

Les principaux enseignements du 6^e rapport du groupe I du GIEC

Par David SALAS Y MÉLIA

Chercheur climatologue au Centre national de recherches météorologiques (Météo-France et Centre national de la recherche scientifique)

Le groupe I du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a publié, en août 2021, son 6^e rapport sur les bases scientifiques du changement climatique. Ce rapport réaffirme le fait que l'origine humaine des changements climatiques observés depuis la deuxième moitié du XIX^e siècle est sans équivoque, qu'il s'agisse du réchauffement mondial (+ 1,1°C), du recul des neiges et des glaces, de l'acidification des océans ou de la hausse du niveau marin. L'une des avancées majeures du rapport est de mettre en évidence l'influence humaine sur l'intensité et la fréquence de phénomènes extrêmes tels que les vagues de chaleur ou les fortes pluies. Les évolutions observées du climat vont se poursuivre – il est notamment acquis que la température du globe atteindra le seuil de 1,5°C d'ici à vingt ans –, mais elles peuvent encore être contenues si des actions fortes, rapides et durables de réduction des émissions de CO₂ sont menées.

Qu'est-ce que le GIEC ?

Le GIEC (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, en anglais) est un organisme de l'ONU fondé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations unies pour l'environnement. Contrairement à une idée reçue, il ne s'agit pas d'un laboratoire de recherche. Ses membres sont des États, actuellement au nombre de 195. Il a pour principales missions d'évaluer l'information scientifique, technique et socio-économique sur le changement climatique à partir d'études publiées dans des revues spécialisées et de produire des avis scientifiques indépendants pour servir aux négociations climatiques internationales se déroulant dans le cadre des Conférences des parties. Le GIEC comporte trois groupes de travail : le groupe I « Bases scientifiques du changement climatique », le groupe II « Impacts, adaptation et vulnérabilité » et le groupe III « Atténuation du changement climatique ». Ces trois groupes sont complétés par une équipe spéciale pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, qui développe un guide méthodologique pour le suivi des émissions.

Lors de sa 43^e réunion plénière à Nairobi (en 2016), le GIEC a accepté la demande de la COP21 de préparer un rapport spécial (SR1.5, paru en 2018) sur les conséquences d'un réchauffement mondial de 1,5°C. Il a été également décidé de produire deux autres rapports spéciaux, tous deux parus en 2019, l'un sur le changement climatique et les terres émergées (SRCCL) et l'autre sur les liens entre le changement climatique, l'océan et la cryosphère (SROCC). Le GIEC a également confirmé la préparation de rapports d'évaluation

complets tous les 5 à 7 ans, et a précisé les contours du 6^e rapport d'évaluation.

Le résumé à l'intention des décideurs du 6^e rapport d'évaluation (RE6) du groupe I a été approuvé le 9 août 2021, à l'issue de la 54^e réunion plénière du GIEC et de 15 jours de session en ligne, en raison de la pandémie de Covid-19. Le rapport complet a été préparé par 234 auteurs provenant de 65 pays. Structuré en 12 chapitres, il compte près de 4 000 pages et s'appuie sur l'évaluation de 14 000 articles scientifiques. Il est complété par un atlas interactif accessible en ligne, qui permet de visualiser l'évolution de différentes variables caractérisant le climat (température, précipitations, etc.) pour une région, un scénario socio-économique et un horizon temporel donnés. Le rapport du groupe II a été publié fin février, celui du groupe III le sera au cours de ce mois, et le rapport de synthèse du RE6 paraîtra en septembre 2022.

Les nouveautés du RE6

Le groupe I du GIEC a pu bénéficier pour l'élaboration du RE6 (IPCC, 2021) de sept années supplémentaires d'observations depuis le 5^e rapport d'évaluation, de nouvelles connaissances scientifiques et du jeu de simulations climatiques du projet CMIP6 (Eyring *et al.*, 2016) réalisées via une nouvelle génération de modèles de climat¹. Les projections futures réalisées

¹ Au 17 février 2022, la base de données CMIP6 intégrait les simulations de 118 modèles développés et mis en œuvre par 53 institutions de modélisation climatique, dont les équipes françaises de l'IPSL et du CNRM-CERFACS. Le GIEC a pris en compte une cinquantaine de modèles dont les résultats étaient disponibles lors de la préparation du rapport.

| Récits socio-économiques | Dénomination | Trajectoires d'émissions mondiales de CO ₂ |
|---|--------------|--|
| « Développement durable » : forte coopération internationale | SSP1-1.9 | Les émissions décroissent très fortement à partir de 2020, puis deviennent nulles peu après 2050, avant d'être négatives (- 14 Gt ^a CO ₂ en 2100). |
| | SSP1-2.6 | Les émissions décroissent très fortement à partir de 2020, puis deviennent nulles vers 2075, avant d'être négatives (- 9 GtCO ₂ en 2100). |
| Poursuite des tendances actuelles | SSP2-4.5 | Les émissions augmentent faiblement, avant de plafonner à 44 GtCO ₂ vers 2040 et de diminuer jusqu'à 10 GtCO ₂ en 2100. |
| Monde fragmenté, croissance économique faible et peu d'efforts en faveur de l'environnement | SSP3-7.0 | Les émissions augmentent pour atteindre 82 GtCO ₂ en 2100. |
| Croissance rapide, mais une forte dépendance aux énergies fossiles | SSP5-8.5 | Les émissions augmentent fortement jusqu'en 2090 (130 GtCO ₂), puis décroissent légèrement. |

Tableau 1 : Scénarios socio-économiques utilisés (repris dans cet article(et trajectoires d'émissions nettes (ensemble des émissions humaines vers l'atmosphère moins les retraits opérés) mondiales de dioxyde de carbone (CO₂)^b. Les scénarios mentionnés incluent également les trajectoires d'émissions des principaux autres gaz à effet de serre, des aérosols et précurseurs (Rogelj *et al.*, 2018 ; Gidden *et al.*, 2019). Tous les scénarios retiennent le même niveau d'émissions de CO₂ en 2015, soit 39 GtCO₂.

^a 1 Gt correspond à 1 milliard de tonnes.

^b Les valeurs fournies dans cette table proviennent de la base de données hébergée par l'Energy Program du IIASA (<https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>).

à partir de CMIP6 reposent sur les nouveaux scénarios SSP (Shared Socioeconomic Pathways) (O'Neill *et al.*, 2017), qui améliorent l'ancienne génération des RCP² en les combinant avec différents récits socio-économiques (voir le Tableau 1 ci-dessus).

Une avancée majeure du RE6 a été d'ajuster les projections de température et d'élévation du niveau de la mer en s'appuyant sur des archives paléo-climatiques et des observations, ce qui a permis de réduire la dispersion des estimations futures. Ce travail n'a cependant pas pu être mené pour d'autres variables. L'une des autres évolutions du rapport est de présenter certains changements futurs non seulement pour un scénario et un horizon donnés, mais également pour des niveaux de réchauffement mondial de 1,5°C, 2°C et 4°C par rapport au climat préindustriel. Comme dans le rapport spécial SR1.5, cela permet de faire le lien avec les cibles de réchauffement mentionnées dans l'Accord de Paris³ et le rapport, et également de nourrir les futures négociations climatiques. Le GIEC met ainsi clairement en évidence que chaque incrément de température mondiale compte, et se traduit par des changements sensibles, même entre des cibles aussi proches que 1,5 et 2°C.

² Representative Concentration Pathways (Van Vuuren *et al.*, 2011).

³ L'objectif de l'Accord de Paris est de limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à 2°C, de préférence à 1,5°C, par rapport au niveau préindustriel.

Par ailleurs, le RE6 accorde une place importante aux études d'attribution, qui permettent, le cas échéant, de préciser le lien entre les perturbations du climat d'origine humaine et un changement observé, dont les tendances de long terme ou l'évolution de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes.

Des concentrations de gaz à effet de serre en forte hausse

En 2019, la concentration atmosphérique du dioxyde de carbone (CO₂) était de 410 ppm⁴, soit une augmentation de 47 % par rapport au niveau préindustriel – un niveau inédit depuis au moins deux millions d'années. Cette augmentation est due aux activités humaines, parmi lesquelles les changements d'usage des sols, la production de ciment et la combustion de ressources fossiles. La concentration en méthane (CH₄) a également fortement augmenté (+ 156 %), principalement en raison des émissions liées à l'élevage, à la riziculture et aux décharges ; elle atteint 1 866 ppb⁵. L'augmentation de la concentration en oxyde nitreux (+ 23 %, 332 ppb en 2019) est, quant à elle, principalement due à la dégradation des engrais azotés.

⁴ 1 ppm correspond à 1 cm³ dans 1 m³ d'air.

⁵ 1 ppb correspond à 1 mm³ dans 1 m³ d'air.

Évolution du climat moyen

Sur la période 2011-2020, la température moyenne mondiale était plus élevée d'environ 1,1°C par rapport à celle de la période 1850-1900⁶, le réchauffement moyen des continents (+ 1,6°C) étant plus prononcé que celui des océans (+ 0,9°C). Les experts du GIEC affirment désormais que intégralité de ces changements sont liés aux activités humaines, essentiellement sous l'effet de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, des aérosols⁷ et des changements d'utilisation des sols. Si les facteurs naturels susceptibles d'influer sur le climat, tels que les variations du rayonnement solaire ou les éruptions volcaniques intenses, ainsi que les variations spontanées du climat peuvent conduire à des changements temporaires de la température moyenne du globe, leur contribution au réchauffement de long terme observé depuis le XIX^e siècle est négligeable.

La température moyenne mondiale à la fin de ce siècle sera plus élevée que celle enregistrée aujourd'hui, et ce quel que soit le scénario retenu (voir la Figure 1 ci-dessous). Il est probable que le seuil de 1,5°C sera franchi au cours des vingt prochaines années. À l'horizon 2041-2060, le réchauffement devrait légèrement dépasser le seuil de 1,5°C même dans le scénario SSP1-1.9 qui repose sur de très fortes réductions des émissions, et pourrait atteindre près de 2,5°C (une valeur qui n'a jamais été durablement atteinte depuis plus de trois millions d'années) dans le scénario à fortes

⁶ D'un point de vue climatique, la période 1850-1900 peut être assimilée à l'ère préindustrielle.

⁷ Particules liquides ou solides en suspension dans l'atmosphère, d'origine humaine ou naturelle, et qui ont, pour la plupart, tendance à refroidir le climat.

émissions SSP5-8.5. En fin de siècle (2081-2100), le réchauffement mondial sera très probablement inférieur à 2°C si le scénario SSP1-1.9 est suivi, mais pourrait atteindre 4 à 5°C dans le cas du scénario SSP5-8.5.

Le cycle hydrologique mondial s'est intensifié, ce qui se traduit notamment par une augmentation depuis 1950 des précipitations en moyenne sur l'ensemble des continents, cette tendance se renforçant à partir des années 1980. Cependant, cette augmentation moyenne recouvre de fortes différences régionales, puisque le cumul annuel des précipitations tend à diminuer dans les régions relativement sèches et à augmenter dans les régions plus arrosées. Au cours du XXI^e siècle, les précipitations devraient augmenter dans les régions polaires, dans le Pacifique équatorial et dans certaines régions soumises à un régime de mousson, tandis qu'elles devraient diminuer dans les régions subtropicales, notamment dans le Bassin méditerranéen, et dans certaines régions tropicales. Ces baisses et ces hausses régionales des précipitations seront d'autant plus importantes que le réchauffement planétaire sera marqué. Dans les régions les plus touchées, ces hausses pourraient atteindre 20 % avec 2°C de réchauffement et 40 % avec 4°C.

L'eau disponible pour alimenter les cours d'eau et les nappes souterraines est déterminée par les précipitations, auxquelles il faut retrancher l'évaporation de surface (sols, végétation, etc.). Or, l'évaporation tend à augmenter en raison du réchauffement. Cela implique que les ressources en eau pourraient même diminuer dans des régions où le volume des précipitations n'évolue pas ou augmente faiblement.

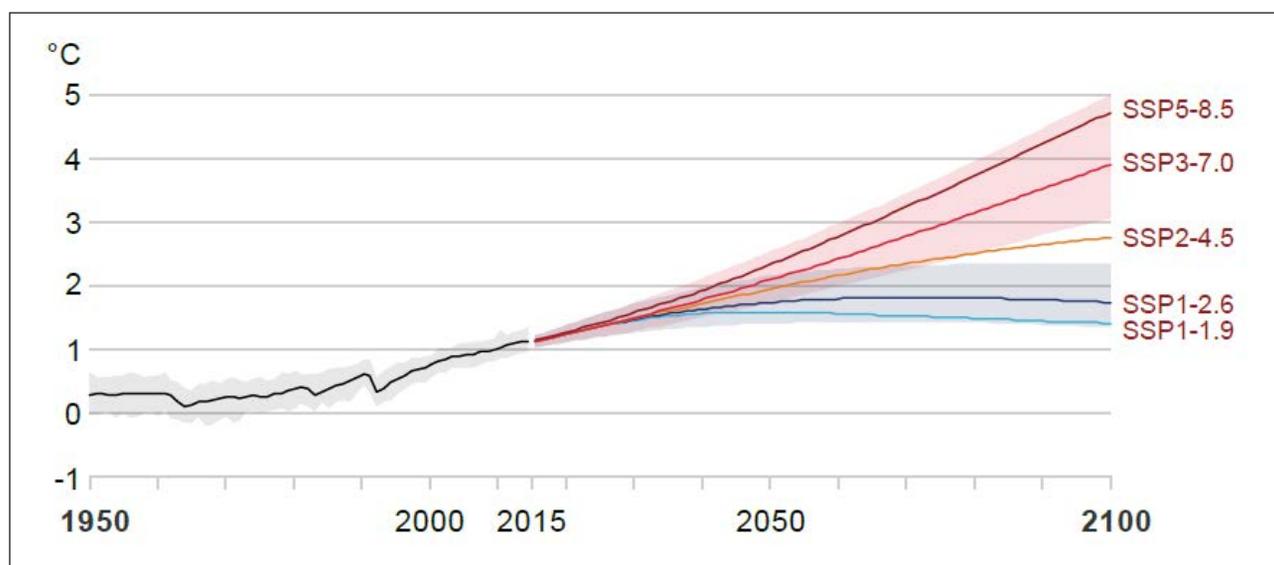


Figure 1 : Changements de la température moyenne mondiale (°C) par rapport à la période 1850-1900 simulés par les modèles CMIP6 ajustés par les observations faites sur la période récente. Sur la période 1950-2014, la courbe en noir représente la moyenne des simulations historiques et l'enveloppe en gris leur dispersion. Sur la période 2015-2100, les courbes colorées représentent la moyenne des projections pour chacun des scénarios, et les enveloppes en bleu et rouge clair leur dispersion, respectivement pour les scénarios SSP1-2.6 et SSP5-8.5 (d'après la figure SPM.8 a) du RE6).

L'influence de l'activité humaine sur les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes

Depuis la publication du dernier rapport du GIEC, de nombreux phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes se sont produits, comme les canicules enregistrées en France et en Australie (2019), en Sibérie (2020), dans le nord-ouest de l'Amérique et dans le sud de l'Europe (2021), ou encore les pluies extrêmes qui ont frappé l'Allemagne (2021), pour ne citer que quelques-uns des événements les plus récents. La multiplication de ce type de phénomènes intenses mais aussi l'amélioration des techniques statistiques permettent de renforcer le degré de certitude des études d'attribution.

Les experts du GIEC estiment ainsi, avec un niveau de confiance élevé, que l'influence humaine contribue à l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des phénomènes de chaleur extrême dans pratiquement toutes les régions du globe. Il a été établi que, sur l'ensemble des continents, les chaleurs extrêmes qui se produisaient en moyenne une fois par décennie sur la période 1850-1900 sont environ trois fois plus fréquentes sous le climat actuel, le seront quatre fois plus avec 1,5°C de réchauffement mondial, et pourraient même être observées pratiquement tous les ans avec un réchauffement de 4°C (voir la Figure 2a ci-contre). En termes d'intensité, il est attendu que les températures annuelles les plus chaudes progressent dans de nombreuses régions 1,5 à 2 fois plus rapidement que la température moyenne mondiale, et jusqu'à 3 fois en Arctique. Les froids extrêmes sont de moins en moins intenses et de moins en moins fréquents, mais ne disparaissent pas pour autant. Les projections futures suggèrent que tout au long du XXI^e siècle, les températures de ces régions vont continuer à se réchauffer plus rapidement que la température moyenne du globe, notamment en Arctique.

Les experts du GIEC concluent que les précipitations extrêmes se sont intensifiées dans pratiquement toute l'Asie et toute l'Europe, ainsi que dans certaines régions d'autres continents. Ces épisodes fortement pluvieux sont aussi de plus en plus souvent observés, puisque ces événements qui se produisaient en moyenne une fois par décennie sur la période 1850-1900 voient désormais leur fréquence augmentée de 30 % environ⁸. Une augmentation de fréquence qui pourrait même être de 50, 70, voire 170 %, respectivement pour des niveaux de réchauffement mondial de 1,5°C, 2°C et 4°C (voir la Figure 2b ci-contre). L'intensité des précipitations devrait, quant à elle, augmenter d'environ 7 % par degré de réchauffement. Par ailleurs, les sécheresses agricoles et écologiques frappant les régions qui tendent déjà à s'assécher sont désormais 70 % plus fréquentes que celles observées sur la période 1850-1900. Elles pourraient devenir respectivement 2 et 4 fois plus fréquentes à 1,5°C et 4°C de réchauffement planétaire (voir la Figure 2c ci-contre).

⁸ Leur durée de retour est donc passée de 10 ans au XIX^e siècle à 7-8 ans dans le contexte climatique actuel.

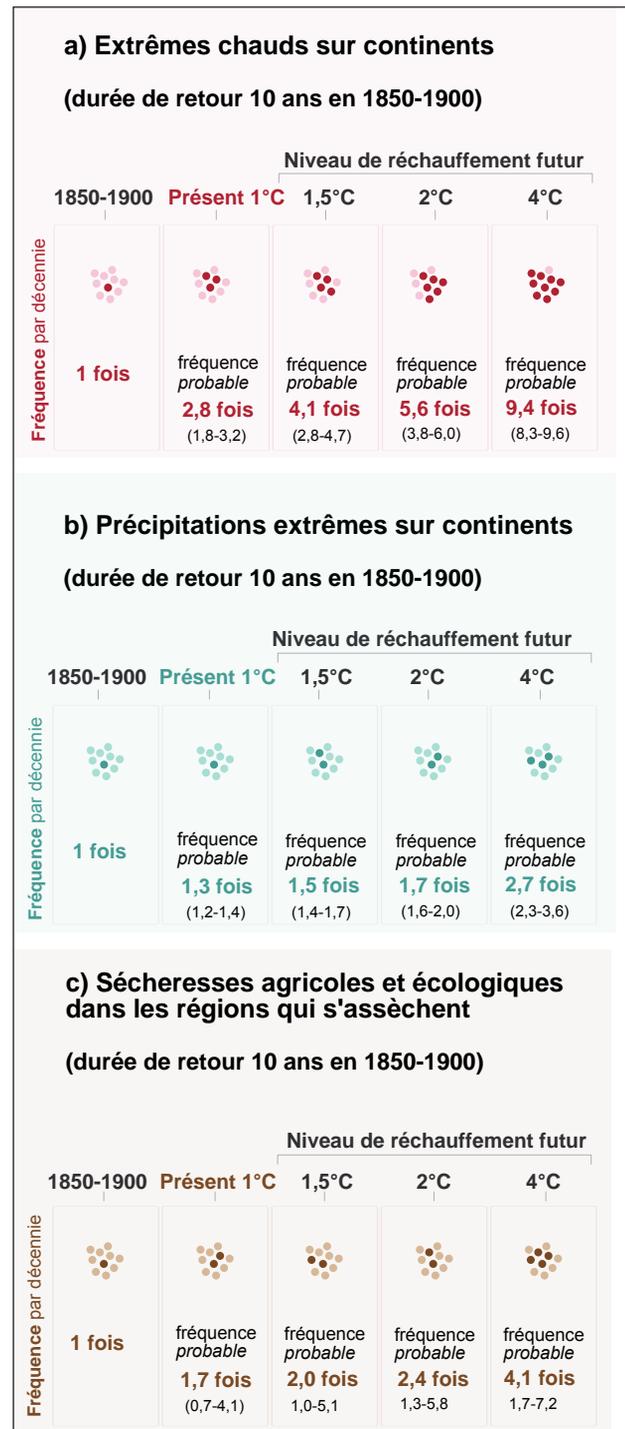


Figure 2 : Changements projetés de la fréquence a) des extrêmes chauds de température sur les continents ; b) des précipitations extrêmes sur les continents ; et c) des sécheresses agricoles et écologiques dans les régions qui s'assèchent.

Les changements projetés sont présentés à des niveaux de réchauffement mondial correspondant à 1°C, 1,5°C, 2°C et 4°C par rapport à 1850-1900, qui représente un climat sans influence humaine. Les extrêmes chauds de température et les événements extrêmes en matière de précipitations correspondent au maximum journalier dépassé une fois par décennie. Les événements de sécheresses agricoles et écologiques correspondent à une moyenne annuelle de l'humidité sur la colonne de sol inférieure au dixième pourcentile sur la période 1850-1900 (d'après la figure SPM.6 du RE6).

Pour la première fois, ce rapport affirme que la proportion de cyclones tropicaux violents observés a augmenté, même si aucune tendance sur l'évolution du nombre total de ces événements n'a été mise en évidence. Le rail des tempêtes se situant dans les moyennes latitudes des deux hémisphères s'est déplacé vers les pôles, mais sans changement détectable de la force du vent. Il est attendu que le réchauffement futur accentue ces tendances, et que les précipitations associées aux cyclones et aux tempêtes augmentent.

Océan et cryosphère

Le manteau neigeux de l'hémisphère nord a régressé depuis les années 1950, particulièrement au printemps. Depuis le début des années 1980, le minimum annuel de surface de la banquise⁹ arctique a reculé d'environ 40 %, se situant ainsi à un niveau probablement inédit depuis un millénaire. En revanche, la banquise antarctique n'a pas connu d'évolution significative. Les grandes calottes continentales des deux hémisphères perdent d'importantes quantités de glace, mais pour des raisons différentes : fonte de surface dans le cas du Groenland et décharge d'icebergs dans celui de l'Antarctique. L'influence humaine sur l'ensemble des changements observés est incontestable, sauf pour ce qui concerne l'Antarctique. Les projections futures indiquent que ces tendances vont se poursuivre, et le permafrost pourrait reculer fortement en cas de réchauffement mondial important.

L'océan superficiel (jusqu'à 700 m de profondeur) s'est réchauffé depuis les années 1970 sous l'influence de l'activité humaine. Cela conduit à un phénomène de dilatation qui, s'ajoutant notamment à la fonte des calottes glaciaires et des glaciers continentaux, contribue à la hausse du niveau marin. Celle-ci s'accélère : de l'ordre de 1,3 mm/an entre 1901 et 1971, elle est passée à 1,9 mm/an entre 1971 et 2006, puis à 3,7 mm/an entre 2006 et 2018. En 2018, la montée du niveau moyen des mers par rapport à 1901 était d'environ 0,20 m. Elle va se poursuivre même dans le scénario SSP1-1.9, atteignant 0,44 à 0,71 m en 2100, et pourrait se situer entre 0,79 et 1,20 m dans le scénario SSP5-8.5, avec à la clé des risques de submersion et d'altération des ressources en eau dans de nombreuses régions côtières se situant à basse altitude. Dans ce même scénario, une hausse approchant les 2 mètres en 2100 et les 5 mètres en 2150 ne peut être exclue, en cas de déstabilisation des calottes glaciaires. Par ailleurs, l'océan absorbe une part significative des émissions humaines de CO₂ (23 % sur la période 2010-2019 ; pour la biosphère continentale, cette part est de 31 %). L'une des conséquences de cette absorption est une acidification de l'océan, laquelle va se poursuivre et pourrait se traduire, dans le scénario SSP5-8.5, par une baisse du pH de 0,4 unité en 2100 par rapport aux conditions

⁹ La banquise, également appelée glace de mer, est une couche de glace résultant de la congélation de l'eau de mer. Elle peut atteindre quelques mètres d'épaisseur, mais ne doit pas être confondue avec les calottes glaciaires, des masses de glaces continentales pouvant atteindre 4 000 mètres d'épaisseur en Antarctique et résultant de l'accumulation neigeuse.

actuelles. En cas d'émissions modérées à fortes de gaz à effet de serre, l'acidification, conjuguée à la désoxygénation et à la multiplication des « vagues de chaleur marines », pourrait gravement impacter la vie marine et les populations humaines qui en dépendent.

Chaque tonne de CO₂ émise contribue au réchauffement

Les experts du GIEC confirment le lien quasi linéaire entre le cumul des émissions mondiales de CO₂ depuis 1850 et le réchauffement observé (0,45 ± 0,18°C pour 1 000 GtCO₂). Sur la période 1850-2019, 2 390 Gt de CO₂ (± 10 %) ont été émises, ce qui permet d'estimer la quantité d'émissions cumulées à ne pas dépasser pour pouvoir atteindre une cible de température donnée. Il ressort ainsi, par exemple, que l'objectif de 1,5°C a une chance sur deux d'être respecté si les émissions de CO₂ ne dépassent pas, à partir de début 2020, un total de 500 Gt de CO₂ (83 % de chances en limitant le cumul des émissions à 300 GtCO₂). Le cumul à respecter pour avoir une chance sur deux de respecter la cible moins ambitieuse de 2°C s'élève à 1 350 Gt de CO₂. Les émissions humaines de CO₂, qui étaient de l'ordre de 41 GtCO₂/an pour la période 2010-2019, devront donc diminuer fortement et très rapidement. Mais il faudra également procéder à des extractions massives de CO₂ atmosphérique pour pouvoir se rapprocher des scénarios compatibles avec l'Accord de Paris (SSP1-1.9 et SSP1-2.6 – Voir le Tableau 1 de la page 12).

Conclusion

Le RE6 du groupe I du GIEC repose sur un travail d'évaluation colossal, auquel les équipes françaises de recherche sur le climat ont largement contribué. S'il confirme un socle de connaissances déjà bien établies portant sur les bases physiques du changement climatique, il les complète sur beaucoup d'aspects à la lumière des travaux scientifiques les plus récents, fournissant ainsi autant de raisons d'agir fortement et rapidement pour stabiliser le climat. L'un des messages forts du RE6 est de dissiper l'idée que nos actions n'auraient pas d'effets avant la fin du siècle, et ce en raison de l'inertie du climat. Pourtant, il apparaît que de fortes et rapides réductions des émissions humaines de CO₂ devraient avoir un effet indéniable sur la température moyenne mondiale, et ce dès 2040. Il a également été mis en évidence que la dérive du climat sera faible si les émissions nettes de CO₂ restent nulles à partir du moment où le budget carbone compatible avec la cible de réchauffement fixée à 2°C sera atteint. Cela montre que le climat futur dépendra avant tout des actions humaines, notamment de la capacité des systèmes socio-économiques à réussir la transition énergétique bas-carbone.

Bibliographie

- EYRING V., BONY S., MEEHL G. A., SENIOR C. A., STEVENS B., STOUFFER R. J. & TAYLOR K. E. (2016), "Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization", *Geoscientific Model Development* 9(5), pp. 1937-1958.
- GIDDEN M. J., RIAHI K., SMITH S. J., FUJIMORI S., LUDERER G., KRIEGLER E., VAN VUUREN D. P., VAN DEN BERG M., FENG L., KLEIN D., CALVIN K., DOELMAN J. C., FRANK S., FRICKO O., HARMSSEN M., HASEGAWA T., HAVLIK P., HILAIRE J., HOESLY R., HORING J., POPP A., STEHFEST E. & TAKAHASHI K. (2019), "Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century", *Geosci. Model Dev.* 12, pp. 1443-1475, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-1443-2019>
- IPCC (2021), "Climate Change 2021: The Physical Science Basis", Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, MASSON-DELMOTTE V., ZHAI P., PIRANI A., CONNORS S. L., PÉAN C., BERGER S., CAUD N., CHEN Y., GOLDFARB L., GOMIS M. I., HUANG M., LEITZELL K., LONNOY E., MATTHEWS J. B. R., MAYCOCK T. K., WATERFIELD T., YELEKÇI O., YU R. & ZHOU B. (eds.), Cambridge University Press (sous presse).
- O'NEILL B. C., KRIEGLER E., EBI K. L., KEMP-BENEDICT E., RIAHI K., ROTHMAN D. S., VAN RUIJVEN B. S., VAN VUUREN D. P., BIRKMANN J., KOK K., LEVY M. & SOLECKI W. (2017), "The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century", *Global Environmental Change* 42, pp. 169-180.
- ROGELJ J., POPP A., CALVIN K. V., LUDERER G., EMMERLING J., GERNAAT D., FUJIMORI S., STREFLER J., HASEGAWA T., MARANGONI G., KREY V., KRIEGLER E., RIAHI K., VAN VUUREN D. P., DOELMAN J., DROUET L., EDMONDS J., FRICKO O., HARMSSEN M., HAVLIK P., HUMPENÖDER F., STEHFEST E. & TAVONI M. (2018), "Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5°C", *Nature Climate Change* 8, pp. 325-332.
- VAN VUUREN D. P., EDMONDS J., KAINUMA M., RIAHI K., THOMSON A., HIBBARD K. *et al.* (2011), "The representative concentration pathways: an overview", *Climatic change* 109(1), pp. 5-31.