

Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2019

TEMPs CLIMAT EAU



ORGANISATION
MÉTÉOROLOGIQUE
MONDIALE

OMM-N° 1248

OMM-N° 1248

© Organisation météorologique mondiale, 2020

L'OMM se réserve le droit de publication en version imprimée ou électronique ou sous toute autre forme et dans n'importe quelle langue. De courts extraits des publications de l'OMM peuvent être reproduits sans autorisation, pour autant que la source complète soit clairement indiquée. La correspondance relative au contenu rédactionnel et les demandes de publication, reproduction ou traduction partielle ou totale de la présente publication doivent être adressées au:

Président du Comité des publications
Organisation météorologique mondiale (OMM)
7 bis, avenue de la Paix
Case postale 2300
CH-1211 Genève 2, Suisse

Tél.: +41 (0) 22 730 84 03
Fax: +41 (0) 22 730 81 17
Courriel: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-21248-1

Photo de couverture: Pompiers volontaires secourant des personnes et sauvant des exploitations agricoles des incendies à Bundaberg, Queensland (Australie).

NOTE

Les appellations employées dans les publications de l'OMM et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'Organisation météorologique mondiale, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de certaines sociétés ou de certains produits ne signifie pas que l'OMM les cautionne ou les recommande de préférence à d'autres sociétés ou produits de nature similaire dont il n'est pas fait mention ou qui ne font l'objet d'aucune publicité.

Les constatations, interprétations et conclusions exprimées dans les publications de l'OMM portant mention d'auteurs nommément désignés sont celles de leurs seuls auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'OMM et de ses Membres.

Table des matières

Avant-propos	3
Déclaration du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies	4
Principaux messages.	5
Indicateurs climatiques mondiaux	6
Température	6
Gaz à effet de serre et ozone	7
Océans	9
Cryosphère	14
Facteurs de variabilité climatique à court terme	17
Phénomènes à fort impact survenus en 2019.	18
Risques et impacts liés au climat	27
Des menaces croissantes pèsent sur la santé.	27
La variabilité du climat et les conditions météorologiques extrêmes continuent d'avoir un impact négatif sur la sécurité alimentaire et à provoquer des déplacements de population	29
Étude de cas: Des chocs climatiques extrêmes entraînent une dégradation de la sécurité alimentaire et des déplacements de population dans la région de la corne de l'Afrique en 2019	33
Références des jeux de données	35
Liste des contributeurs	39

Depuis 2016, les organismes des Nations Unies suivants ont grandement contribué à la Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial, à l'appui des politiques climatiques et de l'action pour le climat:

Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (COI/UNESCO),

Fonds monétaire international (FMI),

Organisation internationale pour les migrations (OIM),

Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED),

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE),

Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR),

Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes,

Organisation mondiale de la Santé (OMS).

Avant-propos



Les concentrations de gaz à effet de serre, en particulier de CO₂, ne cessent d'augmenter. L'année 2019 s'est terminée avec une température moyenne à l'échelle du globe supérieure de 1,1°C aux moyennes préindustrielles estimées, valeur qui se situe juste derrière le record établi en 2016. Sans l'influence du phénomène El Niño dans l'augmentation du réchauffement observé en 2016, 2019 aurait été une année record.

Si la température est l'un des indicateurs du réchauffement climatique observé, on constate aussi que le niveau des mers s'élève à un rythme croissant en raison du réchauffement accru des océans, en surface comme en profondeur, et de la fonte de plus en plus marquée des glaces du Groenland et des glaciers, ce qui expose les zones côtières et les îles à un risque plus élevé d'inondation et de submersion des basses terres.

En outre, en 2019, les vagues de chaleur, combinées à des épisodes de sécheresse prolongés, ont été associées à des incendies de forêt d'une ampleur sans précédent. Ce fut le cas en Australie, où des millions d'hectares ont brûlé, ainsi qu'en Sibérie et dans d'autres régions arctiques frappées par des feux de forêt d'une intensité record.

Outre ces phénomènes puissants, il y a eu aussi des dommages liés aux conditions météorologiques, tels que les effets des sécheresses pluriannuelles sur les migrations internes et transfrontières de populations, une plus grande exposition de la population mondiale aux risques sanitaires dus à la chaleur et à la pollution, et une baisse de la croissance économique, notamment dans les pays en développement, en raison de la hausse des températures et des phénomènes météorologiques extrêmes.

La présente déclaration montre que le changement climatique se fait déjà clairement sentir de diverses façons. Des efforts plus ambitieux doivent être déployés dans le domaine de l'atténuation des effets du changement climatique pour maintenir la hausse des températures à moins de 2 °C d'ici la fin du siècle.

L'Organisation météorologique mondiale continuera à suivre de près la variabilité du climat et les changements climatiques ainsi que leur impact. Un portail d'information est en train d'être mis en place afin que les indicateurs de l'état du climat puissent être surveillés.

Je tiens à remercier les nombreuses équipes d'experts en climatologie et autres disciplines, les Services météorologiques et hydrologiques nationaux, les centres mondiaux et régionaux de collecte et d'analyse des données climatiques et nos partenaires du système des Nations unies. Grâce à leur collaboration indéfectible, la Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial est devenue une publication phare qui fournit aux décideurs du monde entier des informations essentielles sur le climat.

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'P. Taalas'.

(P. Taalas)
Secrétaire général

Déclaration du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies



Le changement climatique est le défi fondamental de notre époque. Nous n'avons plus de temps à perdre si nous voulons éviter les pires conséquences du dérèglement climatique et protéger nos sociétés des conséquences inévitables à venir.

La science nous dit que, même si nous parvenons à limiter le réchauffement à 1,5 °C, nous serons confrontés à des risques considérablement accrus pour les systèmes naturels et humains. Pourtant, les données contenues dans la présente déclaration montrent que la température en 2019 était déjà supérieure de 1,1 °C aux valeurs préindustrielles. Les conséquences sont déjà visibles. Des inondations, des sécheresses et des tempêtes tropicales plus graves et plus fréquentes, des vagues de chaleur dangereuses et l'élévation du niveau des mers mettent déjà grandement en péril les vies et les moyens de subsistance sur toute la planète.

Nous sommes actuellement très loin de pouvoir nous en tenir aux 1,5 °C ou 2 °C prévus par l'Accord de Paris. Nous devons réduire les émissions de gaz à effet de serre de 45 % par rapport aux niveaux de 2010 d'ici 2030, et atteindre un niveau d'émissions nettes égales à zéro d'ici 2050. Et pour cela, nous avons besoin de volonté politique et de mesures urgentes, de manière à pouvoir prendre une nouvelle direction.

Cette déclaration présente les dernières données scientifiques et illustre l'impérieuse nécessité d'une action climatique de grande envergure. Elle rassemble des données provenant de tous les domaines de la science du climat et recense les impacts potentiels futurs du changement climatique – des conséquences sanitaires et économiques à la diminution de la sécurité alimentaire et à l'augmentation des déplacements.

Je vous invite tous – des responsables gouvernementaux aux représentants de la société civile, en passant par les dirigeants d'entreprise et les citoyens individuels – à tenir compte de ces faits et à agir sans délai pour juguler les pires effets du changement climatique. Nous devons être plus ambitieux en matière d'atténuation, d'adaptation et de financement, à temps pour la conférence sur le climat (COP26) qui se tiendra à Glasgow en novembre. C'est la seule façon de garantir un avenir plus sûr, plus prospère et plus durable à tous les habitants d'une planète saine.

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'António Guterres'.

(A. Guterres)
Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies

Principaux messages

Les fractions molaires des gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont atteint des niveaux record en 2018, avec $407,8 \pm 0,1$ parties par million (ppm) pour le dioxyde de carbone (CO_2), $1\,869 \pm 2$ parties par milliard (ppb) pour le méthane (CH_4), et $331,1 \pm 0,1$ ppb pour le protoxyde d'azote (N_2O). Ces valeurs représentent respectivement 147 %, 259 % et 123 % des niveaux préindustriels. Selon les premières indications disponibles, les niveaux ont continué d'augmenter pour les trois gaz – CO_2 , CH_4 et N_2O – en 2019.

Les océans absorbent environ 90 % de la chaleur emmagasinée dans le système terrestre sous l'effet de l'élévation des concentrations de gaz à effet de serre. Le contenu thermique de l'océan, qui traduit cette accumulation de chaleur, a atteint de nouveaux niveaux record en 2019.

À mesure qu'ils se réchauffent, les océans se dilatent et le niveau de la mer monte. Cette élévation est encore exacerbée par l'écoulement dans les océans de l'eau libérée par la fonte des glaces terrestres. Le niveau de la mer a augmenté depuis que l'on effectue des mesures altimétriques, mais le rythme de la hausse s'est récemment accéléré, notamment en raison de l'intensification de la fonte des nappes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique. En 2019, le niveau moyen de la mer a été le plus haut jamais constaté depuis le début des relevés altimétriques de haute précision (janvier 1993).

La température moyenne à la surface du globe en 2019 était supérieure de $1,1 \pm 0,1$ °C à celle de l'époque préindustrielle. 2019 est probablement la deuxième année la plus chaude jamais enregistrée depuis le début des relevés instrumentaux. Les cinq dernières années sont les cinq années les plus chaudes et la décennie 2010–2019 la décennie la plus chaude qu'ait connue notre planète. Depuis les années 1980, chaque décennie a été plus chaude que toutes celles qui se sont écoulées depuis 1850.

La surface des banquises arctique et antarctique a été réduite en 2019.

Le minimum saisonnier, en moyenne journalière, de la banquise arctique en septembre 2019 figure au deuxième rang des étendues minimales les plus faibles des relevés de satellites. L'Antarctique a connu des variations importantes au cours des dernières années, l'augmentation de l'étendue de la banquise à long terme ayant été contrebalancée par un recul marqué à la fin de 2016. Les étendues sont restées faibles depuis lors, et certains mois de 2019 ont connu des superficies minimales record.

Durant la décennie 2009–2018, les océans ont absorbé environ 23 % des émissions annuelles de CO_2 , modérant la hausse des concentrations de ce gaz dans l'atmosphère. Cependant, le CO_2 absorbé par les océans diminue leur pH, un phénomène connu sous le nom d'acidification de l'océan. Les observations faites en haute mer ces 20 à 30 dernières années ont clairement mis en évidence la diminution du pH moyen, qui a perdu entre 0,017 et 0,027 unité par décennie depuis la fin des années 1980.

Indicateurs climatiques mondiaux

Figure 1. Écart de la température annuelle moyenne à l'échelle du globe par rapport à la période préindustrielle (1850–1900). Les deux jeux de données de réanalyse (ERA5 et JRA-55) concordent avec les jeux de données *in situ* (HadCRUT, NOAA GlobalTemp et GISTEMP) pour la période 1981–2010.

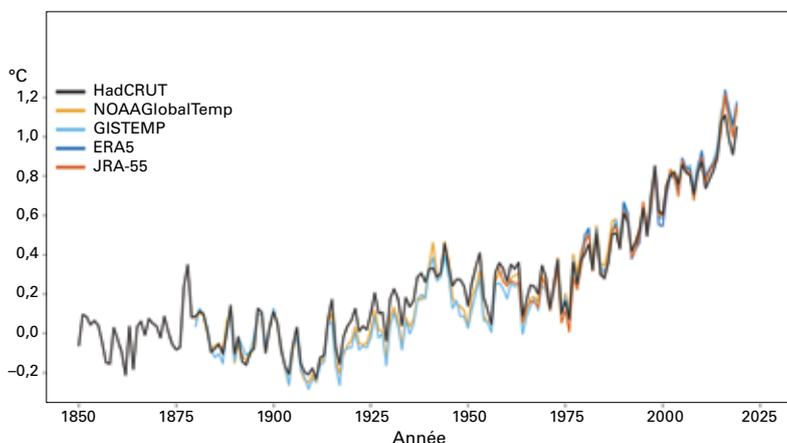
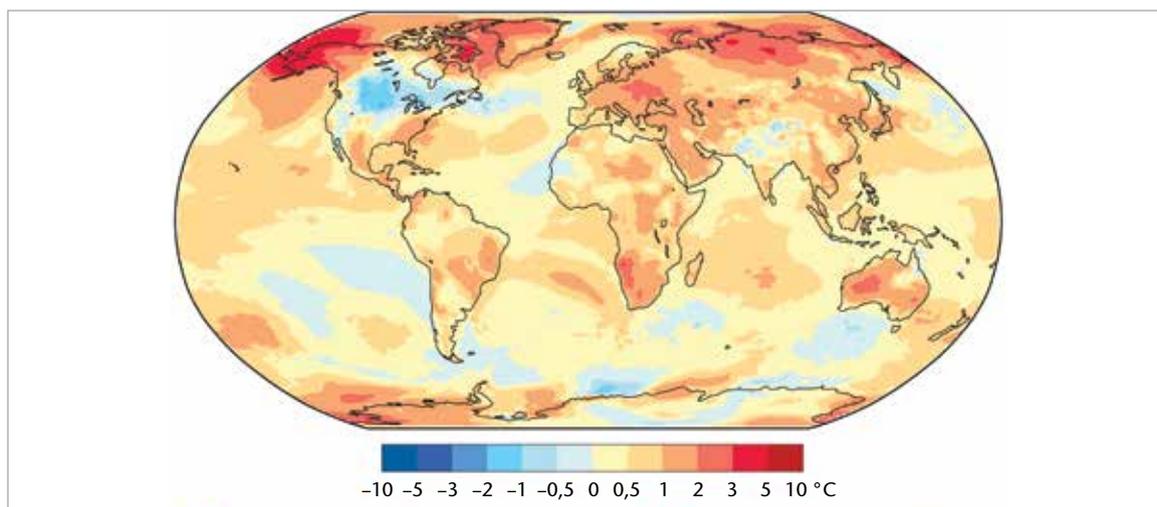


Figure 2. Anomalie de la température moyenne de l'air en surface en 2019, par rapport à la moyenne de la période 1981–2010. (Source: Données ERA5 du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT), Service Copernicus de surveillance du changement climatique)



Les indicateurs climatiques mondiaux dressent un vaste tableau de la modification du climat à l'échelle de la planète, qui ne se limite pas à l'évolution des températures. Ils livrent des informations importantes sur les aspects les plus pertinents du changement climatique, notamment la composition de l'atmosphère, les variations d'énergie liées à l'accumulation de gaz à effet de serre et à d'autres facteurs, et les réactions des terres, des océans et des glaces. Les principaux indicateurs climatiques mondiaux sont les suivants: température moyenne à la surface du globe, concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, contenu thermique de l'océan, niveau moyen de la mer, acidification de l'océan, étendue des glaces de mer et bilan de masse des glaciers et inlandsis.

TEMPÉRATURE

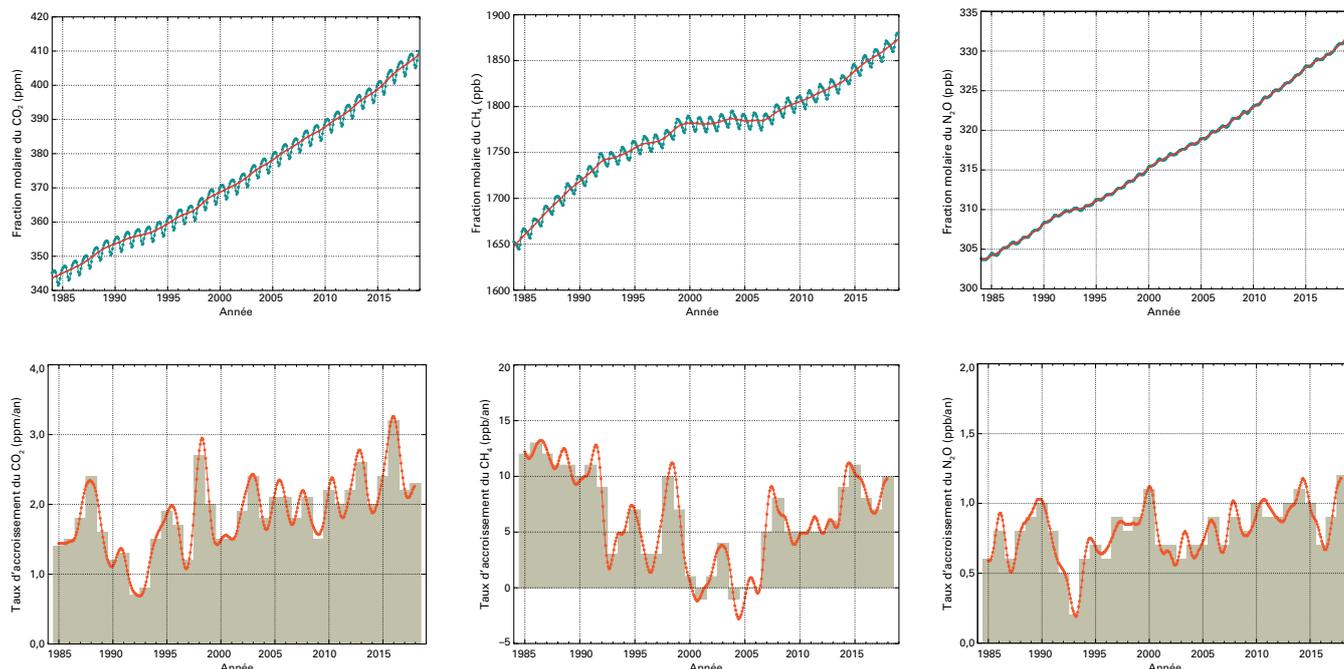
En 2019, la température moyenne de la planète a été supérieure d'environ $1,1 \pm 0,1$ °C à celle de la période de référence 1850-1900, utilisée comme approximation des niveaux préindustriels. 2019 devrait être la deuxième année la plus chaude jamais enregistrée. Sur les cinq jeux mondiaux de données de température utilisés par l'OMM pour calculer ses estimations¹ (figure 1), quatre placent l'année 2019 au deuxième rang, et un au troisième rang des années les plus chaudes. Les estimations obtenues à partir des cinq jeux s'échelonnent entre 1,05 °C et 1,18 °C.

Dans son rapport spécial sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) concluait qu'en 2017, le réchauffement d'origine humaine² avait atteint environ 1 °C (fourchette probable: 0,8 °C à 1,2 °C) par rapport aux niveaux préindustriels, soit une augmentation de 0,2 °C (fourchette probable: 0,1 °C à 0,3 °C) par décennie (degré de confiance élevé). Les données actualisées pour l'année 2019 confirment la poursuite du réchauffement de 0,1 à 0,3 °C par décennie.

L'année 2016, qui avait débuté avec un épisode El Niño d'une intensité exceptionnelle, demeure l'année la plus chaude jamais enregistrée. Il est possible que l'épisode El Niño de faible ampleur qui a prévalu durant la première moitié de 2019 ait modestement contribué aux températures élevées observées dans le monde en 2019, mais contrairement à ce qui s'était

¹ Ces cinq jeux de données comprennent trois jeux de données *in situ* – HadCRUT.4.6.0.0, du Centre Hadley du Service météorologique britannique et de la Section de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia; NOAA GlobalTemp v5, de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA); et GISTEMP v4, de l'Institut Goddard d'études spatiales (GISS) de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA) – et deux jeux de données de réanalyse – ERA5, produit par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT) pour le Service Copernicus de surveillance du changement climatique, et JRA-55, du Service météorologique japonais.

² Le réchauffement total correspond au changement de la température réelle, toutes causes confondues, tandis que le réchauffement d'origine humaine est la composante de ce réchauffement qui est causé par les activités humaines. Le réchauffement d'origine humaine est estimé à partir de: Haustein, K. et al., 2017: A real-time Global Warming Index. *Scientific Reports* 7, 15417, doi:10.1038/s41598-017-14828-5.



produit au début de 2016, il n’y a pas eu de hausse marquée de la température en début d’année.

Les cinq dernières années, 2015–2019, ont été les plus chaudes jamais enregistrées. Les dernières moyennes quinquennales (2015–2019) et décennales (2010–2019) sont également les plus chaudes jamais observées³. Depuis les années 1980, chaque décennie a été plus chaude que toutes celles qui se sont écoulées depuis 1850.

Si 2019 a incontestablement été une année chaude dans l’ensemble, les anomalies de température se sont manifestées de façon différente selon les régions. Sur la majorité des terres émergées, les températures ont été supérieures à la moyenne récente (1981–2010, figure 2). En Afrique, 2019 a été l’une des trois années les plus chaudes jamais enregistrées depuis au moins 1950. Les moyennes des autres continents placent également 2019 parmi les trois années les plus chaudes, sauf en Amérique du Nord, où 2019 occupe le 14^e rang des années les plus chaudes en regard des valeurs nominales. Aux États-Unis, l’État de l’Alaska a connu une année exceptionnellement chaude. En 2019, la température a été notablement élevée dans de vastes portions de l’Arctique, en Europe centrale et orientale, en Afrique australe, en Asie du Sud-Est continentale, dans certaines régions de l’Australie (qui a connu son année la plus chaude et la plus sèche jamais enregistrée), en Asie du Nord-Est et dans certaines parties du Brésil. En dehors de l’Amérique du Nord, les températures n’ont été inférieures à la moyenne que sur des étendues limitées de terres émergées.

GAZ À EFFET DE SERRE ET OZONE

Les fractions molaires moyennées à l’échelle du globe pour les gaz à effet de serre sont calculées à partir des données d’observation recueillies sur divers sites dans le cadre du Programme de la Veille de l’atmosphère globale (VAG) de l’OMM. Ces données sont fournies par le Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre, hébergé par le Service météorologique japonais⁴. L’année 1750 est utilisée comme année de référence représentative de la situation préindustrielle.

Les gaz à effet de serre, dont la teneur dans l’atmosphère ne cesse d’augmenter, sont l’un des principaux facteurs du changement climatique. Les concentrations de ces gaz dans l’atmosphère représentent le bilan des sources (y compris les émissions) et des puits. La teneur de l’atmosphère en CO₂ représente le bilan des émissions dues aux activités humaines et de l’absorption du CO₂ par la biosphère et les océans.

En 2018, les fractions molaires de gaz à effet de serre ont atteint de nouveaux sommets, la fraction molaire moyennée à l’échelle du globe s’établissant à $407,8 \pm 0,1$ ppm pour le CO₂, $1\ 869 \pm 2$ ppb pour le CH₄ et $331,1 \pm 0,1$ ppb pour le N₂O (figure 3). L’accroissement annuel des concentrations des trois principaux gaz à effet de serre a dépassé l’accroissement enregistré au cours de l’année précédente, ainsi que l’augmentation moyenne sur la dernière décennie. Les fractions molaires moyennées à l’échelle du globe en 2018 représentaient

Figure 3. En haut: fractions molaires (mesure de la concentration) moyennées à l’échelle du globe du CO₂ (en parties par million, à gauche), du CH₄ (en parties par milliard, au centre) et du N₂O (en parties par milliard, à droite), de 1984 à 2018. La ligne rouge correspond à la moyenne mensuelle de la fraction molaire, après élimination des variations saisonnières; les points et la ligne en bleu indiquent les moyennes mensuelles. En bas: taux d’accroissement représentant la hausse des moyennes annuelles successives des fractions molaires du CO₂ (en parties par million par année, à gauche), du CH₄ (en parties par milliard par année, au centre) et du N₂O (en parties par milliard par année, à droite) (Source: Veille de l’atmosphère globale, OMM).

³ Pour des périodes de cinq et dix ans qui ne se recoupent pas.

⁴ <https://gaw.kishou.go.jp/>

respectivement 147 %, 259 % et 123 % des niveaux préindustriels (de 1750). Les moyennes mondiales pour 2019 ne seront disponibles qu'à la fin de 2020, mais selon les données obtenues en temps réel pour certains sites, notamment Mauna Loa (Hawaï) et Cape Grim (Tasmanie), les concentrations de CO₂, CH₄ et N₂O ont continué d'augmenter en 2019.

Selon le Rapport spécial sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C du GIEC, pour limiter le réchauffement à 1,5 °C par rapport aux valeurs préindustrielles, il faudrait ramener à zéro les émissions nettes de CO₂ à l'échelle du globe aux alentours de 2050, tout en procédant à d'importantes réductions des émissions d'autres agents de forçage, en particulier le méthane.

BILAN CARBONE

L'évaluation précise des émissions anthropiques de CO₂ et de leur redistribution dans l'atmosphère, les océans et la biosphère terrestre – le «bilan mondial du carbone»⁵ – nous aide à mieux comprendre le cycle global du carbone, facilite l'élaboration des politiques climatiques et améliore les projections concernant l'évolution future du climat.

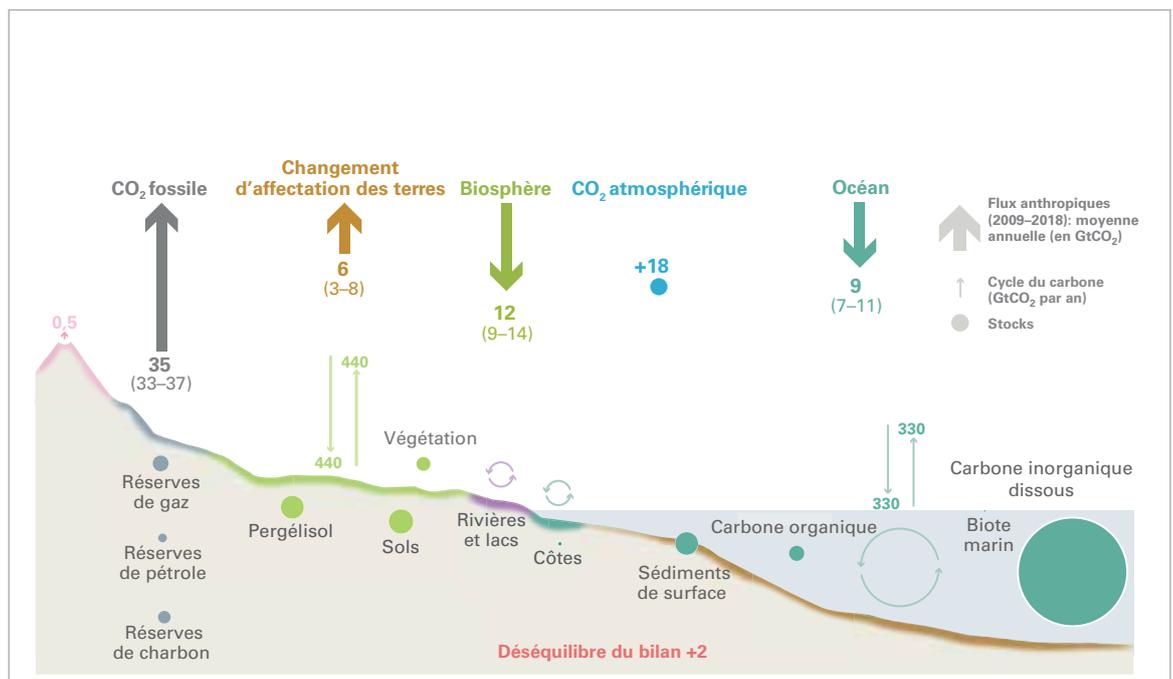
Les émissions de CO₂ fossile ont augmenté régulièrement depuis deux cents ans, avec de légères baisses de courte durée correspondant seulement aux périodes de fort ralentissement de l'économie mondiale, telles que les récessions ou les chocs pétroliers. Entre 2009 et 2018, période pour

laquelle des données complètes sont disponibles, les émissions mondiales de CO₂ fossile se sont chiffrées à 34,7 ± 1,8 milliards de tonnes par an en moyenne; elles ont crû à un rythme moyen de 0,9 % par an durant cette décennie pour atteindre en 2018 un niveau record de 36,6 milliards de tonnes. Les émissions de CO₂ résultant des changements d'affectation des terres ont atteint 5,5 ± 2,6 milliards de tonnes au cours de cette période, sans qu'une tendance claire se dessine (figure 4).

Entre 2009 et 2018, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté, de même que son taux d'accroissement, et les puits de CO₂ terrestres et océaniques ont continué de croître en réponse à l'élévation de la teneur de l'atmosphère en CO₂. Les puits de CO₂ terrestres et océaniques absorbent 45 % environ de l'ensemble des émissions anthropiques de CO₂.

Selon les projections préliminaires des émissions mondiales de CO₂ fossile établies à partir des données relatives aux trois premiers trimestres de 2019, l'accroissement de ces émissions devrait s'établir à +0,6 % en 2019, avec une fourchette comprise entre -0,2 % et +1,5 % qui laisse envisager la possibilité d'une croissance nulle, voire d'un léger recul des émissions par rapport à 2018. Compte tenu des émissions dues aux feux dans les zones de déforestation, les émissions résultant des changements d'affectation des terres en 2019 ont dépassé la moyenne de 2009–2018. Aiguillonné par la hausse des émissions de CO₂, le taux

Figure 4. Bilan de la perturbation anthropique du cycle global du carbone, en moyenne mondiale pour la décennie 2009–2018. La perturbation anthropique se surajoute au cycle naturel du carbone, les flux et les stocks étant représentés par des flèches et des cercles plus fins. Le déséquilibre entre les émissions totales et les puits totaux peut être dû aux lacunes des données, au modèle utilisé ou à notre compréhension du cycle du carbone (Sources: Global Carbon Project, <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>; Friedlingstein et al. 2019).



⁵ Friedlingstein P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data*, 11, 1783-1838, <https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/>.

d'accroissement du CO₂ atmosphérique a atteint 19,1 ± 3,3 milliards de tonnes en 2019, ce qui est supérieur à la moyenne de 2009–2018. D'après les estimations préliminaires, les puits de CO₂ océaniques et terrestres s'établissaient en 2019 à 9,5 et 14,3 milliards de tonnes respectivement, soit au-dessus des moyennes décennales correspondantes.

OZONE STRATOSPHERIQUE ET GAZ NOCIFIS POUR L'OZONE

Grâce au succès du Protocole de Montréal, les halons et les chlorofluorocarbones (CFC) ne sont officiellement plus utilisés. On continue de mesurer leur présence dans l'atmosphère pour comprendre les effets qu'ils produisent sur la couche d'ozone dans la durée et pouvoir détecter d'éventuels changements inattendus. Des études récentes indiquent que le CFC-11 diminue moins dans l'atmosphère depuis 2012⁶, un phénomène qu'elles mettent au compte de la hausse des émissions mondiales, due en partie aux émissions des pays d'Asie de l'Est. Du fait de leur longue durée de vie atmosphérique, ces composés resteront présents dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies. Même en l'absence de nouvelles émissions, la quantité de chlore et de brome qui subsiste dans l'atmosphère est plus que suffisante pour détruire complètement l'ozone à certaines altitudes au-dessus de l'Antarctique entre août et décembre. Par conséquent, un trou continue d'apparaître chaque printemps dans la couche d'ozone, sa taille et sa profondeur variant d'année en année, principalement en fonction des conditions météorologiques.

En 2019, le trou dans la couche d'ozone s'est formé relativement tôt et a continué à grandir jusqu'à ce qu'un réchauffement stratosphérique soudain, en septembre, inhibe le processus de destruction de l'ozone. Il en a résulté un trou d'ozone plus petit et plus faible que la normale. L'étendue de la zone appauvrie en ozone a été inférieure à la normale, et la concentration minimale d'ozone est restée au-dessus de la normale jusqu'au début du mois de novembre pour commencer à augmenter plusieurs semaines plus tôt qu'à l'accoutumé. Le trou dans la couche d'ozone a atteint son étendue maximale – 16,4 millions de km² – le 8 septembre. À titre de comparaison, le trou d'ozone a atteint 29,9 millions de km² le 9 septembre 2000 et 29,6 millions de km² le 24 septembre 2006 d'après les estimations de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA) (figure 5).

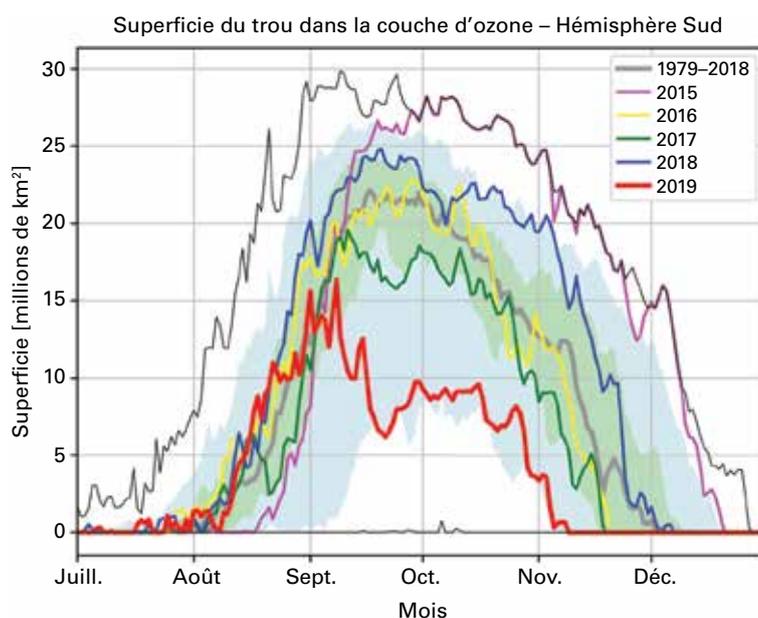


Figure 5. Étendue (en millions de km²) de la surface où la colonne totale d'ozone est inférieure à 220 unités Dobson. L'année 2019 est indiquée en rouge. Les années les plus récentes sont indiquées à des fins de comparaison. La courbe épaisse grise correspond à la moyenne de la période 1979–2018. La zone ombrée en bleu représente les valeurs comprises entre le 30^e et le 70^e centile, et la zone ombrée en vert les valeurs comprises entre le 10^e et le 90^e centile pour la période 1979–2018. Le trait fin noir indique les valeurs maximales et minimales quotidiennes pendant la période 1979–2018. Graphique élaboré par l'OMM sur la base des données téléchargées depuis le site Ozone Watch de la NASA (<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). Ces données sont fondées sur des observations satellites des instruments OMI et TOMS.

Océans

Les océans sont un élément important du système terrestre. Le contenu thermique de l'océan représentant une part élevée de la chaleur qui s'accumule dans le système climatique, son taux de variation donne une mesure du réchauffement de la planète. Combinée à la fonte des glaces terrestres, la dilatation thermique due au réchauffement de l'océan entraîne une élévation du niveau de la mer, ce qui affecte les zones côtières. L'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère modifie la chimie de l'océan et altère son pH.

CONTENU THERMIQUE DE L'OcéAN

En tant qu'il traduit l'accumulation de chaleur dans le système terrestre, le contenu thermique de l'océan est un indicateur fondamental du changement climatique. Les modifications de la composition de l'atmosphère dues aux activités humaines entraînent un déséquilibre radiatif au sommet de l'atmosphère (le «déséquilibre énergétique de la Terre»), responsable du réchauffement de la planète⁷. Eu égard à leur grande capacité thermique, les océans absorbent la majeure partie (~90 %) de cette chaleur accumulée.

Il s'ensuit un réchauffement des océans, qui a un large impact sur le système climatique terrestre. Par exemple, l'augmentation du contenu thermique de l'océan contribue à hauteur de plus de 30 % à l'élévation observée du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale, par le biais de la dilatation thermique des eaux marines⁸. Le réchauffement

⁶ Montzka, S. A. et al., 2018: An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC 11. *Nature*, 557:413–417, doi:10.1038/s41586-018-0106-2.

⁷ Hansen, J. et al., 2011 : Earth's energy imbalance and implications. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 13 421–13 449.

⁸ Groupe sur le bilan du niveau de la mer relevant du Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC), 2018: Global sea-level budget 1993–present. *Earth System Science Data*, 10, 1551–1590, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018>.

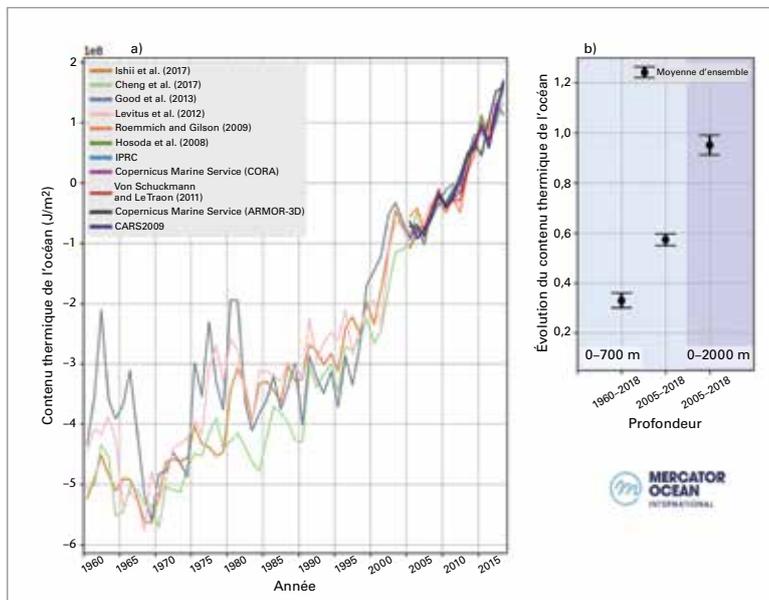


Figure 6. a) Contenu thermique de l'océan moyenné à l'échelle quasi-mondiale (60° S-60° N) au cours de la période 1960–2018, calculé à partir de différentes mesures de la température en dessous de la surface de la mer. Les mesures Argo ont été superposées à partir de l'année 2005, comme indiqué dans la légende²²; b) Taux de variation de la moyenne d'ensemble des séries chronologiques du contenu thermique de l'océan indiquées en a), ainsi que sa propagation d'ensemble. Ces taux sont les suivants: $0,3 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$ (0–700 m, 1960–2018), $0,6 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$ (0–700 m, 2005–2018), $1,0 \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$ (0–2 000 m, 2005–2018).

de l'océan modifie les courants océaniques^{9,10} et, indirectement, les trajectoires des tempêtes^{11,12}. Il a également d'amples répercussions sur la cryosphère à l'échelle du globe, contribuant à la diminution des barrières de glace flottantes et au retrait des banquises^{13,14,15,16}. Il accentue la stratification océanique et, conjugué à l'acidification et à la désoxygénation des eaux, pourrait entraîner des changements radicaux dans les assemblages écosystémiques, la biodiversité, l'extinction de populations, le blanchissement des coraux et les

maladies infectieuses, ainsi que des changements de comportements (y compris reproducteurs) et une redistribution des habitats^{17,18,19}.

Dans les années 1940, la plupart des relevés historiques étaient effectués au moyen d'appareils embarqués à bord des navires, limitant la possibilité de recueillir des observations de la température sous la surface de la mer à l'échelle de toute la planète et des observations de la température en profondeur²⁰. Par conséquent, les estimations du contenu thermique de l'océan à l'échelle du globe se cantonnent souvent à la période commençant aux années 1960 et à une intégration verticale de la surface à 700 mètres de profondeur. Suite au déploiement du réseau Argo de flotteurs profilants autonomes, qui a atteint son objectif de couverture en 2006, il est désormais possible de mesurer régulièrement les variations du contenu thermique de l'océan jusqu'à 2 000 m de profondeur²¹ (figure 6).

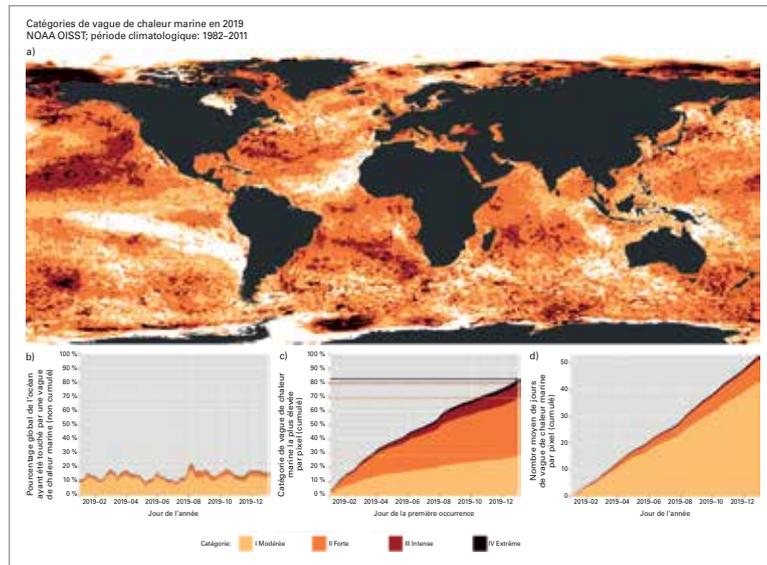
En 2019, le contenu thermique des 700 premiers mètres (série de mesures débutant dans les années 1950) et des 2 000 premiers mètres (série de mesures débutant en 2006) de l'océan a continué à augmenter pour atteindre des niveaux record ou quasi-record, les moyennes de l'année dépassant les derniers pics historiques atteints en 2018. Au cours du dernier quart de la décennie, et par rapport aux mesures de l'absorption de chaleur effectuées depuis 1960, le gain de chaleur océanique a augmenté dans la couche supérieure (0–700 mètres), et une certaine quantité de chaleur a été piégée dans les couches plus profondes (0–2 000 mètres).

- ⁹ Hoegh-Guldberg, O. et al., 2018: Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems. In: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2018 : *Réchauffement planétaire de 1,5 °C* (sous la direction de Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor et T. Waterfield). Genève.
- ¹⁰ Rhein, M. et al., 2018: Greenland submarine meltwater observed in the Labrador and Irminger Seas. *Geophysical Research Letters*, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL079110>.
- ¹¹ Yang, H. et al., 2016: Intensification and poleward shift of subtropical western boundary currents in a warming climate. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 4928–4945, doi:10.1002/2015JC011513.
- ¹² Woollings, T. et al., 2012: Response of the North Atlantic storm track to climate change shaped by ocean - atmosphere coupling. *Nature Geoscience*, mai 2012, doi: 10.1038/NCEO1438.
- ¹³ Shi, J. R. et al., 2018: Evolving relative importance of the Southern Ocean and North Atlantic in anthropogenic ocean heat uptake. *Journal of Climate*, 31, 7459–7479, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0170.1>.
- ¹⁴ Polyakov, I. V. et al., 2017: Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian basin of the Arctic ocean. *Science*, 356, 285–291, doi: 10.1126/science.aai8204.
- ¹⁵ Straneo, F. et al., 2019: The case for a sustained Greenland Ice sheet - Ocean Observing System (GrIOOS). *Frontiers in Marine Science*, 6, 138, doi: 10.3389/fmars.2019.00138.
- ¹⁶ Shepherd, A. et al., 2018: Trends and connections across the Antarctic cryosphere. *Nature*, 558(7709), pp. 223–232, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0171-6>.
- ¹⁷ Gattuso, J.-P. et al., 2015: Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, 349, 6243, doi: 10.1126/science.aac4722.
- ¹⁸ Molinos, J.G. et al., 2016: Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change*, 6, <https://doi.org/10.1038/nclimate2769>.
- ¹⁹ Ramirez, F. et al., 2017: Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Science Advances*, 3(2), doi: 10.1126/sciadv.1601198.
- ²⁰ Abraham, J. P. et al., 2013: A review of global ocean temperature observations: implications for ocean heat content estimates and climate change. *Review of Geophysics*, 51, 450–483, doi: 10.1002/rog.20022.
- ²¹ Riser, S. et al., 2016: Fifteen years of ocean observations with the global Argo array. *Nature Climate Change*, 6, 145–153, <https://doi.org/10.1038/nclimate2872>.
- ²² Vous trouverez plus d'informations sur les différents produits de données utilisés dans les références mentionnées dans la légende; pour CARS2009, de plus amples informations sont disponibles sur <http://www.marine.csiro.au/~dunn/cars2009/>, pour le Centre international de recherche du Pacifique (CIPIR) sur <http://apdr.c.soest.hawaii.edu/projects/argo/>, et pour le Service Copernicus de surveillance du milieu marin sur <http://marine.copernicus.eu/>.

VAGUES DE CHALEUR MARINES

Comme les terres émergées, les eaux océaniques proches de la surface peuvent subir des vagues de chaleur extrêmes qui produisent toute une série d'impacts sur la faune et la flore marines et les communautés qui en sont tributaires. Les données satellitaires sur la température de surface de la mer peuvent être utilisées pour la surveillance des vagues de chaleur marines, lesquelles sont classées comme suit: modérées lorsque la température de surface de la mer est supérieure au 90^e centile de la distribution climatologique pendant cinq jours ou plus²³; fortes si la différence par rapport à la normale est plus de deux fois supérieure à celle entre le 90^e centile et la normale; intenses si l'écart par rapport à la normale est plus de trois fois supérieur, et extrêmes si cet écart est plus de quatre fois supérieur.

Pour 2019 (figure 7), le nombre de jours de canicule marine moyenné sur la totalité de la surface des océans s'est établi à environ 55 jours par pixel, ce qui représente près de 2 mois de températures anormalement élevées. Une plus grande proportion de la surface océanique a été touchée par une vague de chaleur forte (41 %) que par une vague de chaleur modérée (29 %), tandis que 84 % de la surface océanique a connu au moins une canicule. Dans de vastes zones du Pacifique Nord-Est, les vagues de chaleur marines ont atteint la catégorie «intense». Entre 2014 et 2016, la température de surface de la mer dans cette région a aussi été anormalement élevée, et l'on a donné à cette masse d'eau plus chaude que la moyenne le surnom de «blob»^{24,25}. Une autre zone qui retient l'attention est la Mer de Tasman qui a connu toute une série de vagues de chaleur marines lors des étés 2015/16²⁶, 2017/18²⁷ puis 2018/19. À la fin de 2019, une canicule marine extrême s'est abattue à l'est de la Nouvelle-Zélande. Entre 2011 et 2017, les vagues de chaleur marines et les inondations, entre autres phénomènes climatiques, ont entraîné une mortalité élevée parmi les organismes marins essentiels exerçant des fonctions d'habitat sur plus de 45 % du littoral de l'Australie continentale²⁸.



NIVEAU DE LA MER

Le niveau de la mer a continué à augmenter en 2019 (figure 8, à gauche), le niveau moyen à l'échelle du globe atteignant sa valeur la plus élevée depuis le début des relevés altimétriques de haute précision (janvier 1993). Le rythme d'élévation a été de $3,24 \pm 0,3$ mm par an en moyenne durant ces 27 années selon les estimations, mais il s'est accéléré au fil du temps. Le taux accru de perte de masse glaciaire des inlandsis est la cause principale de cette accélération⁸, qui s'ajoute à l'élévation régulière des niveaux due à l'expansion thermique des océans.

La variabilité interannuelle (figure 8, à droite) de la hausse du niveau de la mer résulte principalement du phénomène El Niño/Oscillation australe (ENSO, voir également ci-après la section **Facteurs de variabilité climatique à court terme**). Au cours d'un épisode El Niño, les eaux des bassins versants tropicaux sont transférées dans l'océan sous l'effet de la modification des régimes pluviométriques et du ruissellement (comme cela a été le cas en 1997,

Figure 7. a) Planisphère montrant la catégorie de vague de chaleur marine la plus élevée enregistrée à chaque pixel durant l'année. Estimations réalisées avec le jeu de données OISST v2 de la NOAA (période de référence: 1982–2011). Les parties en blanc correspondent aux pixels où aucune vague de chaleur marine n'a été observée pendant l'année. b) Diagramme à barres indiquant le pourcentage de pixels océaniques ayant été touchés par une vague de chaleur marine lors d'un jour quelconque de l'année. c) Diagramme à barres indiquant le pourcentage cumulé de la surface océanique ayant connu une vague de chaleur marine au cours de l'année²⁹. Les lignes horizontales indiquent les pourcentages finals pour chaque catégorie de vague de chaleur. d) Diagramme à barres montrant le nombre cumulé de jours de vague de chaleur marine, moyenné sur tous les pixels océaniques³⁰ (Source: Robert Schlegel, Woods Hole).

²³ Hobday, A. J. et al., 2018: Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

²⁴ Gentemann, C. L. et al., 2017: Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*, 44, 312–319, doi:10.1002/2016GL071039.

²⁵ Di Lorenzo, E. et N. Mantua, 2016: Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nature Climate Change*, 6(11), p.1042, doi: 10.1038/nclimate3082.

²⁶ Oliver, E. C. et al., 2017. The unprecedented 2015/16 Tasman Sea marine heatwave. *Nature communications*, 8, p.16101, doi: 10.1038/ncomms16101.

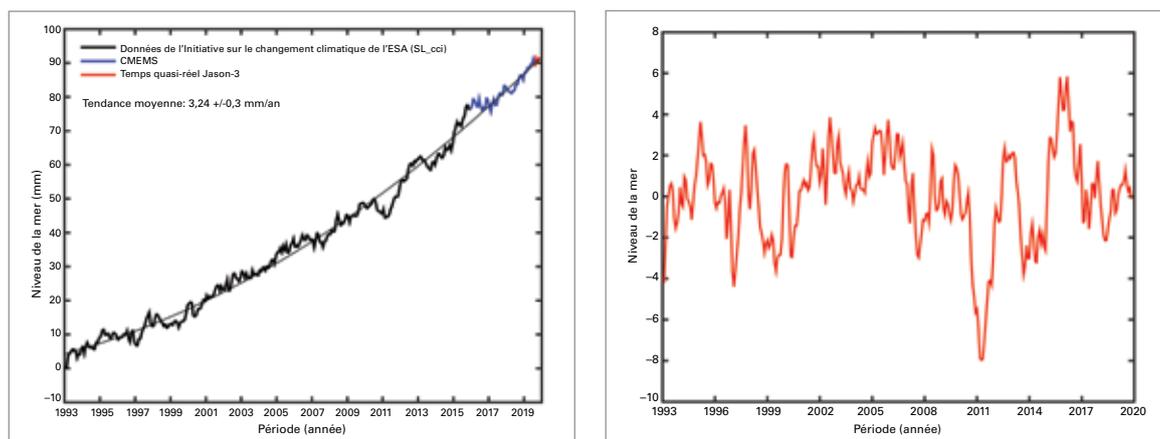
²⁷ Perkins-Kirkpatrick, S. E. et al., 2019: The role of natural variability and anthropogenic climate change in the 2017/18 Tasman Sea marine heatwave. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1), pp. S105–S110, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0116.1>.

²⁸ Babcock, R. C. et al., 2019: Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: Extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45% of Australia's coast. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00411>.

²⁹ Pour calculer ces valeurs, on se réfère à la date de l'année à laquelle un pixel a enregistré pour la première fois sa vague de chaleur de catégorie la plus élevée. Par conséquent, aucun pixel n'est comptabilisé plus d'une fois.

³⁰ Cette valeur est obtenue en calculant le nombre cumulé de jours de canicule marine par pixel pour l'ensemble de l'océan, puis en le divisant par le nombre de pixels océaniques (~690 000).

Figure 8. À gauche: évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe entre janvier 1993 et décembre 2019, d'après les relevés altimétriques de haute précision. La fine ligne noire est une fonction quadratique qui correspond le mieux aux données. Les données du Service Copernicus de surveillance du milieu marin (CMEMS) commencent en janvier 2016 et celles issues du satellite Jason-3 de l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT) en octobre 2019. À droite: niveau moyen de la mer à l'échelle du globe au cours de la même période après élimination de la tendance (différence entre la fonction lisse quadratique et les valeurs mesurées figurant dans le volet gauche).

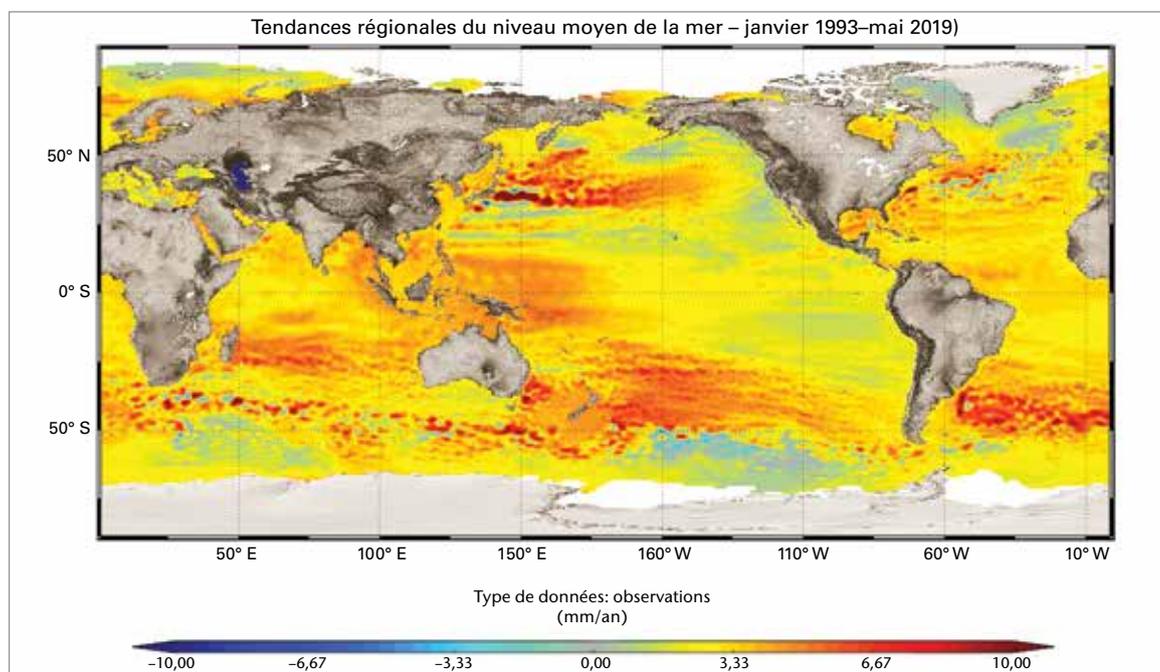


2012 et 2015). Avec La Niña, c'est l'inverse qui se produit: l'eau est transférée de l'océan vers les terres (comme en 2011)³¹.

L'élévation du niveau de la mer varie d'une région à l'autre. La figure 9 illustre l'évolution spatiale de ce phénomène de janvier 1993 à mai 2019. Les tendances régionales les plus marquées dans l'hémisphère Sud concernent l'est de Madagascar dans l'océan Indien, l'est de la Nouvelle-Zélande dans l'océan Pacifique et l'est du Rio de la Plata et de l'Amérique du Sud dans l'Atlantique Sud. Dans l'hémisphère Nord, on

distingue également une forme allongée s'étirant vers l'est dans le Pacifique Nord. La tendance marquée mise en évidence dans l'ouest du Pacifique tropical au cours des deux premières décennies de relevés altimétriques est en train de s'estomper, donnant à penser qu'il ne s'agissait pas d'un signal de long terme. Le manque d'uniformité des tendances du niveau de la mer s'explique en majeure partie par les variations géographiques du contenu thermique de l'océan^{32,33} mais dépend également des processus qui s'opèrent dans l'atmosphère, la géosphère et la cryosphère.

Figure 9. Variabilité régionale des tendances du niveau de la mer, 1993–2019, d'après les données d'altimétrie satellitaire (Source: Copernicus/Collecte Localisation Satellites (CLS)/Centre national d'études spatiales (CNES)/Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS)).



³¹ Fasullo, J. T. et al., 2013: Australia's unique influence on global sea level in 2010–2011. *Geophysical Research Letters*, 40, 4368–4373, doi:10.1002/grl.50834.

³² Church, J. A. et al., 2013: Sea Level Change. In: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: *Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (sous la direction de Stocker, T. F. et al.). Cambridge et New York, Cambridge University Press.

³³ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2019: *Rapport spécial du GIEC sur les océans et la cryosphère dans le contexte du changement climatique* (sous la direction de H. O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama et N. Weyer). In Press.

ACIDIFICATION DES OCÉANS

Au cours de la décennie 2009–2018, les océans ont absorbé environ 23 % des émissions annuelles de CO_2 ³⁴, contribuant à atténuer les effets du changement climatique. Cependant, l'augmentation de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère modifie la chimie de l'océan, dans la mesure où le CO_2 réagit avec l'eau de mer, dont il abaisse le pH et donc augmente l'acidité. Ce processus s'appelle l'acidification de l'océan. La modification du pH est liée à d'autres changements dans la chimie des carbonates, qui altèrent la capacité de calcification de certains organismes marins tels que les moules, les crustacés et les coraux. Ces changements combinés nuisent à la faune et la flore marines, réduisant leur potentiel de croissance et de reproduction. Les observations faites en haute mer ces 20 à 30 dernières années ont clairement mis en évidence la diminution du pH moyen. Ainsi le pH moyen des océans en surface a-t-il perdu entre 0,017 et 0,027 unité par décennie depuis la fin des années 1980.

Dans les eaux côtières, les modifications de la chimie des carbonates imputables à l'acidification anthropique de l'océan sont plus difficiles à déceler

en raison de la complexité du milieu ambiant et de la diversité des facteurs qui l'influencent. Ces changements ont un impact sur les services océaniques centrés sur le littoral, qui apportent une contribution importante au bien-être des populations, tels la pêche et l'aquaculture, le tourisme et les loisirs. Des données récentes de surveillance du pH de l'océan Austral autour de la Nouvelle-Zélande font apparaître une saisonnalité et une variabilité marquées du pH (figure 10), soulignant la nécessité de recueillir des données d'observation continues à haute résolution spatio-temporelle, portant sur de longues périodes.

DÉSOXYGÉNATION

Tant les observations que les modèles numériques montrent que l'oxygène diminue en haute mer et dans les eaux côtières, y compris dans les estuaires et les mers semi-fermées. Depuis le milieu du siècle dernier, la teneur en oxygène de l'océan à l'échelle du globe aurait, selon les estimations, baissé de 1 % à 2 % (soit de 2,4–4,8 Pmol ou 77 milliards–145 milliards de tonnes)^{35,36}. Les observations effectuées à 200 m de profondeur montrent néanmoins que le rythme de variation diffère d'un bassin océanique à l'autre,

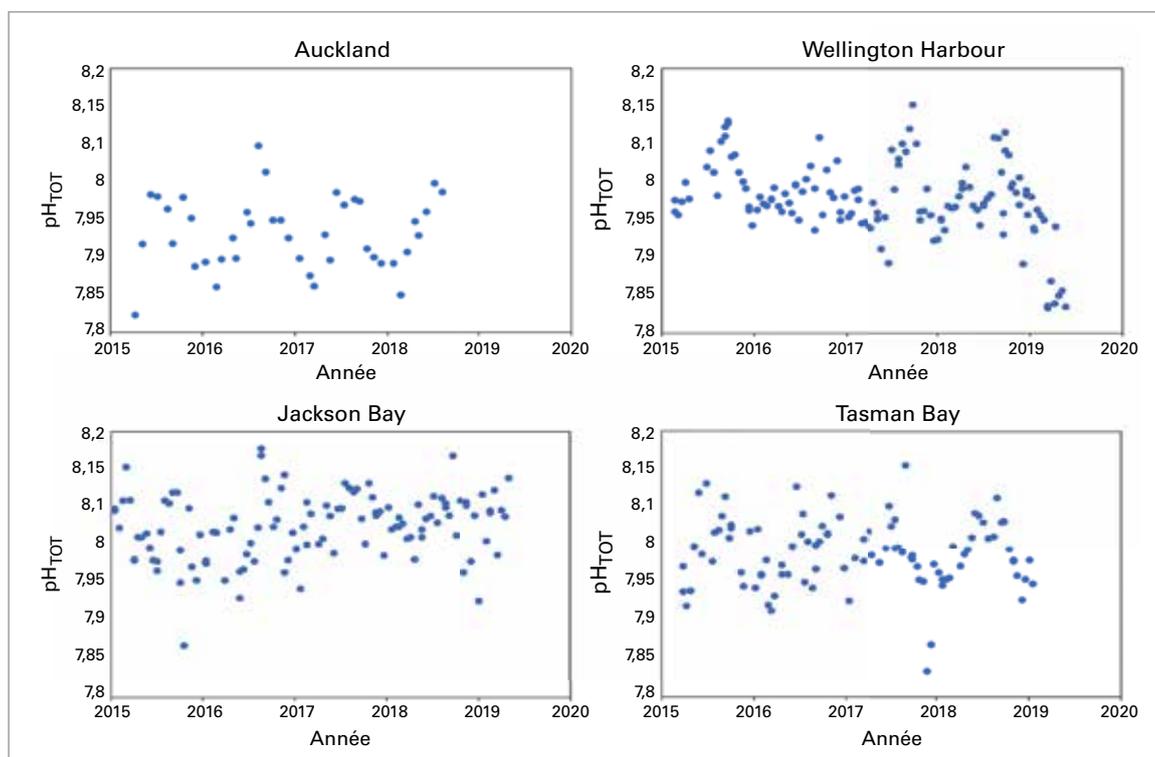


Figure 10. Mesures de pH sur quatre sites en Nouvelle-Zélande, couvrant quatre à cinq ans d'observations. Rangée du haut: sites urbanisés à Auckland et Wellington. Rangée du bas: un site sur une côte ouverte (Jackson Bay) et un site dans une baie (Tasman Bay). Les schémas saisonniers et la variabilité entre les mesures de pH apparaissent clairement (Crédit: Kim Currie, Institut national de recherche sur l'eau et l'atmosphère (NIWA)).

³⁴ Organisation météorologique mondiale (OMM), 2019: *Bulletin de l'OMM sur les gaz à effet de serre: Bilan des gaz à effet de serre dans l'atmosphère d'après les observations effectuées à l'échelle du globe en 2018*, https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10119.

³⁵ Bopp, L. et al., 2013: Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, 10:6225–6245, <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.

³⁶ Schmidtko, S. et al., 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, 542:335–339, doi:10.1038/nature21399.

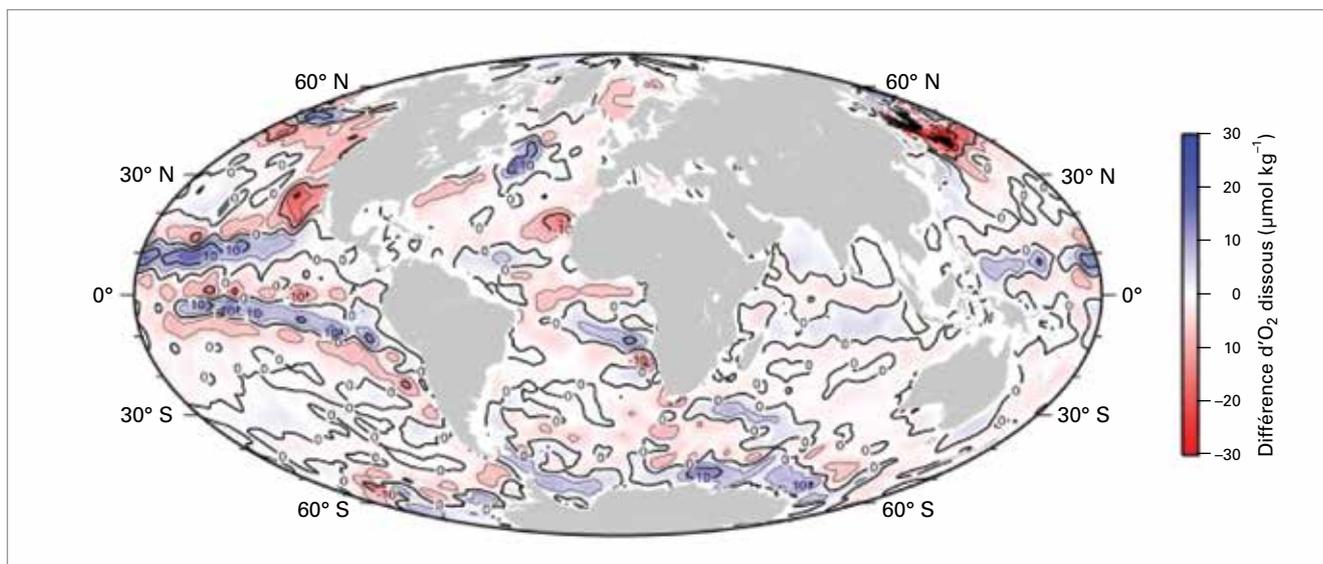


Figure 11. Différence d'oxygène dissous entre 2000–2018 et 1970–2018, calculée à partir de mesures *in situ* à une profondeur de 200 m (données de bouteilles), d'après l'Atlas de l'Océan mondial 2018 (Garcia et al., 2018).

les océans de l'hémisphère Nord étant ceux où la teneur en oxygène dissous a le plus diminué ces dernières décennies (figure 11).

Les projections tablent sur une expansion de la zone de minimum d'oxygène ($< 80 \mu\text{mol kg}^{-1}$) de 7 % entre la période préindustrielle et 2100, ce qui ne sera pas sans conséquences pour la diversité, la composition, l'abondance et la répartition de la faune et la flore marines. De nouvelles études montrent qu'outre le réchauffement et l'acidification des océans, leur désoxygénation représente une grave menace pour les écosystèmes océaniques et le bien-être humain. Il est maintenant acquis que même les récifs coralliens sont vulnérables face à une baisse de grande ampleur de l'oxygénation³⁷.

CRYOSPHERE

La cryosphère englobe les précipitations solides, le manteau neigeux, les glaces de mer, de lac et de rivière, les glaciers, les calottes glaciaires, les inlandsis et les sols gelés de façon permanente ou saisonnière. Bien qu'elle livre de précieuses informations sur le changement climatique, la cryosphère est l'un des domaines les moins explorés du système terrestre. Beaucoup de ses composantes se mesurent en surface, mais le réseau d'observation est généralement peu dense. Si certains paramètres, comme l'étendue des glaces de mer, sont mesurés depuis l'espace depuis de

nombreuses années, ce n'est pas le cas d'autres composantes, pour lesquelles les méthodes de mesure depuis l'espace doivent encore progresser. Les principaux indicateurs de la cryosphère utilisés ici sont l'étendue des glaces de mer, le bilan de masse des glaciers et le bilan de masse de l'inlandsis du Groenland. Les épisodes neigeux ponctuels sont traités ci-après, dans la section **Phénomènes à fort impact survenus en 2019**.

GLACES DE MER

La banquise arctique (et subarctique) a enregistré un recul sur le long terme tous les mois au cours de l'ère satellitaire (de 1979 à aujourd'hui, figure 12). Les pertes relatives les plus importantes sont observées à la fin de l'été, aux alentours du minimum annuel de septembre, avec des variations régionales.

Le maximum hivernal en moyenne journalière de la banquise arctique pour 2019 (14,78 millions de km^2), atteint aux alentours du 13 mars, se classe au septième rang des maximums les plus bas³⁸, et la moyenne mensuelle de mars occupe le même rang (figure 12). Quant au minimum estival en moyenne journalière (4,15 millions de km^2), atteint aux environs du 18 septembre, il occupe, à parité avec les valeurs de 2007 et 2016, le deuxième rang des minimums les plus bas³⁹. L'étendue moyenne de la banquise arctique en septembre se classe au troisième rang des plus faibles jamais observées en regard des valeurs nominales⁴⁰.

³⁷ Camp E.F. et al., 2017: Reef-building corals thrive within hot-acidified and deoxygenated waters. *Scientific Reports*, 7(1), 2434, doi: 10.1038/s41598-017-02383-y.

³⁸ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/03/>.

³⁹ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/>.

⁴⁰ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/10/>.

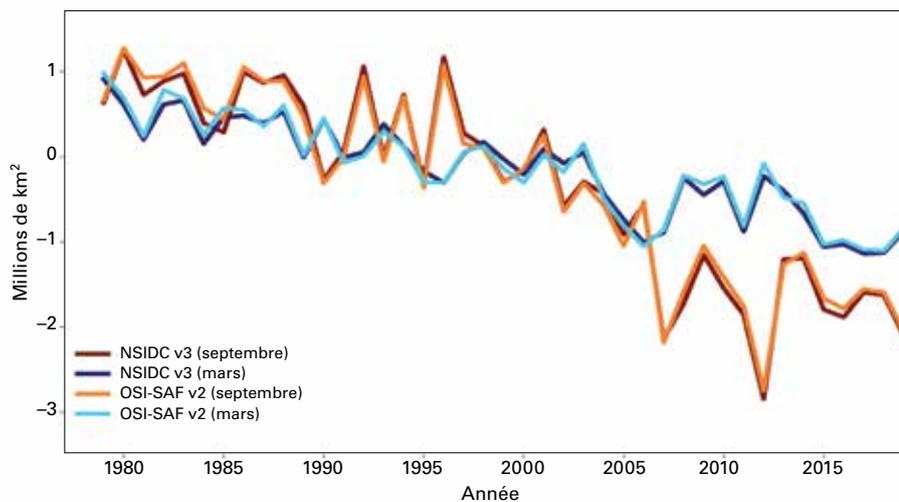


Figure 12. Anomalies mensuelles de l'étendue de la banquise arctique en septembre et mars (par rapport à la moyenne 1981–2010) pour la période 1979–2019 (Sources: Centre national de données sur la neige et la glace des États-Unis (NSIDC) et Centre d'applications satellitaires Océan et glaces de mer d'EUMETSAT (OSI SAF))

Les étendues sont restées très basses jusqu'en novembre, la lisière des glaces avançant plus lentement qu'à l'accoutumé dans les mers de Beaufort, des Tchoukches, de Kara et de Barents. Autour de Svalbard, cependant, les glaces de mer ont retrouvé des valeurs proches de la normale⁴¹. Entre avril et novembre 2019, les étendues mensuelles ont atteint des valeurs figurant parmi les trois plus faibles jamais enregistrées pour les mois correspondants, l'étendue en octobre étant la plus basse jamais observée pour ce mois.

Dans les mers régionales de l'océan Arctique, l'état des glaces a connu des variations considérables durant l'hiver 2018/19. Leur étendue a été extrêmement réduite dans la mer de Béring, mais proche de la normale dans la mer adjacente d'Okhotsk. Les vents du Nord qui ont soufflé sur la mer de Barents de janvier à août 2019 ont maintenu la surface de glaces à un niveau proche de la normale dans le nord de cette région, à rebours de la tendance observée durant la dernière décennie, marquée par

des valeurs inférieures à la normale. Sur les Grands Lacs d'Amérique du Nord, la formation de glace a été précoce et la couverture de glace supérieure à la normale durant l'hiver 2018/19. La couverture maximale sur les Grands Lacs s'est établie à 145 % de la normale, se classant au septième rang des valeurs les plus élevées enregistrées depuis 1972/73⁴².

Jusqu'en 2016, l'étendue de la banquise antarctique a légèrement progressé (figure 13). À la fin de 2016, cependant, sa superficie a brusquement chuté pour atteindre des valeurs extrêmement basses. Depuis lors, elle se maintient à des niveaux relativement faibles. L'étendue de la banquise en moyenne mensuelle a atteint des niveaux historiquement bas durant trois mois de l'année 2019 (mai, juin et juillet). À la fin de l'hiver austral et au printemps, elle est revenue à des valeurs plus proches de la normale, mais en novembre elle s'est classée au deuxième rang des étendues les plus faibles enregistrées pour ce mois, et en décembre au quatrième ou cinquième rang des plus faibles. La superficie minimale de la banquise antarctique

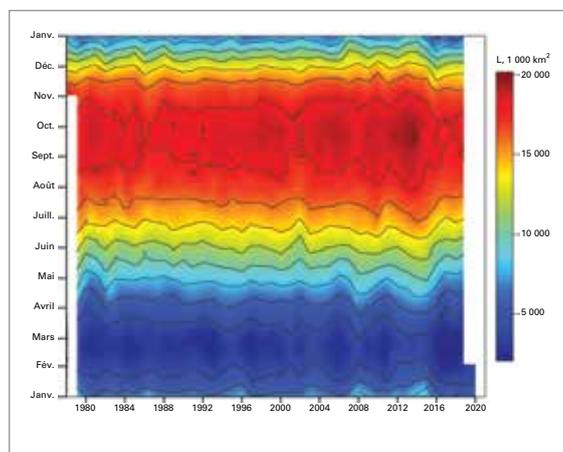
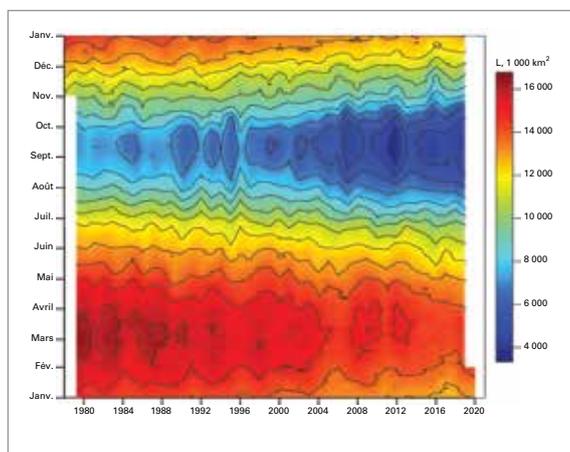
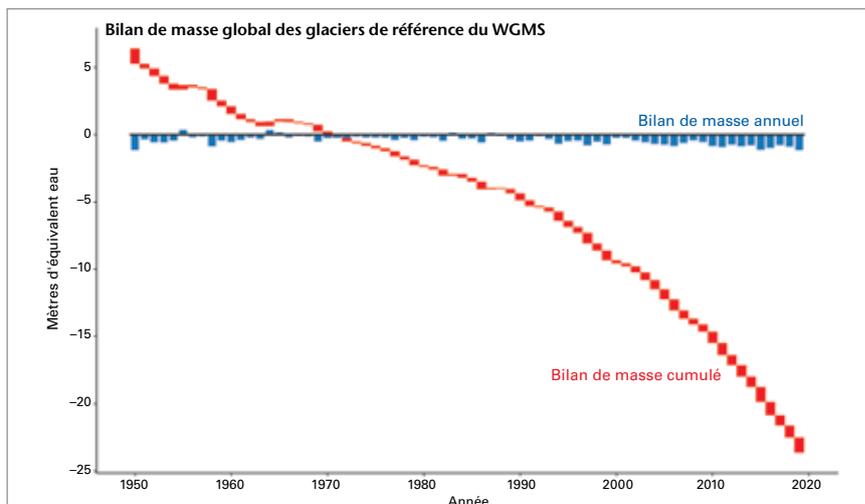


Figure 13. Variabilité du profil saisonnier de l'étendue des banquises arctique (au nord du 45° N, graphique de gauche) et antarctique (au sud du 50° S, graphique de droite) en moyenne journalière. Calculs effectués à partir des données du NSIDC (NASATeam) pour 1978–2020 (Source: Institut de recherche arctique et antarctique (AARI))

⁴¹ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/11/>.

⁴² <https://www.glerl.noaa.gov/data/ice/#historical>.

Figure 14. Bilan de masse annuel (en bleu) et cumulé (en rouge) de glaciers de référence pour lesquels on dispose de plus de 30 ans de mesures glaciologiques ininterrompues. Le bilan de masse global repose sur une moyenne de 19 régions, de manière à réduire au minimum le biais en faveur des régions les plus observées. Les variations annuelles de masse sont exprimées en mètres d'équivalent eau (m.w.e.), ce qui correspond au nombre de tonnes par mètre carré (1 000 kg m⁻²) (Source: Service mondial de surveillance des glaciers (WGMS), 2020, mis à jour).



en moyenne journalière (2,47 millions de km²), atteinte aux alentours du 28 février, se classe au septième rang des plus basses jamais enregistrées. Le maximum en moyenne journalière (18,40 millions de km²) a été atteint vers le 30 septembre.

GLACIERS

Les glaciers sont formés de couches de neige qui se sont compactées en glace. Celle-ci peut se déformer et descendre vers des altitudes plus basses et plus chaudes, où elle fond, ou alors, lorsque le glacier se termine dans l'océan, se briser et former des icebergs. Les glaciers sont sensibles aux variations de la température, des précipitations et du rayonnement solaire incident, ainsi qu'à d'autres facteurs comme les modifications de la lubrification sous-glaciaire ou la disparition de barrières de glace exerçant un effet de contrefort.

Selon le Service mondial de surveillance des glaciers, durant l'année hydrologique 2017/18, les glaciers observés ont subi une perte de glace de 0,89 mètre d'équivalent en eau (figure 14). D'après les résultats préliminaires disponibles pour 2019, qui concernent une partie de ces glaciers de référence, l'année hydrologique 2018/19 est la 32^e année consécutive affichant un bilan de masse négatif, avec une perte de glace supérieure à 1 mètre d'équivalent en eau. Huit des dix bilans de masse annuels les plus négatifs ont été enregistrés depuis 2010, et la perte de glace cumulée depuis 1970 dépasse 23 mètres d'équivalent en eau.

Selon la Commission d'experts pour la cryosphère de l'Académie suisse des sciences naturelles, les glaciers suisses ont perdu un volume de glace important en 2019⁴³ même si, dans l'ensemble, les pertes ont été plus modérées que les deux années précédentes. À la fin du printemps, le manteau neigeux sur les glaciers

était supérieur d'environ 20 % à 40 % à la normale et, malgré un début relativement tardif de la fonte, le taux de recul a atteint des niveaux record à la fin du mois de juin et au début du mois de juillet, pendant deux semaines de canicule. La fonte s'est poursuivie jusqu'au début du mois de septembre. Entre octobre 2018 et octobre 2019, les glaciers suisses ont perdu environ 2 % de leur volume total. Sur les cinq dernières années, la perte a dépassé 10 %, un record absolu en plus d'un siècle de mesures.

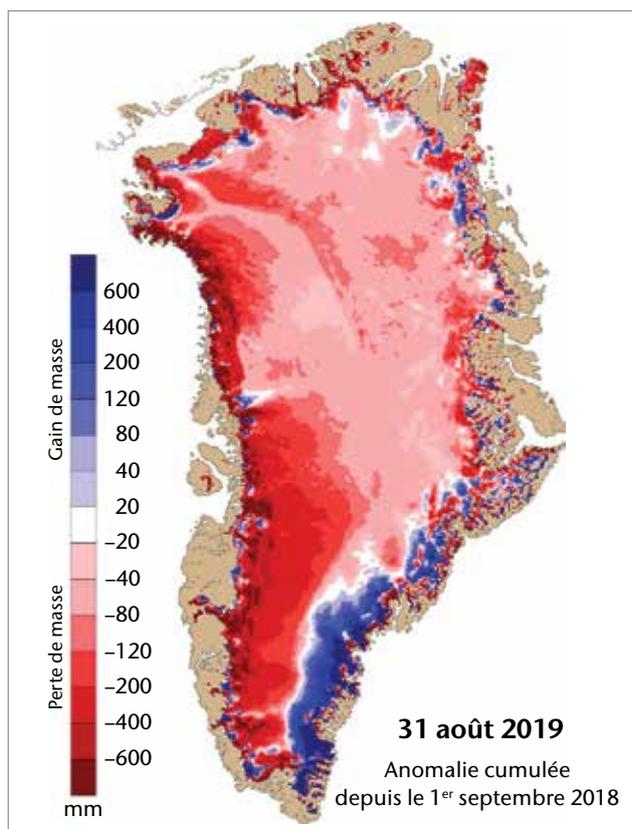
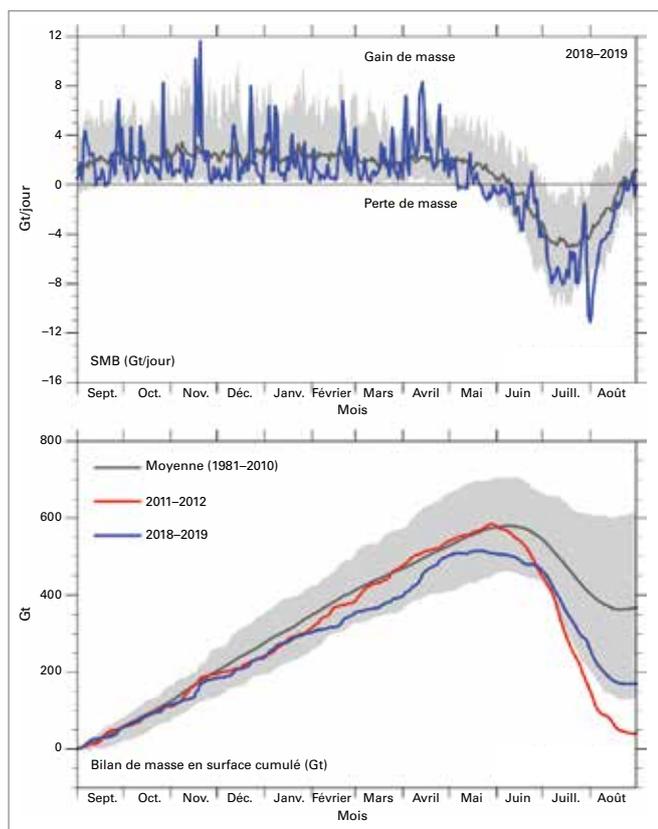
INLANDSIS DU GROENLAND

Les variations de la masse de l'inlandsis groenlandais reflètent l'effet combiné du bilan de masse en surface – défini comme la différence entre les chutes de neige et les écoulements de l'inlandsis (toujours positive à la fin de l'année) – et la perte de masse des glaciers périphériques, due au vêlage d'icebergs et à la fonte des langues glaciaires au contact de l'océan⁴⁴.

Le bilan de masse en surface totale cumulé entre septembre 2018 et août 2019 (figure 15, volet de gauche) s'est chiffré à 169 milliards de tonnes, ce qui le place au septième rang des plus bas jamais enregistrés. Neuf des dix années où le bilan de masse en surface a été le plus bas depuis 1981 figurent parmi les 13 dernières années. À titre de comparaison, le bilan de masse en surface moyen entre 1981 et 2010 était de 368 milliards de tonnes, et sa valeur la plus basse, 38 milliards de tonnes, a été relevée en 2012. Le bilan de masse en surface a été inférieur à la normale sur la quasi-totalité du territoire groenlandais sauf le sud-est (figure 15, volet de droite). Une succession de facteurs ont contribué à cette situation: un hiver sec, un démarrage très précoce de la saison de fonte et un été long, sec et chaud.

⁴³ https://sciencesnaturelles.ch/organisations/ekk/118503-moins-dix-pour-cent-de-volume-glaciaire-en-cinq-ans?_ga=2.241436866.196788351.1585057497-948980423.1585057497.

⁴⁴ D'après le rapport saisonnier du Portail polaire pour 2019, disponible à l'adresse <http://polarportal.dk/en/home/2019-season-report/>.



Comme cela a été indiqué précédemment, le bilan de masse en surface est toujours positif à la fin de l'année, mais le vèlage d'icebergs et la fonte des langues glaciaires au contact des eaux chaudes de l'océan sont d'autres facteurs qui concourent à la perte de glace de l'inlandsis. Grâce aux satellites, nous pouvons mesurer la vitesse des glaces des glaciers émissaires bordant l'inlandsis et, à partir de cette estimation, déterminer les pertes de glace par vèlage et par fonte au contact de l'océan. Pour 2018/19, la perte est estimée à environ 498 milliards de tonnes. À titre de comparaison, sur la période 1986–2018, l'inlandsis a perdu environ 462 milliards de tonnes par an en moyenne sous l'effet du vèlage et de la fonte au contact de l'océan.

Si l'on combine le bilan de masse en surface positif de 169 milliards de tonnes et la perte par vèlage et fonte au contact de l'océan de 498 milliards de tonnes, on obtient une perte de glace nette de 329 milliards de tonnes pour 2018/19. Pour mettre ces données en perspective, les mesures effectuées par les satellites de la mission GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) indiquent que le Groenland a perdu environ 260 milliards de tonnes de glace par an entre 2002 et 2016, avec un maximum de 458 milliards de tonnes en 2011/12. Par conséquent, même si elle est nettement supérieure à la moyenne, la perte de 329 milliards de tonnes enregistrée cette saison ne constitue pas un record.

FACTEURS DE VARIABILITÉ CLIMATIQUE À COURT TERME

L'océan joue à maints égards un rôle important dans le système climatique. Les températures à la surface des océans variant relativement lentement, l'observation des récurrences des profils de ces températures peut aider à comprendre et, dans certains cas, prévoir les variations plus rapides des conditions météorologiques sur les terres émergées à l'échelle saisonnière. Deux facteurs, en particulier, éclairent la compréhension du climat de l'année 2019: le phénomène El Niño/Oscillation australe et le dipôle de l'océan Indien.

EL NIÑO/OSCILLATION AUSTRALE

Le phénomène El Niño/Oscillation australe (ENSO) est l'un des principaux facteurs de variabilité interannuelle des conditions météorologiques à l'échelle du globe. Caractérisés par des eaux de surface plus chaudes que la normale dans l'est du Pacifique et un affaiblissement des alizés, les épisodes El Niño sont associés à une élévation de la température moyenne. Quant aux épisodes La Niña, qui se caractérisent par des eaux de surface plus froides que la moyenne dans l'est du Pacifique et un renforcement des alizés, ils entraînent généralement un fléchissement de la température moyenne.

Figure 15. À gauche: bilan de masse en surface pour l'année allant du 1^{er} septembre 2018 au 31 août 2019. Le graphique du haut décrit la situation jour par jour, et le graphique du bas le total cumulé tout au long de l'année. La ligne bleue correspond à l'année 2018/19, et la ligne grise à la moyenne à long terme. À des fins de comparaison, le graphique du bas montre également, en rouge, l'année record 2011/12. Les unités utilisées sont, respectivement, le nombre de milliards de tonnes (Gt) par jour et le nombre de milliards de tonnes (Gt). À droite: carte montrant l'anomalie de bilan de masse en surface (en mm) au Groenland (Source: Portail polaire, <http://polarportal.dk/en>).

Les températures record enregistrées en 2016 dans le monde faisaient suite à un épisode El Niño anormalement intense entre la fin de 2015 et le début de 2016. À l'inverse, l'année 2019 a débuté avec un phénomène El Niño neutre ou faible⁴⁵. Les températures de surface de la mer ont atteint ou dépassé les valeurs seuils correspondant typiquement à un épisode El Niño d'octobre 2018 au premier semestre de 2019, mais l'atmosphère n'a pas tout de suite réagi. Jusqu'en février, les indicateurs atmosphériques tels que l'affaiblissement des alizés et l'augmentation de la nébulosité sur la ligne de changement de date n'ont pas été observés de façon systématique. Par la suite, le couplage océan/atmosphère a maintenu les températures de surface de la mer aux limites d'une anomalie El Niño jusqu'au milieu de l'année.

DIPÔLE DE L'OcéAN INDIEN

La phase positive du dipôle de l'océan Indien se caractérise par des eaux de surface plus froides que la moyenne dans l'est de l'océan Indien et plus chaudes que la moyenne dans l'ouest. La phase négative a les caractéristiques inverses. Ce phénomène modifie le gradient de la température de surface de la mer dans le bassin de l'océan Indien, ce qui a une incidence sur la situation météorologique des continents du pourtour océanique.

En 2019, le dipôle de l'océan Indien a débuté en phase faiblement positive avant de s'affermir progressivement de mai à octobre, pour devenir l'un des dipôles les plus fortement positifs observés depuis le début des mesures fiables, qui remonte aux alentours de 1960. L'indice du dipôle de l'océan Indien a quelque peu diminué avant la fin de l'année. La phase positive qui a prévalu pendant l'hiver et le printemps austral a été associée à un temps plus sec et plus chaud en Indonésie et dans les pays voisins, ainsi que dans certaines parties de l'Australie. De fait, l'Australie a souffert d'un temps anormalement sec en hiver et au printemps, qui a exacerbé son déficit pluviométrique à long terme. La valeur positive du dipôle en 2019 doit également être mise en rapport avec le retrait tardif de la mousson de sud-ouest dans l'océan Indien, ainsi qu'avec les fortes précipitations qui ont touché l'Afrique de l'Est plus tard dans l'année. Pour plus de précisions sur les impacts régionaux, veuillez vous référer aux sections [Fortes pluies et inondations](#) et [Sécheresses](#), ainsi qu'à l'étude de cas «[Des chocs climatiques extrêmes entraînent une dégradation de la sécurité alimentaire et des déplacements de population dans la région de la corne de l'Afrique en 2019](#)».

PHÉNOMÈNES À FORT IMPACT SURVENUS EN 2019

Les sections qui suivent décrivent quelques-uns des phénomènes à fort impact qui se sont produits en 2019. La plupart des informations relatives à ces événements sont tirées de contributions des Membres de l'OMM, complétées par des informations venant du Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC), des centres climatologiques régionaux et des centres de surveillance des tempêtes tropicales.

VAGUES DE CHALEUR ET DE FROID

L'année 2019 a été marquée par de nombreuses vagues de chaleur de forte intensité. Deux des plus fortes d'entre elles ont touché l'Europe à la fin du mois de juin et à la fin du mois de juillet (figure 16). La première a atteint son intensité maximale dans le sud de la France, où un record national de 46,0 °C (1,9 °C de plus que le précédent record) a été enregistré le 28 juin à Vêrargues (Hérault). Cette canicule a également touché une grande partie de l'Europe occidentale. La seconde a été plus étendue, entraînant des records de température nationaux en Allemagne (42,6 °C), aux Pays-Bas (40,7 °C), en Belgique (41,8 °C), au Luxembourg (40,8 °C) et au Royaume-Uni (38,7 °C). La chaleur a gagné les pays nordiques, où Helsinki a enregistré le 28 juillet la température la plus élevée de son histoire (33,2 °C). Les records ont été dépassés de 2 °C ou plus sur les sites de plusieurs stations d'observation à long terme, notamment l'observatoire de Paris-Montsouris, qui a relevé le 25 juillet une température de 42,6 °C, soit 2,2 °C de plus que le précédent record de 1947, ainsi que la station d'Uccle, près de Bruxelles, qui a relevé une température de 39,7 °C, battant de 3,1 °C le précédent record (concernant les impacts, voir [Chaleur extrême et santé](#)).

Le Japon a subi deux vagues de chaleur qui ont présenté des caractéristiques différentes. La première, survenue fin mai, a été marquée par des températures anormalement élevées – dont une valeur de 39,5 °C (égale au record atteint tout mois confondu sur l'île d'Hokkaidō) – mais son impact a été limité. La seconde, en juillet, était moins atypique d'un point de vue météorologique mais a eu des répercussions beaucoup plus étendues sur la santé dans la mesure où elle est survenue au plus fort de l'été et s'est concentrée sur Honshū, une île plus densément peuplée.

L'Australie a connu un été 2018/19 exceptionnellement chaud. La température estivale moyenne y a dépassé le maximum historique de presque 1 °C, et janvier a été le mois le plus chaud jamais enregistré dans le pays. La majeure partie du territoire a été touchée, les anomalies les plus extrêmes se produisant dans

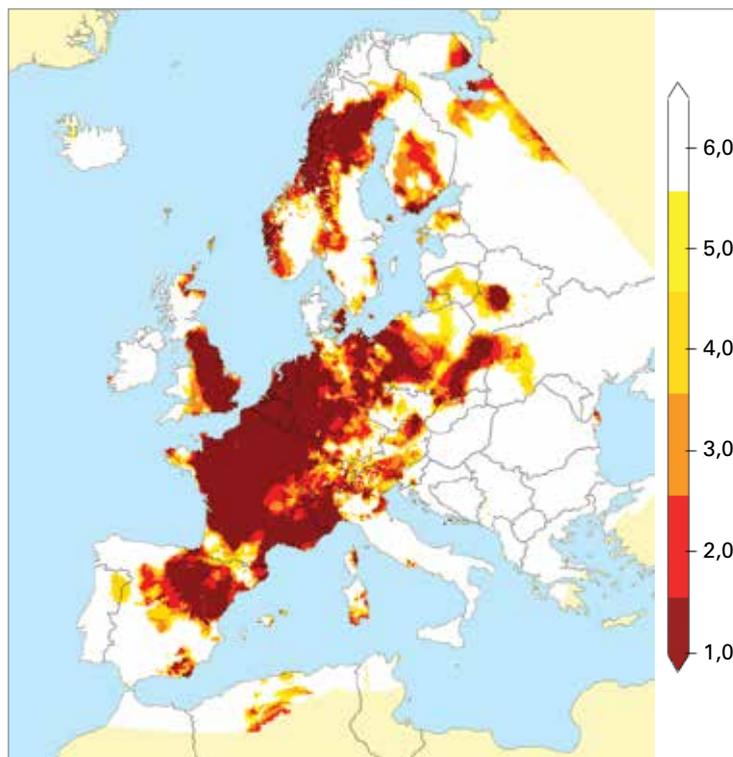
⁴⁵ http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_May19_Fr.pdf.

l'intérieur de la Nouvelle-Galles du Sud. La chaleur a été surtout remarquable par sa persistance, mais on a également relevé quelques températures extrêmes, notamment une valeur de 46,6 °C le 24 janvier à Adelaïde – le maximum jamais atteint dans cette ville. La chaleur a gagné la Nouvelle-Zélande à la fin de janvier, avec des records de température – 32,9 °C à Hamilton et 30,3 °C à Wellington le 29 janvier – et d'importants feux de forêt dans le nord de l'Île du Sud. La température a encore été extrêmement élevée au mois de décembre, le plus chaud jamais observé en Australie. Le 18 décembre, le pays a connu la journée la plus chaude de son histoire en moyenne pour une surface donnée (41,9 °C), tandis que le 19 décembre, une valeur de 49,9 °C a été relevée à Nullarbor Roadhouse – la plus haute température enregistrée au niveau national depuis 1998. Au total, les sept journées les plus chaudes et neuf des dix journées les plus chaudes qu'ait jamais connues l'Australie ont eu lieu en 2019.

L'été austral a été marqué par une autre forte canicule, qui s'est abattue sur le sud de l'Amérique du Sud entre la fin du mois de janvier et le début du mois de février. La phase initiale de cette vague de chaleur a atteint son pic dans le centre du Chili, où des records de température ont été atteints en plusieurs endroits, notamment à Santiago (38,3 °C le 27 janvier). La semaine suivante, des températures exceptionnellement élevées ont gagné l'extrême sud du continent: les 30,8 °C relevés à Rio Grande (Argentine, 53,8° S) le 4 février seraient l'occurrence d'une température de 30 °C la plus méridionale jamais enregistrée.

Si les maxima absolus de température au Moyen-Orient sont restés en deçà des niveaux observés ces dernières années, on retiendra néanmoins la température de 49,9 °C relevée à Sedom le 17 juillet soit la température la plus élevée qu'ait connue Israël depuis au moins 1942. Une chaleur extrême a également touché l'Inde pendant la pré-mousson, en mai et au début du mois de juin. Plusieurs records de température ont été enregistrés, notamment 48,0 °C à l'aéroport de New Delhi le 10 juin.

Comme on pouvait le supposer au regard des températures globalement élevées observées en 2019 et de la tendance générale au réchauffement, les épisodes de froid extrême ont été moins fréquents que les chaleurs extrêmes. L'une des régions qui a connu des températures inférieures à la normale en 2019 est l'Amérique du Nord (figure 2). La vague de froid la plus importante de l'année est survenue à la fin de l'hiver dans le centre du pays. L'épisode a commencé fin janvier avec l'arrivée d'une vague de froid intense dans le Midwest, où l'Illinois notamment a battu son record de température minimale (–38,9 °C à Mount Carroll le 31 janvier). Un froid très persistant a ensuite sévi en février et au début du mois de mars dans le centre-ouest, de part et d'autre de la frontière



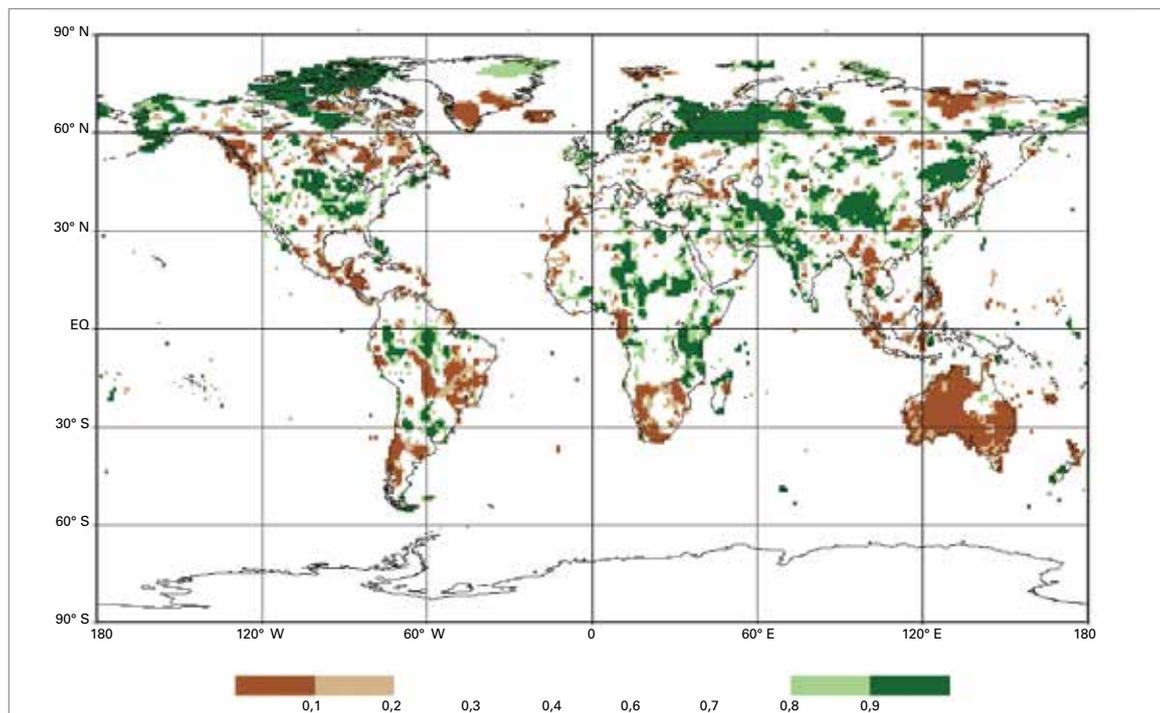
entre les États-Unis et le Canada. Les températures moyennes de février sont tombées à des valeurs inférieures de plus de 15 °C à la normale en certains endroits, notamment à Great Falls (Montana), où la moyenne mensuelle a atteint –17,9 °C, soit 15,3 °C de moins que la normale et plus de 5 °C de moins que le précédent record. Ce mois de février a également été le plus froid jamais enregistré dans plusieurs régions de l'ouest du Canada, y compris la ville de Vancouver, et la première moitié de l'année dans certaines parties de l'est du Canada a été plutôt froide.

Fin septembre et fin octobre, les régions de l'ouest et du centre de l'Amérique du Nord ont connu de nouveaux épisodes anormalement froids et des chutes de neige précoces. Des températures minimales records pour un mois d'octobre ont été enregistrées à la fin de ce mois dans huit États du nord et de l'ouest des États-Unis, offrant un contraste saisissant avec les records de chaleur pour octobre atteints au début du mois dans dix États du sud et de l'est du pays. Les fortes chutes de neige de la mi-octobre, qui ont atteint jusqu'à 74 cm, ont provoqué d'importantes perturbations et des coupures de courant dans le Manitoba (Canada). La première moitié de novembre a aussi été anormalement froide dans de nombreux secteurs du nord des États-Unis et du sud du Canada.

Alors que les températures étaient proches de la normale ou supérieures à la normale, les très fortes précipitations enregistrées pendant l'hiver et au début du printemps se sont traduites par un enneigement supérieur à la normale dans de nombreuses régions des Alpes. Plus de 300 cm de neige sont tombés dans

Figure 16. Classement des températures les plus élevées en Europe pour juin et juillet 2019, par rapport à un historique commençant en 1950. Les nuances de rouge les plus sombres indiquent des valeurs record (Source: jeu de données E-OBS, Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateoftheclimate/july2019.php>).

Figure 17. Cumuls de précipitations annuels en 2019 exprimés en centiles de la période de référence 1951–2010, pour les zones qui auraient figuré dans la fourchette des 20 % d'années les plus sèches (marron) et des 20 % d'années les plus arrosées (vert) de la période de référence, des nuances plus foncées de marron et de vert indiquant les zones qui auraient fait partie, respectivement, de la fourchette des 10 % les plus sèches et des 10 % les plus arrosées (Source: Centre mondial de climatologie des précipitations, Service météorologique allemand).



certaines zones des Alpes autrichiennes entre le 4 et le 15 janvier. En Suisse, les chutes de neige de printemps ont entraîné la formation d'un manteau neigeux d'une hauteur exceptionnelle pour un 1^{er} juin – 270 cm sur le Weissfluhjoch, à 2 540 mètres d'altitude. Cela étant, à cause des températures très élevées de juin, cette neige a fondu au début de juillet, à peu près à l'époque où commence habituellement la période sans neige au sol. De nombreuses avalanches ont été signalées dans la région au moment des plus fortes chutes de neige.

PRÉCIPITATIONS

En 2019, un temps sec inhabituel au regard des moyennes à long terme (figure 17) a sévi en Australie, dans l'ouest de l'Indonésie et dans les pays voisins. L'Afrique australe, l'Amérique centrale et certaines zones de l'Amérique du Sud ont également reçu des quantités de précipitations anormalement basses. A contrario, les précipitations ont été anormalement élevées dans de vastes zones du centre des États-Unis, du nord du Canada, du nord de la Russie, du sud-ouest de l'Asie, du nord de la Chine et de l'est de l'Afrique.

L'Inde a accusé en juin un important déficit pluviométrique, lié à l'apparition retardée de la mousson. Néanmoins, sous l'influence de l'épisode positif du dipôle de l'océan Indien, le retrait de la mousson indienne a également été retardé,

et durant les mois suivants, toutes les régions du pays à l'exception du nord-est ont fait état de pluies excédentaires. En outre, les anomalies positives de précipitations en Afrique de l'Est et les anomalies négatives en Asie du Sud-Est insulaire et en Australie sont à associer à la phase positive du dipôle de l'océan Indien qui a prédominé pendant la majeure partie du second semestre 2019.

En 2019, le nombre maximum de jours de pluie consécutifs a été supérieur à la normale⁴⁶ dans les régions tropicales de l'Amérique du Sud, de l'ouest de l'Afrique et du sud-est de l'Asie et sur le continent maritime. Le nombre maximum de jours secs consécutifs a été supérieur à la normale en Australie, dans le sud et l'ouest de l'Afrique, dans les régions centrales et méridionales de l'Amérique du Sud et dans le nord de l'Amérique du Nord, et inférieur à la normale dans le sud-ouest de l'Asie et la péninsule arabique, dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord et dans la partie nord des Andes. Le nombre de jours de fortes précipitations (total journalier supérieur à 20 mm) a été supérieur à la normale en Inde, dans certaines zones de l'Afrique orientale, certaines zones de l'Amérique du Sud, la région centrale de l'Amérique du Nord et certaines zones de l'Asie orientale. Un nombre de jours de fortes précipitations inférieur à la normale a été relevé sur le continent maritime, en Afrique centrale et à Madagascar, ainsi que dans certaines zones tropicales de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale.

⁴⁶ Les moyennes à long terme des indices extrêmes cités sont calculées par rapport à la période de référence 1982–2016 selon la méthode suivante: on commence par calculer l'indice extrême considéré pour chaque année de cette période de 35 ans, puis on fait la moyenne de ces 35 valeurs; la valeur obtenue définit la moyenne à long terme. Ce mode de calcul non standard de la moyenne à long terme est dû à la disponibilité de données en point de grille fiables.

FORTES PLUIES ET INONDATIONS

La mousson d'été indienne a été marquée par des inondations régulières, en particulier dans l'ouest et le nord de l'Inde et dans les pays voisins. Sur l'ensemble de l'Inde, les pluies associées à la saison de la mousson estivale (juin à septembre) ont dépassé de 10 % la moyenne de 1961–2010, de sorte que cette année a été la première affichant une valeur supérieure à la normale depuis 2013, et l'année la plus arrosée depuis 1994 malgré des pluies inférieures à la normale en juin. La mousson s'est retirée exceptionnellement tard, le 9 octobre, soit la date la plus tardive jamais enregistrée. Plus de 2 200 décès ont été attribués aux inondations qui ont frappé l'Inde, le Népal, le Bangladesh et le Myanmar pendant la mousson. En juin, certaines régions de Chine méridionale ont également été touchées par des inondations dues à la mousson, qui ont fait 83 victimes et causé plus de 2,5 milliards de dollars É.-U. de pertes économiques⁴⁷.

La République islamique d'Iran a été durement touchée par les inondations entre la fin du mois de mars et le début du mois d'avril, notamment la région de Chiraz. Au cours de cet épisode, les cumuls de pluie sur 24 heures ont atteint jusqu'à 188 mm. Il y a eu au moins 76 victimes et des pertes économiques considérables.

Une dépression tropicale a entraîné, entre la fin de janvier et le début de février, des pluies extrêmes qui ont provoqué des inondations dans le nord du Queensland (Australie). Les cumuls de précipitations sur dix jours ont dépassé 2 000 mm dans certaines zones côtières autour de Townsville, la ville de Townsville elle-même recevant 1 259,8 mm de pluie⁴⁸. Un second épisode de fortes pluies dans le nord-ouest du Queensland intérieur a porté le cumul sur sept jours à plus de 600 mm. D'importantes inondations urbaines ont touché la région de Townsville, tandis que dans le nord-ouest du Queensland, certains cours d'eau ont vu leur lit s'élargir sur plusieurs dizaines de kilomètres. Les inondations et le temps anormalement froid qui les a accompagnées ont provoqué de lourdes pertes de bétail. Les pertes économiques totales ont été estimées à environ 2 milliards de dollars É.-U.⁴⁹.

En mars, 235 mm de pluie sont tombés pendant huit heures près de Jayapura, dans la province indonésienne de Papouasie, provoquant des crues soudaines accompagnées de glissements de terrain qui ont fait au moins 112 morts. Un peu plus tard, à la fin du mois de mars, une arrivée d'humidité des tropiques a provoqué des précipitations extrêmes

sur la côte ouest de l'île du Sud de la Nouvelle-Zélande, donnant lieu à un record national sur 48 heures de 1 086 mm à Cropp River et à des inondations de grande ampleur. L'un des ponts enjambant le principal axe routier de la région a été balayé par les eaux.

Des pluies fortes et persistantes ont sévi dans une vaste zone du centre des États-Unis à la fin de 2018 et durant la première moitié de 2019. Le cumul de pluie sur 12 mois, moyenné à l'échelle de la partie continentale des États-Unis à l'exception de l'Alaska, pour la période allant de juillet 2018 à juin 2019 (962 mm) a été le plus élevé jamais observé. Ces pluies ont entraîné des inondations de longue durée dans le bassin du Mississippi, si bien qu'à Bâton Rouge (Louisiane), le fleuve s'est maintenu au-dessus du niveau de crue pendant presque sept mois, du 6 janvier au 4 août. D'importantes inondations ont aussi frappé plusieurs zones de l'est du Canada en avril et au début du mois de mai, conséquence de pluies abondantes associées à la fonte rapide d'un manteau neigeux anormalement épais. Les régions d'Ottawa et de Montréal et le Nouveau-Brunswick ont été les plus touchés. Plus de 6 000 logements ont été inondés dans la région d'Ottawa. Selon les estimations, les inondations ont causé en 2019 des pertes économiques totales de 20 milliards de dollars É.-U. aux États-Unis⁵⁰, notamment à cause des épisodes intenses survenus sur la rivière Missouri en mars et sur la rivière Arkansas de la fin du mois de mai au début du mois de juin.

En janvier, des conditions très humides ont régné dans plusieurs régions d'Amérique du Sud. Des inondations de grande ampleur se sont produites dans le nord de l'Argentine, l'Uruguay et le sud du Brésil, causant des pertes estimées à 2,5 milliards de dollars É.-U. en Argentine et en Uruguay. Le cumul mensuel pour janvier a dépassé 600 mm en divers endroits du nord-est de l'Argentine.

En octobre et en novembre, de nombreuses régions d'Afrique orientale qui étaient jusque-là en situation de sécheresse ont subi de graves inondations (voir l'étude de cas «[Des chocs climatiques extrêmes entraînent une dégradation de la sécurité alimentaire et des déplacements de population dans la région de la corne de l'Afrique en 2019](#)»). Plus tôt dans l'année, pendant la saison des pluies, des inondations ont touché plusieurs pays parmi lesquels le Soudan, le Nigeria, le Cameroun et la Côte d'Ivoire, même si, globalement, la pluviosité saisonnière dans le Sahel a été assez proche de la normale.

⁴⁷ Base de données sur les catastrophes (EM-DAT), Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED).

⁴⁸ <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs69.pdf>.

⁴⁹ http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107_analytics-if-october-global-recap.pdf.

⁵⁰ <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/2019>.

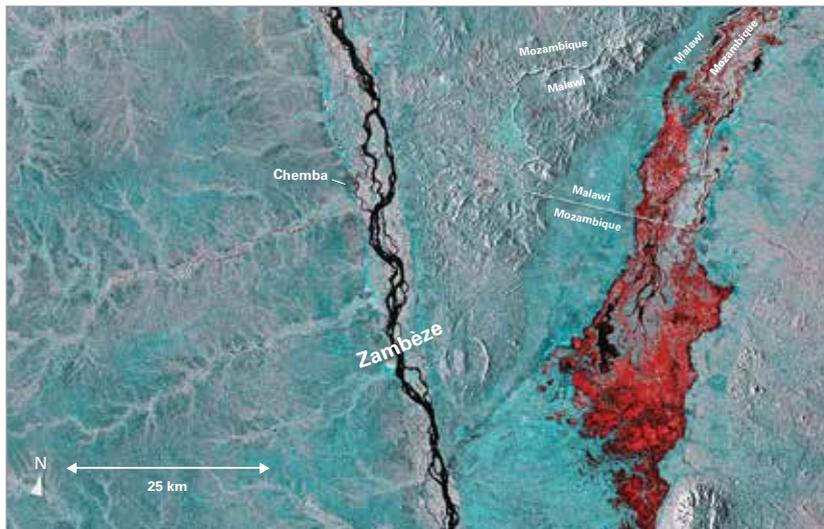


Figure 18. Inondations causées par le cyclone *Idai*. Sur cette image prise par le satellite Sentinel-1 du programme Copernicus, on distingue, en rouge, une partie des inondations, qui s'étendent à l'est du Zambèze au Mozambique et au Malawi. L'image comprend deux images satellites, l'une prise le 2 mars, avant que le cyclone ne frappe la région, et l'autre le 20 mars, dans le sillage du cyclone (Copernicus, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/03/Flooding_following_Cyclone_Idai).

CYCLONES TROPICAUX

En 2019, l'activité cyclonique à l'échelle du globe a été supérieure à la normale. Soixante-douze tempêtes ont été dénombrées dans l'hémisphère Nord, contre une moyenne de 59, alors que l'énergie cyclonique cumulée (ACE) n'a dépassé la normale que de 4 %. Le nombre de tempêtes enregistrées dans l'hémisphère Sud pour la saison 2018/19, 27, se situe également au-dessus de la moyenne et représente le maximum observé dans une saison depuis 2008/09.

La saison cyclonique a été particulièrement intense dans le nord de l'océan Indien. Trois cyclones ont été accompagnés de vents soutenus d'une vitesse de 100 nœuds ou plus, un phénomène encore jamais vu au cours d'une seule saison, et l'énergie cyclonique cumulée a été de loin la plus élevée jamais enregistrée. *Fani* est le cyclone le plus intense qu'ait connu l'Inde depuis 2013. Il a touché terre à l'est, sur la côte de l'Odisha, le 3 mai, accompagné de vents soutenus de 100 nœuds, après avoir atteint un pic de 135 nœuds dans le golfe du Bengale. Les régions côtières ont subi des dégâts considérables et des pertes en vies humaines, mais l'évacuation massive des habitants des territoires côtiers touchés par le cyclone a grandement réduit son incidence sur les populations. *Kyarr*, en octobre, a été l'un des cyclones les plus violents jamais observés dans la mer d'Oman mais n'a pas touché terre, même si la mer forte et les ondes de tempête qu'il a engendrées ont eu un impact sur quelques régions côtières.

Le sud du bassin de l'océan Indien a lui aussi connu une saison active: sur les 18 tempêtes qui y ont été observées, 13 ont atteint le stade de cyclone, soit l'équivalent du précédent record. Le cyclone tropical

Idai a touché terre près de Beira (Mozambique) le 15 mars (figure 18), après des vents soutenus d'une vitesse maximale de 105 nœuds. C'est l'un des cyclones les plus violents à avoir atterri sur la côte orientale de l'Afrique. Les vents et les ondes de tempête ont provoqué des dégâts considérables sur le littoral du Mozambique, en particulier dans la ville de Beira, tandis que de fortes inondations ont gagné les régions intérieures du pays et certaines zones du Zimbabwe, notamment le Nord-Est. Avec plus de 900 morts, *Idai* est le cyclone tropical le plus meurtrier qu'ait connu l'hémisphère Sud depuis au moins un siècle. Le mois suivant, le violent cyclone *Kenneth* a touché terre dans une région moins peuplée du nord du Mozambique, avec des répercussions moins graves.

L'un des ouragans les plus violents de l'année a été *Dorian*, qui a atteint la catégorie 5 dans l'Atlantique Ouest à la fin du mois d'août, avant de toucher terre dans les Bahamas le 1^{er} septembre, accompagné de vents soutenus d'une vitesse maximale de 165 nœuds, soit l'égal de la vitesse maximale atteinte lors d'un atterrissage dans l'Atlantique Nord. Par ailleurs, *Dorian* a progressé de façon exceptionnellement lente, restant à peu près stationnaire au-dessus des Bahamas, en tant que système de catégorie 5, pendant environ 24 heures. Subissant les assauts de vents extrêmes et d'ondes de tempête persistants, plusieurs îles des Bahamas ont été presque entièrement détruites. Soixante décès au moins ont été recensés⁵¹, et les pertes économiques ont été estimées à plus de 3 milliards de dollars É.-U.⁵². *Dorian* s'est ensuite déplacé vers le nord-est, occasionnant d'importants dégâts sur certaines sections de la côte est des États-Unis et dans la province de Nouvelle-Écosse au Canada. La tempête tropicale *Imelda* a provoqué des pluies torrentielles sur la frontière orientale du Texas, déjà éprouvée par l'ouragan *Harvey* en 2017, avec des cumuls de pluie supérieurs à 1 000 mm en certains endroits. Les pertes estimées s'élèvent à 5 milliards de dollars É.-U.⁵⁰. Le nombre de tempêtes observées dans l'Atlantique Nord a été nettement supérieur à la normale, mais le nombre de celles qui ont atteint l'intensité d'un ouragan a été proche de la normale.

Le typhon *Hagibis* a touché terre à l'ouest de Tokyo le 12 octobre, avec une pression au centre de 955 hPa. Les principaux impacts d'*Hagibis* ont été des inondations, dues à des précipitations extrêmes. À Hakone, dans les contreforts du Mont Fuji, un cumul journalier de 922,5 mm a été relevé, le maximum jamais enregistré pour une journée civile au Japon. Sur de nombreux autres sites à l'ouest de Tokyo, les cumuls journaliers ont dépassé 400 mm. Au moins 96 personnes ont

⁵¹ <https://reliefweb.int/report/bahamas/hurricane-dorian-situation-report-14-october-15-2019>.

⁵² <https://www.iadb.org/en/damages-and-other-impacts-bahamas-hurricane-dorian-estimated-34-billion-report>.

perdu la vie. En septembre, le typhon *Faxai* a causé d'importantes perturbations dans la préfecture de Chiba. Plus tôt dans la saison, le typhon *Lekima* avait touché terre dans la province du Zhejiang (Chine), occasionnant de graves inondations et de lourdes pertes économiques. Avec des vents d'une vitesse maximale de 185 km/h à l'atterrissage, *Lekima* se classe au cinquième rang des typhons les plus violents ayant touché terre en Chine depuis 1949. L'activité cyclonique dans les bassins du Pacifique Nord-Est et Nord-Ouest a été proche de la normale dans l'ensemble.

FORTES TEMPÊTES

Pendant l'automne, le bassin méditerranéen a été aux prises avec des systèmes extratropicaux répétés, accompagnés de précipitations extrêmes et de vents violents qui ont provoqué des dégâts considérables. Les plus fortes de ces intempéries ont touché diverses parties de l'Espagne, notamment les régions d'Alicante et de Murcie, à la mi-septembre; le sud de la France à la mi-octobre; et le nord de l'Adriatique à la mi-novembre. Lors des épisodes qui ont frappé l'Espagne et la France, les cumuls de pluie sur 24 heures ont dépassé 200 mm par endroits, tandis qu'à Venise, une onde de tempête associée à la tempête de novembre a fait monter l'eau à 1,85 m, le plus haut niveau observé depuis 1966 et le deuxième plus haut depuis le début des relevés instrumentaux. L'Italie a subi des inondations à répétition en novembre, qui a été le mois de novembre le plus arrosé qu'ait connu l'Émilie-Romagne. Des dommages de grande ampleur dus aux inondations et au vent ont également été signalés dans le sud de l'Autriche. Pendant l'été, le bassin méditerranéen a aussi été le théâtre d'un certain nombre d'orages violents. L'un d'eux s'est abattu près de Thessalonique (Grèce) les 10-11 juillet, faisant sept morts, et un autre en Corse (France) le 15 juillet, qui a déversé 30 mm de pluie en six minutes.

Des orages violents et étendus, accompagnés de tempêtes de poussière, ont touché le Pakistan ainsi que le nord et l'ouest de l'Inde à la mi-avril. Cinquante personnes au moins sont mortes en Inde les 16-17 avril et 39 au Pakistan. Durant la première moitié de juin, de violents orages ont à nouveau frappé le nord de l'Inde, faisant 60 victimes.

Les États-Unis ont connu la saison des tornades la plus active depuis 2011. Le mois de mai a été particulièrement chargé, avec 556 tornades signalées, soit le deuxième nombre de tornades le plus élevé enregistré en un seul mois. Une seule tornade cependant a atteint la catégorie EF-4 pendant l'année, et le nombre de victimes a été bien inférieur à la moyenne de référence.

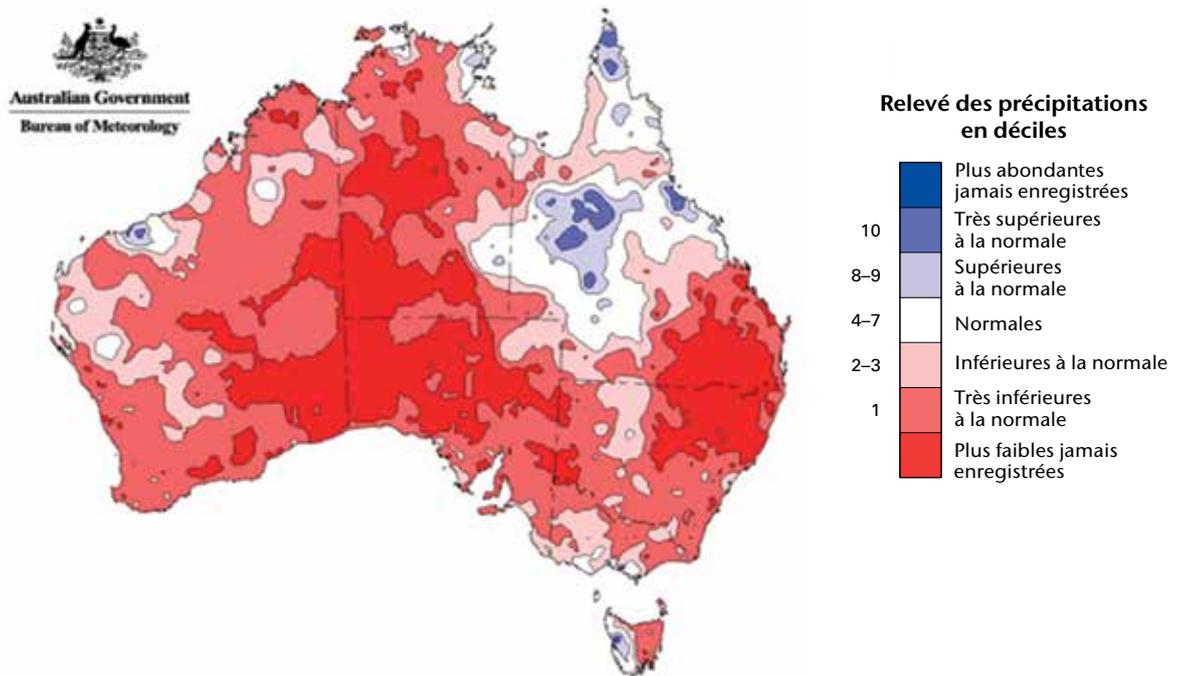
SÉCHERESSES

En 2019, de nombreuses régions du sud-est de l'Asie et du Pacifique Sud-Ouest ont souffert de la sécheresse, associée dans de nombreux cas à l'épisode positif marqué du dipôle de l'océan Indien. Un temps exceptionnellement sec a régné en Indonésie et dans les pays voisins à partir du milieu de l'année; les mois de juillet à septembre ont été les plus secs jamais enregistrés à Singapour.

Plus au nord, l'année a été très sèche dans de nombreuses régions du bassin du Mékong. Les zones voisines de la frontière entre la Chine et la République démocratique populaire lao ont été les plus durement touchées: les précipitations d'avril à septembre y ont été inférieures de plus de 50 % à la normale en certains endroits, mais les fortes pluies qui ont arrosé le centre et le sud de la République démocratique populaire lao en septembre ont quelque peu amélioré la situation dans ces régions. Le cumul de pluie entre avril et juillet dans la province chinoise du Yunnan a été le plus faible atteint depuis 1961. Plusieurs régions du nord de la Thaïlande ont également souffert d'un temps anormalement sec, le cumul de pluie entre janvier et septembre à Chiang Rai étant inférieur de 42 % à la normale. Durant le second semestre de 2019, les eaux du Mékong en certains endroits ont baissé au plus bas niveau enregistré à cette période de l'année depuis 30 ans, ou s'en sont approchées.

La sécheresse persistante qui avait sévi dans de nombreuses régions de l'intérieur de la partie orientale de l'Australie en 2017 et 2018 s'est étendue et intensifiée en 2019, en particulier durant la deuxième partie de l'année, au point que le printemps (novembre et décembre) a été le plus sec jamais enregistré par le pays. La moitié septentrionale de la Nouvelle-Galles du Sud et les zones frontalières adjacentes du Queensland ont été les plus durement touchées: les cumuls annuels de pluie y ont atteint de loin leurs plus bas niveaux historiques, avec des valeurs inférieures de 70 %–80 % à la normale dans certains cas. Dans certaines zones, les hauteurs de pluie n'ont pas dépassé la moitié environ du précédent record de précipitations minimales. La majeure partie du territoire australien a enregistré des précipitations largement inférieures à la normale (figure 19), les seules zones affichant des valeurs supérieures à la normale se situant dans le nord du Queensland, touché par les inondations du début de 2019, et dans l'ouest de la Tasmanie. La saison humide de 2018/19 (octobre-avril) a également été de loin la plus sèche depuis 1991/92 dans les régions tropicales de l'Australie-Occidentale et du Territoire du Nord, et a été marquée par l'absence quasi-totale de précipitations dans le centre du continent. L'année 2019 se classe au premier rang des années les plus sèches pour l'Australie dans son ensemble, pour le bassin du Murray-Darling et

Figure 19. Déciles des précipitations en Australie pour la période allant du 1^{er} janvier au 31 décembre 2019 (distribution fondée sur les données aux points de grille) (Source: Service météorologique australien)



APPLICATION DES PRODUITS ISSUS DU PROJET OMM DE DÉMONSTRATION SUR LA SURVEILLANCE DES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES ET CLIMATIQUES EXTRÊMES DEPUIS L'ESPACE À LA SURVEILLANCE DES SÉCHERESSES EN AUSTRALIE

Yuriy Kuleshov, Lynette Bettio, Takuji Kubota, Tomoko Tashima, Pingping Xie, Toshiyuki Kurino et Peer Hechler

Consciente de la nécessité de mieux utiliser et d'améliorer la surveillance des extrêmes météorologiques et climatiques depuis l'espace, l'OMM a lancé le Projet de démonstration sur la surveillance des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes depuis l'espace (SEMDP). La phase de démonstration du projet, menée en 2018–2019, s'est concentrée sur la surveillance des sécheresses et des fortes précipitations. Elle a été mise en œuvre dans les Régions II et V de l'OMM, et son domaine géographique couvre l'Asie du Sud-Est et la zone de l'océan Pacifique occidental, de 40° N à 45° S et de 50° E à 160° W. L'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) et le Centre de prévision du climat (CPC) de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA) fournissent des données et des produits satellitaires sur mesure pour la région du SEMDP.

La moyenne mensuelle des précipitations dans la région du SEMDP pour juin 2019 montre que la majeure partie du territoire australien a été très peu arrosée (moins de 1 mm/jour). La plupart des régions n'ont reçu que 25 % à 50 % des précipitations normales au mois de juin. Le déficit pluviométrique, qui n'a cessé de grandir pendant plusieurs mois consécutifs, a entraîné des sécheresses allant de «graves» à «extrêmes» (valeur de l'indice de précipitations normalisé inférieure à -1,5 et à -2,0 respectivement).

L'examen systématique des observations effectuées depuis l'espace et des observations *in situ* montre que les valeurs concordent pour le bassin du Murray-Darling, dans le sud-est de l'Australie, où le réseau d'observation en surface est dense. En revanche, dans les régions centrales du continent, où la densité des observations en surface est très faible, il existe des écarts prononcés entre les observations par satellite et les observations *in situ*. Ce projet a clairement démontré l'intérêt des estimations pluviométriques déduites des observations depuis l'espace pour la détection et la surveillance des sécheresses, en particulier dans les régions où les données de pluviomètre sont limitées ou non disponibles.

pour l'Australie-Méridionale (avec un cumul annuel de seulement 12 mm à la station de Marree) et la Nouvelle-Galles du Sud. La sécheresse a entraîné de sévères pénuries d'eau dans les affluents du nord du bassin du Murray-Darling, provoquant de lourdes pertes agricoles et obligeant certaines villes à faire venir de l'eau par camion en raison du tarissement de leurs sources d'approvisionnement habituelles.

La saison des pluies 2018/19 a été décevante dans de nombreuses régions de l'Afrique australe, notamment dans le centre et l'ouest de l'Afrique du Sud, au Lesotho, au Botswana et au Zimbabwe. Néanmoins, des inondations de grande ampleur ont touché le nord-est du Zimbabwe en mars (dans le contexte du cyclone *Idai*) et la partie orientale de l'Afrique du Sud en avril. Dans la province du KwaZulu-Natal en Afrique du Sud, la hauteur totale des précipitations sur 24 heures a dépassé 200 mm par endroits, faisant 70 victimes. Une grande partie de l'Afrique australe a également connu une pluviosité inférieure à la normale au début de la saison des pluies de 2019/20. Dans les parties du Sahel situées en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, les précipitations ont été globalement proches de la normale pendant la saison des pluies.

Un temps sec a régné dans de nombreuses régions de l'Amérique centrale en 2019. En raison de précipitations inférieures à la normale, le niveau des lacs a fortement diminué au Panama durant la première moitié de l'année, déclenchant des restrictions de navigation sur le canal de Panama. Si la situation s'est améliorée dans ce pays à partir du milieu de l'année, le temps est resté sensiblement plus sec que la normale dans les régions situées plus au nord-ouest, en particulier au Honduras, au Guatemala, au Nicaragua et au Salvador, jusqu'à l'arrivée de fortes pluies en octobre. L'année a été exceptionnellement sèche dans le centre du Chili également, avec un cumul annuel de pluie de seulement 82 mm à Santiago, soit moins de 25 % de la normale.

Pour la deuxième année consécutive, de nombreuses régions de l'ouest et du centre de l'Europe, allant de la France jusqu'à l'Ukraine, ont connu de longues périodes sèches pendant l'été. Paris a enregistré 34 journées consécutives sans précipitations entre le 19 août et le 21 septembre, égalant la deuxième plus longue période sans pluie enregistrée, après un premier épisode de sécheresse de 27 jours entre les 21 juin et 17 juillet (se classant au sixième rang des plus longues périodes sèches). Le faible niveau du Danube a perturbé le transport fluvial en Serbie au début de l'automne, et le niveau de la Vistule en Pologne a égalé son plus bas niveau historique à la fin du mois de septembre. L'hiver également a été sec dans de nombreuses zones de la partie ouest de la Méditerranée: l'Espagne a enregistré

une pluviométrie inférieure de 23 % à la normale entre janvier et août et a connu son mois de février le plus sec du XXI^e siècle, tandis que dans la majeure partie du Maroc, les précipitations hivernales n'ont pas atteint la moitié de la moyenne de référence. En Islande, la fin du printemps et le début de l'été ont été particulièrement secs dans le sud et l'ouest. Stykkishólmur n'a reçu aucune pluie pendant 37 jours consécutifs (du 21 mai au 26 juin), soit la période sans pluie la plus longue enregistrée par cette station depuis le début des relevés en 1856.

FEUX DE FORÊT

Des feux de forêt ont à nouveau sévi dans de nombreuses régions du monde en 2019, souvent à la suite de sécheresses et/ou de chaleurs anormales. Dans certaines zones connues pour être sujettes aux feux de forêt, telles que l'ouest de l'Amérique du Nord, la saison a été moins active que les années précédentes, mais en octobre, la Californie a été en proie à des incendies de grande ampleur qui ont causé des dommages considérables. D'un autre côté, 2019 a été marquée par un nombre d'incendies supérieur à la normale dans plusieurs régions des latitudes plus élevées, telles que la Sibérie (Fédération de Russie) et l'Alaska (États-Unis) et par le déclenchement de feux de forêt dans certaines parties de l'Arctique où ils étaient jusqu'alors extrêmement rares. En 2019, les émissions de CO₂ dues aux feux de forêt estivaux dans l'Arctique ont été les plus élevées jamais enregistrées au cours des 17 années couvertes par le jeu de données du Système mondial d'assimilation des feux de forêt (GFASv1.2) du Service de surveillance de l'atmosphère Copernicus (AMS)/Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET).

Dans la deuxième partie de 2019, l'Australie a été confrontée à une saison des incendies exceptionnellement longue et intense, avec l'apparition répétée de grands foyers. Les premiers incendies de grande ampleur se sont déclarés au début du mois de septembre dans le nord-est de la Nouvelle-Galles du Sud et le sud du Queensland, tandis que d'autres foyers se sont progressivement étendus vers le sud les mois suivants, alimentés par les conditions très sèches et par plusieurs épisodes de forts vents d'ouest et de chaleur extrême. La valeur de l'indice de risque d'incendies de forêt mensuel cumulé – indicateur qui mesure les conditions météorologiques extrêmes propices aux incendies – pour le mois de décembre a été la plus élevée recensée pour un quelconque mois dans le Queensland, en Nouvelle-Galles du Sud, en Australie-Méridionale et sur le Territoire de la capitale australienne. De nombreux foyers individuels sont restés actifs pendant deux mois ou plus. Les incendies ont atteint leur paroxysme à la fin du mois de décembre et dans

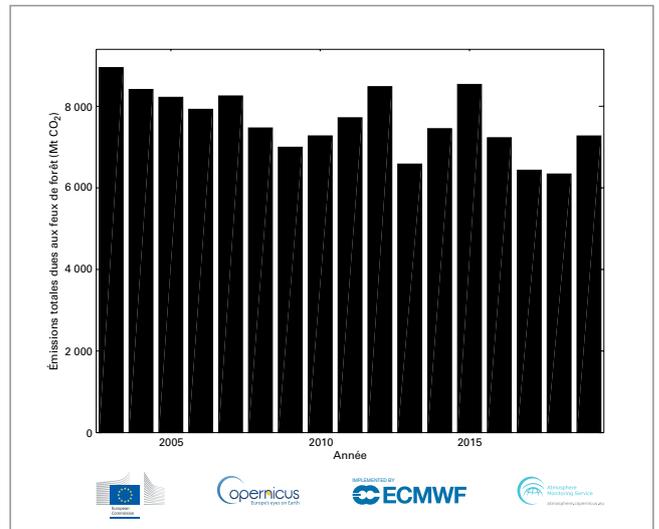
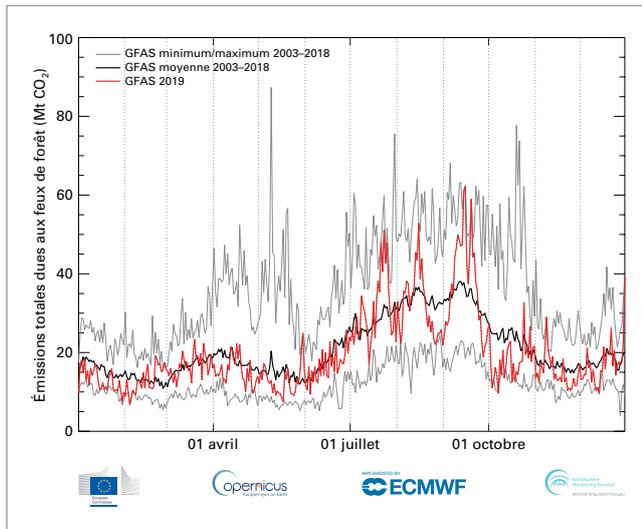


Figure 20. À gauche: les émissions journalières totales estimées de CO₂ dues aux feux de forêt à l'échelle du globe, en mégatonnes de CO₂, du 1^{er} janvier au 31 décembre 2019, comparées aux moyennes et valeurs minimales/maximales journalières de la période 2003–2018. À droite: émissions annuelles totales estimées de CO₂ dues aux feux de forêt à l'échelle du globe, en mégatonnes de CO₂, sur la période 2003–2019. Données issues du Système mondial d'assimilation des incendies du CAMS/CEPMNT (GFASv1.2).

les premiers jours de janvier, semant la destruction dans le sud-est de la Nouvelle-Galles du Sud (en particulier près de la côte), dans l'est de l'État de Victoria, près d'Adelaïde et sur Kangaroo Island en Australie-Méridionale. Au début de 2020, le bilan des incendies s'élevait à 33 morts, plus de 2 000 habitations détruites et un total d'environ 7 millions d'hectares brûlés en Nouvelle-Galles du Sud et dans l'État de Victoria. Plus tôt en 2019, les régions habituellement arrosées de l'ouest et du centre de la Tasmanie ont été éprouvées par de nombreux incendies persistants en janvier et en février, conséquence de l'été sec qui a sévi sur l'île. C'est la deuxième fois en quatre ans que des incendies se déclarent dans des régions où ils étaient extrêmement rares par le passé.

La grave sécheresse qui a touché l'Indonésie et les pays voisins est à l'origine de la saison des incendies la plus intense observée depuis 2015, même si les incendies et la pollution occasionnée par les fumées ont été moins graves qu'en 2015⁵³. Dans le bassin de l'Amazonie également, le nombre de feux de forêt a été plus élevé que les années précédentes, en particulier en août, même si l'on est resté loin des niveaux atteints lors d'années de grande sécheresse telles que 2010. Le nombre d'incendies signalés dans la région amazonienne du Brésil n'a dépassé que légèrement la moyenne décennale, mais le nombre total d'incendies recensés en Amérique du Sud a été le plus élevé depuis 2010, la Bolivie et le Venezuela comptant parmi les pays qui ont connu une année particulièrement intense⁵⁴.

Alors que les feux de forêt ont été légion en 2019 autour du globe, les quantités estimées d'émissions journalières et annuelles totales dans le monde ont

été proches de la moyenne calculée par le Système mondial d'assimilation des incendies du CAMS/CEPMNT pour les 17 dernières années (GFASv1.2). GFASv1.2 combine les observations de foyers actifs effectuées par les instruments MODIS installés à bord des satellites Terra et Aqua de la NASA, pour constituer un jeu de données sur l'énergie radiative moyenne quotidienne des incendies et les émissions estimées d'espèces pyrogènes, notamment de particules, de gaz réactifs et de gaz à effet de serre, pour la période allant du 1^{er} janvier 2003 jusqu'au moment de la rédaction du présent document.

Les émissions journalières totales de CO₂ dues aux feux de forêt sur l'année 2019 (figure 20, graphique de gauche) ont été à peu près conformes à la moyenne de 2003–2018, avec des niveaux supérieurs à la moyenne (plus de 20 millions de tonnes de CO₂ par jour) entre juin et octobre, et des niveaux inférieurs à la moyenne (moins de 20 millions de tonnes de CO₂ par jour) pendant le reste de l'année. Les hausses les plus importantes par rapport à la moyenne calculée sur 17 ans ont été relevées en juillet, août, septembre et à la fin de décembre, ces périodes correspondant aux pics des incendies de forêt en Arctique, en Sibérie, en Indonésie et en Australie respectivement.

Le total annuel des émissions mondiales de CO₂ dues aux feux de forêt pour 2019 (figure 20, graphique de droite) a été supérieur à celui des deux années précédentes mais est resté en deçà des niveaux enregistrés pour la plupart des autres années du jeu de données, ce qui cadre avec le recul tendanciel du nombre de feux de forêt observé à l'échelle du globe depuis 2003.

⁵³ <http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot>.

⁵⁴ D'après l'Institut national de recherches spatiales (INPE) du Brésil.

Risques et impacts liés au climat

Le risque d'impacts liés au climat dépend d'interactions complexes entre les aléas climatiques et la vulnérabilité, l'exposition et la capacité d'adaptation des systèmes humains et naturels⁵⁵. Au regard des niveaux actuels des émissions mondiales de gaz à effet de serre, le réchauffement planétaire pourrait excéder les seuils convenus de 1,5 °C ou 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels⁵⁶, augmentant le risque que le changement climatique ait de graves répercussions, dépassant celles déjà à l'œuvre^{57,58}.

Les phénomènes climatiques présentent déjà des risques pour la société au travers de leurs effets sur la santé, la production alimentaire et l'approvisionnement en eau, la sécurité des personnes, les moyens de subsistance, les économies, les infrastructures et la biodiversité. Les changements climatiques ont également de graves conséquences pour les services écosystémiques. Ils peuvent altérer les modes d'utilisation des ressources naturelles, ainsi que la répartition des ressources entre les régions et au sein des pays.

DES MENACES CROISSANTES PÈSENT SUR LA SANTÉ

Les conséquences sanitaires des phénomènes climatiques recouvrent les maladies et les décès dus à la chaleur; les blessures et les décès associés aux fortes tempêtes et aux inondations; les maladies à transmissions vectorielle et hydrique; l'aggravation des affections cardiovasculaires et respiratoires due à la pollution atmosphérique; et le stress et les traumatismes psychiques associés aux déplacements et à la destruction des moyens de subsistance et des biens.

CHALEUR EXTRÊME ET SANTÉ

De plus en plus, les régions densément peuplées de la planète sont confrontées à un temps plus chaud, et notamment à un changement de la température estivale moyenne plus marqué que l'évolution moyenne dans le monde (figure 21).

La chaleur extrême a des effets de plus en plus délétères sur la santé humaine et les systèmes de santé.

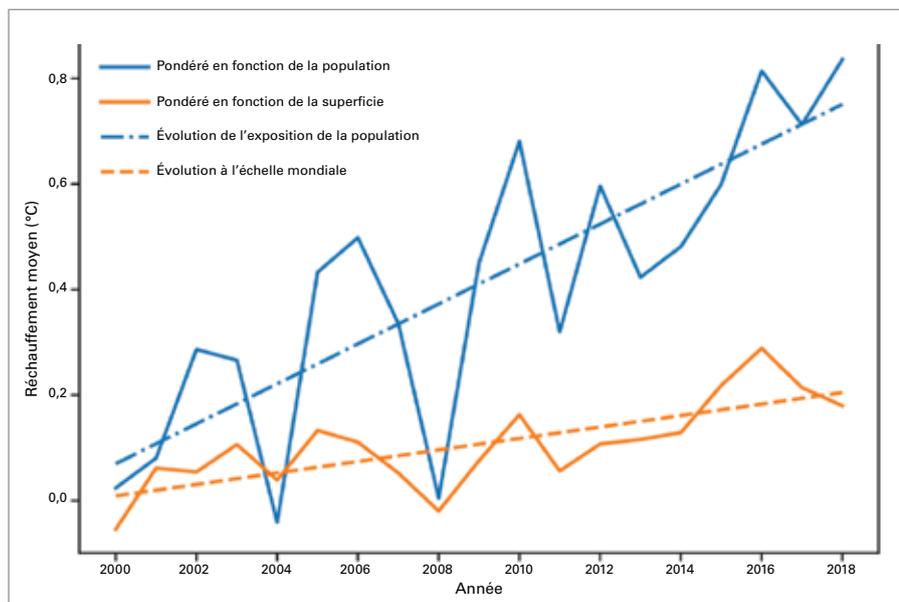


Figure 21. Réchauffement estival moyen pondéré en fonction de la population et de la superficie (juin-août dans l'hémisphère Nord, décembre-février dans l'hémisphère Sud), par rapport à la moyenne de 1986-2005⁵⁹.

⁵⁵ Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2019: *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People* (sous la direction de Ekins P., J. Gupta et P. Boileau), 745 pages. Cambridge, Cambridge University Press, doi 10.1017/9781108627146, <https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook>.

⁵⁶ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2018: *Réchauffement climatique de 1,5 °C* (sous la direction de Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor et T. Waterfield). Genève, <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

⁵⁷ Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2019: *Rapport 2019 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions*. Nairobi, <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.

⁵⁸ Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2019: *Lessons from a Decade of Emission Gap Assessments* (sous la direction de J. Christensen et A. Olhoff). Nairobi.

⁵⁹ Watts, N. et al., 2019: The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394 (10211), pp. 1836-1878, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(19\)32596-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)32596-6/fulltext).

Ses conséquences sont encore plus graves dans les contextes géographiques où elle se conjugue au vieillissement démographique, à l'urbanisation, aux effets d'îlot de chaleur urbain et aux inégalités sanitaires⁶⁰. En 2018, le nombre d'expositions de personnes vulnérables âgées de plus de 65 ans à la canicule⁶¹ a dépassé de 220 millions la moyenne observée sur la période de référence 1986–2005 – excédant de 11 millions de personnes le précédent record établi en 2015.

En 2019, les records de températures élevées atteints en Australie, en Inde, au Japon et en Europe ont eu des conséquences néfastes sur la santé et le bien-être. Une forte canicule s'est abattue sur le Japon entre la fin du mois de juillet et le début du mois d'août, causant plus de 100 décès et mettant le système de santé national à rude épreuve en raison d'un surcroît de 18 000 hospitalisations. L'Europe a été frappée par deux vagues de chaleur intenses durant l'été 2019. La canicule qui a affecté le sud-ouest et le centre de l'Europe en juin a fait un certain nombre de victimes en Espagne et en France. Fin juillet, une vague de chaleur encore plus intense s'est abattue sur la majeure partie du centre et de l'ouest de l'Europe. Aux Pays-Bas, cet épisode a été associé à 2 964 décès, soit presque

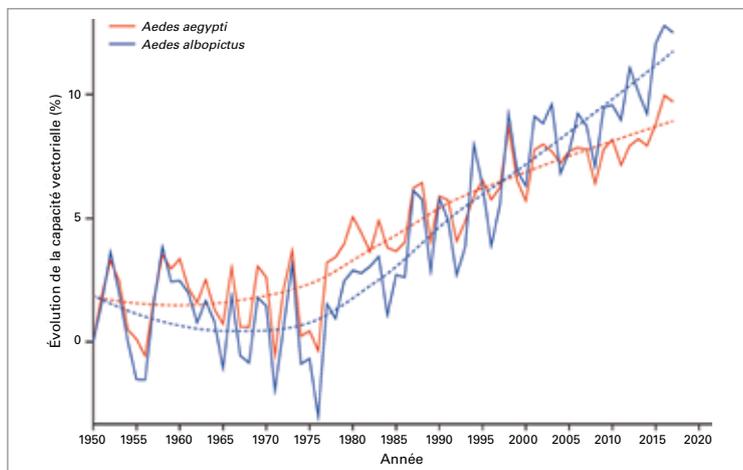
400 de plus qu'au cours d'une semaine normale pendant l'été⁶², tandis que l'Angleterre a déploré 572 décès supplémentaires (entre 390 et 754, avec un intervalle de confiance de 95 %) par rapport à la mortalité de référence des personnes de plus de 65 ans, toutes causes de décès confondues⁶³.

En France métropolitaine, entre le début du mois de juin et la mi-septembre, plus de 20 000 visites aux urgences et 5 700 consultations médicales à domicile ont été motivées par des symptômes liés à la chaleur⁶⁴. Pendant ces deux vagues de chaleur estivales, les régions touchées ont accusé une surmortalité totale de 1 462 décès (9,2 % de plus que la mortalité moyenne, avec une marge d'incertitude allant de 548 à 2 221 décès supplémentaires). Les plus de 75 ans, mais aussi les 15-44 et les 65-74 ans, ont été les plus touchés. Dans les régions de France qui ont connu une chaleur extrême (vigilance rouge), la surmortalité observée de 572 décès représente une augmentation de 50 % par rapport à la mortalité attendue en l'absence de canicule.

MALADIES À TRANSMISSION VECTORIELLE

L'évolution des conditions climatiques depuis 1950 facilite la transmission du virus de la dengue par l'espèce de moustique *Aedes*, accentuant le risque de maladie (figure 22). Parallèlement, l'incidence mondiale de la dengue a augmenté de façon spectaculaire au cours des dernières décennies, et environ la moitié de la population mondiale est aujourd'hui exposée au risque d'infection⁶⁵. En 2019, le monde a enregistré une forte augmentation du nombre de cas de dengue par rapport à la même période de 2018. Plus de 2 800 000 cas soupçonnés et confirmés, dont 1 250 mortels environ, ont été recensés dans les Amériques⁶⁶. Au cours des trois mois d'août à octobre, 85 % des près de 1 050 000 cas signalés l'ont été par le Brésil, les Philippines, le Mexique, le Nicaragua, la Thaïlande, la Malaisie et la Colombie⁶⁷.

Figure 22. Évolution de la capacité vectorielle mondiale pour la transmission du virus de la dengue par *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* depuis 1950. La capacité vectorielle dépend de la température et est calculée à partir de données climatiques anciennes.



⁶⁰ Sera, F. et al., 2019: How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. *International Journal of Epidemiology*, 48(4):1101-1112, doi: 10.1093/ije/dyz008, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30815699>.

⁶¹ Chaque exposition à la canicule correspond à l'exposition d'une personne âgée de plus de 65 ans à une canicule (définie comme une période d'au moins trois jours pendant lesquels, sur un site déterminé, la température journalière minimale a dépassé le 99^e centile de la distribution de la température journalière minimale pour les mois d'été sur la période 1986–2005).

⁶² <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2019/32/more-deaths-during-recent-heat-wave>.

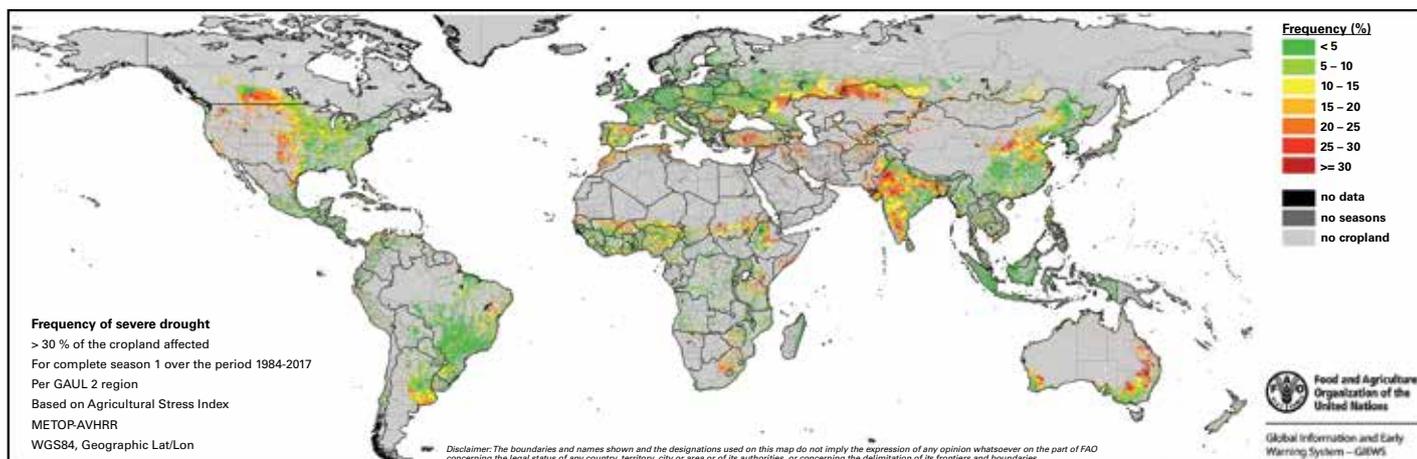
⁶³ <https://www.gov.uk/government/publications/phe-heatwave-mortality-monitoring>.

⁶⁴ <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-canicule.-bilan-ete-2019>.

⁶⁵ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>.

⁶⁶ https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=en.

⁶⁷ <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly> (mise à jour du 22 novembre 2019).



LA VARIABILITÉ DU CLIMAT ET LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES CONTINUENT D'AVOIR UN IMPACT NÉGATIF SUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET À PROVOQUER DES DÉPLACEMENTS DE POPULATION

Les écosystèmes terrestres que sont les forêts et les pâturages, ainsi que les terres agricoles et les rendements des cultures se ressentent déjà des effets de la hausse des températures et de la modification des régimes pluviométriques⁶⁸. D'après les estimations, 26 % de l'ensemble des pertes et des dommages liés aux catastrophes climatiques de moyenne et grande ampleur entre 2006 et 2016 se sont concentrés sur l'agriculture des pays en développement (cultures, élevage, sylviculture, pêche et aquaculture). Deux tiers environ des pertes et des dommages infligés aux cultures ont été causés par des inondations, et presque 90 % des pertes et des dommages dans le secteur de l'élevage résultent de la sécheresse⁶⁹ (figure 23).

En marge des conflits, de l'insécurité et des ralentissements et fléchissements économiques, la variabilité du climat et les phénomènes météorologiques extrêmes figurent parmi les principaux facteurs de l'augmentation récente de

la faim dans le monde et sont l'une des causes majeures des crises graves. Après une décennie de déclin régulier, la faim repart à la hausse. Selon les dernières données mondiales disponibles, plus de 820 millions de personnes, soit une personne sur neuf dans le monde, ont souffert de la faim en 2018 (figure 24). C'est en Afrique subsaharienne que la situation est la plus critique: le nombre de personnes sous-alimentées y a augmenté de plus de 23 millions entre 2015 et 2018, les pays en proie à des conflits payant le plus lourd tribut. Parmi les 33 pays qui ont été touchés par des crises alimentaires en 2018, la variabilité du climat et les phénomènes météorologiques extrêmes ont été des facteurs aggravants dans 26 pays, au même titre que les chocs économiques et les conflits, et le facteur d'insécurité alimentaire principal dans 12 de ces 26 pays⁷⁰. En conséquence, atteindre l'objectif «Faim Zéro» fixé par le Programme de développement durable à l'horizon 2030 est un défi de taille pour la communauté internationale.

Plus de 6,7 millions de nouveaux déplacements internes liés à des catastrophes ont été enregistrés entre janvier et juin 2019. Ces déplacements ont été déclenchés par des phénomènes hydrométéorologiques tels que le cyclone *Idai* dans le sud-est de l'Afrique, le cyclone *Fani* en Asie du Sud, l'ouragan *Dorian* dans les Caraïbes et les inondations en Iran, aux Philippines et en Éthiopie, générant des besoins aigus en termes d'aide humanitaire et de protection⁷¹. Le nombre de nouveaux déplacés internes s'est élevé

Figure 23. Fréquence des sécheresses graves dans les régions céréalières du globe, calculée à l'aide de données de télédétection portant sur la période 1984–2017 (Source: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), *Système mondial d'information et d'alerte rapide (SMIAR) – Observations de la Terre*).

⁶⁸ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2019: *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* (sous la direction de P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi et J. Malley). Genève, <https://www.ipcc.ch/srcccl/>.

⁶⁹ Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2018: *The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017*, <http://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf>.

⁷⁰ Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Fonds international de développement agricole (FIDA), Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), Programme alimentaire mondial (PAM) et Organisation mondiale de la Santé (OMS), 2019: *L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2019. Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques*. Rome, FAO.

⁷¹ <http://www.internal-displacement.org/publications/internal-displacement-mid-year-figures-january-june-2019>.

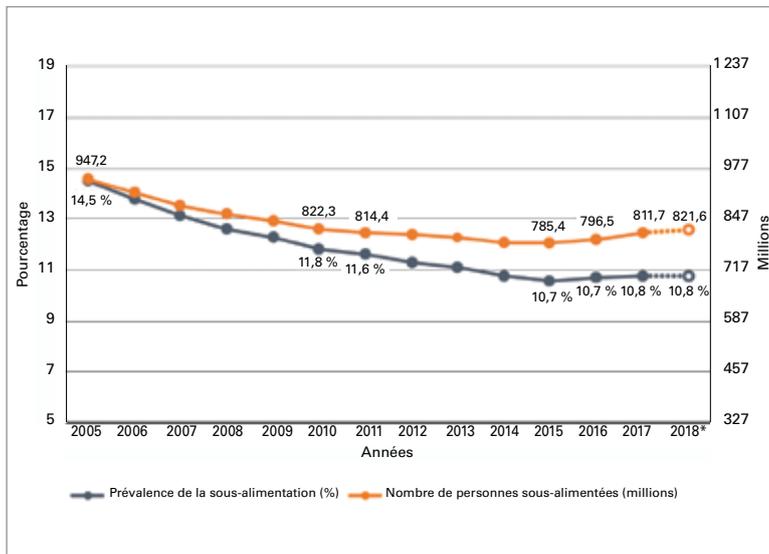


Figure 24. Le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde augmente depuis 2015. Les valeurs pour 2018 sont des projections, comme l'illustrent les lignes en pointillé et les cercles vides (Source: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)).

à 17,2 millions en 2018, répartis dans 148 pays et territoires, et devrait atteindre près de 22 millions en 2019⁷². Sur l'ensemble des risques naturels, ce sont les inondations et les tempêtes qui ont été à l'origine du plus grand nombre de déplacements en 2019, suivies par les sécheresses. Le Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR) n'a pas ménagé ses efforts pour protéger et soutenir les personnes déplacées dans ce contexte, notamment au Mozambique après le passage du cyclone *Idai*.

Les phénomènes et catastrophes climatiques n'ont pas partout les mêmes effets en termes de déplacement de populations. L'Asie et le Pacifique demeurent les régions les plus sujettes aux catastrophes soudaines ou à évolution lente. Par exemple, au Bangladesh, qui se classe au deuxième rang des pays de la région les plus exposés aux catastrophes, plus de 2 millions de personnes ont été évacuées dans le contexte du cyclone *Bulbul* en novembre 2019, et en Chine, le typhon *Lekima* a entraîné le déplacement de plus de 2 millions de personnes en août 2019. L'Amérique latine et les Caraïbes ont aussi été durement touchés par des phénomènes climatiques et d'autres aléas tels que les éruptions volcaniques et les séismes, qui ont engendré de nouveaux déplacements. Ainsi, 70 000 personnes environ aux Bahamas se sont retrouvées sans abri en septembre 2019 suite au passage de l'ouragan *Dorian*, et les inondations qui ont frappé l'État d'Amazonas au Brésil en juin

ont été à l'origine de plus de 42 000 déplacements. Dans la région de la corne de l'Afrique et en Afrique occidentale, plusieurs millions de personnes ont été touchées par les inondations.

Bon nombre des populations de réfugiés existantes sont établies dans des zones climatiquement sensibles, où elles sont exposées à des phénomènes dangereux à déclenchement soudain ou lent, et affectées par ces phénomènes, qui peuvent dès lors engendrer des déplacements secondaires. Par exemple, les centaines de milliers de réfugiés rohingyas qui ont fui au Bangladesh vivent maintenant sur le site de Kutupalong, où ils subissent régulièrement tempêtes, fortes pluies et glissements de terrain. Entre janvier et novembre, les camps de la région ont fait face à des inondations, des glissements de terrain et des vents violents. C'est pourquoi le Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés et ses partenaires ont fait de la préparation à la mousson une priorité, et se sont employés à construire des ouvrages de retenue sur les flancs des montagnes, à installer des réseaux de drainage et à construire des routes et des ponts. Eu égard à la qualité médiocre des bâtiments et à l'installation des réfugiés dans des zones exposées, plus de 84 000 personnes ont été touchées par les aléas, sur une population totale de près de 945 000 personnes⁷³.

Si la plupart des déplacements liés aux catastrophes et au climat se font à l'intérieur des pays, des déplacements transfrontaliers sont également observés, parfois en lien avec des situations de conflit ou de violence⁷⁴. L'aggravation de la sécheresse et l'escalade de la violence en Somalie ont fait migrer des milliers de personnes vers l'Éthiopie, pays lui aussi durement touché par les effets des phénomènes climatiques. La région du lac Tchad est en proie à la désertification et la déforestation, dues au rétrécissement du lac Tchad, aux phénomènes climatiques extrêmes, à la croissance démographique et à l'irrigation non contrôlée. Ajoutés à la violence qui a chassé des millions de personnes de leur foyer au Tchad, au Cameroun, au Nigéria et au Niger, tous ces phénomènes exacerbent les déplacements forcés, notamment les mouvements de réfugiés, entre pays⁷⁵.

En Afrique australe, le début de la saison des pluies a été retardé et il y a eu de longues périodes sèches. En mai 2019, la sécheresse a conduit la Namibie à décréter l'état d'urgence⁷⁶. La production

⁷² Observatoire des situations de déplacement interne (IDMC), <http://www.internal-displacement.org/>.

⁷³ <http://iom.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=1eec7ad29df742938b6470d77c26575a>.

⁷⁴ Haut-Commissariat des Nations unies pour les réfugiés (HCR), <https://www.unhcr.org/fr/news/stories/2019/10/5da6c548a/changement-climatique-et-deplacements.html>.

⁷⁵ Observatoire des situations de déplacement interne (IDMC), <http://www.internal-displacement.org/expert-opinion/looking-beyond-boko-haram-in-the-lake-chad-region>; HCR, <https://www.unhcr.org/fr/news/stories/2019/10/5da6c548a/changement-climatique-et-deplacements.html>.

⁷⁶ AfricaNews, 6 mai 2019: Namibia declares national state of emergency over drought, <https://www.africanews.com/2019/05/06/namibia-declares-national-state-of-emergency-over-drought/>.

céréalière régionale devrait être inférieure d'environ 8 % à la moyenne quinquennale, et 12,5 millions de personnes dans la région devraient être confrontées à une grave insécurité alimentaire jusqu'en mars 2020, soit une augmentation de plus de 10 % par rapport à l'année précédente.

La sécurité alimentaire s'est détériorée dans plusieurs régions de l'Éthiopie, de la Somalie, du Kenya et de l'Ouganda en raison d'une longue saison des pluies (*Gu*) médiocre, qui a fait suite à une courte saison des pluies (*Deyr*) inférieure à la normale en 2018. En outre, entre octobre 2019 et janvier 2020, la région a subi des inondations de grande ampleur qui ont touché 3,4 millions de personnes⁷⁷.

En mars 2019, le cyclone tropical *Idai* a contribué à la destruction complète de près de 780 000 ha de cultures au Malawi, au Mozambique et au Zimbabwe, rendant la sécurité alimentaire dans la région encore plus précaire⁷⁸. Le cyclone a également provoqué le déplacement d'au moins 50 905 personnes au Zimbabwe⁷⁹, 53 237 dans le sud du Malawi⁸⁰ et 77 019 au Mozambique⁸¹. En outre, le Mozambique a été frappé par le cyclone *Kenneth* quelques semaines plus tard, de sorte qu'il y a actuellement dans ce pays 88 381 personnes en situation de déplacement interne, concentrées pour la plupart dans les régions de Beira et Quelimane⁸².

Au Soudan du Sud, l'insécurité alimentaire est restée aiguë tout au long de 2019, le nombre estimé de personnes en situation de grave insécurité alimentaire entre les mois de septembre et décembre s'élevant à 4,54 millions. Il est néanmoins probable que le nombre réel de personnes en insécurité alimentaire soit considérablement plus élevé que le nombre estimé en août, les grandes inondations de septembre et octobre ayant touché quelque 900 000 personnes et occasionné des pertes de récoltes et de bétail considérables⁸³.

Les crues soudaines qui se sont produites en Afghanistan en mars 2019 après plusieurs mois

d'intense sécheresse d'avril à octobre 2018 ont provoqué les inondations les plus graves de la décennie dans certaines régions du pays. Actuellement, 13,5 millions de personnes sont en situation d'insécurité alimentaire, et 22 provinces sur 34 n'ont pas encore fini de se relever de la grave sécheresse de 2018, qui avait provoqué 32 515 déplacements dans la seule province d'Hérat⁸⁴. La situation est d'autant plus préoccupante que 80 % des sols du pays sont dégradés selon les estimations, conséquence de plusieurs années sèches cumulées⁸⁵.

Un temps sec a persisté en République populaire démocratique de Corée pendant la première moitié de 2019, après deux années consécutives de sécheresse et de régimes météorologiques irréguliers. En moyenne, 56,3 mm de pluie seulement sont tombés sur le pays entre janvier et mars 2019, soit le plus bas niveau enregistré depuis 1917. Environ 10 millions de personnes ont besoin d'une aide alimentaire urgente⁸⁶.

En 2019, les conditions plus sèches que la normale observées dans le «corridor sec» de l'Amérique centrale et des Caraïbes ont favorisé le déclenchement d'incendies de forêt dans le nord du Guatemala et au Honduras, compromettant le développement des cultures, et ont contribué à l'assèchement de certains cours d'eau au Honduras. Après une pluviosité inférieure à la normale de mai à août, quelque 50 000 familles ont perdu presque 80 % de leur production de maïs au Guatemala. Des pertes de récoltes considérables (allant jusqu'à 70 % pour le maïs et 50 % pour les haricots) ont également été enregistrées par le Honduras, en proie au même temps sec. Des pertes de cultures de base qui exposaient plus de 100 000 personnes au risque d'insécurité alimentaire ont conduit le Gouvernement du Honduras à décréter l'état d'urgence en septembre. Au Salvador, on estime que la pénurie de produits alimentaires et d'eau potable a touché plus de 70 000 foyers⁸⁷.

⁷⁷ <https://reliefweb.int/report/south-sudan/eastern-africa-region-regional-floods-and-locust-outbreak-snapshot-january-2020>.

⁷⁸ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (July-September 2019). Rome, <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5445en/>.

⁷⁹ Organisation internationale pour les migrations (OIM), <https://displacement.iom.int/reports/zimbabwe-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-baseline-assessment-round-1-3-27-april-2019>.

⁸⁰ OIM, <https://displacement.iom.int/reports/malawi-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-multi-sectoral-location-assessments-11-april-2019>.

⁸¹ OIM, <https://displacement.iom.int/reports/mozambique-%E2%80%94-cyclone-idai-response-situation-report-%E2%80%94-round-10-october-2019>.

⁸² OIM, <https://displacement.iom.int/mozambique>.

⁸³ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), <http://www.fao.org/3/ca7236fr/ca7236fr.pdf>.

⁸⁴ OIM, <https://displacement.iom.int/reports/afghanistan-%E2%80%94-drought-response-situation-report-26-april-2019>.

⁸⁵ FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (avril-juin 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1190473/>.

⁸⁶ FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (octobre-décembre 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

⁸⁷ Ibid.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LES PHÉNOMÈNES EXTRÊMES MENACENT LA FAUNE ET LA FLORE MARINES ET LA BIODIVERSITÉ

Les facteurs qui pèsent le plus sur les ressources biologiques de la mer sont la surexploitation, les formes de pollution dues aux activités terrestres et le changement climatique⁸⁸. Les récifs de corail sont l'écosystème marin le plus menacé par les modifications de l'océan liées au climat, et plus particulièrement par le réchauffement et l'acidification de l'océan^{89,90}. D'après les projections, la couverture corallienne devrait chuter à 10 %–30 % de son niveau antérieur dans l'hypothèse d'un réchauffement de 1,5 °C, et à moins de 1 % si la température augmente de 2 °C⁹¹. L'acidification de l'océan peut aussi avoir des effets néfastes sur d'autres systèmes marins, comme par exemple les lits de moules et certains habitats de macroalgues. Le changement climatique affecte la pêche d'un grand nombre de manières différentes⁹². Les profils de température et de salinité se modifient sous l'effet du changement climatique, et les changements qui en résultent dans la distribution et la productivité des espèces cibles importantes se répercutent déjà sur la distribution des prises.

Les données issues de la surveillance à long terme de la Grande Barrière de corail montrent que la couverture moyenne en coraux durs a légèrement augmenté entre 2017 et 2019 dans la partie nord de la Grande Barrière, passant de 11 % à 14 % (figure 25). Ces valeurs demeurent néanmoins néanmoins proches des minima relevés par le Programme de surveillance à long terme de l'Institut australien des sciences de la mer (AIMS-LTMP) depuis 1985, et sont à mettre en lien avec les effets cumulés des cyclones et des deux épisodes de blanchissement notoire des coraux survenus au cours de la période

2014–2019⁹³. La régénération est pour l'instant limitée. Le cyclone tropical de forte intensité *Debbie*, en 2017, et la prolifération ininterrompue des populations d'*Acanthaster planci* vers le sud ont contribué au déclin continu de la couverture corallienne dans la partie centrale de la Grande Barrière. La couverture moyenne en coraux durs a légèrement diminué, passant de 14 % en 2018 à 12 % en 2019. Sur les récifs de la région sud de la Grande Barrière, la couverture corallienne moyenne a continué à décliner dans l'ensemble, mais dans de faibles proportions, passant de 25 % en 2018 à 24 % en 2019.

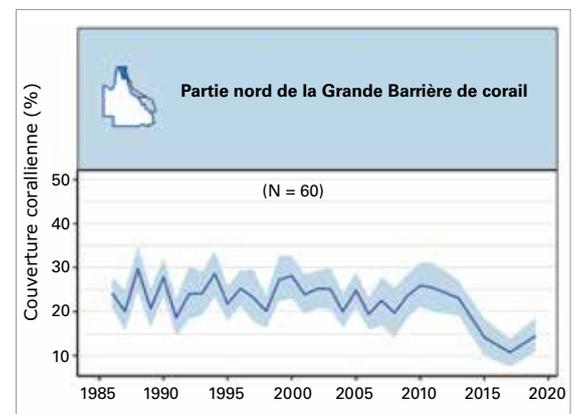


Figure 25. Tendances de la couverture moyenne en coraux durs dans le nord de la Grande Barrière de corail, sur la base des relevés en «manta tow» effectués jusqu'en juin 2019. N indique le nombre de récifs pris en compte dans les analyses; la zone ombrée en bleu représente un intervalle de crédibilité de 95 %. Il est à noter que de nombreux récifs de la région n'ont pas fait l'objet de relevés réguliers sur le long terme et qu'en 2019, il n'a pas été possible de faire des relevés sur tous les récifs côtiers (Source: Institut australien des sciences de la mer (AIMS), 2019).⁹⁴

⁸⁸ Salem, H.S., 2011: Social, environmental and security impacts of climate change on the eastern Mediterranean. In: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (sous la direction de Brauch, H.S., Spring, U.O., Mesjasz, C., Grin, J., Kameri-Mbote, P., Chourou, B., Dunay, P. et Birkmann, J.). Springer, 421-445.

⁸⁹ Gattuso, J-P. et al., 2015: Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, 349(6243), doi:10.1126/science.aac4722.

⁹⁰ Albright, R. et al., 2018: Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, 555, 516–519, doi:10.1038/nature25968.

⁹¹ Plateforme intergouvernementale science-politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), 2019: *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services – Summary for Policymakers*. Bonn, <https://ipbes.net/global-assessment>.

⁹² Ripple, W. et al., 2019: World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 70(1), <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.

⁹³ Institut australien des sciences de la mer (AIMS), 2019: *Long-term Reef Monitoring Program – Annual Summary Report on coral reef condition for 2018/19*, disponible à l'adresse <https://www.aims.gov.au/reef-monitoring/gbr-condition-summary-2018-2019>.

⁹⁴ Ibid.

ÉTUDE DE CAS:

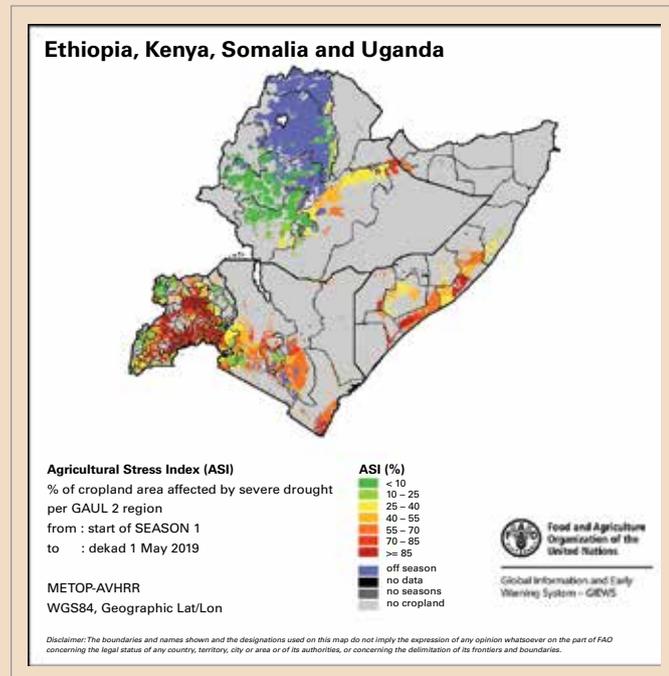
Des chocs climatiques extrêmes entraînent une dégradation de la sécurité alimentaire et des déplacements de population dans la région de la corne de l'Afrique en 2019

Alessandro Costantino, Sarah Graf et Oscar Rojas, FAO

Dans certains pays de la région de la corne de l'Afrique, la sécurité alimentaire s'est fortement dégradée en 2019 sous l'influence des extrêmes climatiques, des déplacements, des conflits et de la violence. En Somalie et au Kenya, par exemple, le nombre de personnes en situation d'insécurité alimentaire a augmenté entre la fin de 2018 et la fin de 2019, passant respectivement de 1,6 à 2,1 millions et de 0,7 à 3,1 millions. On estime qu'à la fin de 2019, environ 22,2 millions de personnes (6,7 millions en Éthiopie, 3,1 millions au Kenya, 2,1 millions en Somalie, 4,5 millions au Soudan du Sud⁹⁵ et 5,8 millions au Soudan) étaient en situation de grave insécurité alimentaire⁹⁶, un tout petit peu moins seulement que pendant la sécheresse intense et persistante de 2016/17⁹⁷.

Un temps exceptionnellement sec a sévi dans la majeure partie de la région de la corne de l'Afrique en mars et pendant les vingt premiers jours d'avril, le cumul de précipitations étant d'environ 80 % inférieur à la normale selon les estimations⁹⁸. Les conditions météorologiques difficiles (parmi les plus sèches jamais enregistrées dans certaines régions) ont touché plusieurs zones de culture et entraîné une baisse des surfaces cultivées et des rendements (voir figure 26). Dans ce contexte très sec, les infestations de chenille légionnaire d'automne ont porté un coup supplémentaire aux rendements.

Les précipitations supérieures à la normale qui sont tombées à la fin du mois d'avril et en mai ont réduit le déficit hydrique et amélioré les conditions de végétation. L'arrivée de fortes averses a également réduit les niveaux d'infestation de chenille légionnaire d'automne, mais dans plusieurs régions, les dégâts infligés aux cultures étaient déjà en grande partie irréversibles. Les plus fortes contractions de la production ont été enregistrées en Somalie et dans le sud-est du Kenya, où les déficits pluviométriques ont été plus importants et où la saison des pluies est normalement plus courte que dans les autres pays de la région. En Somalie, la récolte *Gu* de 2019 a été la plus faible enregistrée depuis 1995, en baisse



d'environ 60 % par rapport à la moyenne des cinq dernières années. De même, dans les zones agropastorales et les zones agricoles marginales du centre, du sud-est et des régions côtières du Kenya, la production de maïs estimée était inférieure d'environ 50 à 60 % à la moyenne. Dans les zones pastorales, le temps exceptionnellement sec qui a régné en mars et en avril, en particulier dans le centre et le nord de la Somalie, dans le sud-est de l'Éthiopie et dans la majeure partie du Kenya, a provoqué l'émaciation du bétail et augmenté les taux de mortalité, entraînant également une baisse importante de la production laitière⁹⁹. À la fin de 2019, les prix de céréales relevés sur la plupart des marchés au Kenya, en Ouganda, en Somalie et en Éthiopie étaient très élevés, ayant parfois doublé par rapport à l'année précédente et hypothéquant ainsi l'accès de pans importants de la population à la nourriture¹⁰⁰.

La saison des courtes pluies *Deyr* en octobre-décembre 2019 a été caractérisée par des précipitations exceptionnellement fortes dans l'ensemble de la région,

Figure 26. Indice de stress agricole (ASI) pour la région de la corne de l'Afrique en mai 2019

⁹⁵ Au Soudan du Sud, les projections concernant l'insécurité alimentaire pour la période d'octobre à décembre, établies en août, ne tiennent pas compte de l'impact des inondations. Par conséquent, le nombre de personnes qui étaient en situation d'insécurité alimentaire à la fin de 2019 est probablement beaucoup plus élevé que l'estimation indiquée.

⁹⁶ Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2020: SMIAR Alerte spéciale N° 347: La pire résurgence de criquets pèlerins depuis des décennies menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est. Rome, <http://www.fao.org/3/ca7610fr/CA7610FR.pdf>.

⁹⁷ FAO, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (octobre-décembre 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

⁹⁸ FAO, *Perspectives de récolte et situation alimentaire*, juillet 2019, <http://www.fao.org/3/ca5327fr/CA5327FR.pdf>.

⁹⁹ FAO, *Perspectives de récolte et situation alimentaire*, septembre 2019, <http://www.fao.org/3/ca6057fr/ca6057fr.pdf>.

¹⁰⁰ FAO, *Bulletin FPMA – Suivi et analyse des prix alimentaires*, novembre 2019, <http://www.fao.org/3/ca7281fr/ca7281fr.pdf>.

qui a enregistré le cumul total de pluie le plus élevé ou le deuxième en importance depuis 1981, avec des valeurs comprises entre 200 % et 400 % de la normale. Le réchauffement inhabituel de la surface de la mer au large de l'Afrique de l'Est, manifestation d'un épisode parmi les plus marqués jamais enregistrés du dipôle de l'océan Indien, a été associé à de fortes précipitations à l'intérieur des terres. Ces pluies abondantes ont été bénéfiques aux cultures et à l'élevage sur parcours mais ont aussi entraîné des inondations de grande ampleur qui ont à leur tour provoqué pertes en vies humaines, déplacements, dommages aux cultures et pertes en bétail, principalement dans le centre et le sud de la Somalie, le sud-est de l'Éthiopie, le nord et l'est du Kenya et au Soudan du Sud.

Les extrêmes climatiques ont mis un peu plus en péril les moyens de subsistance déjà précaires des populations de l'Afrique de l'Est et de la corne de l'Afrique¹⁰¹, régions qui abritent des communautés extrêmement vulnérables, dont 75 millions de personnes au moins vivant avec moins de 1,9 dollar É.-U. par jour¹⁰². Selon les estimations, il y a dans cette région 8,1 millions de déplacés internes, dont 1,8 million de personnes déplacées à cause de la sécheresse et 3,5 millions de demandeurs d'asile et de réfugiés¹⁰³. Les extrêmes climatiques et météorologiques obligent les populations à chercher ailleurs de meilleures conditions de sécurité: en Somalie, entre janvier et mai 2019, les sécheresses ont déplacé au moins 60 000 personnes¹⁰⁴, et les importantes inondations d'octobre et novembre ont provoqué 370 000 déplacements supplémentaires¹⁰⁵. Plusieurs milliers de personnes se sont réfugiées en Éthiopie, qui est elle aussi confrontée aux conséquences néfastes des phénomènes climatiques, au nombre desquelles les déplacements. Les phénomènes liés au climat exacerbent en outre un peu plus les tensions entre les personnes déplacées et les communautés d'accueil, attisant les conflits intracommunautaires.

Le Soudan du Sud est le pays qui a le plus souffert des inondations, avec environ 900 000 personnes

touchées, parmi lesquelles environ 420 000 ont été déplacées. Les pertes de récoltes considérables provoquées par les inondations, tout particulièrement dans les anciens États du Bahr el Ghazal du Nord, du Jonglei, du Nil Supérieur et du Warab, ont annulé une partie des améliorations de la production et de la sécurité imputables aux bons rendements enregistrés dans les régions épargnées par les inondations. Au final, la production céréalière globale en 2019 devrait être plus élevée que les médiocres récoltes de 2018, mais inférieure à la moyenne des cinq dernières années¹⁰⁶. Des pertes importantes de bétail ont été signalées dans les zones touchées par les inondations. Les dommages infligés aux moyens de subsistance par les inondations ont encore fragilisé la sécurité alimentaire: les projections faisaient état de 4,5 millions de personnes (soit près de 40 % de la population totale) en situation d'insécurité alimentaire entre septembre et décembre, mais les chiffres réels sont sans doute beaucoup plus élevés à cause des inondations¹⁰⁷.

La reproduction incontrôlée des criquets pèlerins dans la péninsule arabique, associée à des conditions climatiques et météorologiques inhabituelles en Afrique de l'Est, a entraîné la pire invasion de ces insectes depuis 25 ans dans la région de la corne de l'Afrique et la plus grave depuis 70 ans au Kenya. Fin 2019, l'invasion de criquets pèlerins a touché l'est de l'Éthiopie et le centre/sud de la Somalie; en janvier 2020, elle s'était répandue dans le nord du Kenya, et en juin 2020, elle devrait s'étendre au sud de l'Éthiopie, au nord-est de l'Ouganda et à l'est du Soudan du Sud. De larges essaims tels que ceux qui ont envahi le Kenya peuvent manger la même quantité de nourriture que 80 millions de personnes en une seule journée, et dans les régions touchées, c'est l'intégralité des cultures et des fourrages qui peut disparaître. La reproduction des criquets pèlerins, qui devrait se poursuivre jusqu'en juin 2020, «représente une menace sans précédent pour la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance dans la région et pourrait déclencher une nouvelle vague de souffrances, de déplacements et, le cas échéant, des conflits»^{108,109}.

¹⁰¹ Bureau de la coordination des affaires humanitaires (OCHA), *Sahel: Overview of Humanitarian Needs and Requirements 2018*, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Sahel%20HNRO%202018.pdf>, p. 3.

¹⁰² D'après les données de la Banque mondiale (<https://data.worldbank.org/indicator>). Le pourcentage de la population vivant avec moins de 1,90 dollar É.-U. par jour (aux PPA de 2011) a été multiplié par la population totale de l'Éthiopie, du Kenya, du Soudan du Sud et de l'Ouganda; le taux de pauvreté en Somalie n'étant pas connu, les données pour ce pays sont exclues de l'estimation.

¹⁰³ Organisation internationale pour les migrations (OIM), <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94-mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

¹⁰⁴ OIM, <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94-mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

¹⁰⁵ OCHA, <https://reliefweb.int/report/somalia/somalia-floods-update-un-ocha-noaa-echo-daily-flash-26-november-2019>.

¹⁰⁶ FAO, *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (janvier-mars 2020), Rome, <http://www.FAO.org/3/ca7557en/ca7557en.pdf>.

¹⁰⁷ FAO, *Perspectives de récolte et situation alimentaire, décembre 2019*, <http://www.fao.org/3/ca7236fr/ca7236fr.pdf>.

¹⁰⁸ FAO, <http://www.fao.org/emergencies/crisis/desertlocust/intro/en/>.

¹⁰⁹ FAO, 2020: SMIAR Alerte spéciale N° 347: La pire résurgence de criquets pèlerins depuis des décennies menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est, Rome, <http://www.fao.org/3/ca7610fr/ca7610fr.pdf>, et OCHA, 2020: Eastern Africa Region: Regional Floods and Locust Outbreak Snapshot, https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA_20200117_EasternAfrica_Flood_Snapshot_Jan2020_def.pdf.

Références des jeux de données

GAZ À EFFET DE SERRE

Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (CMDGS):

Bulletin de l'OMM sur les gaz à effet de serre, n° 15, novembre 2019, <https://gaw.kishou.go.jp/>.

Mauna Loa CO₂:

Keeling, C. D. et al., 1976: Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus*, 28, doi:10.1111/j.2153-3490.1976.tb00701.x.

Pieter Tans, Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA) / Laboratoire de recherche sur le système terrestre (ESRL) (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) et Ralph Keeling, Institut d'océanographie Scripps (scrippsco2.ucsd.edu/), Université de Californie, San Diego.

Cape Grim, Tasmanie CO₂:

Station de référence de Cape Grim pour la mesure de la pollution atmosphérique (CGBAPS), <https://www.csiro.au/en/Research/OandA/Areas/Assessing-our-climate/Latest-greenhouse-gas-data>

TEMPÉRATURE EN SURFACE

HadCRUT:

Morice, C. P. et al., 2012: Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2011JD017187.

NOAAGlobalTemp:

Zhang, H.-M. et al, NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5. Centres nationaux d'information sur l'environnement de la NOAA, doi:10.25921/9qth-2p70 [8 janvier 2020].

GISTEMP:

GISTEMP Team, 2019: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. Institut Goddard d'études spatiales de la NASA, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.

Lenssen, N. et al., 2019: Improvements in the GISTEMP uncertainty model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (12), doi:10.1029/2018JD029522.

ERA5

Hersbach, H. et al., 2019: The ERA5 global reanalysis. En cours d'examen au *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

JRA-55

Kobayashi, S. et al., 2015: The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 93(1).

BILAN CARBONE

Friedlingstein, P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.

OZONE

Ozonewatch de la NASA, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>.

CONTENU THERMIQUE DE L'OCÉAN

Ishii, M. et al., 2017: Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets. *SOLA* 13, doi: 10.2151/sola.2017-030.

Cheng, L. et al., 2017: Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, 3(3), doi: 10.1126/sciadv.1601545.

Good, S. A. et al., 2013: EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, doi: 10.1002/2013JC009067.

Levitus, S. et al., 2012: World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39, doi: 10.1029/2012GL051106.

Roemmich, D. et J. Gilson, 2009: The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program. *Progress in Oceanography*, 82(2), <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.03.004>.

Hosoda, S. et al., 2008: A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float observations. Agence japonaise pour les sciences et technologies marines et terrestres (JAMSTEC) Rep. Res. Dev., Volume 8, http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo_web/ancient/MapQ/Hosoda_et_al_MOAA_GPV.pdf.

von Schuckmann, K. et P.-Y. Le Traon, 2011: How well can we derive Global Ocean Indicators from Argo data? *Ocean Science*, 7, <https://doi.org/10.5194/os-7-783-2011>.

VAGUES DE CHALEUR MARINES

Hobday, A.J. et al., 2018: Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST)

Banzon, V. et al., 2016: A long-term record of blended satellite and in situ sea-surface temperature for climate monitoring, modeling and environmental studies. *Earth System Science Data*, 8, doi:10.5194/essd-8-165-2016.

NIVEAU DE LA MER

Archivage, validation et interprétation des données des satellites océanographiques (AVISO):

Legeais, J.-F. et al., 2018: An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative. *Earth System Science Data*, 10, doi: 10.5194/essd-10-281-2018

Service Copernicus de surveillance du milieu marin (CMEMS):

Pujol, M.-I. et al., 2016: DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years. *Ocean Science*, 12, doi: 10.5194/os-12-1067-2016, 2016.

Ablain, M. et al., 2017: Satellite altimetry-based sea level at global and regional scales. *Surveys in Geophysics*, 38, doi: 10.1007/s10712-016-9389-8.

Escudier, P. A. et al., 2017: Satellite radar altimetry: principle, accuracy and precision. In *Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces* (sous la direction de D. Stammer et A. Cazenave).

pH de l'océan

Série chronologique de données océaniques – Hawaï (HOT)

Adapté de: Dore, J.E. et al., 2009: Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106:12235-12240.

Série de données – Nouvelle-Zélande

<https://marinedata.niwa.co.nz/nzoa-on/>

Vance, J. et al., 2019: NZOA-ON: The New Zealand Ocean Acidification Observing Network. *Marine and Freshwater Research*, doi: 10.1071/MF19222.

ÉTENDUE DES GLACES DE MER

OSI-SAF v2:

Lavergne, T. et al., 2019: Version 2 of the EUMETSAT OSI SAF and ESA CCI sea-ice concentration climate data records. *The Cryosphere*, 13, doi:10.5194/tc-13-49-2019, 2019.

Centre d'applications satellitaires Océan et glaces de mer d'EUMETSAT (OSI SAF), 2017 : Global sea ice concentration climate data record v2.0, doi: 10.15770/EUM_SAF_OSI_0008.

Centre national de données sur la neige et la glace (NSIDC):

Fetterer, F. et al., 2017: Sea Ice Index, Version 3. NSIDC, doi: <https://doi.org/10.7265/N5K072F8>. [4 février 2020].

BILAN DE MASSE DES GLACIERS ET DES INLANDSIS

Service mondial de surveillance des glaciers (WGMS):

Service mondial de surveillance des glaciers (2019): Fluctuations of Glaciers Database, doi:10.5904/wgms-fog-2019-12. Accès en ligne: <http://dx.doi.org/10.5904/wgms-fog-2019-12>.

PRÉCIPITATIONS

Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC):

Ziese, M. et al., 2011: GPCC First Guess Product at 1.0°: Near-real-time first guess monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100.

Schneider, U. et al., 2018: GPCC Monitoring Product: Near-real-time monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP and CLIMAT data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100, http://dx.doi.org/10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100.

Schneider, U. et al., 2018: GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 1.0°: Monthly land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_100.

INDICES EXTRÊMES

Schamm, K. et al., 2013: GPCC First Guess Daily Product at 1.0°: Near-real-time first guess daily land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FG_D_100.

Ziese, M. et al., 2018: GPCC Full Data Daily Version.2018 at 1.0°: Daily land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_D_V2018_100.

FEUX DE FORÊT

Système mondial d'assimilation des incendies (GFAS)

Kaiser, J.W. et al., 2012 : Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. *Biogeosciences*, 9(1), <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/CAMS%3A+Global+Fire+Assimilation+System+%28GFAS%29+data+documentation>.

Liste des contributeurs

MEMBRES DE L'OMM

Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Argentine, Arménie, Autriche, Bangladesh, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine, Chypre, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Guinée, Inde, Indonésie, Iran (République islamique d'), Irlande, Israël, Italie, Japon, Jordanie, Kazakhstan, Kenya, Lettonie, Libye, Luxembourg, Macédoine du Nord, Malaisie, République de Moldavie, Maroc, Nigéria, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Philippines, Pologne, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Sénégal, Serbie, Singapour, Slovaquie, Slovénie, Soudan, Suède, Suisse, Tadjikistan, Tanzanie, Trinité-et-Tobago, Tunisie, Turquie, Ukraine, Centre climatologique régional de la Région VI de l'OMM.

CENTRES DE DONNÉES

Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC); Centre Hadley du Met Office; Centres nationaux d'information sur l'environnement de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA NCEI); Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) et Service Copernicus de surveillance du changement climatique (C3S); Institut Goddard d'études spatiales (GISS) de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA); Service météorologique japonais (JMA); Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM; Centre national de données océanographiques (NODC) de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA); Centre national de données sur la neige et la glace (NSIDC); Observatoire de Mauna Loa; Initiative pour le carbone bleu; Observatoire de Hong Kong; Forum sur l'évolution probable du climat dans l'Arctique (PARCOF); Initiative sur le changement climatique de l'Agence spatiale européenne (ESA); Service Copernicus de surveillance du milieu marin (CMEMS); Archivage, validation et interprétation des données des satellites océanographiques (AVISO); Portail polaire; Département d'océanographie physique de l'Institut océanographique de Woods Hole; Institut de recherche arctique et antarctique (AARI); Mercator Océan; Global Ocean Oxygen Network (GO2NE); Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON); Centre d'applications satellitaires Océan et glaces de mer (OSI SAF) de l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT); Bureau météorologique australien; Programme «Océans et atmosphère» de l'Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO).

ORGANISMES DES NATIONS UNIES

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (COI/UNESCO), Fonds monétaire international (FMI), Organisation internationale pour les migrations (OIM), Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED), Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR), Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes (UNDRR), Organisation mondiale de la Santé (OMS).

CONTRIBUTEURS INDIVIDUELS

ASPECTS PHYSIQUES

Robbie Andrew (CICERO), Lynette Bettio, Pep Canadell (CSIRO), Anny Cazanave (Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales du CNES et Observatoire Midi-Pyrénées, France), Robert Dunn (Met Office, Royaume-Uni), Pierre Friedlingstein (Université d'Exeter), Karsten Haustein (Université d'Oxford, Royaume-Uni), Peer Hechler (OMM), Jennifer Howard (Conservation International), Matthias Huss (Université de Fribourg, Suisse), Kirsten Isensee (Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture), Rob Jackson (Université de Stanford), John Kennedy (Met Office, Royaume-Uni), Rachel Killick (Met Office, Royaume-Uni), Takuji Kubota, Yuriy Kuleshov, Toshiyuki Kurino, Lisa Levin (Scripps), Patrick Megonigal (Smithsonian Environmental Research Centre), Glen Peters (CICERO), Corinne Le Quéré (Université d'East Anglia), Robert W. Schlegel (Département d'océanographie physique, Institut océanographique de Woods Hole, États-Unis), Katherina Luise

Schoo (Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture), Karina von Schuckmann (Mercator Océan International, France), Vasily Smolyanitsky (Institut de recherche arctique et antarctique, Fédération de Russie), Martin Stendel (Service météorologique danois, Danemark), Oksana Tarasova (VAG OMM), Tomoko Tashima, Blair Trewin (Bureau météorologique australien), Freja Vamborg (CEPMMT et C3S), Pingping Xie, Michael Zemp (Suisse), Markus Ziese (Service météorologique allemand, Allemagne).

RISQUES ET IMPACTS LIÉS AU CLIMAT

Pierre Boileau (PNUE), Alessandro Costantino (FAO), Florence Geoffroy (HCR), Sara Graf (FAO), Lorenzo Guadagno (OIM), Dina Ionesco (OIM), Kirsten Isensee (COI/UNESCO), Maarten Kappelle (PNUE), Isabelle Michal (HCR), Lev Neretin (FAO), Oscar Rojas (FAO), Pinya Sarasas (PNUE), Jeremy Schlickerieder (FAO), Joy Shumake-Guillemot (OMS/OMM).

ONT ÉGALEMENT CONTRIBUÉ À LA PRÉSENTE PUBLICATION

Sandra Amlang (UNDRR), Diarmid Campbell Lendrum (OMS), Atsushi Goto (Service météorologique japonais), Katherine Hill (SMOC/GOOS), Clare Nullis (OMM), Wilfran Moufouma Okia (OMM), Mxolisi Shongwe (Secrétariat du GIEC), Michael Sparrow (PMRC), Yanchun Zhang (CNUCED), Zinta Zommers (UNDRR), Peter Bissolli (Service météorologique allemand).

Pour de plus amples informations, veuillez vous adresser à:

Organisation météorologique mondiale

7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300 – CH-1211 Genève 2 – Suisse

**Bureau de la communication stratégique
Cabinet du Secrétaire général**

Tél.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Courriel: cpa@wmo.int

Public.wmo.int