encadré TS.3, encadré TS.9}

C.3.4 La circulation méridionale de retournement de l'Atlantique est très *susceptible* de s'affaiblir au cours du 21^e siècle pour tous les scénarios d'émission. Bien qu'il y ait une *grande fiabilité* dans le déclin du 21^e siècle, il n'y a qu'une *faible fiabilité* dans l'ampleur de la tendance. Il y a une *fiabilité moyenne* qu'il n'y aura pas d'effondrement brusque avant 2100. Si un tel effondrement devait se produire, il entraînerait *très probablement* des changements brusques dans les conditions météorologiques régionales et le cycle de l'eau, tels qu'un déplacement vers le sud de la ceinture de pluie tropicale, l'affaiblissement des moussons africaines et asiatiques et le renforcement des moussons de l'hémisphère sud, et l'assèchement en Europe. {4.3, 8.6, 9.2, TS2.4, encadré TS.3}

C.3.5 Des événements naturels imprévisibles et rares non liés à l'influence humaine sur le climat peuvent entraîner des résultats peu probables et à fort impact. Par exemple, une séquence de grandes éruptions volcaniques explosives en quelques décennies s'est produite dans le passé, causant d'importantes perturbations climatiques mondiales et régionales sur 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 l'ensemble illustratif de scénarios mentionnés dans le présent rapport. {2.2, encadré 4.1, encadré TS.3} **(Encadré RID.1)**

D. Limiter les changements climatiques futurs

Depuis le RA5, les estimations des bilans carbone restants ont été améliorées grâce à une nouvelle méthodologie présentée pour la première fois dans SR1.5, aux données actualisées et à l'intégration des résultats provenant de plusieurs sources de données. Un éventail complet de contrôles futurs possibles de la pollution atmosphérique dans des scénarios est utilisé pour évaluer de manière cohérente les effets de diverses hypothèses sur les projections du climat et de la pollution atmosphérique. Une nouveauté est la capacité de déterminer quand les réactions climatiques aux réductions d'émissions deviendraient perceptibles au-dessus de la variabilité naturelle du climat, y compris la variabilité interne et les réponses aux facteurs naturels.

D.1 Du point de vue des sciences physiques, limiter le réchauffement climatique induit par l'homme à un niveau spécifique nécessite de limiter les émissions cumulatives de CO₂, d'atteindre au moins zéro émission nette de CO₂, ainsi que de fortes réductions des autres émissions de gaz à effet de serre. Des réductions fortes, rapides et durables des émissions de CH₄ limiteraient également l'effet de réchauffement résultant de la diminution de la pollution par les aérosols et amélioreraient la qualité de l'air. {3.3, 4.6, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, encadré 5.2, encadré inter-chapitres 5.1, 6.7, 7.6, 9.6} **(Figure RID.10, Tableau RID.2)**

D.1.1 Ce rapport réaffirme avec une *fiabilité élevée* la conclusion de l'AR5 selon laquelle il existe une relation quasi linéaire entre les émissions anthropiques cumulatives de CO₂ et le réchauffement climatique qu'elles provoquent. Chaque 1000 GtCO₂ d'émissions cumulatives de CO₂ est évaluée comme causant *probablement* une augmentation de 0,27 °C à 0,63 °C de la température de surface de la planète, la meilleure estimation étant de 0,45 °C⁴¹. Il s'agit d'une fourchette plus étroite par rapport à AR5 et SR1.5. Cette quantité est appelée réponse climatique transitoire aux émissions cumulatives de CO₂ (TCRE). Cette relation implique que l'atteinte de zéro émission anthropique nette⁴² de CO₂ est une exigence pour stabiliser l'augmentation de la température mondiale induite par l'homme à n'importe quel niveau, mais que limiter l'augmentation de la température mondiale à un niveau spécifique impliquerait de limiter les émissions cumulées de CO₂ à l'intérieur d'un budget carbone⁴³. {5.4, 5.5, TS.1.3, TS.3.3, Encadré TS.5} **(Figure RID.10)**

⁴¹ Dans la littérature, des unités de °C pour 1000 PgC sont utilisées, et l'AR6 indique que la TCRE varie *probablement* de 1,0 °C à 2,3 °C pour 1000 PgC dans le rapport sous-jacent, avec une meilleure estimation de 1,65 °C.

⁴² condition dans laquelle les émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂) sont compensées par des absorptions anthropiques de CO₂ sur une période déterminée.

⁴³ Le terme budget carbone désigne la quantité maximale d'émissions anthropiques mondiales cumulées de CO₂ qui aurait pour conséquence de limiter le réchauffement climatique à un niveau donné avec une probabilité donnée, en tenant compte de l'effet des autres forçages climatiques anthropiques. Il s'agit du budget carbone total lorsqu'il est exprimé à partir de la période préindustrielle, et du bilan carbone restant lorsqu'il est exprimé à partir d'une date récente spécifiée (voir glossaire). Les émissions cumulatives historiques de CO₂ déterminent dans une large mesure le réchauffement à ce jour, tandis que les émissions futures entraînent un réchauffement supplémentaire futur. Le budget carbone restant indique la quantité de CO₂ qui pourrait encore être émise tout en maintenant le réchauffement en dessous d'un niveau de température spécifique.

Chaque tonne d'émissions de CO₂ s'ajoute au réchauffement climatique

Augmentation de la température de la surface du globe depuis 1850-1900 (OC) en fonction des émissions cumulées de CO₂ (GtCO₂)

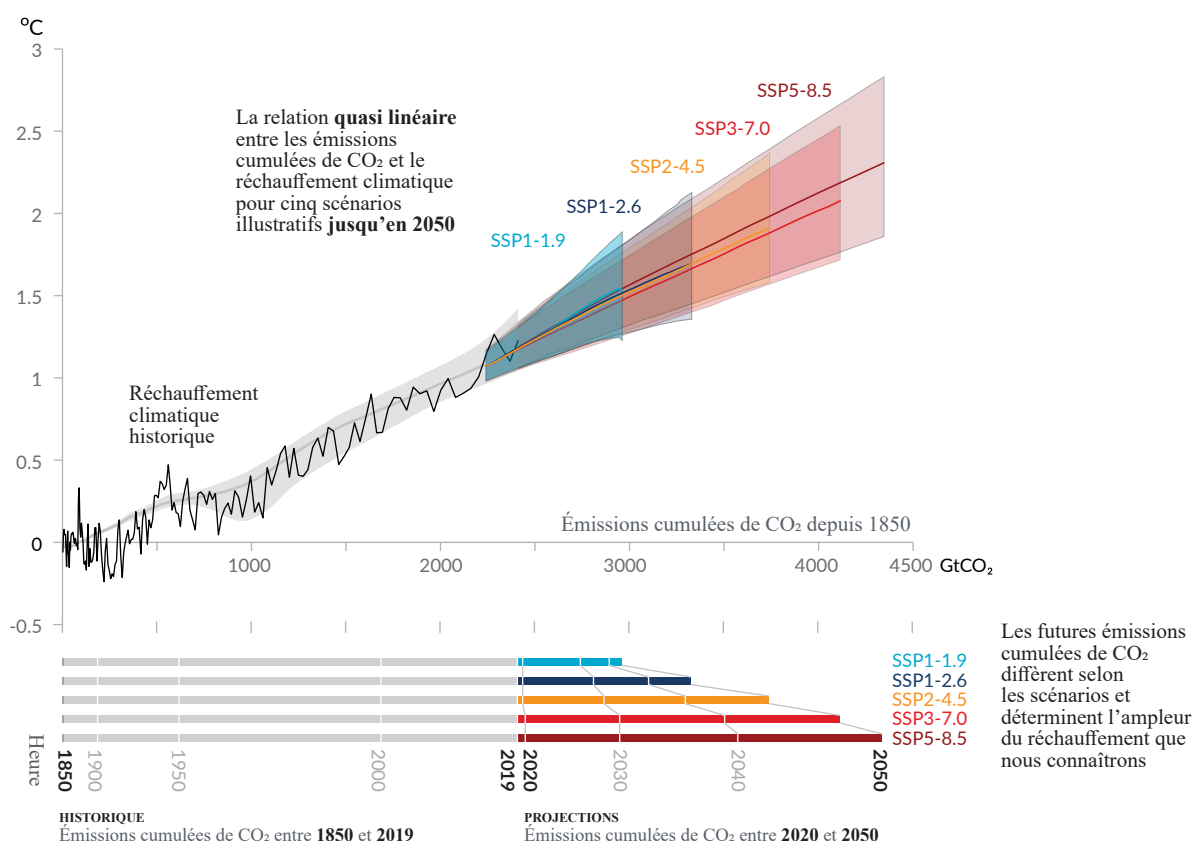


Figure RID.10 : Relation quasi linéaire entre les émissions cumulatives de CO₂ et l'augmentation de la température de surface mondiale.

Panneau supérieur : Les données historiques (fine ligne noire) montrent l'augmentation observée de la température de surface du globe en °C depuis 1850-1900 en fonction des émissions cumulées historiques de dioxyde de carbone (CO₂) en GtCO₂ de 1850 à 2019. La plage grise avec sa ligne centrale montre une estimation correspondante du réchauffement de surface historique causé par l'homme (voir la figure RID.2). Les zones colorées montrent la fourchette *très probable* évaluée des projections de température de surface globale, et les lignes centrales colorées épaisses montrent l'estimation médiane en fonction des émissions cumulatives de CO₂ de 2020 à 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 utilisent les émissions cumulées de CO₂ de chaque scénario respectif, et le réchauffement climatique projeté inclut la contribution de tous les forçages anthropiques. La relation est illustrée dans le domaine des émissions cumulatives de CO₂ pour lesquelles il existe *une grande fiabilité* dans le fait que la réponse climatique transitoire aux émissions cumulatives de CO₂ (TCRE) reste constante, et pour la période allant de 1850 à 2050 au cours de laquelle les émissions mondiales de CO₂ restent nettement positives dans tous les scénarios illustratifs, car il existe des *peu de preuves* à l'appui de l'application quantitative du TCRE pour estimer l'évolution de la température sous les émissions nettes négatives de CO₂.

Panneau inférieur : Émissions cumulées historiques et projetées de CO₂ en GtCO₂ pour les scénarios respectifs. {Figure TS.18, Figure 5.31, Section 5.5}

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 restants ont été estimés pour plusieurs limites de température mondiale et divers niveaux de probabilité, sur la base de la valeur estimée du TCRE et de son incertitude, des estimations du réchauffement historique, des variations du réchauffement prévu par rapport aux émissions autres que le CO₂, des rétroactions du système climatique telles que les émissions provenant du dégel du pergélisol et du changement de la température de surface du globe après que les émissions anthropiques mondiales de CO₂ aient atteint le zéro net.

{5.1, 5.5, Encadré 5.2, TS.3.3} (**Tableau RID.2**)

Tableau RID.2 : Estimations des émissions historiques de CO₂ et des budgets carbone restants. Les budgets carbone restants estimés sont calculés à partir du début de 2020 et s'étendent jusqu'à ce que les émissions nettes mondiales de CO₂ soient atteintes. Ils se réfèrent aux émissions de CO₂, tout en tenant compte de l'effet sur le réchauffement climatique des émissions autres que de CO₂. Dans ce tableau, le réchauffement climatique fait référence à l'augmentation de la température de surface mondiale induite par l'homme, ce qui exclut l'impact de la variabilité naturelle sur les températures mondiales au cours des années individuelles. {Tableau TS.3, Tableau 3.1, Tableau 5.1, Tableau 5.7, Tableau 5.8, 5.5.1, 5.5.2, Encadré 5.2}

Réchauffement climatique entre 1850-1900 et 2010-2019 (°C)	Émissions cumulées historiques de CO ₂ de 1850 à 2019 (GtCO ₂)
1,07 (0,8–1,3 ; plage <i>probable</i>)	2390 (± 240 ; plage <i>probable</i>)

Réchauffement climatique approximatif par rapport à 1850-1900 jusqu'à la limite de température (°C)*(1)	Réchauffement climatique supplémentaire par rapport à 2010-2019 jusqu'à la limite de température (°C)	Estimation des budgets carbone restants à partir du début de 2020 (GtCO ₂)					Variations des réductions des émissions autres que de CO ₂ *(3)
		<i>Probabilité de limiter le réchauffement de la planète à la limite de température*(2)</i>					Des réductions plus ou moins élevées des émissions autres que de CO ₂ qui l'accompagnent peuvent augmenter ou diminuer les valeurs à gauche de 220 GtCO ₂ ou plus
		17 %	33 %	50 %	67 %	83 %	
1,5	0,43	900	650	500	400	300	
1,7	0,63	1450	1050	850	700	550	
2,0	0,93	2300	1700	1350	1150	900	

*(1) Les valeurs à chaque augmentation de réchauffement de 0,1 °C sont disponibles dans les tableaux TS.3 et 5.8.

*(2) Cette probabilité est basée sur l'incertitude de la réponse climatique transitoire aux émissions cumulatives de CO₂ (TCRE) et aux rétroactions supplémentaires du système terrestre, et fournit la probabilité que le réchauffement climatique ne dépasse pas les niveaux de température fournis dans les deux colonnes de gauche. Les incertitudes liées au réchauffement historique (± 550 GtCO₂) et au forçage et à la réponse non liés au CO₂ (± 220 GtCO₂) sont partiellement prises en compte par l'incertitude évaluée dans le TCRE, mais les incertitudes liées aux émissions récentes depuis 2015 (± 20 GtCO₂) et à la réponse climatique après l'atteinte d'émissions nettes nulles de CO₂ (± 420 GtCO₂) sont distinctes.

*(3) Les estimations du budget carbone restant tiennent compte du réchauffement des facteurs autres que le CO₂, comme l'impliquent les scénarios évalués dans le SR1.5. La contribution du Groupe de travail III au RE6 évaluera l'atténuation des émissions autres que de CO₂.

D.1.3 Plusieurs facteurs qui déterminent les estimations du budget carbone restant ont été réévalués, et les mises à jour de ces facteurs depuis le SR1.5 sont faibles. Lorsqu'elles sont ajustées pour tenir compte des émissions depuis les rapports précédents, les estimations des budgets carbone restants sont donc d'une ampleur similaire à celle du SR1.5, mais plus importantes par rapport au AR5 en raison des améliorations méthodologiques⁴⁴.

{5.5, Encadré 5.2, TS.3.3} (**Tableau RID.2**)

D.1.4 L'élimination anthropique du CO₂ (CDR) a le potentiel d'éliminer le CO₂ de l'atmosphère et de le stocker durablement dans des réservoirs (*fiabilité élevée*). Le CDR vise à compenser les émissions résiduelles pour atteindre des émissions nettes de CO₂ ou de GES nulles ou, s'il est mis en œuvre à une échelle où les absorptions anthropiques dépassent les émissions anthropiques, pour abaisser la température de surface. Les méthodes CDR peuvent avoir des effets potentiellement étendus sur les cycles biogéochimiques et le climat, ce qui peut affaiblir ou renforcer le potentiel de ces méthodes pour éliminer le CO₂ et réduire le réchauffement, et peut également influencer la disponibilité et la qualité de l'eau, la production alimentaire et la biodiversité⁴⁵ (*fiabilité élevée*).

{5.6, encadré inter-chapitres 5.1, TS.3.3}

D.1.5 L'élimination anthropique du CO₂ (CDR) entraînant des émissions négatives nettes mondiales réduirait la concentration atmosphérique de CO₂ et inverserait l'acidification des océans de surface (*fiabilité élevée*). Les absorptions et émissions anthropiques de CO₂ sont partiellement compensées par le rejet et l'absorption de CO₂ respectivement, à partir ou vers les réservoirs de carbone terrestres et océaniques (*fiabilité très élevée*). Le CDR réduirait le CO₂ atmosphérique d'une quantité approximativement égale à l'augmentation d'une émission anthropique de même ampleur (*fiabilité élevée*). La diminution du CO₂ atmosphérique résultant des absorptions anthropiques de CO₂ pourrait être jusqu'à 10 % inférieure à l'augmentation atmosphérique du CO₂ due à une quantité égale d'émissions de CO₂, en fonction de la quantité totale de CDR (*fiabilité moyenne*). {5.3, 5.6, TS.3.3}

D.1.6 Si les émissions négatives nettes de CO₂ à l'échelle mondiale devaient être atteintes et maintenues, l'augmentation de la température de surface induite par le CO₂ mondial serait progressivement inversée, mais d'autres changements climatiques se poursuivraient dans leur direction actuelle pendant des décennies à des millénaires (*fiabilité élevée*). Par exemple, il faudrait de plusieurs siècles à des millénaires pour que le niveau moyen mondial des mers s'inverse, même sous d'importantes émissions nettes négatives de CO₂ (*fiabilité élevée*).

{4.6, 9.6, TS.3.3}

D.1.7 Dans les cinq scénarios illustratifs, les changements simultanés dans les émissions de CH₄, d'aérosols et de précurseurs de l'ozone, qui contribuent également à la pollution atmosphérique, entraînent un réchauffement net de la surface de la planète à court et à long terme (*fiabilité élevée*). À long terme, ce réchauffement net est plus faible dans les scénarios prévoyant des contrôles de la pollution atmosphérique combinés à des réductions importantes et durables des émissions de CH₄ (*fiabilité élevée*). Dans les scénarios à faibles et très faibles émissions de GES, les réductions supposées des émissions d'aérosols anthropiques entraînent un réchauffement net, tandis que les réductions des émissions de CH₄ et d'autres émissions de précurseurs de l'ozone entraînent un refroidissement net. En raison de la courte durée de vie du CH₄ et des aérosols, ces effets climatiques se contrebalancent partiellement et les réductions des émissions de CH₄ contribuent également à améliorer la qualité de l'air en réduisant l'ozone de surface mondial (*fiabilité élevée*).

{6.7, Encadré TS.7} (**Figure RID.2, Encadré RID.1**)

⁴⁴ Par rapport au RA5, et en tenant compte des émissions depuis le RA5, les estimations du RA6 sont supérieures d'environ 300 à 350 GtCO₂ pour le budget carbone restant compatible avec la limitation du réchauffement à 1,5 °C ; pour 2 °C, la différence est d'environ 400 à 500 GtCO₂.

⁴⁵ Les effets négatifs et positifs potentiels du CDR sur la biodiversité, l'eau et la production alimentaire sont spécifiques aux méthodes et dépendent souvent fortement du contexte local, de la gestion, de l'utilisation antérieure des terres, et de l'échelle. Les groupes de travail II et III du GIEC évaluent le potentiel du CDR et les effets écologiques et socioéconomiques des méthodes du CDR dans leurs contributions au RA6.

D.1.8 L'obtention d'émissions nettes mondiales nulles de CO₂ est une exigence pour stabiliser l'augmentation de la température de surface mondiale induite par le CO₂, les émissions anthropiques de CO₂ pouvant être compensées par des absorptions anthropiques de CO₂. Ceci est différent de l'objectif d'atteinte d'émissions nettes nulles de GES, où les émissions anthropiques de GES pondérées par des mesures sont égales aux absorptions anthropiques de GES pondérées par des mesures. Pour une trajectoire d'émission de GES donnée, les trajectoires des différents gaz à effet de serre déterminent la réponse climatique qui en résulte⁴⁶, tandis que le choix de la métrique des émissions⁴⁷ utilisée pour calculer les émissions agrégées et les absorptions de différents GES affecte le moment où les gaz à effet de serre agrégés sont calculés pour être égaux à zéro net. Les trajectoires d'émissions qui atteignent et maintiennent des émissions nettes nulles de GES définies par le potentiel de réchauffement planétaire sur 100 ans devraient entraîner une baisse de la température de surface après un pic antérieur (*fiabilité élevée*).
{4.6, 7.6, encadré 7.3, TS.3.3}

D.2 Les scénarios comportant des émissions de GES très faibles ou faibles (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) entraînent en quelques années des effets perceptibles sur les concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols, ainsi que 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). Dans ces scénarios contrastés, des différences perceptibles dans les tendances de la température de surface mondiale commenceraient à émerger de la variabilité naturelle dans environ 20 ans, et sur des périodes plus longues pour de nombreux autres facteurs d'impact climatique (fiabilité élevée).
{4.6, encadré inter-chapitres 6.1, 6.6, 6.7, 9.6, encadré inter-chapitres 11.1, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6, 12.4, 12.5} (**Figure RID.8, Figure RID.10**)

D.2.1 Les réductions d'émissions en 2020 associées aux mesures visant à réduire la propagation de la COVID-19 ont entraîné des effets temporaires mais détectables sur la pollution atmosphérique (*fiabilité élevée*) et une faible augmentation temporaire associée du forçage radiatif total, principalement en raison de la réduction du refroidissement causé par les aérosols provenant des activités humaines (*fiabilité moyenne*). Les réponses climatiques mondiales et régionales à ce forçage temporaire sont cependant indétectables au-dessus de la variabilité naturelle (*fiabilité élevée*). Les concentrations atmosphériques de CO₂ ont continué à augmenter en 2020, sans diminution détectable du taux de croissance observé du CO₂ (*fiabilité moyenne*)⁴⁸.
{Encadré inter-chapitres 6.1, TS.3.3}

D.2.2 La réduction des émissions de GES entraîne également une amélioration de la qualité de l'air. Cependant, à court terme⁴⁹, même dans les scénarios de forte réduction des GES, comme dans les scénarios à faibles et très faibles émissions de GES (SSP1-2.6 et SSP1-1.9), ces améliorations ne sont pas suffisantes dans de nombreuses régions polluées pour respecter les lignes directrices de qualité de l'air spécifiées par l'Organisation mondiale de la santé (*fiabilité élevée*). Les scénarios avec des réductions ciblées des émissions de polluants atmosphériques conduisent à des améliorations plus rapides de la qualité de l'air en quelques années par rapport aux réductions des émissions de GES uniquement, mais à partir de 2040, d'autres améliorations sont prévues dans des scénarios combinant les efforts de réduction des polluants atmosphériques et des émissions de GES, l'ampleur des avantages variant d'une région à l'autre (*fiabilité élevée*). {6.6, 6.7, encadré TS.7}.

⁴⁶ Terme général désignant la façon dont le système climatique réagit à un forçage radiatif (voir Glossaire).

⁴⁷ Le choix de la métrique des émissions dépend des objectifs pour lesquels les gaz ou les agents de forçage sont comparés. Ce rapport contient des valeurs métriques d'émission mises à jour et évalue de nouvelles approches d'agrégation des gaz.

⁴⁸ Pour les autres GES, la littérature disponible au moment de l'évaluation était insuffisante pour évaluer les changements détectables dans leur taux de croissance atmosphérique en 2020.

⁴⁹ À court terme : (2021–2040)

D.2.3 Les scénarios à très faibles ou faibles émissions de GES (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) auraient des effets rapides et durables pour limiter les changements climatiques d'origine humaine, par rapport aux scénarios à fortes ou très fortes émissions de GES (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 de surface du globe, des différences dans les tendances sur 20 ans apparaîtraient probablement à court terme dans le cadre d'un scénario à très faibles émissions de GES (SSP1-1.9), par rapport à un scénario à 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 à différents moments plus tard au 21^{ème} siècle (*fiabilité élevée*). {4.6, encadré inter-chapitres TS.1} (**Figure RID.8, Figure RID.10**)

D.2.4 Les scénarios à très faibles et faibles émissions de GES (SSP1-1.9 et SSP1-2.6) entraîneraient des changements considérablement plus faibles dans une série de CID³⁶ au-delà de 2040 que les scénarios à fortes et très fortes émissions de GES (SSP3-7.0 et SSP5-8.5). D'ici la fin du siècle, des scénarios à très faibles et faibles émissions de GES limiteraient fortement le changement de plusieurs CID, tels que l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes du niveau de la mer, les fortes précipitations et les inondations pluviales, et le dépassement des seuils de chaleur dangereux, tout en limitant le nombre de régions où de tels dépassements se produisent, par rapport à des scénarios à fortes émissions de GES (*fiabilité élevée*). Les changements seraient également plus faibles dans les scénarios à très faibles émissions par rapport aux scénarios à faibles émissions, ainsi que pour les scénarios à émissions intermédiaires (SSP2-4.5) par rapport aux scénarios à fortes et très fortes émissions (*fiabilité élevée*). {9.6, encadré inter-chapitres 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, 12.4, 12.5, TS.4.3}