

État du climat mondial 2022

TEMPS CLIMAT EAU



ORGANISATION
MÉTÉOROLOGIQUE
MONDIALE

OMM-N° 1316

Nous avons besoin de votre avis

Cette année, l'équipe de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a lancé un processus visant à recueillir vos avis sur les rapports sur l'état du climat et les domaines à améliorer. Après avoir lu la présente publication, nous vous demandons de bien vouloir nous faire part de vos commentaires en répondant à cette [courte enquête](#). Votre contribution sera très précieuse.

OMM-N° 1316

© Organisation météorologique mondiale, 2023

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
Email: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-21316-7

Illustration de couverture tirée d'Adobe Stock: orage sur la ville dans une lumière violette (crédits photo: stnazkul, 84059942); coraux sains et magnifiques îles à Wayag, Raja Ampat (crédits photo: ead72, 134052652); feu de forêt (crédits photo: Kirk Atkinson, 180656803); paysage de sécheresse, terre craquelée rendue stérile par le manque d'eau (crédits photo: AA+W, 537083081); paysage magnifique de l'Antarctique, icebergs bleus, nature sauvage (crédits photo: Song_about_summer, 217568993); haboob (tempête de poussière) dans le désert de l'Arizona (crédits photo: JSirlin, 256749173); ouragan vu depuis l'espace. Le cyclone atmosphérique. Éléments de cette image fournis par la NASA (crédits photo: Viks jin, 529897598)

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

Messages clés	ii
Avant-propos	iii
Périodes de référence.	1
Gaz à effet de serre	1
Température	3
Océan	4
Cryosphère	12
Ozone stratosphérique et gaz appauvrissant la couche d’ozone	19
Précipitations	20
Facteurs de la variabilité du climat à court terme.	21
Phénomènes extrêmes.	24
Canicules, sécheresses et incendies.	24
Froid extrême	27
Inondations et fortes pluies	28
Cyclones tropicaux	29
Tempêtes violentes	31
Répercussions socio-économiques.	32
Sécurité alimentaire.	32
Déplacements de population.	34
Les effets du climat sur les écosystèmes et l’environnement	36
<i>Passage à une nouvelle période de référence pour les normales climatiques: 1991-2020.</i>	<i>38</i>
<i>Données d’observation de base pour la surveillance du climat</i>	<i>40</i>
Jeux de données et méthodologies	42
Contributions	48

Messages clés



En 2022, la température moyenne mondiale a dépassé de 1,15 [1,02–1,28] °C la moyenne de la période 1850–1900. Les années 2015 à 2022 ont été les huit années les plus chaudes en 173 ans d'observations instrumentales. L'année 2022 a été la cinquième ou sixième année la plus chaude jamais enregistrée, malgré la persistance d'un épisode La Niña.

L'année 2022 était la troisième année consécutive d'un même épisode La Niña. Ce n'est que la troisième fois qu'un épisode La Niña triennal était observé depuis 1950.



Les concentrations des trois principaux gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et protoxyde d'azote) ont battu des records en 2021, dernière année pour laquelle des valeurs mondiales regroupées sont disponibles (1984–2021). L'augmentation annuelle de la concentration de méthane entre 2020 et 2021 a été la plus forte jamais enregistrée. Des données en temps réel provenant de sites spécifiques montrent que les niveaux des trois gaz à effet de serre ont continué d'augmenter en 2022.



Environ 90 % de l'énergie piégée dans le système climatique par les gaz à effet de serre se retrouve dans les océans. Le contenu thermique des océans, qui permet de mesurer le gain énergétique, a atteint un nouveau record en 2022.



Malgré la persistance d'un épisode La Niña, 58 % de la surface océanique a connu au moins une vague de chaleur marine au cours de l'année 2022, tandis que seulement 25 % de celle-ci a été touchée par une vague de froid.



Il ressort des données altimétriques obtenues par satellite (période 1993–2022) que le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe a continué de s'élever en 2022 et a battu un nouveau record. Le taux d'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale a doublé entre la première décennie d'observation par satellite (1993–2002; 2,27 mm par an) et la dernière (2013–2022; 4,62 mm par an).



Au cours de l'année hydrologique 2021/2022, le bilan de masse d'un ensemble de glaciers de référence ayant fait l'objet d'observations à long terme a été de –1,18 mètre d'équivalent en eau (m w.e.). Cette perte est beaucoup plus importante que la moyenne des dix dernières années. Six des dix bilans de masse annuels les plus négatifs (période 1950–2022) ont été enregistrés à partir de 2015. Le bilan de masse cumulé depuis 1970 dépasse –26 m w.e.



En Afrique de l'Est, les précipitations ont été inférieures à la moyenne pendant cinq saisons de pluie consécutives, ce qui n'était jamais arrivé en 40 ans. En août 2022, on estimait que la sécheresse et d'autres chocs confrontaient 37 millions de personnes à une insécurité alimentaire aiguë dans la région.



Au Pakistan, les pluies record de juillet et d'août ont provoqué des inondations de grande ampleur. Au moins 1 700 personnes sont décédées, 33 millions de personnes ont été touchées et près de 8 millions ont été déplacées. Le montant total des dommages et des pertes économiques a été évalué à 30 milliards de dollars É.-U.



Des vagues de chaleur record ont perturbé la Chine et l'Europe au cours de l'été. Dans certaines régions, la chaleur extrême a été associée à des conditions de sécheresse exceptionnelles. Au total, la surmortalité liée à la chaleur en Europe a dépassé les 15 000 décès en Espagne, en Allemagne, au Royaume-Uni, en France et au Portugal.

Avant-propos



Le présent rapport montre, une fois de plus, que les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère continuent de battre des records, contribuant au réchauffement des terres émergées et des océans, à la fonte des calottes glaciaires et des glaciers, à l'élévation du niveau de la mer, ainsi qu'au réchauffement et à l'acidification des océans. Les réseaux d'observation du temps et du climat présentent des lacunes importantes, en particulier dans les pays les moins avancés (PMA) et les petits États insulaires en développement (PEID), ce qui constitue un obstacle à la surveillance climatologique de référence, notamment à l'échelle régionale et nationale, et à la fourniture d'alertes précoces et de services climatologiques adéquats. L'OMM collabore avec ses Membres et ses partenaires pour améliorer les observations du climat grâce au Système mondial d'observation du climat (SMOC). Elle garantit la mise en place des dispositifs financiers nécessaires à la réalisation

des observations du temps et du climat via le Mécanisme de financement des observations systématiques (SOFF).

Alors que les émissions de gaz à effet de serre ne cessent de croître et que les changements climatiques se poursuivent, les populations vulnérables continuent d'être durement touchées par les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. Par exemple, en 2022, un épisode de sécheresse prolongé en Afrique de l'Est, des précipitations record au Pakistan et des vagues de chaleur sans précédent en Chine et en Europe ont touché des dizaines de millions de personnes, provoqué une insécurité alimentaire, entraîné des migrations massives et coûté des milliards de dollars É.-U. en pertes et dommages. Toutefois, la collaboration entre les organismes du système des Nations Unies s'est avérée très efficace pour faire face aux conséquences humanitaires des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. Elle a notamment permis de réduire le nombre de décès et les pertes économiques.

L'Initiative des Nations Unies en faveur d'alertes précoces pour tous, pilotée par l'OMM, vise à combler les lacunes en matière de capacités afin de garantir que chaque personne sur Terre bénéficie de services d'alerte précoce. Pour atteindre cet objectif ambitieux, il est nécessaire de disposer d'observations fiables ainsi que d'actualisations régulières des principaux indicateurs climatiques, ce que contient d'ailleurs le présent rapport.

L'OMM prépare également un nouveau système de surveillance des puits et des sources des principaux gaz à effet de serre, en se fondant sur la modélisation ainsi que sur des mesures effectuées par des stations au sol et par des satellites. Ce projet permettra de mieux comprendre les incertitudes entourant le potentiel des puits et des sources de carbone dans le contexte de l'occupation des sols, ainsi que celles liées aux sources de méthane.

Je saisis cette occasion pour remercier et féliciter les experts et l'auteur principal de ce rapport, qui l'ont élaboré en s'appuyant sur des analyses de données physiques et sur des études d'impact. Je remercie également tous les contributeurs, en particulier les Services météorologiques et hydrologiques nationaux des Membres de l'OMM, les centres climatologiques régionaux et les organismes du système des Nations Unies, pour leur collaboration.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of fluid, connected strokes that form the name 'Petteri Taalas'.

Petteri Taalas
Secrétaire général

Indicateurs climatiques mondiaux

Les indicateurs climatiques mondiaux donnent une vue d'ensemble des changements qui affectent le système climatique¹. La série d'indicateurs physiques interdépendants présentée ici fait le lien entre les modifications observées au niveau de la composition de l'atmosphère, les variations énergétiques qui surviennent dans le système climatique et la réaction des terres, des océans et des glaces.

Ces indicateurs mondiaux reposent sur un large éventail de jeux de données extraits de plusieurs systèmes d'observation, satellitaires ou *in situ* (la section [Jeux de données et méthodologies](#) donne plus de détails sur les jeux de données utilisés dans le présent rapport).

La contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d'évaluation du GIEC² et le Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique³ sont souvent cités comme références dans le présent rapport.

PÉRIODES DE RÉFÉRENCE

Les périodes de référence, qui s'étendent généralement sur trois décennies ou plus, servent de point de repère à l'aune duquel les conditions actuelles peuvent être comparées. Pour des raisons d'ordre scientifique, politique et pratique, différentes périodes de référence sont utilisées dans le présent rapport. Elles sont alors précisées dans le texte et dans les légendes des figures. Afin d'assurer la cohérence entre les rapports, la normale climatologique standard de l'OMM la plus récente, à savoir la période 1991–2020, est utilisée dans toute la mesure du possible, à compter de cette année. La section [Passage à la nouvelle normale climatologique \(1991–2020\)](#) décrit les différences que cela implique.

Pour certains indicateurs, cependant, il n'est pas possible d'utiliser la normale standard en raison de l'absence de mesures au début de la période. Pour d'autres, comme les précipitations, une période plus longue est nécessaire pour calculer des statistiques représentatives. Deux exceptions sont à signaler. Premièrement, pour les séries chronologiques de la température moyenne de la planète, et uniquement pour les moyennes mondiales, c'est la période 1850–1900 qui sert de référence. C'est en effet celle qu'utilise le Groupe de travail I dans sa contribution au sixième rapport d'évaluation du GIEC pour représenter les conditions préindustrielles. Il s'agit également de la référence la plus pertinente pour évaluer les progrès réalisés dans le contexte de l'Accord de Paris. Deuxièmement, pour l'estimation des gaz à effet de serre, il est possible de remonter à des périodes bien antérieures grâce aux bulles de gaz piégées dans des carottes de glace. C'est donc l'année 1750 qui est utilisée dans le présent rapport comme référence préindustrielle pour les concentrations de gaz à effet de serre.

GAZ À EFFET DE SERRE

La teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre représente le bilan entre les émissions, dues aux activités humaines et aux sources naturelles, et les absorptions (puits). La hausse des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre imputable aux activités humaines est la principale cause de l'évolution du climat depuis la révolution industrielle au moins. La fraction molaire moyenne de gaz à effet de serre à l'échelle du globe, appelée ici «concentration atmosphérique» par souci de simplicité, est calculée à partir des données d'observations *in situ* provenant de plusieurs sites du programme de la Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM et de réseaux partenaires.

¹ Trewin, B., Cazenave, A., Howell, S. *et al.*, 2021: «Headline Indicators for Global Climate Monitoring», *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102 (1), E20–E37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1>.

² Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021: Résumé à l'intention des décideurs. Dans *Changements climatiques 2021: Les bases scientifiques physiques*, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf.

³ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2019: Résumé à l'intention des décideurs. Dans *Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/01_SROCC_SPM_FINAL.pdf.



En 2021, dernière année pour laquelle des chiffres consolidés sont disponibles à l'échelle mondiale, la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre a atteint de nouveaux records (figure 1): la fraction molaire en surface moyennée à l'échelle du globe s'est élevée à $415,7 \pm 0,2$ parties par million (ppm) pour le dioxyde de carbone (CO_2), à $1\,908 \pm 2$ parties par milliard (ppb) pour le méthane (CH_4) et à $334,5 \pm 0,1$ ppb pour le protoxyde d'azote (N_2O), soit une hausse respective de 149 %, 262 % et 124 % par rapport aux niveaux préindustriels (1750). Selon les données recueillies en temps réel sur un certain nombre de sites spécifiques, notamment Mauna Loa⁴ (Hawaï, États-Unis d'Amérique) et Kennaook/Cape Grim⁵ (Tasmanie, Australie), les concentrations de CO_2 , de CH_4 et de N_2O ont continué d'augmenter en 2022.

Entre 2020 et 2021, l'augmentation de la teneur en CO_2 a été égale à celle observée entre 2019 et 2020, mais supérieure au taux d'accroissement annuel moyen de la dernière décennie. Si à long terme, cette hausse est due aux émissions anthropiques, les variations annuelles sont en grande partie associées à la variabilité naturelle des puits de carbone terrestres et océaniques. La hausse record observée en 2016 a ainsi été associée à l'épisode El Niño de grande intensité de 2015/2016⁶.

La concentration de CH_4 entre 2020 et 2021 a augmenté de 18 ppb. Il s'agit de la plus forte augmentation annuelle jamais enregistrée, mais les causes sont encore en cours d'investigation. Les mesures de la teneur en méthane de l'atmosphère et le ratio stable des isotopes du carbone $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ suggèrent que la nouvelle augmentation que connaît le CH_4 depuis 2007 est essentiellement due à des sources microbiennes/biogéniques, mais les rôles relatifs des sources anthropiques

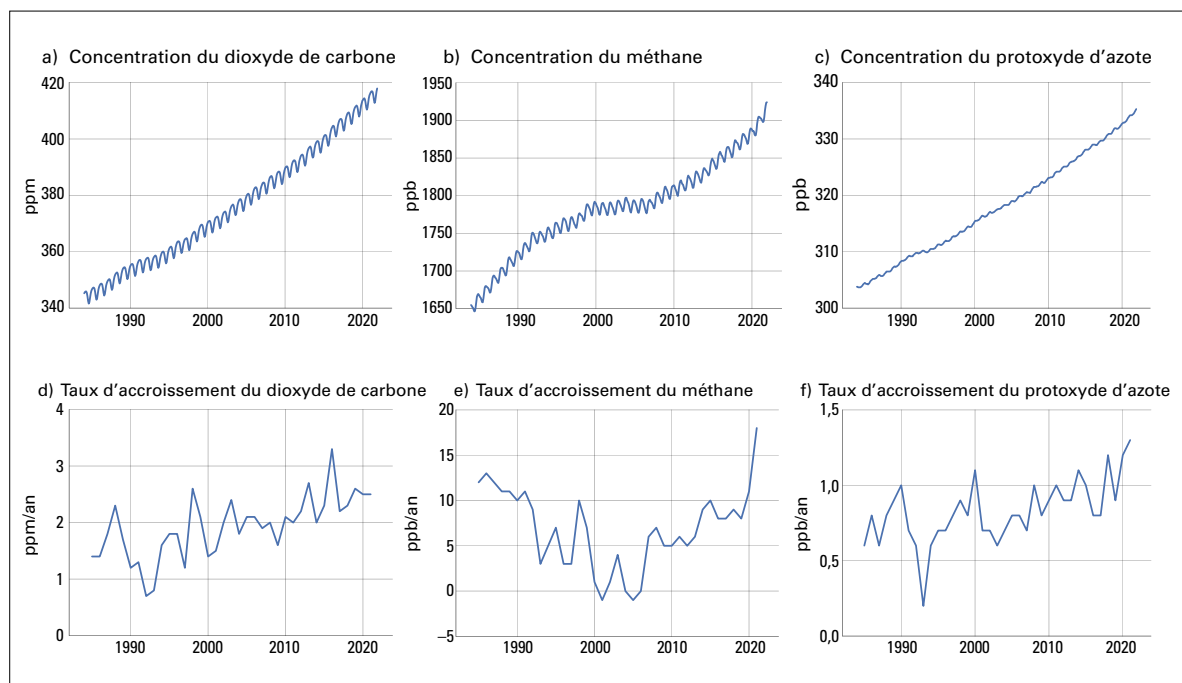


Figure 1. En haut: fraction molaire (mesure de la concentration atmosphérique) mensuelle moyennée à l'échelle du globe a) pour le CO_2 (en parties par million), b) pour le CH_4 (en parties par milliard), et c) pour le N_2O (en parties par milliard), de 1984 à 2021. En bas: taux d'accroissement représentant la hausse successive de la fraction molaire moyenne annuelle d) du CO_2 (en parties par million par an), e) du CH_4 (en parties par milliard par an), et f) du N_2O (en parties par milliard par an).

⁴ www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html

⁵ <https://www.csiro.au/greenhouse-gases/>

⁶ Betts, R., Jones, C., Knight, J. *et al.*, 2016: «El Niño and a Record CO_2 Rise.» *Nature Climate Change*, 6, 806–810. <https://doi.org/10.1038/nclimate3063>.



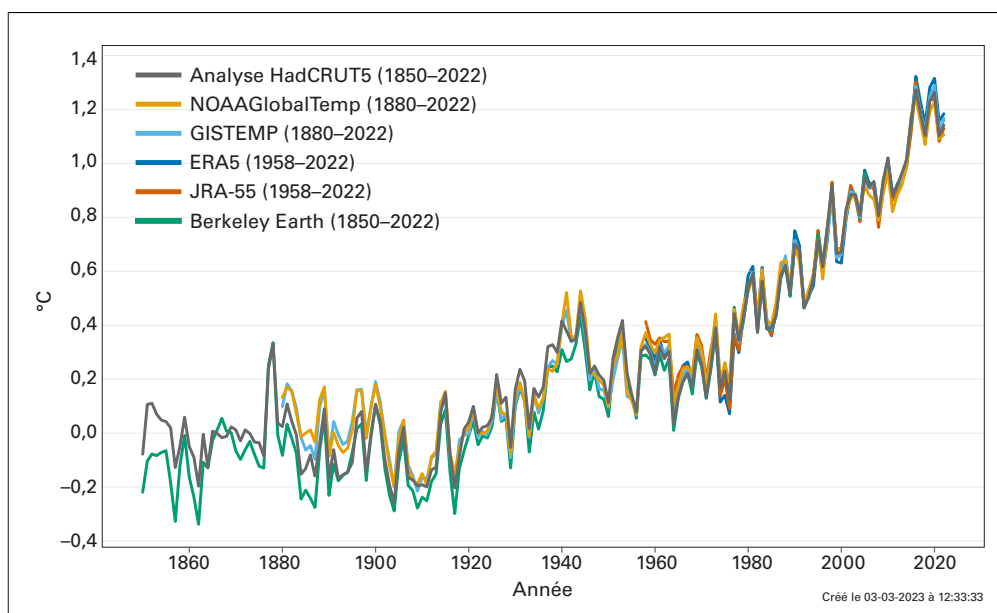
et naturelles ne sont pas encore clairs^{7,8}. L'amélioration des réseaux d'observation dans les zones sensibles au climat, telles que les zones humides tropicales et l'Arctique, permettrait de mieux comprendre les processus à l'origine des variations des concentrations de gaz à effet de serre, ce qui pourrait ensuite servir à mettre en place des stratégies d'atténuation efficaces.

TEMPÉRATURE

En 2022, la température moyenne à la surface du globe, qui combine les mesures de la température à la surface des terres émergées et des océans, a dépassé de 1,15 [1,02–1,28] °C la moyenne préindustrielle de la période 1850–1900 (figure 2). Selon les six jeux de données analysés, l'année 2022 se classe en cinquième ou sixième position parmi les années les plus chaudes jamais enregistrées (1850–2022). Si les jeux de données aboutissent à un classement différent, c'est en raison des différentes méthodes utilisées et des imprécisions qui subsistent au niveau des données d'entrée, mais aussi car certaines régions de la Terre ne sont pas bien couvertes par les observations. Tous les jeux de données s'accordent toutefois à dire que les années 2015 à 2022 correspondent aux huit années les plus chaudes jamais enregistrées (la section [Jeux de données et méthodologies](#) donne plus de détails à ce sujet).

Les conditions La Niña apparues à la fin de l'année 2020 se sont poursuivies pour la troisième année consécutive (voir la section [Facteurs de la variabilité du climat à court terme](#)). Ce phénomène est généralement associé à une baisse temporaire de la température moyenne mondiale: les années 2021 et 2022 ont en effet été moins chaudes que les années 2019 et 2020 en raison de l'émergence de conditions La Niña. Pour autant, elles restent plus chaudes que 2011, dernière année à avoir connu un épisode La Niña significatif (la moyenne mondiale était alors supérieure de 0,87 [0,74–0,99] °C à celle de la période 1850–1900), et bien plus chaudes que toutes les années antérieures à 2015. Dans la plupart des jeux de données, l'année 2016, qui a été associée à un épisode El Niño d'intensité exceptionnelle, reste l'année la plus chaude jamais enregistrée au niveau mondial (avec une moyenne mondiale de 1,28 [1,15–1,40] °C au-dessus de la moyenne de la période 1850–1900).

Figure 2. Écart de la température annuelle moyenne à l'échelle du globe par rapport à la période préindustrielle (1850–1900) sur la base de six jeux de données sur la température mondiale (1850–2022). Pour plus de détails sur les jeux de données et leur traitement, voir la section [Jeux de données et méthodologies](#).



⁷ Lunt, M. F., Palmer, P. I., Feng, L., *et al.*, 2019: «An Increase in Methane Emissions from Tropical Africa Between 2010 and 2016 Inferred from Satellite Data.» *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 14721–14740. <https://doi.org/10.5194/acp-19-14721-2019>.

⁸ Feng, L., Palmer, P. I., Zhu, S. *et al.*, 2022: «Tropical Methane Emissions Explain Large Fraction of Recent Changes in Global Atmospheric Methane Growth Rate.» *Nature Communications*, 13 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28989-z>.

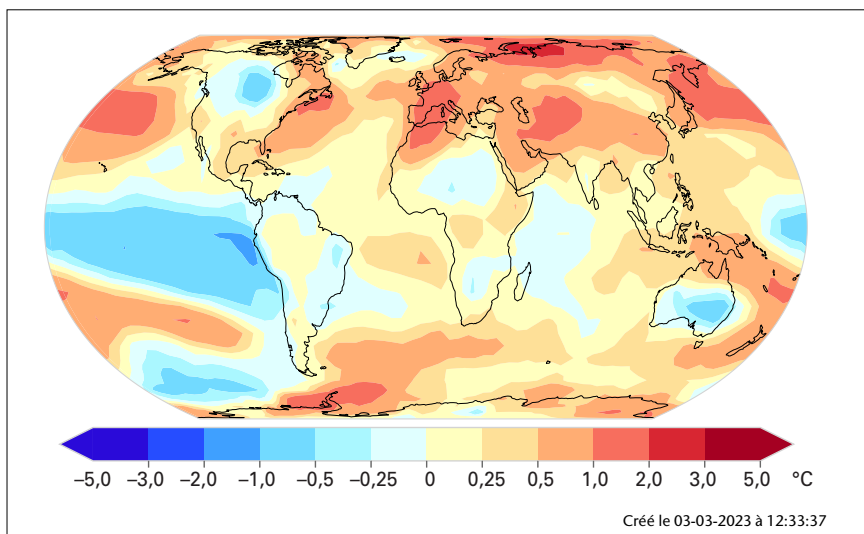


Figure 3. Écart de la température à proximité de la surface entre 2022 et la moyenne de la période 1991–2020. Cette carte montre l’anomalie médiane calculée à partir de six jeux de données. Pour plus de détails sur les jeux de données et leur traitement, voir la section [Jeux de données et méthodologies](#).

Dans sa contribution au sixième rapport d’évaluation du GIEC, le Groupe de travail I a évalué le réchauffement à long terme à l’aide de moyennes pluriannuelles⁹. Pour la décennie 2011–2020, les estimations de la température moyenne dépassaient de 1,09 [0,95–1,20] °C la moyenne de la période 1850–1900. Quant à la moyenne décennale de la période 2013–2022, calculée à partir des jeux de données utilisés dans le présent rapport, elle est estimée à 1,14 [1,02–1,27] °C, ce qui montre que le réchauffement se poursuit.

Sur les terres émergées (figure 3), des températures annuelles record ont été enregistrées en Europe occidentale (où un certain nombre de pays ont connu l’année la plus chaude jamais enregistrée, notamment le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d’Irlande du Nord, la France, l’Irlande, le Portugal, l’Espagne, la Belgique, le Luxembourg, l’Italie, l’Allemagne et la Suisse), dans l’ouest de la Méditerranée, dans certaines parties de l’Asie centrale et orientale et en Nouvelle-Zélande. Pour ce qui est des océans, de vastes zones du Pacifique Nord et Sud, ainsi que des régions de l’océan Austral ont également enregistré des températures record.

En revanche, aucune région n’a enregistré de température minimale record pour l’année 2022 (figure 3). Le Canada et certaines parties de l’Afrique du Sud et du Nord, de l’Australie (la Nouvelle-Galles du Sud n’avait pas vécu d’année aussi froide depuis 1996) et de l’Amérique du Sud ont connu des conditions plus froides que la moyenne de la période 1991–2020. Le phénomène La Niña est associée à une langue d’eau plus froide que la moyenne en surface dans le centre et l’est du Pacifique équatorial, généralement entourée de zones plus chaudes que la moyenne allant du nord au sud-ouest du Pacifique le long de la bordure occidentale. En 2022, des températures record ont été enregistrées dans de vastes zones du nord et du sud-ouest du Pacifique.

OCÉAN

L’océan, qui couvre environ 70 % de la surface de la Terre, est un élément important du système climatique. Il absorbe à la fois le CO₂ et la chaleur, ralentissant ainsi le réchauffement de l’atmosphère. Dans le même temps, les variations chimiques et thermiques qui en résultent ont des effets majeurs, comme la réduction du pH de l’océan, l’élévation du niveau de la mer et la modification des courants océaniques, qui affectent la vie marine, la biodiversité et les populations qui tirent leur subsistance de l’océan¹⁰.

⁹ La contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d’évaluation du GIEC se fonde sur quatre jeux de données: HadCRUT5, NOAA Interim, Berkeley Earth et Kadow *et al.*

¹⁰ Cheng, L., von Schuckmann, K., Abraham, J.P. *et al.*, 2022: «Past and Future Ocean Warming.» *Nature Reviews Earth and Environment*, 3, 776–794. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00345-1>.



CONTENU THERMIQUE DE L'OcéAN

L'augmentation des émissions anthropiques de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre crée un déséquilibre radiatif positif au sommet de l'atmosphère, qui réchauffe la planète par accumulation d'énergie sous forme de chaleur dans le système Terre^{11,12}. L'océan stocke en effet près de 90 % de la chaleur accumulée, d'où son réchauffement. Le contenu thermique de l'océan est un indicateur qui mesure la chaleur ainsi accumulée. Un déséquilibre énergétique positif signifie que le système climatique continue de réagir au forçage actuel et que le réchauffement se poursuivra même si le forçage cesse de croître¹³. Selon un rapport récent du GIEC, «il est quasi-certain que la partie supérieure de l'océan mondial (0–700 m) s'est réchauffée depuis les années 1970 et il est extrêmement probable que l'influence humaine en est le principal facteur¹⁴».

En 2022, les couches supérieures de l'océan (jusqu'à 2000 m) ont continué à se réchauffer¹⁵ et cette tendance devrait se poursuivre dans le futur, ce qui provoquera des changements irréversibles à l'échelle des siècles, voire des millénaires^{16,17}. Quant au contenu thermique des océans, il a été le

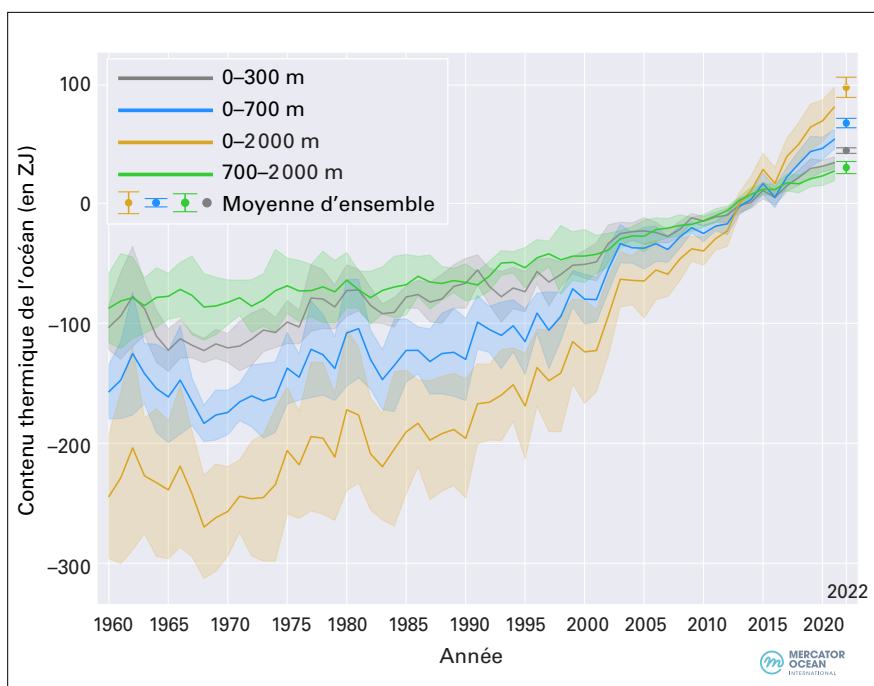


Figure 4. Série chronologique moyenne de l'ensemble 1960–2021 et écart-type de l'ensemble (2 écarts-types, ombrés) des anomalies mondiales du contenu thermique de l'océan par rapport à la moyenne de la période 2005–2021 à différentes profondeurs: 0–300 m (gris), 0–700 m (bleu), 0–2 000 m (jaune) et 700–2 000 m (vert). La moyenne d'ensemble est une mise à jour des résultats de recherches concertées au niveau international (voir von Schuckmann, K., Minère, A., Gues, F. *et al.*, 2022: «Heat Stored in the Earth System 1960-2020: Where Does the Energy Go?» *Earth System Science Data* [prépublication]. <https://doi.org/10.5194/essd-2022-239>) et tous les produits utilisés sont référencés dans la section Jeux de données et méthodologies. À noter que les valeurs sont données pour la surface des océans situés entre les 60° S et 60° N et sont limitées aux zones de plus de 300 m de profondeur dans chaque produit. La moyenne d'ensemble des anomalies du contenu thermique de l'océan pour l'année 2022, calculée à l'aide des huit produits énumérés dans la section [Jeux de données et méthodologies](#), a été ajoutée sous forme de points distincts, de même que la dispersion de l'ensemble.

Source: Mercator Ocean International.

¹¹ Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P. *et al.*, 2011: «Earth's Energy Imbalance and Implications.» *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11 (24), 13421–13449. <https://doi.org/10.5194/acp-11-13421-2011>.

¹² von Schuckmann, K., Palmer, M. D., Trenberth, K. E. *et al.*, 2016: «An Imperative to Monitor Earth's Energy Imbalance.» *Nature Climate Change*, 6, 138–144. <https://doi.org/10.1038/nclimate2876>.

¹³ Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R. *et al.*, 2005: «Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications.» *Science*, 308 (5727), 1431–1435. <https://doi.org/10.1126/science.1110252>.

¹⁴ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021: Résumé à l'intention des décideurs. Dans *Changements climatiques 2021: Les bases scientifiques physiques*, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf.

¹⁵ von Schuckmann, K., Cheng, L., Palmer, M. D. *et al.*, 2020: «Heat Stored in the Earth System: Where Does the Energy Go?» *Earth System Science Data*, 12 (3), 2013–2041. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>.

¹⁶ Cheng, L., Trenberth, K.E., Fasullo, J. *et al.*, 2017: «Improved Estimates of Ocean Heat Content from 1960 to 2015.» *Science Advances*, 3 (3), e1601545. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545>.

¹⁷ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. *Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/01_SROCC_SPM_FINAL.pdf.

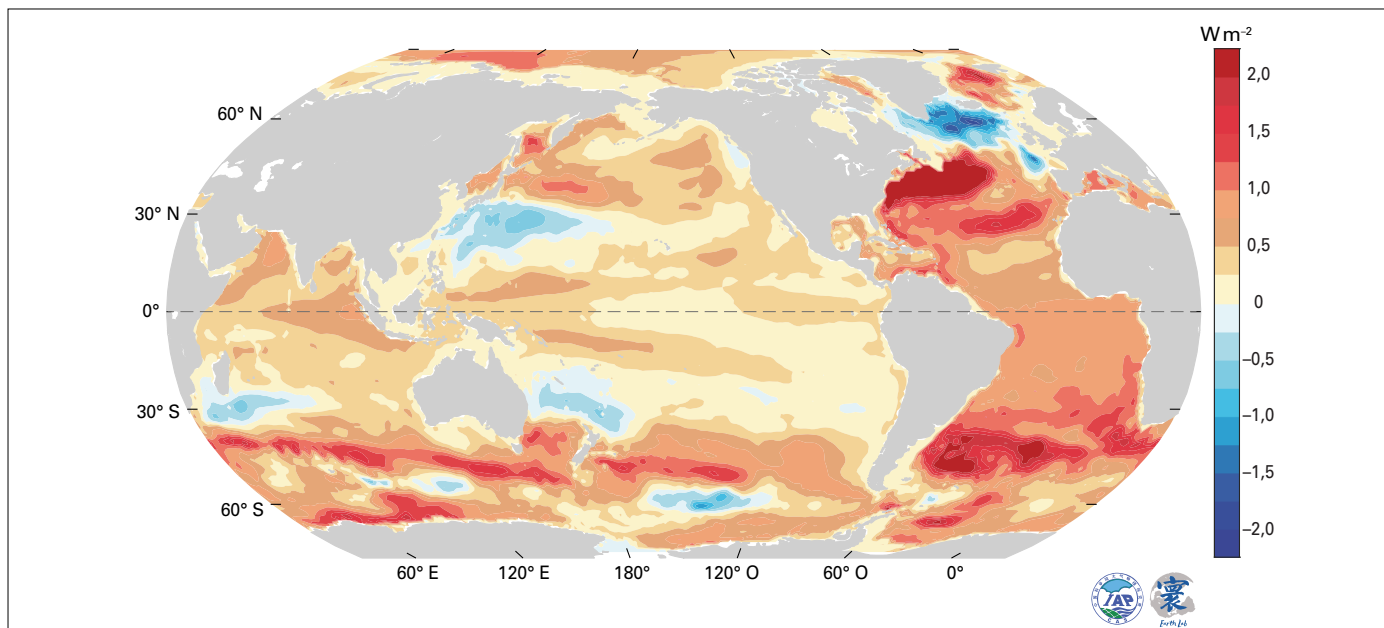


Figure 5. Estimation de la tendance du contenu thermique de l’océan (en $W.m^{-2}$) observée annuellement dans les 2 000 m supérieurs, de 1958 à 2022.

Source: : données mises à jour à partir de Cheng, L., Trenberth, K.E., Fasullo, J. *et al.*, 2017: «Improved Estimates of Ocean Heat Content from 1960 to 2015.» *Science Advances*, 3 (3), e1601545. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545>.

plus élevé jamais enregistré (figure 4), dépassant la valeur de 2021 de 17 ± 9 ZJ¹⁸. Tous les jeux de données s’accordent à dire que le taux de réchauffement des océans a été particulièrement élevé au cours des deux dernières décennies: celui des couches supérieures (0 à 2 000 m) s’élevait à $0,7 \pm 0,1$ $W.m^{-2}$ de 1971 à 2022, contre $1,2 \pm 0,2$ $W.m^{-2}$ de 2006 à 2022. En dessous de 2 000 m, le taux de réchauffement est estimé à $0,0725 \pm 0,1$ $W.m^{-2}$ entre 1992 et 2022.

Bien que la moyenne mondiale du contenu thermique de l’océan ait fortement augmenté, le taux de réchauffement des océans n’a pas été le même partout¹⁹. Jusqu’à 2 000 m de profondeur, les zones les plus touchées par le réchauffement ont été l’océan Austral, l’Atlantique Nord et l’Atlantique Sud, où il a dépassé localement 2 $W.m^{-2}$ (figure 5). L’océan Austral est le plus grand réservoir de chaleur, puisqu’il est responsable de près de 36 % de l’augmentation mondiale du contenu thermique de l’océan dans les 2 000 m supérieurs depuis 1958. Ce réchauffement important est associé à l’absorption de la chaleur anthropique par les eaux froides des courants ascendants, qui est ensuite exportée jusqu’à la limite nord du courant circumpolaire antarctique par la circulation océanique profonde.

Certaines régions circonscrites perdent de la chaleur et se refroidissent, notamment l’océan Atlantique subpolaire, dans les couches allant de la surface à plus de 800 m de profondeur (c’est également la seule zone qui présente un refroidissement de surface centennal). Le contraste entre les zones qui se refroidissent ($50^{\circ}N-70^{\circ}N$) et celles qui se réchauffent ($20^{\circ}N-50^{\circ}N$) dans l’Atlantique Nord s’explique par un ralentissement de la circulation méridienne de l’océan Atlantique et par des interactions locales entre l’air et la mer.

NIVEAU DE LA MER

Le niveau moyen global de la mer a continué à s’élever en 2022 (figure 6). On estime qu’au cours des 30 années pour lesquelles nous disposons de données d’altimétrie satellitaire (1993–2022), il a augmenté de $3,4 \pm 0,3$ mm par an, mais ce taux est deux fois plus élevé sur la dernière décennie

¹⁸ Le contenu thermique des océans se mesure en zettajoules. Un zettajoule correspond à 10^{21} joules, soit 1 000 000 000 000 000 000 000 joules.

¹⁹ Cheng, L., von Schuckmann, K., Abraham, J. P. *et al.*, 2022: «Past and Future Ocean Warming.» *Nature Reviews Earth and Environment*, 3, 776–794. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00345-1>.



de la période d'observation (2013–2022) que sur la première (1993–2002), puisqu'il dépasse désormais les 4 mm par an. L'accélération de cette hausse est estimée à $0,12 \pm 0,05$ mm par an sur la période considérée. Le niveau de la mer n'augmente pas au même rythme dans toutes les régions, en partie à cause des variations locales du contenu thermique des océans (figure 7).

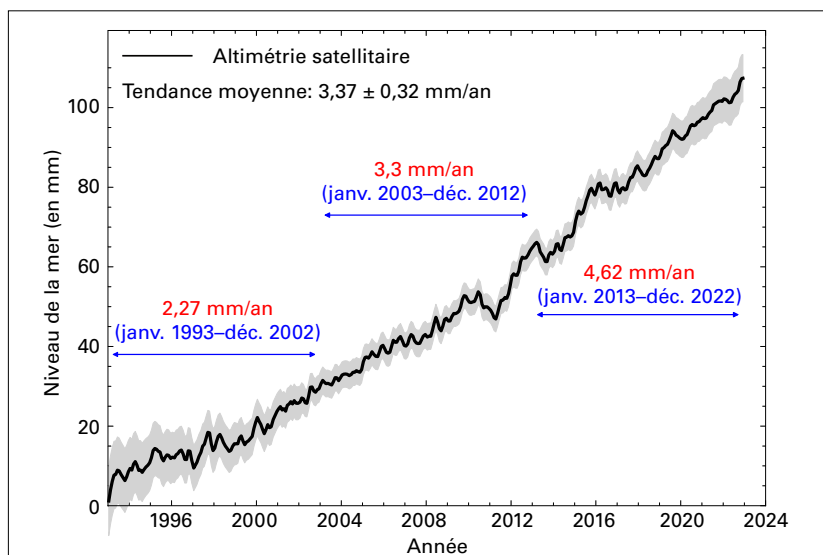


Figure 6. Évolution du niveau moyen global de la mer de janvier 1993 à décembre 2022 (courbe noire) et incertitudes associées (zone ombrée), calculées à l'aide des données d'altimétrie satellitaire. Les lignes horizontales de couleur représentent les tendances linéaires moyennes sur trois périodes successives.

Source: Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (LEGOS); données d'altimétrie du centre AVISO (<https://www.aviso.altimetry.fr>).

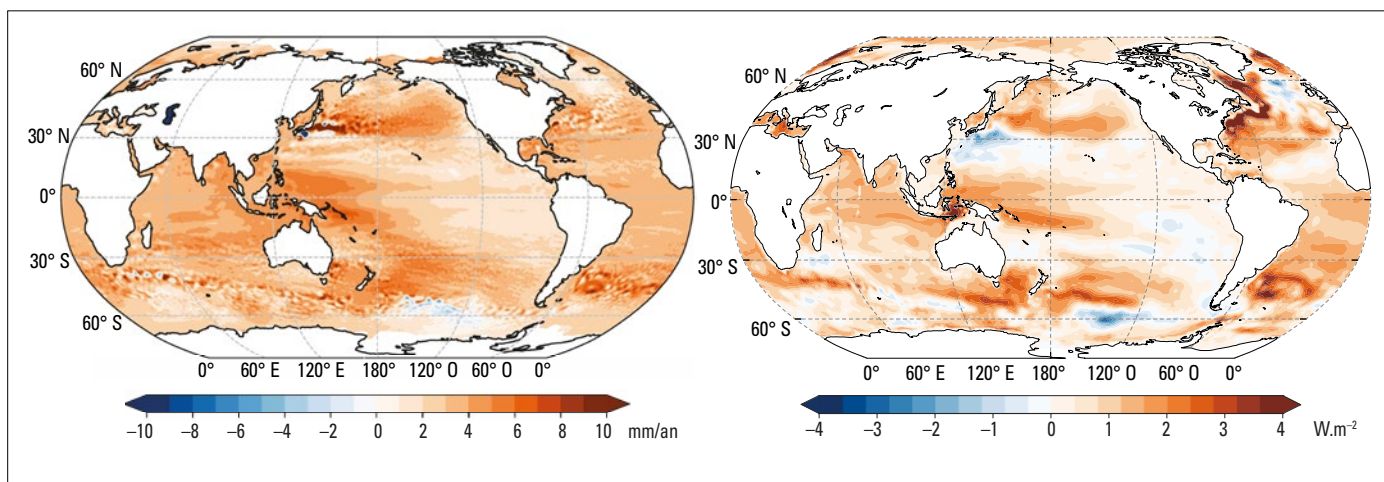


Figure 7. À gauche: tendances du niveau de la mer (en mm/an) pour la période 1993–2022.

Source: LEGOS, données du service Copernicus de surveillance du changement climatique (<https://climate.copernicus.eu>).

À droite: tendances du contenu thermique de l'océan (en $W.m^{-2}$) de la surface à 2 000 m de profondeur, pour la période 1993–2022.

Source: données mises à jour à partir de Cheng, L., Trenberth, K.E., Fasullo, J. *et al.*, 2017: «Improved Estimates of Ocean Heat Content from 1960 to 2015.» *Science Advances*, 3 (3), e1601545. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545>.

Le réchauffement des océans, le recul des glaciers et des inlandsis et les changements qui affectent le stockage des eaux terrestres sont autant de facteurs qui influent sur le niveau de la mer. Le bilan du niveau moyen global de la mer compare la somme des estimations des différentes composantes au total mesuré par les satellites. Si la somme des estimations correspond au total, le bilan est dit



«clôturé». Une mise à jour récente²⁰ a permis de clôturer le bilan du niveau moyen global de la mer jusqu'à la fin de l'année 2020, compte tenu des incertitudes propres aux données (figure 8). Pour la période 2005–2019, sur laquelle il est possible d'estimer la contribution massique de chaque composante, la masse totale de glace terrestre perdue au niveau des glaciers, du Groenland et de l'Antarctique a contribué à hauteur de 36 % à l'élévation du niveau moyen global de la mer, contre 55 % pour le réchauffement des océans (par le biais de la dilatation thermique). Les changements survenus au niveau du stockage des eaux terrestres ont contribué pour moins de 10 %.

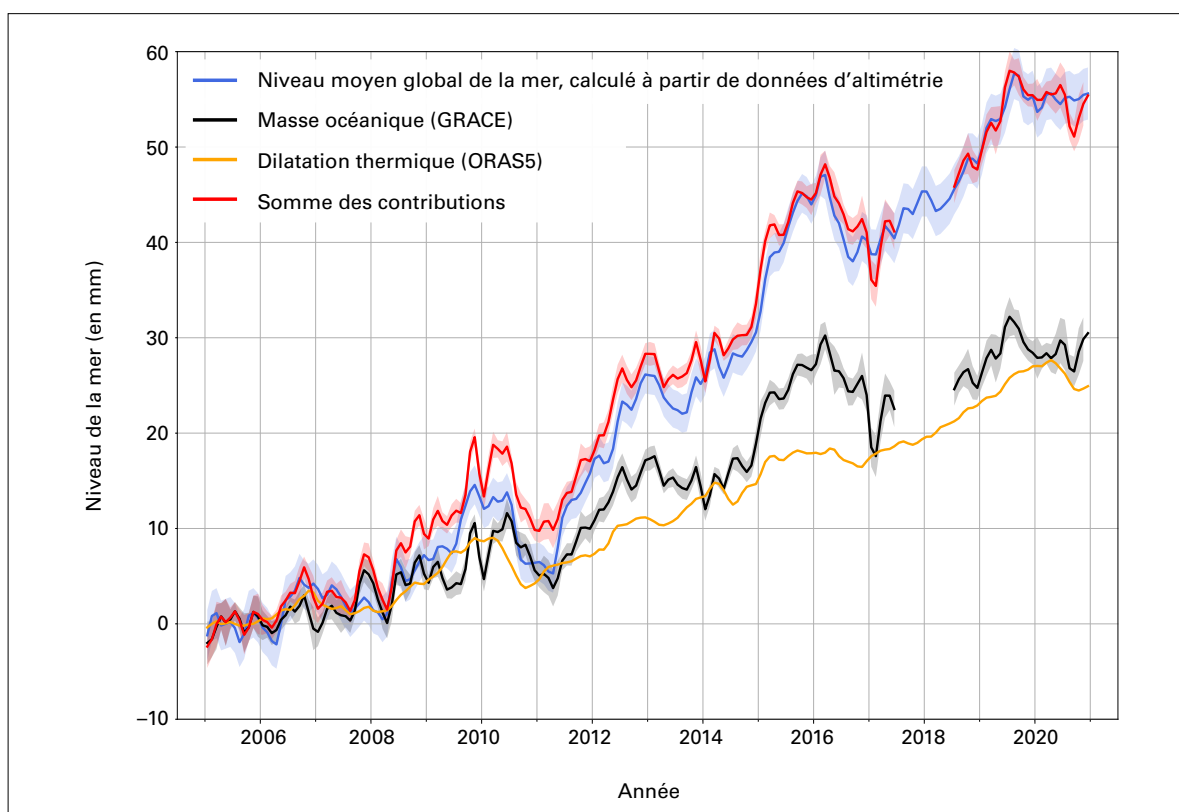


Figure 8. Bilan du niveau moyen global de la mer entre janvier 2005 et décembre 2020. Les données de Jason-3 utilisées pour calculer cet indicateur à partir de 2008 sont corrigées de la dérive du radiomètre embarqué. À noter que le masque appliqué aux données relatives au niveau de la mer n'est pas le même que celui utilisé à la figure 6, c'est pourquoi certains détails peuvent différer. La masse des océans calculée à partir des données de GRACE est une moyenne d'ensemble de six solutions différentes. La dilatation thermique repose sur la réanalyse ORAS5

Source: Barnoud A., Pfeffer J., Cazenave A. *et al.*, 2023: «Revisiting the global ocean mass budget over 2005-2020.» *Ocean Sciences*, 19 (2), 321–334. <https://doi.org/10.5194/os-19-321-2023>.

²⁰ Barnoud, A., Pfeffer, J., Cazenave, A. *et al.*, 2023: «Revisiting the Global Mean Ocean Mass Budget over 2005-2020.» *Ocean Sciences*, 19 (2), 321–334. <https://doi.org/10.5194/os-19-321-2023>.



VAGUES DE CHALEUR ET VAGUES DE FROID MARINES

À l’instar de leurs équivalentes terrestres, les vagues de chaleur et vagues de froid marines correspondent à des périodes prolongées de chaleur ou de froid extrême qui se produisent au-dessus des mers et des océans et peuvent avoir de multiples conséquences sur la faune et la flore marines et les communautés qui en sont tributaires²¹. Les vagues de chaleur marines sont devenues plus fréquentes à la fin du XX^e siècle et au début du XXI^e siècle (figure 9d)), à l’inverse des vagues de froid marines (figure 10d)). Qualifiées dans le présent rapport de modérée, forte, intense ou extrême (voir les définitions dans la section [Données sur les vagues de chaleur et vagues de froid marines](#)), les vagues de chaleur et de froid marines font l’objet d’une surveillance reposant sur les relevés satellitaires de la température de surface de la mer.

Dans l’ensemble, 58 % de la surface des océans ont connu au moins une vague de chaleur en 2022 (figure 9d)), ce qui est inférieur au record de 65 % enregistré en 2016, mais similaire à la proportion observée en 2021 (57 %). Pour ce qui est des vagues de froid, 25 % de la surface totale des océans en ont subi au moins une en 2022, ce qui est similaire à la proportion de 2021 (25 %), mais nettement inférieur au record de 1985 (63 %).

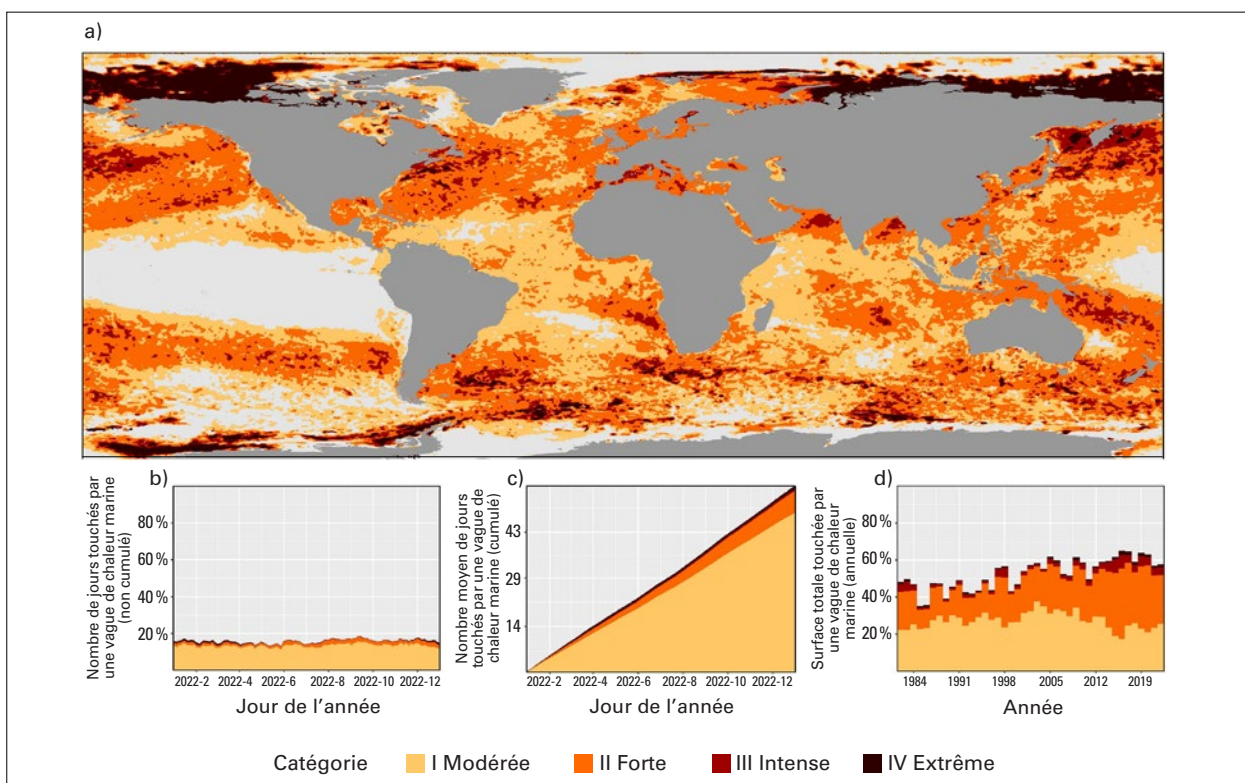


Figure 9. a) Carte mondiale montrant la catégorie la plus élevée des vagues de chaleur marines (pour les définitions, voir la section [Jeux de données et méthodologies](#)) observée à chaque pixel (résolution de 0,25° x 0,25°) en 2022 (période de référence 1982–2011). Les parties en gris clair correspondent aux pixels où aucune vague de chaleur marine n’a été observée pendant l’année. b) Histogramme empilé indiquant le pourcentage de pixels océaniques ayant été touchés par une vague de chaleur marine lors d’un jour quelconque de l’année. c) Histogramme empilé montrant le nombre de jours cumulés où une vague de chaleur marine a été observée, moyenné sur la surface de l’océan. Note: Cette moyenne est calculée en divisant la somme des jours où une vague de chaleur marine a été observée par le nombre de pixels, pondérée par la surface de ces pixels. d) Surface totale annuelle de l’océan touchée par une vague de chaleur marine de 1982 à 2022. Les données sont tirées du produit OISST (température de surface de la mer par interpolation optimale) de l’Administration américaine pour les océans et l’atmosphère (NOAA).

Source: Robert Schlegel.

²¹ Smith, K. E., Burrows, M. T., Hobday, A. J. *et al.*, 2023: «Biological Impacts of Marine Heatwaves.» *Annual Review of Marine Science*, 15 (1), 119–145. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032122-121437>.

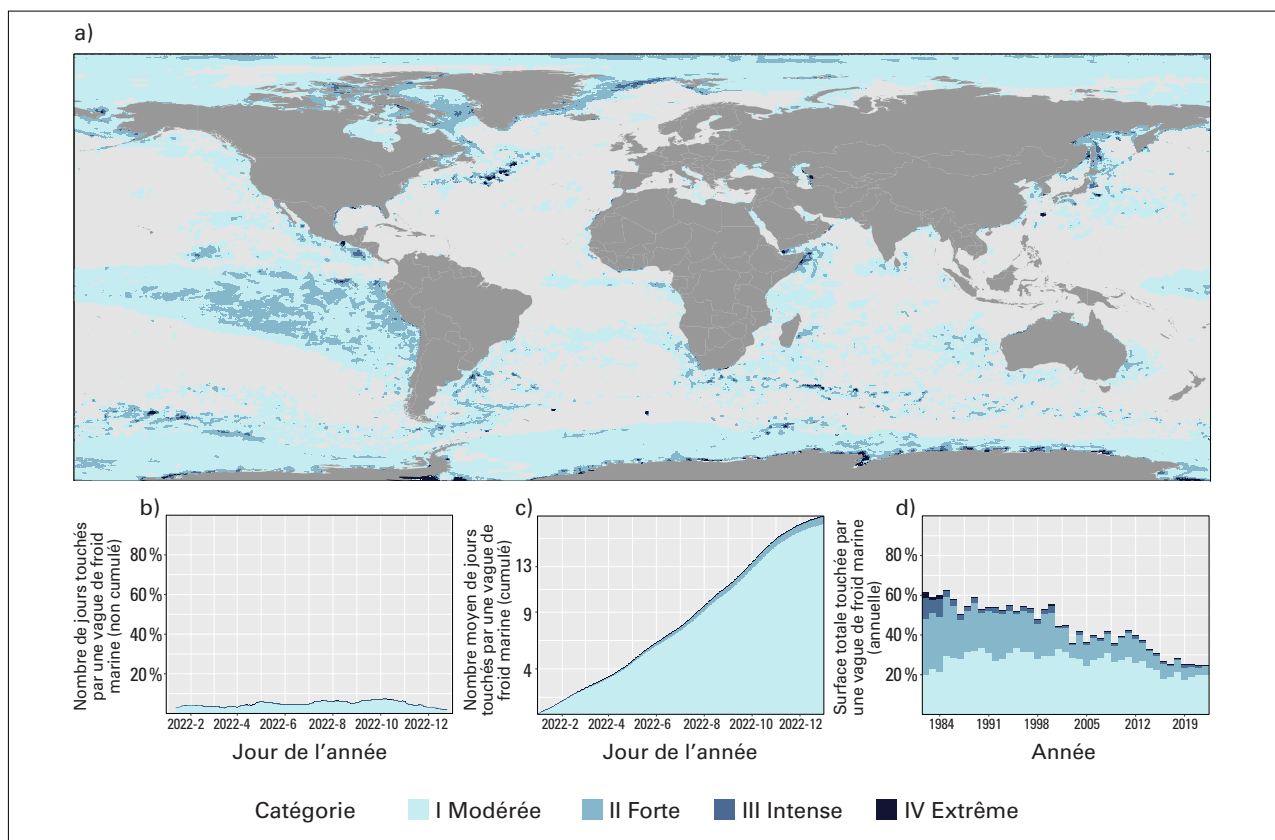


Figure 10. Idem que la figure 9, mais pour les vagues de froid marines. Les données sont tirées du produit OISST de la NOAA
Source: Robert Schlegel.

En raison des conditions La Niña et des températures de surface de la mer inférieures à la moyenne qu'elles induisent, le Pacifique équatorial a été l'une des rares régions océaniques à connaître des vagues de froid généralisées de forte intensité en 2022 (figure 10). En revanche, il n'y a que dans l'océan Austral que l'on observe une augmentation à long terme de la durée des vagues de froid marines, bien que cela reste dans des zones limitées²². Dans l'Arctique, les mers de Laptev et de Beaufort ont connu des vagues de chaleur *intenses* et *extrêmes* entre le printemps et l'automne 2022. Les lisières de glace au nord du Svalbard et à l'est de la mer de Ross ont connu pour la deuxième année consécutive des vagues de chaleur *extrêmes* notables.

ACIDIFICATION DE L'OCÉAN

Entre 1960 et 2021, l'océan a absorbé près de 25 % du CO₂ d'origine anthropique rejeté chaque année dans l'atmosphère, contribuant ainsi à atténuer partiellement les effets du changement climatique²³, mais cela n'est pas sans conséquence pour l'océan: en effet, le CO₂, par réaction chimique, abaisse le pH de l'eau de mer, un processus appelé acidification de l'océan, qui menace

²² Wang, Y., Kajtar, J. B., Alexander, L. V. *et al.*, 2022: «Understanding the Changing Nature of Marine Cold-spells.» *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL097002. <https://doi.org/10.1029/2021GL097002>.

²³ Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W. *et al.*, 2022: «Global Carbon Budget 2022.» *Earth System Science Data*, 14, 4811–49. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>.



les organismes et les services écosystémiques²⁴. Au fur et à mesure que l'acidité et la température des océans augmentent, la capacité de ces derniers à absorber le CO₂ de l'atmosphère diminue, ce qui pourrait entraver leur rôle dans la modération du changement climatique²⁵. L'indicateur 14.3.1 des objectifs de développement durable (ODD)²⁶ reflète l'importance de ce problème, dont l'évolution est sous étroite surveillance au niveau mondial.

Le nombre limité d'observations à long terme en haute mer a montré une baisse du pH (figure 11, à gauche), et notamment une variation du pH moyen à la surface des océans du globe de 0,017 à 0,027 unité de pH par décennie depuis la fin des années 1980²⁷. Dans son sixième rapport d'évaluation, le GIEC a conclu qu'«il est possible d'affirmer avec une grande certitude que la valeur du pH de surface en haute mer est actuellement la plus basse depuis au moins 26 000 ans et que les taux actuels de variation du pH atteignent des niveaux sans précédent depuis au moins vingt-six millénaires²⁸». Les mesures de l'acidification des océans le long des côtes présentent une situation plus hétérogène (figure 11, à droite) en raison des interactions complexes entre différents facteurs, tels que l'afflux d'eau douce, l'activité biologique et les interventions humaines dans les eaux côtières.

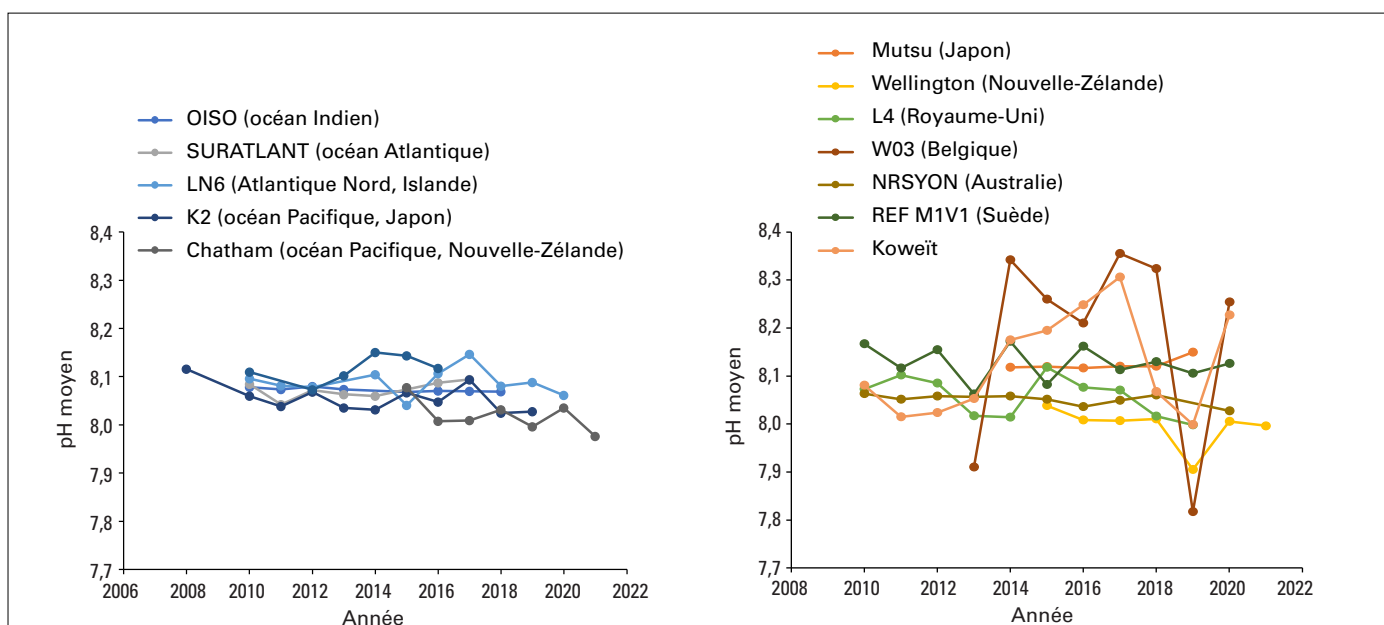


Figure 11. Variations des valeurs moyennes annuelles du pH établies à partir des données de plusieurs stations d'échantillonnage représentatives en eaux libres (2008–2021, à gauche) et dans les eaux côtières (2010–2021, à droite). Pour plus de détails sur les stations, voir la section [Jeux de données et méthodologies](#).

Source: IOC/UNESCO.

²⁴ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2019 : *Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/01_SROCC_SPM_FINAL.pdf.

²⁵ Gruber, N., Bakker, D. C. E., DeVries, T. *et al.*, 2023: «Trends and Variability in the Ocean Carbon Sink.» *Nature Reviews Earth and Environment*, 4, 119–134. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00381-x>.

²⁶ L'indicateur 14.3.1 des objectifs de développement durable relève de la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

²⁷ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2019 : *Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/01_SROCC_SPM_FINAL.pdf.

²⁸ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021 : *Changements climatiques 2021: Les bases scientifiques physiques*, chapitre 2, section 2.3.3.5 sur le pH des océans. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.



CRYOSPHERE

La cryosphère englobe toutes les parties gelées de la Terre, à savoir les glaces de mer, les glaciers, les inlandsis, les zones enneigées et le pergélisol. Les environnements inhospitaliers et souvent isolés dans lesquels ces éléments se forment en rendent parfois la mesure difficile à long terme.

GLACES DE MER

L'étendue de la banquise arctique a été inférieure à la moyenne de la période 1991–2020 pendant la majeure partie de l'année 2022; le maximum mensuel, atteint en mars 2022, a été de 14,59 millions de km², soit 0,44 million de km² de moins que la moyenne à long terme (figure 12). L'étendue minimale mensuelle, atteinte en septembre, a été de 4,87 millions de km², soit 0,71 million de km² de moins que la moyenne à long terme. La banquise arctique ayant connu une fonte estivale modérée, son étendue minimale a été supérieure aux valeurs minimales moyennes de la dernière décennie (2012–2021), mais se classe tout de même à égalité à la onzième place des étendues minimales mensuelles les plus faibles de l'ère satellitaire. Le 18 septembre 2022, la superficie des glaces a atteint son niveau le plus bas, à 4,67 millions de km², ce qui la place au dixième rang des étendues journalières minimales annuelles les plus faibles jamais enregistrées²⁹.

Au cours des dix dernières années, la banquise antarctique a battu tous les records, aussi bien en termes d'étendue maximale (2014) que d'étendue minimale (2017/2022). Le 25 février 2022, sa superficie est tombée à 1,92 million de km², soit près d'un million de km² de moins que la moyenne à long terme (1991–2020), ce qui correspond au niveau le plus bas jamais enregistré³⁰. Le recul

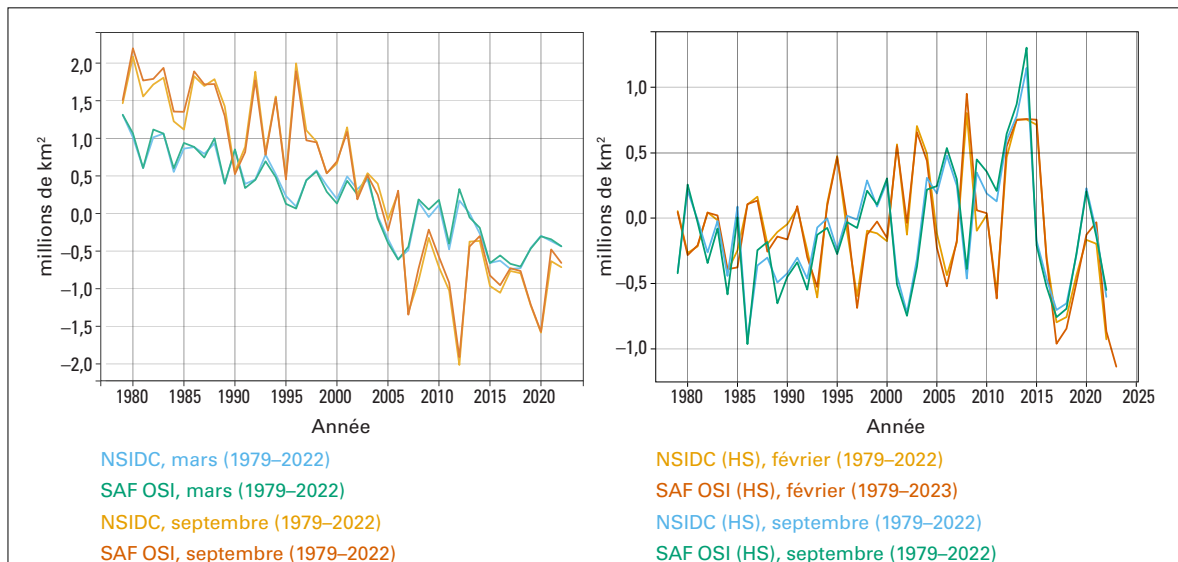


Figure 12. Anomalies de la superficie de la glace de mer de 1979 à 2022 (par rapport à la moyenne de la période 1991–2020) pour l'Arctique (à gauche) et l'Antarctique (à droite). Les lignes bleues et vertes indiquent les anomalies de la superficie maximale annuelle de la glace (mars ou septembre), et les lignes orange et rouges celles de la superficie minimale annuelle de la glace (septembre ou février).

Source: Données provenant du produit v2p1 du SAF OSI d'EUMETSAT et du produit v3 du Centre national de données sur la neige et la glace (NSIDC) (Fetterer *et al.*, 2017) (plus de détails dans la section [Jeux de données et méthodologies](#)).

²⁹ <https://nsidc.org/arcticseaicenews/2022/09/arctic-sea-ice-minimum-ties-tenth-lowest/>

³⁰ Turner, J., Holmes, C., Caton Harrison, T. *et al.*, 2022: «Record Low Antarctic Sea Ice Cover in February 2022.» *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL098904. <https://doi.org/10.1029/2022GL098904>.



des glaces peut s'expliquer par une série de tempêtes qui s'est abattue sur l'ouest de la péninsule antarctique en octobre/novembre 2021, associée aux conditions La Niña qui dominaient alors, cette région étant fortement influencée par le phénomène El Niño-oscillation australe (ENSO). Des vents du sud atteignant jusqu'à 30 m/s ont éloigné la glace de mer des côtes de l'Antarctique occidental, créant une zone d'eau libre d'un million de km², connue sous le nom de polynie. L'océan ainsi exposé s'est rapidement réchauffé sous le soleil d'été, d'où le nouveau recul de la banquise.

Après avoir atteint son étendue annuelle minimale en février, la banquise antarctique a conservé jusqu'à la fin de l'année une superficie inférieure à la moyenne tricennale (1991–2020), des minimums records ayant été atteints en juin et en juillet. L'étendue maximale annuelle, atteinte en octobre, était inférieure de 0,8 million de km² à la moyenne.

GLACIERS

Les glaciers sont formés de couches de neige compactées. Il arrive que la glace se déforme et descende vers des altitudes plus basses et plus chaudes, où elle fond. Si le glacier se termine dans un lac ou l'océan, la glace fond au contact de l'eau ou se brise pour former des icebergs (vêlage).

Au cours de l'année hydrologique 2021/2022, les quelque 40 glaciers faisant l'objet d'observations à long terme par le Service mondial de surveillance des glaciers ont enregistré un bilan de masse moyen de $-1,18$ mètre d'équivalent en eau (m.w.e.)³¹ une perte beaucoup plus importante que la moyenne enregistrée au cours de la dernière décennie (figure 13). Le bilan de masse cumulé depuis 1970 s'élève à plus de 26 m.w.e. De fortes disparités régionales ont été observées: le recul le plus spectaculaire des glaciers s'est produit dans les Alpes européennes (voir la figure ci-après), malgré un gain de masse en Islande et dans le nord de la Norvège associé à des précipitations supérieures à la moyenne et à un été relativement frais. Dans les régions de haute montagne

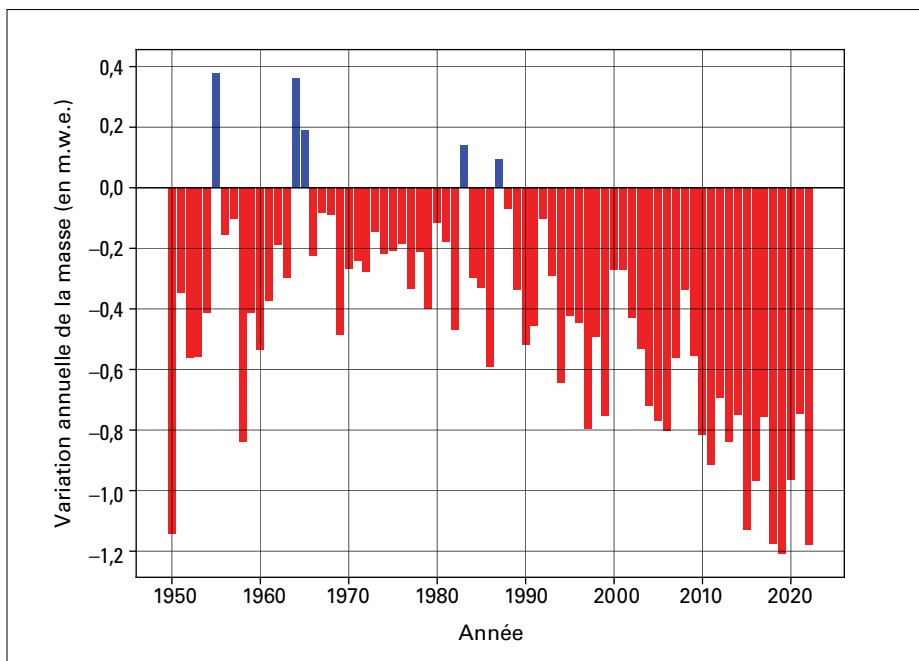


Figure 13. Variation annuelle de la masse globale d'un ensemble d'environ 40 glaciers de référence dans le monde entier pour la période 1950–2022.

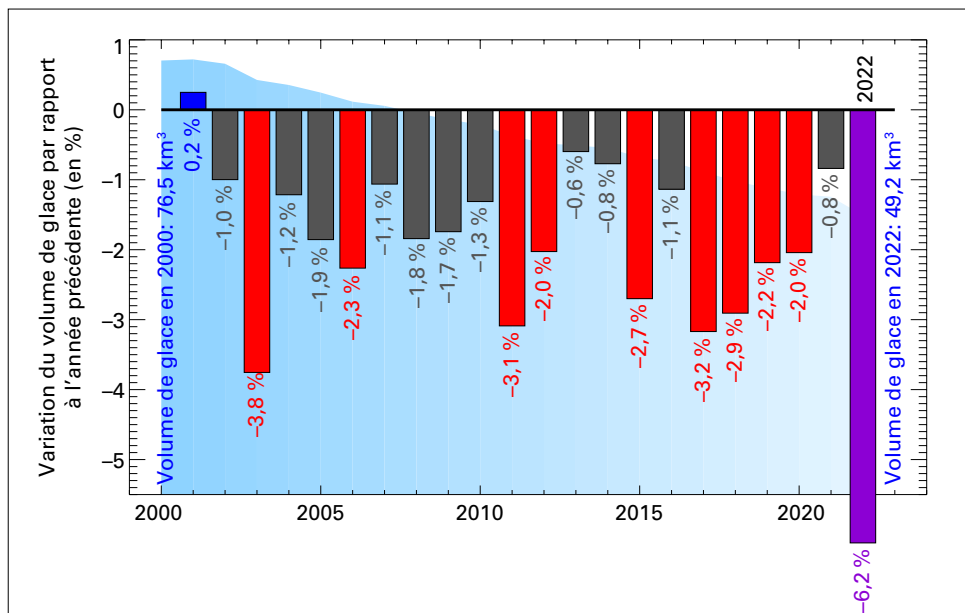
Source: Données fournies par le Service mondial de surveillance des glaciers (www.wgms.ch)

³¹ Le mètre d'équivalent en eau correspond à la hauteur d'eau qui serait obtenue si la glace ou la neige perdue était fondue et répartie sur la surface du glacier.



Figure 14. Recul annuel total des glaciers suisses par rapport au volume de glace actuel sur la période 2002–2022. Les barres verticales indiquent le pourcentage de variation du volume de glace par rapport à l'année précédente. Les barres rouges et violettes représentent les dix plus grandes pertes de masse relatives enregistrées. La barre violette représente la perte de masse relative pour 2022. La zone ombrée en bleu à l'arrière-plan représente le volume global de glace.

Source: Matthias Huss, d'après «Swiss Glacier Mass Balance» (v. 2022), dans *Glacier Monitoring Switzerland*, 2022.



d'Asie³², dans l'ouest de l'Amérique du Nord, en Amérique du Sud et dans certaines parties de l'Arctique, les mesures effectuées révèlent également des pertes substantielles de masse au niveau des glaciers. La fonte majeure observée dans la plupart des régions en 2022 s'inscrit dans une tendance à long terme d'accélération du recul des glaciers, sachant que sur les dix années présentant les bilans de masse les plus négatifs, six, dont 2022, sont ultérieures à 2015.

Dans les glaciers des Alpes européennes, l'année 2022 a largement battu les précédents records, le rythme de fonte ayant été bien supérieur à la variabilité historique³³. Dans l'ensemble de la région, l'épaisseur des glaciers a varié en moyenne de 3 à plus de 4 mètres, ce qui est bien au-dessus du record précédent de 2003. Les glaciers suisses ont perdu 6 % de leur volume de glace entre 2021 et 2022 (figure 14). Trois raisons expliquent ce phénomène de fonte extrême. Premièrement, les chutes de neige ont été peu abondantes en hiver, laissant la glace à découvert à l'arrivée de l'été. Deuxièmement, les Alpes ont été recouvertes en mars 2022 par de la poussière provenant du Sahara; la surface enneigée ainsi assombrie (albédo réduit) a donc absorbé davantage la chaleur du soleil, ce qui a accéléré encore la fonte des neiges. Troisièmement, les vagues de chaleur qui se sont abattues en 2022 entre le mois de mai et le début du mois de septembre ont entraîné une fonte massive des glaces. La neige recouvrant les glaciers a commencé à fondre environ un mois plus tôt que d'habitude et, pour la première fois dans l'histoire, la saison de fonte estivale a fait disparaître l'intégralité de la neige, même sur les sites de mesure les plus élevés, ce qui a empêché la formation de glace fraîche. Entre 2001 et 2022, le volume de glace des glaciers suisses est passé de 77 km³ à 49 km³, soit une diminution de plus d'un tiers.

Pendant l'été, l'isotherme 0 °C dans les Alpes européennes se trouvait à plus de 5 000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et plus précisément à 5 184 m, comme l'a mesuré le 25 juillet un ballon-sonde lancé à Payerne, en Suisse, ce qui correspond à l'altitude la plus élevée enregistrée depuis 69 ans. La barre des 5 000 m n'avait été dépassé qu'une seule fois auparavant³⁴. De nouveaux records de température ont été enregistrés au sommet du Mont Blanc. En raison de la chaleur, de nombreux éboulements ont été observés et 11 alpinistes ont perdu la vie à Marmolada, en Italie, dans une avalanche de glace et le détachement d'un glacier causés par les eaux de fonte.

³² Les régions de haute montagne asiatiques comprennent le plateau tibétain et s'étendent de l'Hindou Kouch et du Tian Shan à l'ouest jusqu'à l'extrémité orientale de l'Himalaya.

³³ Si les relevés les plus longs ont plus de 100 ans, les observations systématiques à long terme sur un certain nombre d'autres glaciers n'ont commencé que dans les années 1950.

³⁴ https://www.meteoschweiz.admin.ch/dam/jcr:f8acdbc9-ba7e-4ddb-ae70-8404f5374632/alpenklima_DE_20221205.pdf



En 2022, le bilan de masse des glaciers de l'ouest de l'Amérique du Nord a été conforme à la moyenne des deux dernières décennies, bien que des anomalies négatives aient été enregistrées dans cette région (ainsi qu'au Groenland, voir la figure ci-après) au début de l'automne 2022, en raison des températures élevées observées en septembre et en octobre. Dans le sud-ouest du Canada, les glaciers sont restés libres de neige pendant cette période et ont perdu près de 0,6 m.w.e. de glace supplémentaire, ce qui a quasiment fait doubler la perte de masse annuelle nette de ces glaciers pour l'année hydrologique allant de septembre 2021 à août 2022 après la fin de la saison. Cette perte n'a pas été prise en compte dans les campagnes de terrain habituelles, qui étudient les variations à la fin de la saison de fonte estivale, par exemple au début du mois de septembre.

INLANDSIS

Les inlandsis³⁵ sont des étendues de glace terrestre couvrant une superficie de plus de 50 000 km². Dans les conditions climatiques actuelles, il n'en subsiste que deux, au Groenland et en Antarctique. Le bilan de masse total d'un inlandsis correspond à la somme de trois composantes: le bilan de masse en surface, le bilan de masse marin et le bilan de masse basal. Le bilan de masse en surface est la différence entre les chutes de neige et le ruissellement des eaux de fonte de l'inlandsis. Le bilan de masse marin correspond au total des pertes enregistrées en périphérie de l'inlandsis en raison du vêlage des icebergs et de la fonte des langues glaciaires au contact de l'océan. Le bilan de masse basal mesure la fonte de la base du glacier sous l'effet de la géothermie et de la chaleur de friction générée par le glissement du glacier et la déformation de la glace. Un bilan de masse négatif indique une perte de la masse glaciaire, tandis qu'un bilan de masse positif indique un gain.

Au Groenland³⁶, le bilan de masse total de l'année 2022 (du 1^{er} septembre 2021 au 31 août 2022) est estimé à -85 Gt³⁷, soit une perte nette de glace. Le bilan de masse en surface de la période 2021-2022 a été d'environ 420 Gt, ce qui le place en dixième position des valeurs les plus élevées

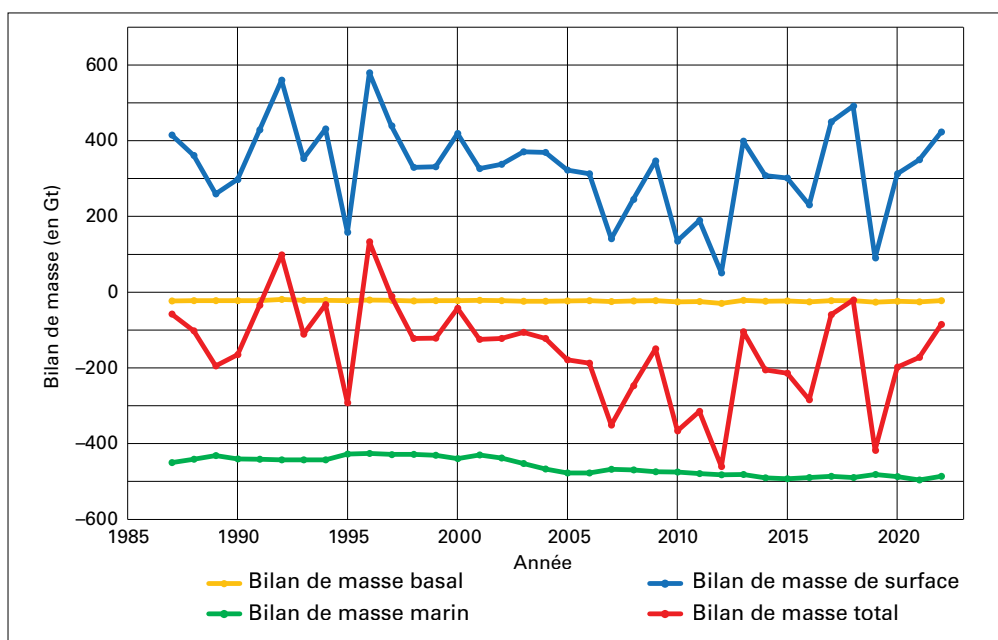


Figure 15. Composantes du bilan de masse total (TMB) de l'inlandsis du Groenland sur la période 1987-2022. En bleu: bilan de masse de surface (SMB); En vert: bilan de masse marin (MMB); En orange: bilan de masse basal (BMB); En rouge: TMB (SMB+MMB+BMB).

Source: Mankoff *et al.*, 2021, mis à jour par M. Stendel, DMI.

³⁵ <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/glossary/>

³⁶ Sur la base de la moyenne de trois modèles régionaux du climat et du bilan de masse. Voir Mankoff, K. D., Fettweis, X., Langen, P.L., *et al.*, 2021: «Greenland Ice Sheet Mass Balance from 1840 through Next Week.» *Earth System Science Data*, 13, 5001-5025. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5001-2021>

³⁷ Une gigatonne (Gt) équivaut à 1 000 000 000 tonnes, et 1 Gt de glace correspond à un volume d'environ 1,09 km³.



du jeu des données utilisé (1980–2022) (figure 15). Malgré cela, le bilan de masse total de l'inlandsis groenlandais s'est avéré négatif pour la vingt-sixième année consécutive, principalement en raison d'un bilan de masse marin fortement négatif (–480 Gt). Depuis 2002, les missions satellitaires GRACE et GRACE-FO offrent une mesure indépendante du bilan de masse total. Les données de GRACE-FO font apparaître un bilan de masse total de –305 Gt (figure 17a)), ce qui est bien supérieur à l'estimation de –85 Gt obtenue à partir des modèles régionaux. Cet écart illustre la différence entre les méthodes utilisées, mais reflète peut-être aussi la perte de masse supplémentaire observée en septembre par GRACE-FO.

Les saisons de fonte et d'ablation au Groenland ont commencé tardivement en 2022 et l'été a été relativement frais par rapport aux années précédentes. Cependant, à la fin du mois de juillet 2022, une période particulièrement chaude a entraîné une fonte de glace importante sur de vastes zones de l'inlandsis. Le mois de septembre 2022 a également été extraordinairement chaud, ce qui a entraîné une fonte anormale tout au long du mois (figure 16). La station Summit, située au point culminant du Groenland (à une altitude de 3 200 m), a connu le mois de septembre le plus chaud jamais enregistré (depuis 1991) et des conditions de fonte le 3 septembre 2022, une première sur ce site pour un mois de septembre³⁸. Autre phénomène inédit pour un mois de septembre: de fortes pluies associées au cyclone post-tropical *Fiona* se sont abattues sur l'inlandsis à la fin du mois.

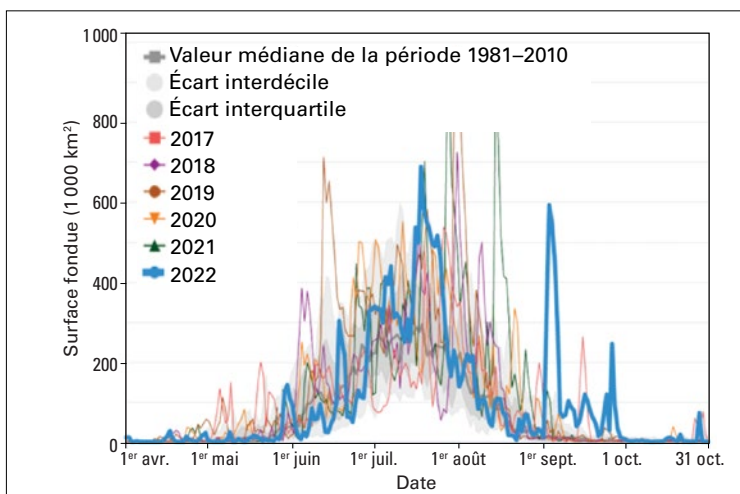


Figure 16. Surface fondue de l'inlandsis du Groenland pendant la saison de fonte 2022. *Source:* graphique reproduit avec l'aimable autorisation du NSIDC. Image et analyse reproduites avec celle de Thomas Mote, de l'Université de Géorgie.

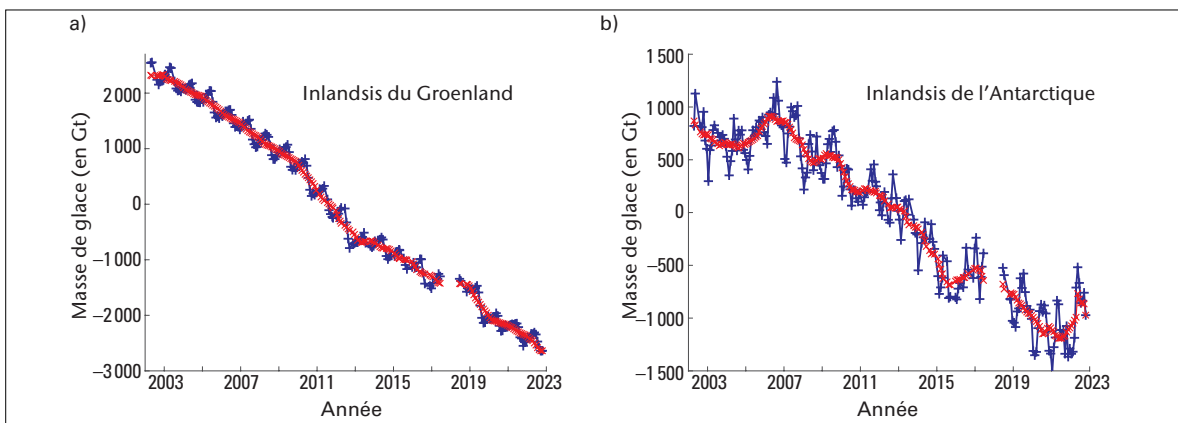


Figure 17. Bilan de masse des inlandsis a) du Groenland et b) de l'Antarctique calculé à partir des données des missions GRACE et GRACE-FO de la NASA (2002–2022). Les données natives de GRACE (données brutes mensuelles) sont indiquées en bleu, et les symboles rouges représentent la moyenne mobile sur 13 mois, qui lisse le cycle saisonnier et une partie du bruit parasite, ce qui permet de mieux représenter le bilan de masse annuel.

Source: Données et analyses reproduites avec l'aimable autorisation d'Isabella Velicogna, de l'Université de Californie, Irvine.

³⁸ <https://nsidc.org/greenland-today/>



La perte de masse survenue en septembre n'est pas incluse dans le bilan de -85 Gt cité plus haut, car par convention, la fin de la saison de fonte du Groenland est fixée au 31 août.

En Antarctique, la tendance à long terme est également négative, avec un taux moyen de variation de la masse de glace de -117 ± 57 Gt par an pour la période couverte par la mission GRACE, soit d'avril 2002 à octobre 2022 (figure 17b)). En 2022, cette tendance s'est inversée puisque la masse de glace de l'inlandsis a augmenté de 110 Gt entre janvier et octobre 2022, selon les estimations. Les années de bilan de masse total positif ne sont pas inhabituelles si l'on regarde les archives de la mission GRACE (par ex. 2004, 2005 et 2016), mais d'après les résultats préliminaires établis en octobre 2022, il s'agirait du plus grand gain de masse qu'ait connu l'inlandsis depuis 2005.

Ce gain s'explique par des chutes de neige et un bilan de masse en surface anormalement élevés (figure 18). De mars à décembre 2022, le cumul de neige a dépassé de près de 300 Gt la normale en raison de températures supérieures à la normale et de fortes chutes de neige sur l'ouest de la péninsule Antarctique, la terre de Wilkes et une grande partie du plateau Antarctique oriental (figure 18c)). Le bilan de masse en surface de l'inlandsis antarctique est toujours positif (cumul de neige supérieur à la fonte), mais il est contrebalancé par la fonte des glaces au niveau de la mer et la décharge d'icebergs, notamment sur la côte de la mer d'Amundsen, où ces phénomènes sont responsables des récentes pertes de masse observées dans l'Antarctique (figure 17b)), qui s'élèvent à 100 Gt par an environ. Le bilan de masse en surface excédentaire d'environ 300 Gt a suffi à compenser ces phénomènes, d'où un bilan de masse total positif en 2022.

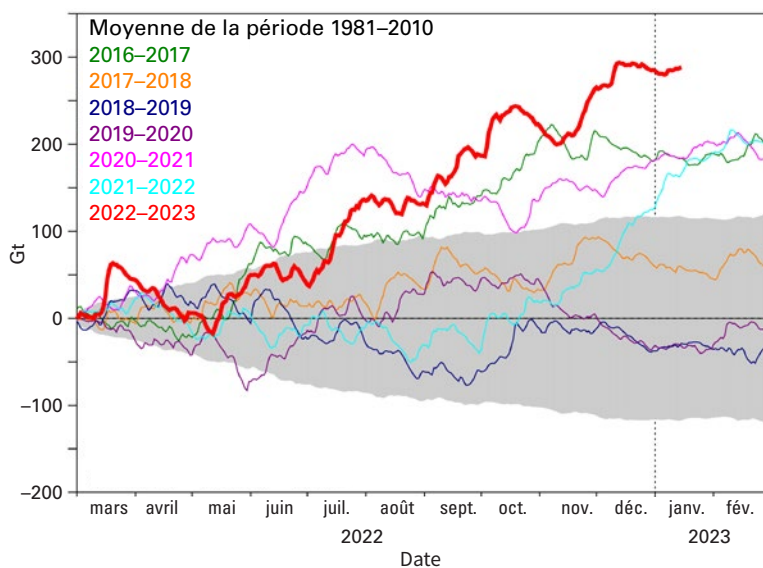
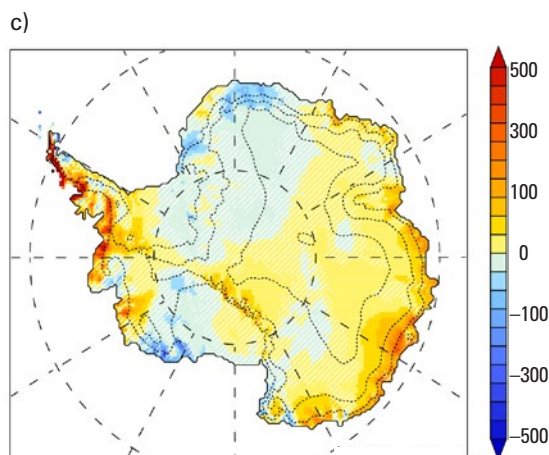
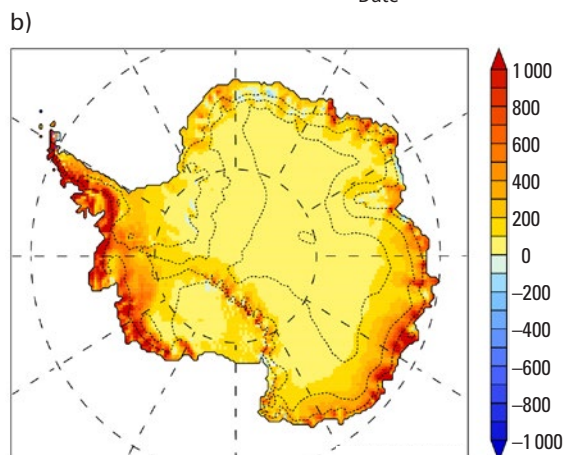


Figure 18. Bilan de masse de surface (SMB) de l'inlandsis antarctique en 2022, dérivé du modèle climatique régional MAR forcé par les réanalyses climatiques ERA5. a) Anomalie du bilan de masse de surface cumulé par rapport à la moyenne de la période 1981–2010 (en Gt). La bande grise indique l'écart-type du relevé à long terme. Les graphiques b) et c) montrent la configuration spatiale du SMB et les anomalies (en mm.v.e.) pour la période allant du 1^{er} mars 2022 au 10 janvier 2023.

Source: Image et analyse reproduites avec l'aimable autorisation de Xavier Fettweis, de l'Université de Liège, et du NSIDC.





ENNEIGEMENT

La couverture de neige saisonnière de l'hémisphère Nord diminue depuis longtemps à la fin du printemps et en été. Cette tendance à long terme s'est confirmée en 2022, puisque la surface enneigée a été proche de la moyenne de la période 2001–2020. D'après les analyses du produit de l'Université Rutgers sur la surface d'enneigement dans l'hémisphère Nord³⁹, la moyenne quotidienne pendant la saison d'enneigement entre août 2021 et juillet 2022 a été inférieure de 2,5 % à celle de la période 2001–2020, les anomalies les plus importantes ayant été observées en juin 2022, lorsque la surface enneigée était de –1,68 million de km², soit 21 % en dessous de la moyenne. Tous les jeux de données révèlent une diminution de la surface enneigée au printemps dans l'hémisphère Nord. L'anomalie négative observée en juin 2022 est principalement due à l'enneigement inférieur à la normale en Amérique du Nord et en Eurasie, où les valeurs relevées en juin se positionnent respectivement aux deuxième et troisième rangs des enneigements les plus faibles jamais enregistrés sur la période 1967–2022⁴⁰.

PERGÉLISOL

Le pergélisol est un sol (terre et roche) dont la température reste inférieure à 0 °C pendant au moins deux années consécutives. Il peut contenir d'importantes quantités de glace, dont le dégel peut entraîner de graves conséquences sur la stabilité du terrain, l'hydrologie, les écosystèmes et l'intégrité des infrastructures. La terre gelée peut également renfermer du carbone, qui est alors libéré au moment du dégel, ce qui se répercute sur les concentrations de GES et les rétroactions climatiques. Selon la contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d'évaluation du GIEC, on constate une hausse des températures du pergélisol dans les 30 mètres supérieurs depuis le début des programmes d'observation au cours des trois ou quatre dernières décennies dans l'ensemble des régions concernées (degré de confiance élevé)⁴¹.

Les températures du pergélisol sont relevées dans de nombreux trous de forage en Arctique, dont certains existent depuis plus de quarante ans déjà. Les températures mesurées à des profondeurs égales ou proches du niveau de changement saisonnier minimal indiquent que le pergélisol se réchauffe depuis les années 1970 (figure 19), de nombreux sites ayant enregistré

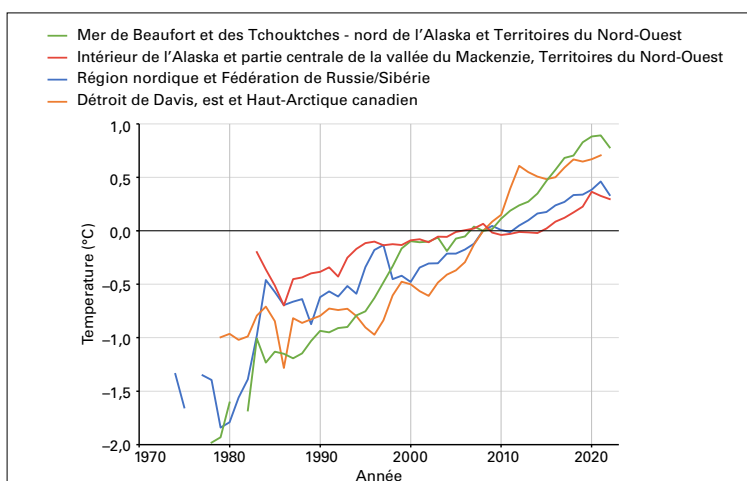


Figure 19. Écarts moyens de la température du pergélisol (mesurée dans les 20-30 m supérieurs) entre 1974 et 2022 par rapport à une base de référence établie pendant l'Année polaire internationale (2007–2009) pour les régions arctiques. Voir Smith *et al.*, 2022 (voir la note de bas de page 42) pour la localisation des sites dans chaque région et les taux de variation de la température de chaque site. Certains sites ont été créés après 2000.

³⁹ <https://snowcover.org>

⁴⁰ Mudryk, L., Chereque, A. E., Derksen, C. *et al.*, 2022: «Terrestrial Snow Cover.» Dans *Arctic Report Card 2022*. Sous la direction de Druckenmiller, M. L., Thoman, R. L., et Moon, T. A. Administration américaine pour les océans et l'atmosphère. <https://doi.org/10.25923/yxs5-6c72>.

⁴¹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021: *Changements climatiques 2021: Les bases scientifiques physiques*, chapitre 2, section 2.3.2.5 sur le pergélisol terrestre, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf.

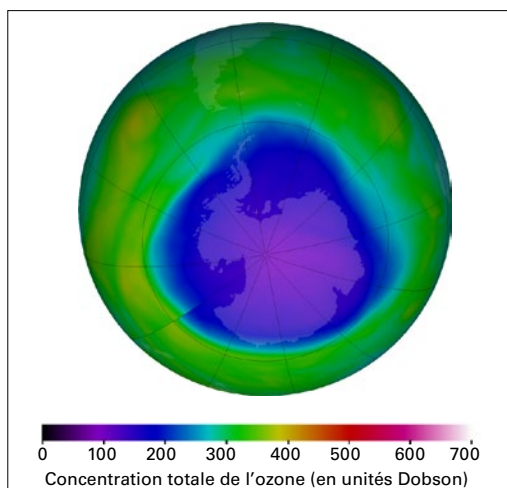


des valeurs record ces dernières années⁴². Le réchauffement du pergélisol est généralement plus élevé (0,4 °C à 0,6 °C par décennie) dans les couches plus froides (<-2 °C) de l'ouest de l'Arctique nord-américain, de l'Extrême-Arctique canadien, des régions nordiques et de la Fédération de Russie/Sibérie. Lorsque la température du pergélisol est plus proche de 0 °C, par exemple dans l'intérieur de l'Alaska et dans le centre de la vallée du Mackenzie au Canada, les taux de réchauffement sont plus faibles (<0,2 °C par décennie). Cette hausse de la température moins rapide s'explique par le changement de phase lors de la fonte de la glace du sol. Même si les températures varient peu au fil du temps lorsque la température du pergélisol est plus proche de 0 °C, la fonte de la glace du sol a des répercussions importantes sur la résistance et la stabilité du sol.

L'épaisseur de la couche active correspond à l'épaisseur maximale de la couche superficielle qui dégèle de manière saisonnière. La profondeur de cette couche augmente partout dans le monde. De toutes les régions arctiques, celle de la mer de Beaufort et des Tchouktches affiche la tendance la moins marquée, avec une augmentation de <0,3 cm par an entre 2000 et 2021. En revanche, dans l'intérieur de l'Alaska et au Canada, l'épaisseur de la couche active augmente de 0,9 cm par an. Entre 2018 et 2021, le dégel a atteint des profondeurs bien supérieures à la moyenne, l'épaisseur de la couche active en 2021 étant l'une des plus élevées depuis l'année 2000, juste derrière 2020. Dans les régions montagneuses, cet indicateur est très variable. Dans les Alpes européennes, l'épaisseur de la couche active augmente (>1 cm par an), alors que dans les Alpes norvégiennes, elle varie à peine. L'Antarctique compte peu de sites actifs et les données disponibles suggèrent des variations relativement faibles, à l'exception de la péninsule antarctique, où la couche active devient de plus en plus profonde depuis 2013.

OZONE STRATOSPHERIQUE ET GAZ APPAUVRISANT LA COUCHE D'OZONE

Grâce au succès du Protocole de Montréal, les halons et les chlorofluorocarbones (CFC) ne sont officiellement plus produits ni utilisés, même si la surveillance de leur concentration dans l'atmosphère se poursuit. Du fait de leur longue durée de vie, les CFC resteront présents dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies et même en l'absence de nouvelles émissions, la quantité de chlore et de brome qui subsiste dans l'atmosphère est encore plus que suffisante pour détruire presque tout l'ozone de la basse stratosphère au-dessus de l'Antarctique entre août et décembre. En conséquence, chaque année au printemps, un trou se forme dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique, ses dimensions variant essentiellement en fonction des conditions météorologiques. Ce «trou» n'en est pas un à proprement parler; il s'agit plus précisément d'une zone où la colonne totale d'ozone dans la stratosphère est inférieure à 220 unités Dobson.



Vue en fausses couleurs de la concentration totale d'ozone au-dessus du pôle antarctique le 1^{er} octobre 2022. Le violet et le bleu indiquent les régions où il y a le moins d'ozone, tandis que le jaune et le rouge celles où il y en a le plus. Une vidéo montrant l'évolution de la concentration d'ozone sur l'ensemble de l'année 2022 est disponible à l'adresse suivante: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone_maps/movies/OZONE_D2022-07-01%25P1D_G%5e360X240.IOMPS_PNPP_V21_MMERRA2_LSH.mp4.

⁴² Smith, S. L., O'Neill, H. B., Isaksen, K. *et al.*, 2022: «The Changing Thermal State of Permafrost.» *Nature Reviews Earth and Environment* 3, 10–23. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00240-1>.

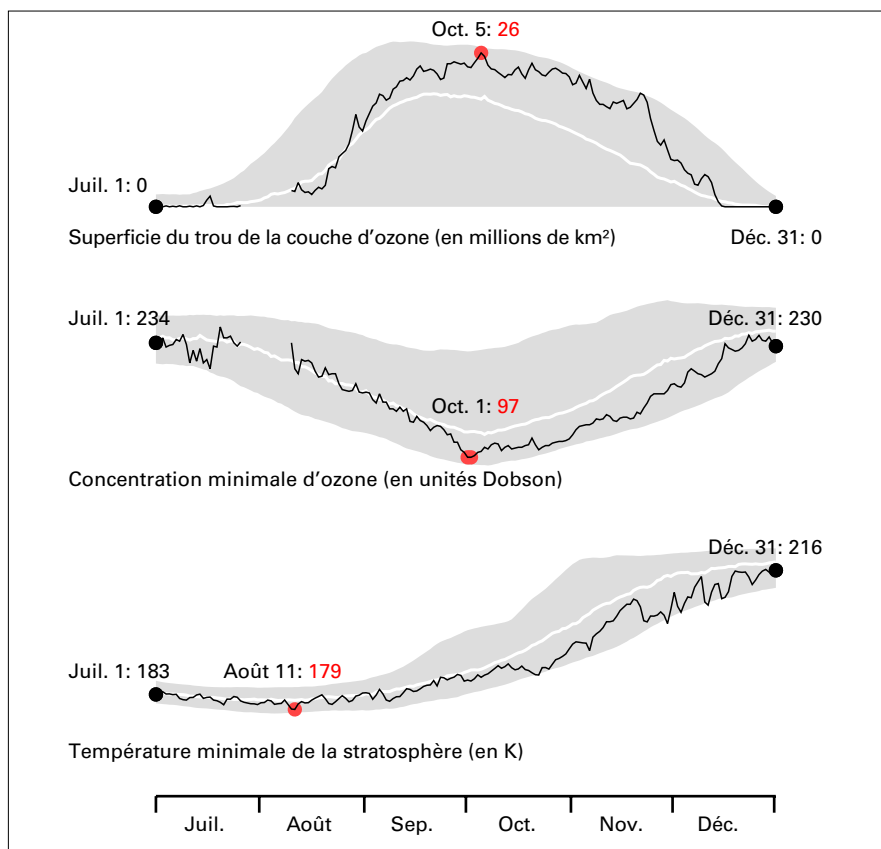


Figure 20. En haut: superficie du trou de la couche d'ozone (en millions de km²). Au milieu: concentration minimale d'ozone (en unités Dobson). En bas: température minimale de la stratosphère (en K) à 50 hPa (~20 km d'altitude) du 1^{er} juillet au 31 décembre 2022. Les chiffres en rouge indiquent la valeur la plus élevée (superficie du trou de la couche d'ozone) ou la plus basse (concentration minimale d'ozone, température minimale de la stratosphère) de la saison pour chaque indicateur.

Source: NASA Ozone Watch.

En 2022, comme en 2021, ce trou s'est formé relativement tôt et a continué à croître jusqu'à atteindre de grandes dimensions. Le 5 octobre, il a atteint une superficie de 26 millions de km² comparable à celle des années 2020 et 2021, qui se rapproche de la superficie maximale observée par le passé, comme en 2015 (28,2 millions de km²) et en 2006 (29,6 millions de km²)⁴³ (figure 20). Les 1^{er} et 2 octobre 2022, la NASA a relevé une colonne d'ozone minimale de 97 unités Dobson. Les concentrations d'ozone stratosphériques sont devenues quasi nulles de façon persistante entre 15 et 20 km d'altitude au-dessus de l'Antarctique à la fin du mois de septembre 2022, ce qui correspond, avec celles de la saison 2021, aux valeurs les plus basses jamais mesurées par des sondes dans les stations de l'Antarctique⁴⁴. Les dimensions inhabituelles du trou dans la couche d'ozone résultent d'un puissant vortex polaire stable et de conditions plus froides que la moyenne dans la stratosphère.

PRÉCIPITATIONS

Le cumul des précipitations a été supérieur à la moyenne à long terme (1951–2000) en Asie du Nord-Est, dans la région de la mousson d'été de l'ouest de l'Inde, en Asie du Sud-Est, sur le continent maritime, dans le nord de l'Amérique du Sud, dans certaines parties de l'Amérique du Nord et des Caraïbes, dans la région du Sahel oriental, dans certaines parties de l'Afrique du Sud, au Soudan, en Europe de l'Est, en Nouvelle-Zélande et en Australie (figure 21). Les régions présentant un déficit pluviométrique marqué comprennent: de grandes parties de l'Europe, la région méditerranéenne et l'Afrique du Nord-Ouest, ainsi que certaines parties du Moyen-Orient; l'Asie centrale et l'Himalaya; l'Afrique de l'Est et Madagascar; le centre et le sud de l'Amérique du Sud; et le centre et l'ouest de l'Amérique du Nord (figure 21).

⁴³ <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

⁴⁴ Selon les informations communiquées par l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère.

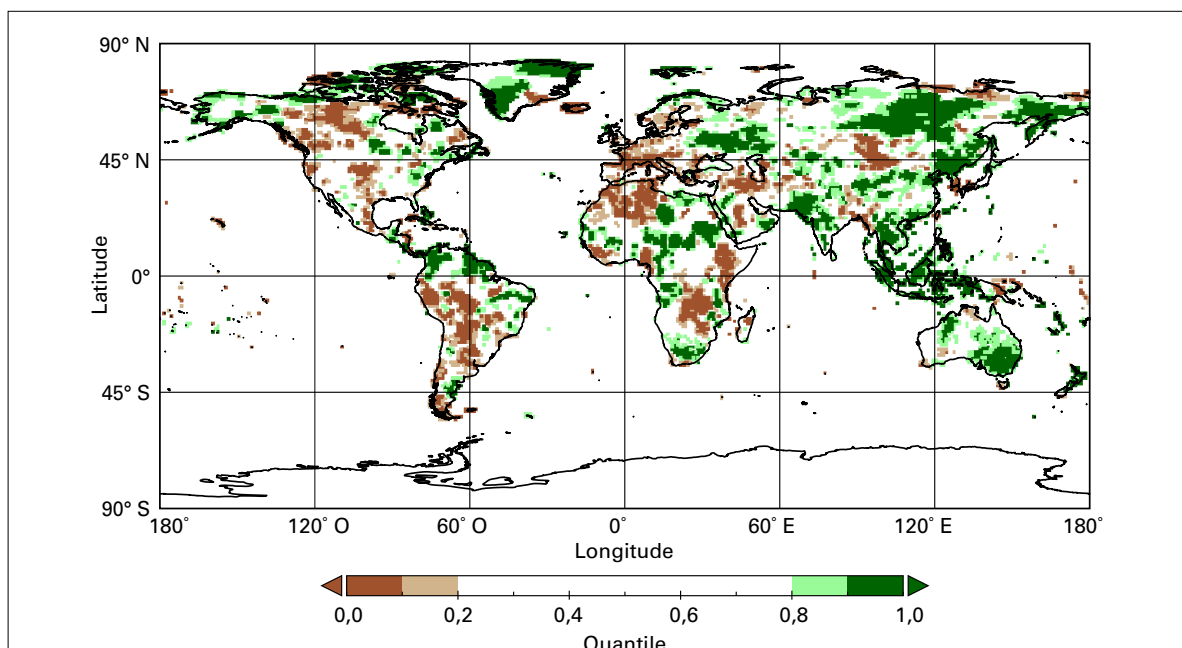


Figure 21. Cumuls de précipitations pour 2022 exprimés en centiles de la période de référence 1951–2010, pour les zones qui auraient figuré dans la fourchette des 20 % d’années les plus sèches (marron) et des 20 % d’années les plus humides (vert) de la période de référence, des nuances plus foncées de 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 humides.

Source: Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC), Service météorologique allemand (DWD).

En 2022, la mousson indienne a commencé plus tôt et s’est terminée plus tard que la normale. La majeure partie du sous-continent indien a connu une année plus humide que la normale et la mousson s’est étendue plus à l’ouest que d’habitude, vers le Pakistan, où elle a causé d’importantes inondations. La mousson ouest-africaine a elle aussi commencé plus tardivement, comme en 2021. Plus tard dans la saison, les précipitations ont été supérieures à la normale. Au total, les précipitations saisonnières ont été proches de la normale, sauf dans les régions côtières de l’est et de l’ouest.

FACTEURS DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT À COURT TERME

Les régimes climatiques correspondent à des schémas récurrents, généralement de pression ou de température de surface de la mer, caractérisés par des phases négatives et positives, qui ont chacune des effets distinctifs sur la répartition des précipitations, les températures et d’autres éléments météorologiques sur des échelles de temps allant de quelques jours à des saisons ou plus.

En 2022, deux de ces régimes climatiques, à savoir le phénomène El Niño-oscillation australe et le dipôle de l’océan Indien, ont concouru aux événements météorologiques et climatiques majeurs survenus dans de vastes régions du monde, comme l’illustrent les sections suivantes.

EL NIÑO-OSCILLATION AUSTRALE (ENSO)

Le phénomène ENSO est l’un des principaux facteurs de la variabilité annuelle des régimes météorologiques dans le monde. Il est associé à divers aléas hydrométéorologiques, tels que des pluies abondantes, des inondations et des sécheresses. Les épisodes El Niño, caractérisés par des eaux de surface plus chaudes que la moyenne dans l’est du Pacifique tropical et par



un affaiblissement des alizés dans la région, tendent à élever les températures mondiales. Les épisodes La Niña, caractérisés par des eaux de surface plus froides que la moyenne dans le centre et l'est du Pacifique tropical et par un renforcement des alizés, ont l'effet inverse.

Des conditions La Niña sont apparues à la mi-2020 et se sont poursuivies jusqu'à l'installation en 2021 d'une brève phase neutre (températures de surface de la mer à plus ou moins 0,5 °C de la normale), malgré des eaux de surface plus fraîches que la moyenne pendant la majeure partie de l'été dans l'hémisphère Nord. Les températures ont ensuite de nouveau chuté et des conditions La Niña sont réapparues entre juillet et septembre 2021 et ont gagné en intensité pour rester modérées jusqu'à la fin de l'année 2022 (figure 22). Il s'agit de la troisième année consécutive marquée par un épisode La Niña⁴⁵ et c'est la troisième fois qu'un tel événement triennal se produit au cours des 50 dernières années, après 1973–1976 et 1998–2001.

En plus de sa tendance à faire baisser temporairement les températures à la surface du globe, le phénomène La Niña est souvent (mais pas toujours) associé à des régimes de précipitations caractéristiques. Certaines régions ont ainsi connu en 2022 des anomalies pluviométriques typiques de La Niña, à savoir des conditions plus sèches que la normale en Patagonie et dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord, et plus humides en Afrique australe, dans le nord de l'Amérique du Sud, sur le continent maritime et dans l'est de l'Australie. Au début du mois de décembre, une vague de chaleur d'une semaine, caractérisée par des conditions de sécheresse et des températures maximales record, s'est abattue sur l'Argentine, qui en est à sa troisième année consécutive de sécheresse. Certaines parties du sud et du centre du Chili subissent quant à elles une sécheresse qui perdure depuis plus de dix ans⁴⁶. Le phénomène La Niña est également associé à des pluies de mousson plus intenses et plus longues en Asie du Sud-Est. Le Pakistan a ainsi connu des pluies record en juillet et en août. Combinés à la phase négative du dipôle de l'océan Indien, les épisodes La Niña entraînent des conditions plus sèches que la normale en Afrique de l'Est⁴⁷. La majeure partie du Kenya, de l'Éthiopie et de la Somalie a connu cinq saisons consécutives de précipitations inférieures à la moyenne aux conséquences humanitaires désastreuses.

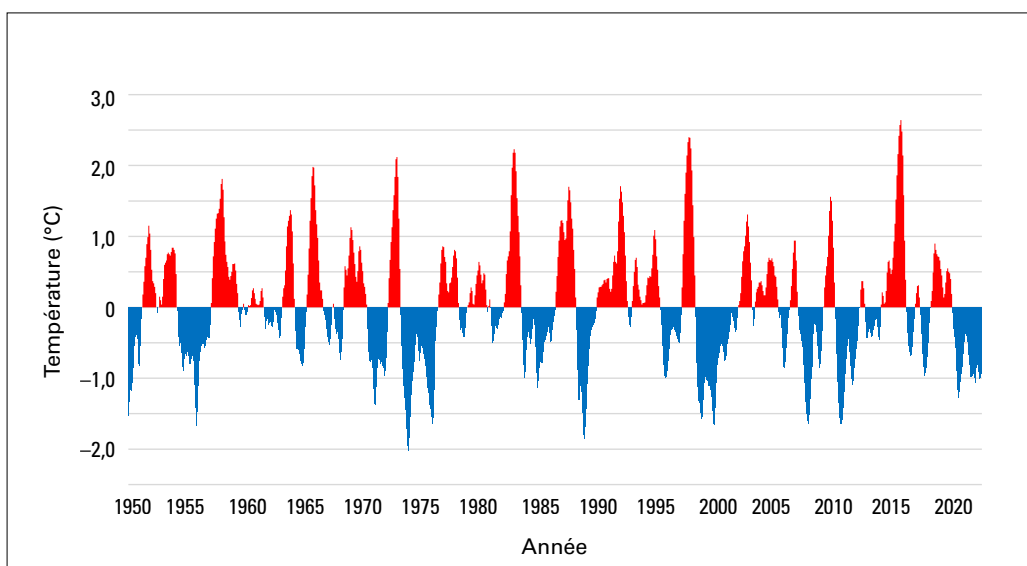


Figure 22. Série chronologique de l'indice Niño océanique de la NOAA de 1950 à décembre 2022 montrant la présence de conditions inférieures à la moyenne (bleu) et supérieures à la moyenne (rouge) pendant des périodes moyennes de trois mois.

Source: Centres nationaux d'information sur l'environnement (NCEI) de la NOAA

⁴⁵ <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/el-ni%C3%B1o-la-ni%C3%B1a-update>

⁴⁶ Garreaud, R. D., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J. *et al.*, 2017: «The 2010-2015 Megadrought in Central Chile: Impacts on Regional Hydroclimate and Vegetation.» *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 6307–6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>.

⁴⁷ Voir par exemple Anderson, W., Cook, B. I., Slinski, K. *et al.*, 2023: «Multiyear La Niña Events and Multiseason Drought in the Horn of Africa.» *Journal of Hydrometeorology*, 24 (1), 119–131. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-22-0043.1>.



Même si ce phénomène a tendance à faire baisser la température mondiale, cela ne signifie pas que les températures sont plus basses partout. En Nouvelle-Zélande, les conditions La Niña sont généralement associées à des masses d'air chaud et humide. Le pays a connu l'hiver le plus chaud et le plus pluvieux de son histoire et le troisième hiver consécutif à battre le record saisonnier de température. En outre, 2022 a été l'année la plus chaude qu'ait connue le pays, dépassant de 0,20 °C le record établi en 2021.

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 l'effet inverse. La variation du gradient de la température de surface de la mer qui en résulte dans le bassin de l'océan Indien a une incidence sur les conditions météorologiques des continents du pourtour océanique, principalement dans l'hémisphère Sud. La phase positive est souvent, mais pas toujours, associée aux épisodes El Niño, et la phase négative aux épisodes La Niña.

Pour la deuxième année consécutive, le dipôle de l'océan Indien est entré dans une phase négative au cours de l'hiver austral. Combinée à des conditions La Niña, cette phase a engendré des conditions pluvieuses dans une grande partie de l'Australie à la fin de l'hiver austral et au printemps. La Nouvelle-Galles du Sud et l'État de Victoria ont ainsi enregistré le printemps et le mois d'octobre les plus humides de leur histoire, tandis que le pays n'avait connu de printemps aussi pluvieux qu'en 2010. De graves inondations ont touché de nombreuses régions au printemps, en particulier de vastes zones de l'est de l'Australie. Le dipôle de l'océan Indien est redevenu neutre au début de l'été austral.

Comme indiqué précédemment, la phase négative du dipôle de l'océan Indien, combinée à un épisode La Niña, a contribué à la sécheresse qui persiste en Afrique de l'Est. Les sections [Phénomènes extrêmes](#) et [Répercussions socio-économiques](#) donnent plus de détails à ce sujet.

Phénomènes extrêmes

Bien qu'il importe de comprendre les changements climatiques à grande échelle, les impacts du temps et du climat sont le plus souvent ressentis lors de phénomènes extrêmes tels que les fortes pluies et chutes de neige, les sécheresses, les vagues de chaleur, les vagues de froid et les tempêtes, y compris les tempêtes tropicales et les cyclones. Seuls ou combinés à d'autres facteurs, ces extrêmes météorologiques et climatologiques peuvent provoquer d'autres catastrophes comme des inondations, des glissements de terrain, des feux incontrôlés et des phénomènes extrêmes composites. Leurs effets conjugués sur les systèmes humains et naturels sont très variés. La présente section, qui décrit quelques-uns des phénomènes extrêmes survenus en 2022, repose en grande partie sur les contributions des Membres de l'OMM. Les risques associés à ces phénomènes et leurs répercussions socio-économiques plus vastes sont décrits dans la section [Répercussions socio-économiques](#). Certaines informations proviennent également de la base de données sur les situations d'urgence (EM-DAT)⁴⁸.

CANICULES, SÉCHERESSES ET INCENDIES

De la mi-juin à la fin du mois d'août, une vague de chaleur s'est abattue sur une grande partie de la Chine, la plus longue depuis le début des relevés nationaux, donnant lieu à l'été le plus chaud jamais enregistré, avec plus de 0,5 °C d'écart par rapport au record précédent. Cet été aura également été l'un des plus secs qu'aient enregistré le pays (deuxième position), puisque dans la majeure partie de la moitié sud de la Chine (à l'exception de la province de Guangdong), les précipitations saisonnières ont été inférieures de 20 % à 50 % à la moyenne. Sur l'ensemble du territoire, 366 localités ont enregistré des records de température. La chaleur a été particulièrement forte dans la vallée du Yangtze, qui a également souffert d'une grave sécheresse au cours de l'été le plus sec jamais enregistré à cet endroit; à Wuhan, le fleuve a en effet atteint son niveau le plus bas pour un mois d'août. De nombreux incendies de forêt se sont également déclarés dans la région. Le reste de l'Asie de l'Est a également été frappé par d'importantes vagues de chaleur, notamment dans la ville de Tokyo, où le mercure a dépassé les 35 °C pendant neuf jours consécutifs, du 25 juin au 3 juillet 2022.

De nombreuses vagues de chaleur ont également frappé l'Europe, notamment pendant les trois mois d'été, au cours desquels environ 4 600 décès en Espagne, 4 500 en Allemagne⁴⁹, 2 800 au Royaume-Uni⁵⁰ (chez les personnes âgées de 65 ans et plus), 2 800 en France⁵¹ et 1 000 au Portugal ont été associés à la chaleur inhabituelle. La vague de chaleur la plus exceptionnelle s'est produite à la mi-juillet. Pour la première fois, le thermomètre a affiché 40 °C au Royaume-Uni (figure 23), avec 40,3 °C à Coningsby le 19 juillet⁵², tandis que l'Irlande a enregistré son record de chaleur depuis 1887, avec

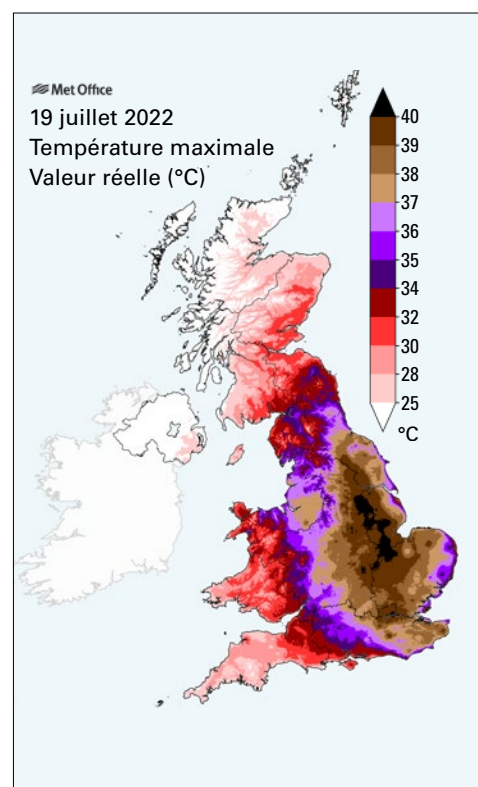


Figure 23. Températures maximales au Royaume-Uni pour un 19 juillet

Source: Service météorologique britannique (Met Office), Royaume-Uni

⁴⁸ <https://www.emdat.be/>

⁴⁹ https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2022/42/Art_01.html

⁵⁰ <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/articles/excessmortalityduringheatperiods/englandandwales1juneto31august2022>

⁵¹ <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2022/bilan-canicule-et-sante-un-ete-marque-par-des-phenomenes-climatiques-multiples-et-un-impact-sanitaire-important>

⁵² <https://www.metoffice.gov.uk/about-us/press-office/news/weather-and-climate/2022/july-heat-review>



33,0 °C le 18 juillet à Phoenix Park (Dublin). Dans de nombreuses localités, les températures ont dépassé de plus de 3 °C les précédents records, en particulier dans le nord de l'Angleterre et l'ouest de la France. Le 20 juillet, la ville allemande de Hambourg-Neuwiedenthal a enregistré 40,1 °C; c'est la première fois qu'une ville aussi au nord du pays franchit la barre des 40 °C. La chaleur s'est étendue jusqu'au nord de la Suède, où la ville de Målilla a relevé le 21 juillet une température de 37,2 °C, la plus élevée qu'ait connue le pays depuis 1947.

La région méditerranéenne a subi de fortes vagues de chaleur en juin et en août. Plusieurs records de température pour un mois de juin ont été établis en Italie, dont 40,0 °C à Urbe (Rome) le 27 juin. La Tunisie a connu le mois de juin le plus chaud jamais enregistré et certains endroits ont atteint des records historiques en août. Le Maroc a quant à lui enregistré un record de 49,1 °C le 10 juillet à Smara. Le nord-est de l'Europe n'a pas été épargné, des records de chaleur ayant été enregistrés à la mi-août en Finlande et en Estonie. La quasi-totalité de la mer Méditerranée a été touchée par des vagues de chaleur marines entre mars et décembre, établissant de nouveaux records d'intensité cumulée dans la région.

De nombreuses régions d'Europe et de la Méditerranée ont également été touchées par la sécheresse (figure 24). En Europe, le mois d'août a été particulièrement difficile, lorsque les cours d'eau, notamment le Rhin, la Loire et le Danube, ont atteint des niveaux extrêmement bas, ce qui a considérablement perturbé le transport fluvial. En France, le faible débit des rivières et les températures élevées de l'eau ont entraîné une baisse de la production de certaines centrales nucléaires⁵³. Trois États du centre-ouest de l'Allemagne ont connu l'été le plus sec jamais enregistré,

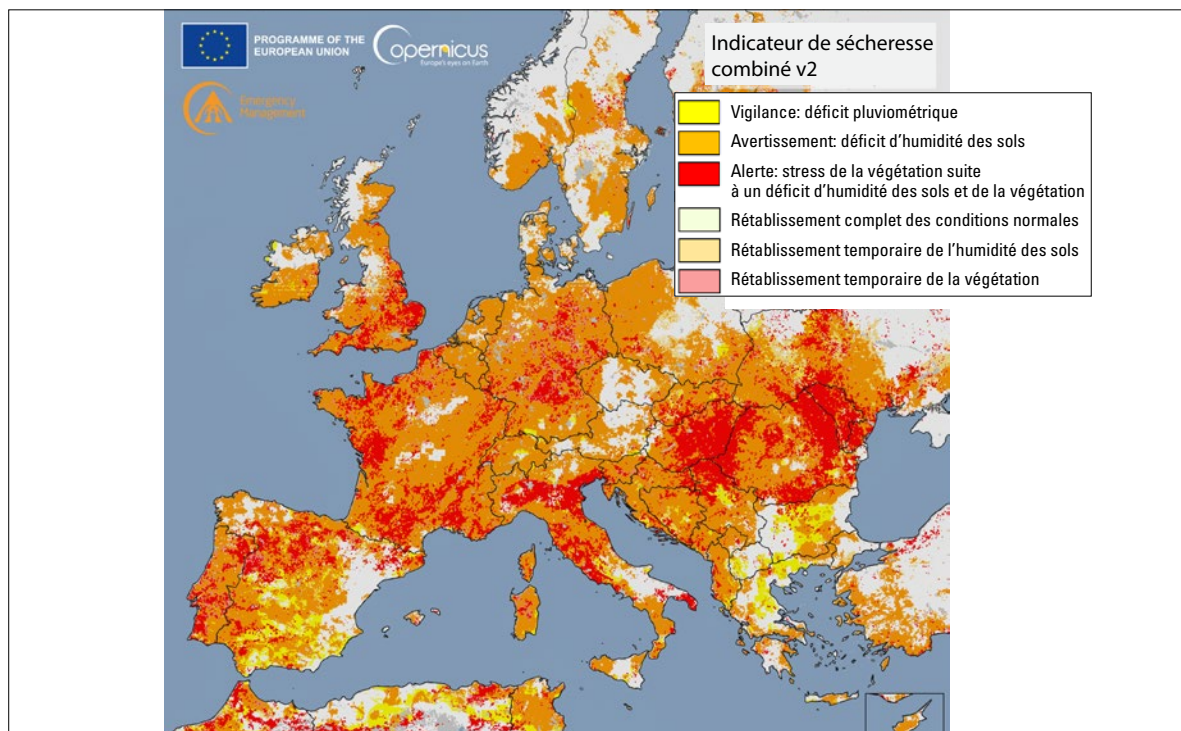


Figure 24. Sécheresse en Europe – Indicateur de sécheresse combiné du Service Copernicus de gestion des urgences, du 1^{er} au 10 août 2022. Les zones en jaune sont en état de «vigilance», indiquant un déficit pluviométrique, les zones orange sont en état «d'avertissement», indiquant un déficit d'humidité du sol, et les zones rouges sont en état «d'alerte», indiquant un stress de la végétation suite à des déficits d'humidité du sol et de précipitations.

Source: https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDO-EDODroughtNews202208_Europe.pdf, sous licence CC-BY 4.0.

⁵³ 2022 State of Climate Services: Energy (WMO-No. 1301).



ce qui contraste avec les inondations extrêmes qui avaient frappé la région un an auparavant. La période de janvier à septembre a été la plus sèche en France depuis 1976, à l'instar des mois de janvier à août pour le Royaume-Uni et la ville d'Uccle (Belgique), et cela faisait 40 ans que le Maroc n'avait pas connu 12 mois aussi secs qu'entre septembre 2021 et août 2022. L'Italie du Nord et la péninsule ibérique ont connu un hiver 2021/2022 exceptionnellement sec, et le printemps a été plus sec que la moyenne dans de vastes régions d'Europe. Une sécheresse prononcée continue également d'affecter certaines parties de l'Asie du Sud-Ouest, en particulier la République islamique d'Iran et l'Irak. À Bagdad, seuls 24,3 mm de pluie sont tombés entre septembre 2021 et mai 2022, soit 78 % de moins que la moyenne à long terme.

Plus de 62 000 hectares de forêt ont brûlé lors des incendies qui ont ravagé le sud-ouest de la France. Pour la deuxième année consécutive, des feux incontrôlés ont entraîné de nombreuses pertes en vies humaines en Algérie, avec 44 décès signalés entre le 16 et le 18 août.

En Inde et au Pakistan, il a fait exceptionnellement chaud avant la mousson. Les mois de mars et d'avril ont battu des records au Pakistan avec une moyenne nationale dépassant de plus de 4 °C la moyenne à long terme. En Inde, les rendements céréaliers ont été réduits par la chaleur extrême et un certain nombre de feux de forêt se sont déclarés, en particulier dans l'Uttarakhand.

La sécheresse s'est intensifiée dans la corne de l'Afrique, principalement au Kenya, en Somalie et dans le sud de l'Éthiopie. Les précipitations ont été nettement inférieures à la moyenne dans toute la région au cours des saisons des pluies, de mars à mai et d'octobre à décembre. Depuis le second semestre 2020, ce sont ainsi cinq saisons des pluies insuffisantes qui se sont enchaînées, du jamais vu au cours des 40 dernières années, ce qui a eu des répercussions majeures sur l'agriculture et la sécurité alimentaire. Comme lors de la précédente sécheresse prolongée de 2010–2012, ces conditions de sécheresse sont en grande partie imputables au phénomène La Niña et à la phase négative du dipôle de l'océan Indien. Des pluies significatives sont tombées en 2021 et 2022 dans de nombreuses régions d'Afrique australe, ce qui a permis d'atténuer la sécheresse qui touchait depuis longtemps le sud de Madagascar.

La première moitié du mois de janvier a été extrêmement chaude dans de nombreuses régions de l'Amérique du Sud subtropicale. Le record national de l'Uruguay, de 44,0 °C, a été à nouveau atteint le 14 janvier à Paysandú. En outre, le nord de l'Argentine et le Paraguay ont été ravagés par de vastes incendies de longue durée: plus de 900 000 hectares ont brûlé dans la province de Corrientes entre le début du mois de janvier et la fin du mois de février⁵⁴. De nombreuses zones de la région ont continué à souffrir d'une grave sécheresse. Si en 2022, les précipitations au Chili n'ont pas été aussi faibles que les années précédentes, elles sont tout de même restées bien en dessous de la moyenne par endroits⁵⁵. C'est la première fois qu'il n'a pas plu de tout le mois de juin à Buenos Aires, et une grande partie du nord-est de l'Argentine, allant de la région de Buenos Aires au nord du pays, était en proie à une grave sécheresse à la fin de l'année. Pour cette région, ainsi que pour l'Uruguay, il s'agit de la troisième année consécutive où les précipitations sont nettement inférieures à la moyenne. Après un automne et un hiver frais, des chaleurs extrêmes se sont réinstallées dans la région en fin d'année: des vagues de chaleur se sont produites en novembre et en décembre, et Rivadavia (Argentine) a même enregistré une température record de 46,0 °C le 7 décembre. L'activité des incendies dans l'Amazonie brésilienne a été similaire à la moyenne de la période 1998–2021, mais reste parmi les plus élevées de la dernière décennie⁵⁶. Les émissions de CO₂ dues aux feux de forêt dans l'État d'Amazonas ont été les plus élevées depuis au moins 20 ans⁵⁷.

⁵⁴ <https://twitter.com/INTARNaturales/status/1497310851052630016>

⁵⁵ Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R. *et al.*, 2020: «The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A Climate Dynamics Perspective.» *International Journal of Climatology*, 40, 421–439. <https://doi.org/10.1002/joc.6219>.

⁵⁶ <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>

⁵⁷ <https://atmosphere.copernicus.eu/wildfires-amazonas-records-highest-emissions-20-years>



Une grande partie de la moitié occidentale de l'Amérique du Nord est restée en proie à une grave sécheresse. Aux États-Unis, celle-ci a touché de nombreux États de l'ouest et du sud, bien que les pluies de la mousson estivale aient apporté un certain répit à l'intérieur des régions du sud-ouest et que les pluies de fin d'année aient atténué la sécheresse en Californie et dans la vallée du bas-Mississippi. Les pertes économiques totales dues à la sécheresse au cours de l'année ont été évaluées à 22 milliards de dollars É.-U. Des conditions particulièrement sèches se sont installées au Texas, où la période de janvier à juillet s'est classée au second rang des mois les plus secs jamais enregistrés dans cet État, et dans les régions voisines du nord du Mexique, tandis que la Californie a connu la période de janvier à octobre la plus sèche jamais enregistrée (65 % en dessous de la moyenne de la période 1901–2000), ce qui s'inscrit dans un phénomène de longue durée puisqu'au cours des 36 mois précédant celui d'octobre 2022, les précipitations ont été les plus faibles jamais enregistrées. Fin juillet, le lac Mead, dans le bassin du fleuve Colorado, a atteint son niveau le plus bas depuis le remplissage du réservoir en 1938. La sécheresse s'est étendue à de nombreuses autres régions du sud des États-Unis au cours de l'année. Les cours d'eau ont atteint des niveaux historiquement bas en octobre à certains endroits du Mississippi moyen et du bas-Mississippi, et plus de 82 % des régions avoisinantes ont connu des conditions anormalement sèches à la mi-octobre. En 23 ans d'existence, l'Observatoire américain de la sécheresse n'avait jamais vu cela sur une zone aussi étendue. Les fortes précipitations printanières ont atténué la sécheresse dans le centre-nord des États-Unis et dans les Prairies canadiennes.

La superficie totale des forêts parties en fumée au cours de la saison des incendies aux États-Unis a été légèrement supérieure à la moyenne; la saison a été particulièrement active en Alaska et le plus grand incendie enregistré s'est déclaré au Nouveau-Mexique, mais les pertes humaines et matérielles ont été inférieures à celles de ces dernières années. La période de juillet à septembre a été la plus chaude jamais enregistrée dans de nombreuses régions de l'ouest des États-Unis.

Des températures régionales exceptionnellement élevées ont été relevées sur le Plateau antarctique à la mi-mars, car une rivière atmosphérique en provenance d'Australie a amené de l'air chaud et humide sur le continent. Le 18 mars, les températures ont atteint $-10,1$ °C au Dôme C et $-17,7$ °C à Vostok. Ces deux valeurs ont dépassé de plus de 15 °C les précédents records de mars sur ces sites et de 35 °C les moyennes mensuelles, le relevé du Dôme C étant le plus élevé jamais enregistré à n'importe quel moment de l'année.

FROID EXTRÊME

Peu de records de froid significatifs ont été établis au niveau mondial en 2022. Fin décembre, une vague de froid intense a touché de nombreuses régions des États-Unis et du Canada. De violents blizzards ont fait de nombreuses victimes à Buffalo et dans ses environs. Ces conditions ont duré 36 heures, pendant lesquelles 132 cm de neige sont tombés au total. Plus à l'ouest, la ville de Casper (Wyoming) a connu sa température la plus basse jamais enregistrée ($-41,1$ °C). Le mois de décembre a également été froid dans certaines parties de l'Europe, en particulier dans le nord et le nord-ouest. Au Royaume-Uni, le record de froid depuis décembre 2010 a été enregistré à Braemar le 12 décembre avec $-9,3$ °C, tandis que l'Islande a vécu son mois de décembre le plus froid depuis 1973.

La Grèce a connu deux épisodes neigeux importants à la fin du mois de janvier et à la mi-mars. Ces deux vagues de froid ont également touché d'autres régions de la Méditerranée orientale, par exemple en Libye, où des chutes de neige ont été observées à plus de 600 m d'altitude. Pour la deuxième année consécutive, des gelées généralisées au début du mois d'avril ont entraîné des pertes de récoltes en Europe occidentale, en particulier en France. Le 29 janvier, une dépression côtière a déposé 60 cm de neige sur Boston (États-Unis), qui a égalé son record journalier. La Patagonie argentine a également connu un hiver enneigé. En termes de surface enneigée, cet hiver s'est classé au deuxième rang de ceux du XXI^e siècle pour le nord de la région,



et au troisième rang pour le sud. En raison de la vague de froid qui a sévi en juillet, la ville de Puerto Natales (Chili) a enregistré l'une des températures les plus froides de son histoire ($-16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, deuxième rang), tandis qu'El Calafate (Argentine) atteignait $-16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

INONDATIONS ET FORTES PLUIES

Le Pakistan a connu pendant la saison de la mousson des inondations exceptionnelles (figure 25) qui ont culminé à la fin du mois d'août. Les mois de juillet (181 % au-dessus de la normale) et d'août (243 % au-dessus de la normale) ont tous deux été les plus pluvieux jamais enregistrés au niveau national. La province du Sindh a été particulièrement touchée, de même que le Baloutchistan. Les premières données satellitaires révèlent que 75 000 km², soit environ 9 % de la superficie du Pakistan, ont été inondés à un moment ou à un autre au cours du mois d'août⁵⁸. Les régions limitrophes de l'Afghanistan ont également été touchées. Sur les 33 millions de Pakistanais touchés plus ou moins directement, on dénombre plus de 1 700 décès et plus de 2 millions de foyers ont vu leur habitation endommagée ou détruite⁵⁹. Les pertes de récoltes et de bétail ont également été importantes, car les inondations ont touché une grande partie des terres agricoles du pays.

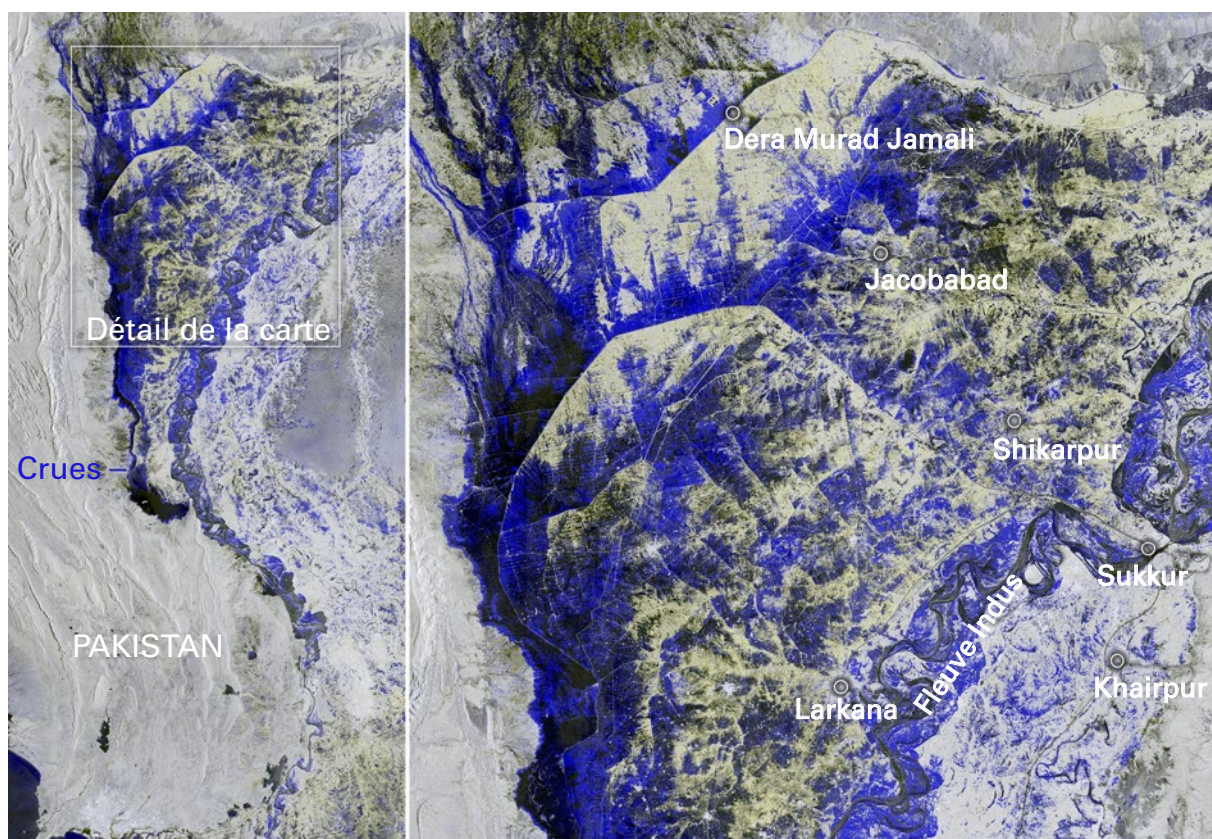


Figure 25. Image satellite des inondations survenues au Pakistan le 30 août. La partie gauche de l'image montre une vue élargie de la zone affectée et la partie droite est centrée sur la zone entre Dera Murad Jamali et Larkana. Les couleurs bleues à noires indiquent les endroits où la terre est submergée.

Source: Image de Sentinelle-1 (Copernicus). Contient des données Sentinelle modifiées (2022), traitées par l'ESA, sous la licence CC BY-SA 3.0 IGO (https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/09/Pakistan_inundated)

⁵⁸ <https://www.unitar.org/maps/map/3604>

⁵⁹ <https://reliefweb.int/report/pakistan/ndma-monsoon-2022-daily-situation-report-no-115-dated-6th-oct-2022>
<https://reliefweb.int/report/pakistan/ndma-monsoon-2022-daily-situation-report-no-129-dated-20th-oct-2022>



Le total des dommages et des pertes économiques a été évalué à 30 milliards de dollars É.-U.⁶⁰. Les répercussions de ces inondations ont été très similaires à celles de 2010. L'Inde a également connu d'importantes inondations à différents stades de la saison de la mousson, en particulier en juin dans le nord-est. Plus de 700 décès dus à des inondations et des glissements de terrain ont été signalés au cours de la saison, et 900 autres sont dus à la foudre.

L'est de l'Australie a aussi subi de nombreuses inondations au cours de l'année, notamment fin février et début mars, où de graves crues ont ravagé les zones côtières du sud-est du Queensland, du nord de la Nouvelle-Galles du Sud et de la région de Sydney. La zone au sud de Brisbane a été la plus touchée; là, la Wilsons River a dépassé d'environ 2 m les niveaux records précédents. À l'ouest de Sydney, les rivières Hawkesbury et Nepean ont atteint leur niveau le plus élevé depuis 1978. Vingt-deux décès sont à déplorer et les pertes assurées avoisinent les 4 milliards de dollars É.-U. La région de Sydney a également subi d'importantes inondations au début du mois de juillet. Au cours du dernier trimestre de l'année, de nombreuses régions du sud-est de l'Australie ont été inondées, en particulier dans le bassin du système fluvial Murray-Darling. La Nouvelle-Galles du Sud et l'État de Victoria ont tous deux connu le printemps le plus pluvieux jamais enregistré. Les inondations se sont poursuivies jusqu'au début de 2023 dans le bassin inférieur du Murray-Darling en raison du lent écoulement des eaux vers l'aval, et certaines parties du fleuve Murray en Australie-Méridionale ont atteint leur niveau le plus élevé depuis 1956. Au total, 2 530 mm de pluie sont tombés sur Sydney pendant l'année, ce qui est bien supérieur à son précédent record annuel de 2 194 mm.

La ville de Petrópolis, dans l'est du Brésil, a connu des précipitations extrêmes et des crues éclair à deux reprises en l'espace de quelques semaines, le 15 février et le 20 mars. En février, ce sont en effet 250 mm de pluie qui sont tombés en trois heures, tandis qu'en mars, 415 mm sont tombés en 10 heures. L'événement de février a causé la mort de 230 personnes, dont un grand nombre à la suite de glissements de terrain. Le nord-est du Brésil a également connu de graves inondations en mai, puis ce fut le tour de nombreuses régions du Venezuela après les fortes pluies d'octobre et de novembre. L'incident le plus grave a coûté la vie à 50 personnes et 56 autres sont portées disparues à la suite d'un glissement de terrain à Las Tejerías, le 8 octobre 2022.

De nombreuses régions du Sahel, en particulier la moitié orientale, ont connu de graves inondations pendant la saison de la mousson, surtout vers la fin de celle-ci. Le Nigeria, le Niger, le Tchad et la moitié sud du Soudan ont été particulièrement touchés. Au Nigeria, de fortes pluies tombées localement en octobre ont aggravé les inondations existantes dont les eaux s'écoulaient encore de l'amont. Au cours de la saison, 603 décès au Nigeria et 159 au Niger ont été attribués aux inondations, ainsi que des pertes économiques de 4,2 milliards de dollars É.-U. au Nigeria. Plus de 250 000 personnes ont été déplacées dans la capitale du Tchad, N'Djamena, entre octobre et décembre⁶¹. Malgré des précipitations proches ou inférieures à la normale au Sud-Soudan, de graves inondations se sont poursuivies étant donné que celles de 2020 et de 2021 ne s'étaient pas encore résorbées.

CYCLONES TROPICAUX

En 2022, l'activité des cyclones tropicaux a été proche ou inférieure à la moyenne dans la plupart des régions, sauf dans le sud de l'océan Indien, qui a connu globalement une saison active malgré un démarrage inhabituellement tardif. C'est dans cette région qu'un des systèmes les plus dévastateurs de la saison s'est développé; la dépression subtropicale *Issa*, associée à un système dépressionnaire froid, a provoqué des inondations extrêmes en avril dans la province du KwaZulu-Natal, dans l'est de l'Afrique du Sud, et s'est accompagnée les 11 et 12 avril de 311 mm de pluie

⁶⁰ <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-12/Pakistan%20PDNA%20Main%20Report%20-%20Final.pdf>

⁶¹ <https://www.fmhds.gov.ng/news/flood-fg-begins-delivery-of-12000-metric-tonnes-of-food-items-to-anambra-jigawa-others/>



Figure 26. Cyclone Batsirai, le 4 février 2022, avant qu'il ne touche terre sur la côte est de Madagascar.

Source: Image du domaine public de l'Observatoire de la Terre de la NASA (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149420/bracing-for-batsirai>).



en 24 heures. Ces inondations ont causé plus de 400 décès⁶² et ont contraint 40 000 personnes à quitter leur foyer. Quatre cyclones ont atteint Madagascar en l'espace d'un mois, entre la fin du mois de janvier et février. *Ana* (en janvier) et *Batsirai* (en février, figure 26) ont tous deux fait de nombreuses victimes dans la région, et *Ana* a également aggravé les inondations au Mozambique et au Malawi. *Gombe* (en mars) a provoqué des inondations meurtrières au Mozambique.

La saison des ouragans dans l'Atlantique Nord a démarré plus faiblement que ces dernières années, mais deux ouragans importants ont tout de même touché terre en septembre. L'ouragan *Ian* a traversé l'ouest de Cuba avant de s'intensifier jusqu'à arriver dans le sud-ouest de la Floride, le 28 septembre, en tant que tempête de catégorie 4. Il a provoqué d'importantes inondations dans les zones côtières de faible altitude et les bassins fluviaux plus au nord-est, où les précipitations ont dépassé 500 mm en quatre jours autour de Daytona Beach. Avec des vents soutenus de 241 km/h sur 10 minutes, *Ian* a été le quatrième ouragan à toucher terre aussi brutalement en Floride. Les pertes économiques qu'il a causées aux États-Unis ont été évaluées à 113 milliards de dollars É.-U., ce qui en fait le troisième cyclone tropical parmi les plus coûteux jamais enregistrés. Il est également le plus meurtrier qu'ait connu la Floride depuis les années 1930 avec 152 décès^{63,64}.

En septembre, l'ouragan *Fiona* a traversé la République dominicaine, Porto Rico et les îles Turques et Caïques, où il a provoqué d'importantes inondations et des coupures de courant généralisées, avant de gagner en intensité et de remonter vers le nord en direction du Canada. Lorsqu'il a touché terre en Nouvelle-Écosse le 24 septembre, il était en phase de transition extratropicale, avec une pression centrale estimée à 931 hPa. L'île d'Hart Island a enregistré une pression de 932,7 hPa, soit la pression moyenne au niveau de la mer la plus basse jamais enregistrée par une station canadienne. Les dégâts causés par le vent et les pannes d'électricité ont été considérables, tandis que les zones côtières, en particulier dans le sud-ouest de Terre-Neuve, ont été fortement inondées par des vagues et des ondes de tempête.

Le Pacifique Nord occidental a connu une saison inférieure à la moyenne, notamment en ce qui concerne les cyclones intenses, mais les répercussions n'en restent pas moins importantes.

⁶² Hendriks, S. L., Benton, T., de la Mata, G. C. *et al.*, 2022: «Global Environmental Climate Change, Covid-19, and Conflict Threaten Food Security and Nutrition.» *British Medical Journal*, 378, e071534. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071534>.

⁶³ <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/national/202209/supplemental/page-5>

⁶⁴ <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/events/US/2022>



Deux tempêtes tropicales ont été particulièrement destructrices dans les Philippines, où les graves inondations et glissements de terrain qui ont suivi ont fait de nombreuses victimes. Il s'agissait des tempêtes *Megi (Agaton)*, du 10 au 12 avril, et *Nalgae (Paeng)*, les 29 et 30 octobre. Plus de 200 décès ont été attribués à *Megi* et plus de 150 à *Nalgae*⁶⁵. La première a notamment touché la région de Cebu, tandis que la seconde a touché de nombreuses régions du pays. Les inondations associées aux pluies de mousson ont également entraîné d'importantes pertes en vies humaines à Mindanao au cours de la dernière semaine de décembre.

Les deux systèmes les plus puissants de la saison se sont produits en septembre. Le typhon *Hinnamnor* a eu de graves répercussions lorsqu'il a atteint la péninsule coréenne au début du mois de septembre, bien qu'il se fût quelque peu affaibli avant de toucher terre, tandis que le typhon *Nanmadol* a touché le sud du Japon. En septembre également, le typhon *Merbok* a eu un impact limité tant qu'il n'était qu'un système tropical, mais après s'être transformé en système extratropical et s'être déplacé vers le nord-est, il a provoqué de graves inondations côtières dans l'ouest de l'Alaska.

TEMPÊTES VIOLENTES

Le 18 août, un *derecho*⁶⁶ exceptionnel accompagné de vents violents et de fortes précipitations a touché certaines parties du sud et du centre de l'Europe, sur une trajectoire de 1 600 km entre les îles Baléares (Espagne) et la Corse (France), en passant par l'Italie, la Slovénie, l'Autriche et la Tchéquie. Ce système a atteint son apogée sur la Corse, où des rafales de vent de 225 km/h ont été enregistrées, soit la plus forte rafale de vent observée de manière fiable en France métropolitaine⁶⁷. Cinq décès ont été signalés. Des dégâts importants ont également été enregistrés en Italie, où des grêlons de 8 cm de diamètre sont tombés. Le 23 octobre, une tornade de type EF3 a traversé le nord de la France en causant d'importants dégâts; elle a parcouru 206 km, soit le plus long trajet enregistré en France. La tempête de vent la plus importante de la saison d'Europe occidentale, Eunice, a traversé l'Angleterre et le Pays de Galles le 18 février. Le record anglais de la rafale la plus puissante, à 196 km/h, a été enregistré à The Needles (sur l'île de Wight). Cette tempête a fait quatre morts au Royaume-Uni, quatre aux Pays-Bas et deux autres en Belgique, tandis que plus d'un million de foyers en Angleterre et au Pays de Galles ont été privés d'électricité.

Aux États-Unis, le nombre de tornades enregistré a été proche de la moyenne saisonnière, malgré un mois de mars très actif, mais le nombre de victimes a été inférieur aux moyennes à long terme. De nombreuses crues éclair se sont produites au cours de l'été dans diverses régions du pays, notamment dans le parc national de Yellowstone en juin, à Saint-Louis et dans l'est du Kentucky en juillet, dans la vallée de la Mort le 5 août et à Dallas-Fort Worth le 22 août. Dans le Kentucky, où les précipitations quotidiennes ont atteint entre 100 et 200 mm, au moins 37 décès ont été signalés, tandis que dans la région de Dallas, plus de 300 mm de pluie sont tombés en 12 heures dans certaines localités. L'inondation d'une station d'épuration a interrompu l'approvisionnement en eau de la ville de Jackson (Mississippi) à la fin du mois d'août.

Des précipitations et des tempêtes anormales ont touché l'Asie du Sud-Ouest et la péninsule arabique à la fin du mois de juillet et au début du mois d'août, une période habituellement sèche dans la région. Le port de Fujairah (Émirats arabes unis) a enregistré 255,2 mm de pluie en deux jours, les 27 et 28 juillet. Des crues éclair se sont produites en de nombreux endroits et un grand nombre de victimes a été signalé au Yémen et en Iran. D'autres précipitations intenses et crues éclair ont eu lieu en novembre; à Jeddah (Arabie Saoudite), il est tombé 179 mm en six heures le 24 novembre, soit près de trois fois les précipitations annuelles moyennes de la ville.

⁶⁵ https://www.typhooncommittee.org/17IWS/docs/Members%20Report/Philippines/2022_IWS%20Member%20Report%20-%20Philippines.pdf

⁶⁶ Selon la Société météorologique américaine, un *derecho* est une tempête de vent convective linéaire et généralisée.

⁶⁷ https://meteofrance.fr/sites/meteofrance.fr/files/files/editorial/Bilan%20C3%A9t%20C3%A9%202022%20e%20partie_C.pdf

Répercussions socio-économiques

Les risques que posent les aléas météorologiques et climatiques sont complexes et spécifiques à chaque contexte, car ils dépendent de la vulnérabilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation des systèmes humains et naturels. Les phénomènes météorologiques et climatiques font peser sur la société de multiples risques humanitaires. Les phénomènes extrêmes influent non seulement sur l'utilisation et la répartition des ressources naturelles entre les régions et au sein des pays, mais ont aussi d'importants effets négatifs sur l'environnement.

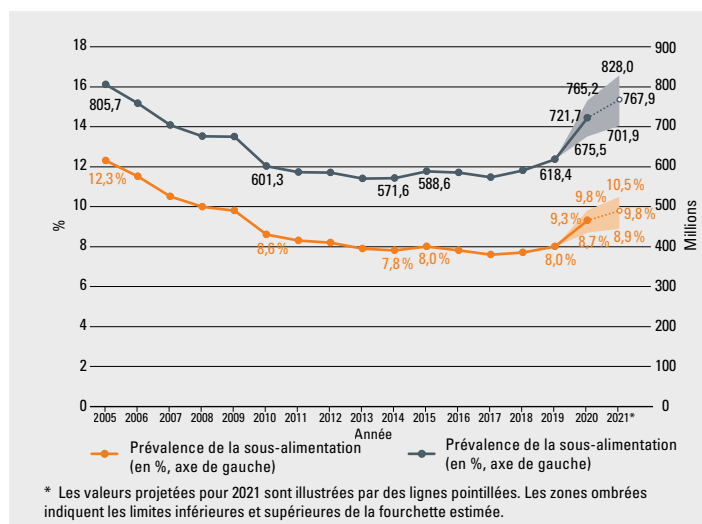
Face aux risques systémiques mondiaux, tels que le changement climatique, la société doit adapter sa gestion des risques de catastrophe⁶⁸. Les gouvernements déploient des efforts constants pour faire face aux risques liés aux catastrophes et au climat et pour renforcer la résilience des populations. Près de 125 pays ont élaboré des stratégies nationales de réduction des risques de catastrophe (objectif 5 du cadre de Sendai)⁶⁹. Cependant, la coopération internationale et le financement de ces mesures restent insuffisants⁷⁰. La mise en place de systèmes d'alerte précoce multidangers efficaces constitue l'un des éléments essentiels pour réduire l'impact des catastrophes, de même que la capacité des populations à agir en fonction de ces alertes. Les pays bien couverts par de tels systèmes ont démontré un taux de mortalité plus faible que ceux qui n'ont qu'une couverture limitée, voire pas de systèmes d'alerte précoce du tout⁷¹. Le Secrétaire général des Nations Unies a chargé l'OMM de prendre des mesures pour que chaque habitant de la planète soit protégé par des systèmes d'alerte précoce dans les cinq ans à venir⁷².

SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

En 2021, 2,3 milliards de personnes étaient en situation d'insécurité alimentaire, dont 924 millions dans une situation d'insécurité alimentaire grave. On estime à 767,9 millions le nombre de personnes confrontées à la sous-alimentation en 2021, soit 9,8 % de la population mondiale (figure 27). La moitié de ces personnes se trouve en Asie et un tiers en Afrique⁷³. Si cette situation s'est tant généralisée, c'est en raison des effets combinés des aléas hydrométéorologiques

Figure 27. Pourcentage de la population en situation de sous-alimentation (orange, axe de gauche) et nombre de personnes sous-alimentées (ligne grise, axe de droite) au niveau mondial.

Source: FAO, FIDA, UNICEF, PAM, OMS (2022) (voir la note de bas de page 73).



⁶⁸ <https://www.undrr.org/gar2022-our-world-risk>

⁶⁹ <https://www.undrr.org/publication/global-status-multi-hazard-early-warning-systems-target-g>

⁷⁰ <https://www.undrr.org/publication/international-cooperation-disaster-risk-reduction-target-f>

⁷¹ <https://www.undrr.org/publication/global-status-multi-hazard-early-warning-systems-target-g>

⁷² <https://public.wmo.int/en/earlywarningsforall>

⁷³ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonds international de développement agricole, Fonds des Nations Unies pour l'enfance, Programme alimentaire mondial, Organisation mondiale de la santé, 2022: L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2022: Réorienter les politiques alimentaires et agricoles pour rendre l'alimentation saine plus abordable, <https://www.fao.org/documents/card/fr/c/CC0639FR>.



et du COVID-19 sur la santé, la sécurité alimentaire, les revenus et l'égalité, mais aussi ceux de la violence et des conflits prolongés⁷⁴. En octobre 2022, plusieurs pays d'Afrique et d'Asie (tels que l'Éthiopie, le Nigeria, le Soudan du Sud, la Somalie, le Yémen et l'Afghanistan) et des Caraïbes (Haïti) étaient en proie à la famine ou connaissaient des vagues de décès, nécessitant une action humanitaire urgente (phase 5 (Catastrophe) de l'IPC⁷⁵). Dans ces pays, les causes et facteurs aggravants principaux de l'insécurité alimentaire aiguë ont été les conflits/l'insécurité, les crises économiques, l'instabilité politique, les déplacements de population, les conditions de sécheresse et les cyclones.

Les vagues de chaleur qui se sont abattues sur l'Inde et le Pakistan pendant la période précédant la mousson de 2022 ont entraîné une baisse des rendements agricoles. Combinée à l'interdiction d'exporter du blé et aux restrictions sur les exportations de riz en Inde après le début du conflit en Ukraine, cette situation a dégradé l'accès aux aliments de base sur les marchés alimentaires internationaux, ainsi que leur disponibilité et leur stabilité, et fait peser des risques élevés sur les pays déjà touchés par des pénuries d'aliments de base⁷⁶. Les fortes pluies de mousson ont provoqué de graves inondations et des glissements de terrain au Pakistan, qui ont entraîné la propagation de maladies transmises par l'eau, notamment dans les régions les plus vulnérables et les plus touchées par l'insécurité alimentaire du sud et du centre du Pakistan. Plus de 1 700 personnes sont mortes⁷⁷, ainsi que 936 000 têtes de bétail. De vastes étendues de terres cultivées ont été touchées⁷⁸, et les inondations et glissements de terrain provoqués par les pluies ont également fortement perturbé les bâtis et les infrastructures de transport^{79,80}.

Les conditions La Niña prolongées qui ont persisté de 2020 à début 2023 pourraient avoir intensifié les sécheresses et, par conséquent, les pertes de récoltes et de bétail en Asie centrale, à l'instar de l'épisode de longue durée survenu de 1998 à 2001^{81,82}. En septembre 2022, l'insécurité alimentaire restait très élevée en Afghanistan, et environ 18,9 millions de personnes (soit 45 % de la population) auraient été confrontées à un niveau 3 (Crise) ou pire d'insécurité alimentaire aiguë entre juin et novembre 2022. En République arabe syrienne, la saison 2021–2022 a été marquée par de faibles précipitations et des périodes de sécheresse, ce qui a limité les rendements agricoles pour la deuxième saison consécutive. La saison de végétation de l'hiver 2022, qui commence en novembre, a également connu des précipitations inférieures à la moyenne, ce qui, combiné aux coûts élevés des intrants agricoles et à l'accès limité à l'eau d'irrigation, a entraîné une récolte céréalière inférieure à la moyenne en 2022⁸³.

⁷⁴ Programme alimentaire mondial, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2022: Hunger Hotspots: FAO-WFP Early Warnings on Acute Food Insecurity – June to September 2022 Outlook, <https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000139904/download/>.

⁷⁵ Le *Cadre intégré de classification de la sécurité alimentaire* (IPC) est une échelle mondiale commune permettant de classer la gravité et l'ampleur de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition. Pour l'insécurité alimentaire aiguë, le système comporte cinq niveaux: 1) Aucune/Minimale; 2) Stress; 3) Crise; 4) Urgence; 5) Catastrophe/Famine. Il existe des échelles similaires pour l'insécurité alimentaire chronique et la malnutrition aiguë.

⁷⁶ Hendriks, S. L., Benton, T., de la Mata, G. C. *et al.*, 2022: «Global Environmental Climate Change, Covid-19, and Conflict Threaten Food Security and Nutrition.» *British Medical Journal*, 378, e071534. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj-2022-071534>.

⁷⁷ <https://reliefweb.int/report/pakistan/ndma-monsoon-2022-daily-situation-report-no-141-dated-1st-nov-2022>

⁷⁸ <https://reliefweb.int/report/pakistan/wfp-pakistan-situation-report-19-september-2022>

⁷⁹ Programme alimentaire mondial, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2022: Hunger Hotspots: FAO-WFP Early Warnings on Acute Food Insecurity – October 2022 to January 2023 Outlook, <https://www.wfp.org/publications/hunger-hotspots-fao-wfp-early-warnings-acute-food-insecurity-october-2022-january-2023>.

⁸⁰ <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/40ebbf38f5a6b68bfc11e5273e1405d4-0090012022/related/Food-Security-Update-LXX-September-29-2022.pdf>

⁸¹ Barlow, M., Cullen, H., Lyon, B., 2002: «Drought in Central and Southwest Asia: La Niña, the Warm Pool, and Indian Ocean Precipitation.» *Journal of Climate*, 15 (7), 697–700. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015%3C0697:DICASA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015%3C0697:DICASA%3E2.0.CO;2).

⁸² Programme alimentaire mondial, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2022: Hunger Hotspots: FAO-WFP Early Warnings on Acute Food Insecurity – October 2022 to January 2023 Outlook, <https://www.wfp.org/publications/hunger-hotspots-fao-wfp-early-warnings-acute-food-insecurity-october-2022-january-2023>.

⁸³ <https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/gIEWS-country-brief-syrian-arab-republic-11-january-2023>



Dans la corne de l'Afrique, les pluies ont été insuffisantes pour la cinquième saison consécutive depuis fin 2020. Dans la région de l'Afrique de l'Est, sous l'effet de la sécheresse et d'autres chocs, on estime que 22,5 à 23,4 millions d'Éthiopiens, de Kenyans et de Somaliens étaient confrontés à des niveaux de crise ou pire d'insécurité alimentaire aiguë en janvier 2023^{84,85}. Les fortes précipitations et les inondations dans la région du Darfour et dans le bassin du Nil au Soudan, ainsi que dans les marais du Sud au Soudan du Sud, ont aggravé les dégâts causés aux cultures, les déplacements de population et la situation de conflit et d'insécurité alimentaire, exposant plus de 7 millions de personnes à des niveaux de crise ou pire d'insécurité alimentaire aiguë en juillet 2022⁸⁶. Au Soudan du Sud, quatre années consécutives d'inondations, ainsi que des problèmes d'ordre macroéconomique, devraient maintenir l'insécurité alimentaire à des niveaux extrêmes. En 2022, le rendement des cultures devrait être inférieur à la moyenne en raison d'inondations généralisées et de périodes de sécheresse prolongées.

En juin 2022, 28 millions de personnes étaient en situation d'insécurité alimentaire en Amérique latine et dans les Caraïbes, une situation aggravée par l'impact des ouragans et des tempêtes. Le secteur agricole du Honduras et du Guatemala a été affecté par l'augmentation des prix des produits agricoles et alimentaires sur les marchés internationaux. Selon les projections, 4,6 millions d'habitants du Guatemala et 2,6 millions de personnes au Honduras seront confrontés à une insécurité alimentaire de niveau Crise ou pire⁸⁷.

DÉPLACEMENTS DE POPULATION

Les événements climatiques et météorologiques dangereux survenus tout au long de l'année et les conditions qui ont prédominé ont fortement contribué au déplacement de nouvelles populations. La plupart des personnes déplacées à la suite d'événements climatiques ou météorologiques sont restées sur le territoire où elles résidaient, mais dans certains cas, elles ont été contraintes de chercher refuge dans d'autres pays. Dans le même temps, les aléas climatiques et météorologiques ont aggravé et prolongé la situation d'une grande partie des 95 millions de personnes déjà déplacées au début de l'année⁸⁸.

La corne de l'Afrique a été touchée par la pire sécheresse des 40 dernières années, et plus particulièrement l'Éthiopie, le Kenya et la Somalie⁸⁹. Près de 1,2 million de Somaliens⁹⁰ ont été déplacés à l'intérieur du pays en raison des effets catastrophiques de la sécheresse sur les moyens de subsistance des éleveurs et des agriculteurs, mais aussi de la famine qui a sévi pendant l'année⁹¹. Plus de 60 000 personnes fuyant les effets conjugués de la sécheresse et des conflits ont gagné l'Éthiopie et le Kenya au cours de la même période⁹². Parallèlement, la Somalie accueillait déjà près de 35 000 réfugiés et demandeurs d'asile dans des zones touchées par la sécheresse, dont plus de 2 600 nouveaux arrivants en provenance d'Éthiopie⁹³, et près de

⁸⁴ <https://www.fao.org/3/cc4326en/cc4326en.pdf>

⁸⁵ <https://reliefweb.int/report/ethiopia/amid-record-drought-and-food-insecurity-east-africas-protracted-humanitarian-crisis-worsens>

⁸⁶ <https://reliefweb.int/report/ethiopia/amid-record-drought-and-food-insecurity-east-africas-protracted-humanitarian-crisis-worsens>

⁸⁷ <https://reliefweb.int/report/world/latin-america-caribbean-weekly-situation-update-27-june-3-july-2022-4-july-2022>

⁸⁸ <https://www.unhcr.org/globaltrends.html> and <https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2022/>

⁸⁹ OCHA <https://reliefweb.int/report/ethiopia/horn-africa-drought-regional-humanitarian-overview-call-action-published-4-july-2022>, <https://reliefweb.int/report/ethiopia/unhcr-drought-response-emergency-appeal-horn-africa>

⁹⁰ <https://unhcr.github.io/dataviz-somalia-prmn/index.html#reason=Drought%20related&month=&need=&preigion=&pdistrictmap=&cregion=&cdistrictmap=&year=2022>

⁹¹ <https://www.unhcr.org/news/stories/somalis-abandon-their-homes-search-food-water-and-aid-drought-deepens>

⁹² <https://data.unhcr.org/en/documents/download/98367>

⁹³ <https://data.unhcr.org/en/documents/download/98367>



3 millions de Somaliens avaient déjà quitté leur foyer fin 2021 en raison d'un conflit⁹⁴. En Éthiopie, 512 000 autres déplacements internes liés à la sécheresse ont été recensés. En raison du manque de financement et de l'augmentation mondiale des prix des denrées alimentaires, plus de 3,5 millions de réfugiés dans la région (soit 75 % de la population totale des réfugiés) ont été touchés par une forte diminution de l'aide alimentaire⁹⁵.

En République arabe syrienne, plusieurs tempêtes hivernales, chutes de neige importantes et inondations ont endommagé des camps de réfugiés, obligeant de ce fait 5 000 personnes déplacées à reprendre la route⁹⁶. En juillet, des inondations dévastatrices au Yémen ont aggravé les vulnérabilités et les problèmes de sûreté de plus de 10 000 familles déplacées, dont les abris, la nourriture et les articles ménagers ont été endommagés⁹⁷.

À la fin du mois d'août, le Pakistan a enregistré des précipitations record et les pires inondations qu'il ait connues depuis des décennies. Quelque 33 millions de personnes ont été touchées, dont environ 800 000 réfugiés afghans qui étaient accueillis dans les districts inondés. En octobre, environ 8 millions de personnes avaient été déplacées à l'intérieur du pays à cause des inondations, et quelque 585 000 d'entre elles avaient trouvé refuge dans des centres de secours⁹⁸. À la fin de l'année, avec l'arrivée de conditions hivernales difficiles et un niveau des eaux qui tardait à revenir à la normale, on estimait que 5 millions de personnes vivaient encore dans une zone inondée ou à proximité, dont quelque 205 000 personnes déplacées dans les provinces du Sindh et du Baloutchistan⁹⁹. Les personnes réfugiées dans des camps informels, des établissements informels ou des abris provisoires étaient particulièrement vulnérables au froid, tandis qu'un grand nombre de rapatriés et d'habitants qui n'avaient pas quitté les zones inondées vivait dans des maisons endommagées et à peine isolées¹⁰⁰.

Au Bangladesh, la mousson a provoqué les pires inondations depuis 20 ans, affectant près de 7,2 millions de personnes¹⁰¹. En juin, 663 000 déplacements avaient été enregistrés en Assam¹⁰² et 481 000 à Sylhet et Mymensingh¹⁰³, tandis qu'à Cox's Bazar, de fortes pluies ont affecté près de 60 000 réfugiés et causé des déplacements secondaires¹⁰⁴. Les aléas météorologiques ont également contribué à d'importants déplacements en Amérique du Nord et du Sud, principalement au Brésil. Au cours du premier semestre 2022, le Brésil a connu des inondations et des tempêtes qui ont provoqué un nombre record de 656 000 déplacements internes¹⁰⁵.

En 2022, des phénomènes météorologiques à fort impact se sont enchaînés, laissant peu de temps aux victimes pour se rétablir entre les chocs et aggravant les déplacements répétés et prolongés. L'Afrique australe a été frappée par une série de cinq cyclones en l'espace de deux mois, ce qui a entraîné une augmentation des besoins en matière de protection et d'hébergement.

⁹⁴ www.internal-displacement.org

⁹⁵ <https://reporting.unhcr.org/document/2953>

⁹⁶ <https://story.internal-displacement.org/2022-mid-year-update/index.html>

⁹⁷ <https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-situation-update-humanitarian-impact-flooding-27-july-2022-enar>

⁹⁸ <https://reliefweb.int/report/pakistan/unhcr-urgently-seeks-us66-million-communities-devastated-pakistan-floods>, https://www.iom.int/sites/g/files/tmzbd1486/files/situation_reports/file/IOM%20External%20Sitrep_Pakistan%20floods_23September_Final.pdf, <https://pakistan.iom.int/sites/g/files/tmzbd1121/files/documents/IOM%20Pakistan%20-%20Flood%20Flash%20Appeal%20-%20Revised.pdf>

⁹⁹ <https://reliefweb.int/attachments/188ac936-db00-46cf-bd95-898b9df526ea/Pakistan%20Floods%20Response%20SitRep%20No.13%20As%20of%206%20January%202023.pdf>

¹⁰⁰ <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-2022-monsoon-floods-situation-report-no-13-6-january-2023>

¹⁰¹ <https://story.internal-displacement.org/2022-mid-year-update/index.html>

¹⁰² <https://story.internal-displacement.org/2022-mid-year-update/index.html>

¹⁰³ <https://story.internal-displacement.org/2022-mid-year-update/index.html>

¹⁰⁴ <https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/bangladesh/document/iscc-flash-update-6-monsoon-response-25-august-2022>

¹⁰⁵ <https://story.internal-displacement.org/2022-mid-year-update/index.html>



Des centaines de milliers de personnes ont été touchées, y compris des réfugiés préexistants et des personnes déjà déplacées à l'intérieur des pays. Au Malawi, plus de 190 000 personnes ayant perdu ou fui leur domicile lors de la tempête tropicale *Ana* fin janvier n'avaient toujours pas réintégré leur foyer en avril¹⁰⁶. Au Mozambique, deux mois après le passage d'*Ana*, qui avait notamment détruit les maisons et les abris de plus de 20 000 ménages déjà déplacés à l'intérieur du pays¹⁰⁷, le cyclone tropical Gombe a empiré la situation en touchant plus de 736 000 personnes, en endommageant ou en détruisant quelque 142 000 maisons dans une grande partie des zones déjà précédemment touchées et en forçant plus de 23 000 personnes à se réfugier dans des abris officiels¹⁰⁸. Une évaluation des sites d'hébergement existants pour les personnes déplacées à l'intérieur du pays à Nampula a révélé qu'environ 40 % des abris temporaires avaient été détruits¹⁰⁹. Entre-temps, plus de 129 000 personnes qui avaient été forcées de quitter leur domicile en 2019 à la suite du cyclone tropical Idai ont dû continuer à fuir dans la province de Sofala¹¹⁰.

LES EFFETS DU CLIMAT SUR LES ÉCOSYSTÈMES ET L'ENVIRONNEMENT

Le changement climatique a des conséquences importantes sur les écosystèmes et l'environnement. Par exemple, une évaluation récente portant sur la zone unique de haute altitude entourant le plateau tibétain¹¹¹, que l'on surnomme le troisième pôle du monde et qui constitue le plus grand réservoir de neige et de glace après l'Arctique et l'Antarctique, a révélé que le réchauffement climatique entraîne une expansion de la zone tempérée.

PHÉNOLOGIE

La phénologie étudie les phénomènes naturels récurrents, tels que la floraison des arbres ou la migration des oiseaux, et l'influence du climat sur ces phénomènes¹¹². Il a été démontré que le changement climatique d'origine anthropique induit des modifications phénologiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques¹¹³. Par exemple, la floraison des cerisiers au Japon, qui est documentée depuis l'an 801 après J.-C., survient de plus en plus tôt depuis la fin du XIX^e siècle^{114,115}, en raison des effets du changement climatique et de l'urbanisation¹¹⁶. En 2021, les cerisiers étaient en pleine floraison le 26 mars, ce qui correspond à la date la plus précoce enregistrée depuis plus de 1 200 ans (figure 28). En 2022, la date de floraison était le 1^{er} avril¹¹⁷.

¹⁰⁶ <https://www.unhcr.org/news/stories/urgent-help-needed-malawi-rebuild-lives-wrecked-tropical-storm-ana>

¹⁰⁷ <https://dtm.iom.int/reports/mozambique-tropical-storm-ana-flash-report-03-02-february-2022-0>

¹⁰⁸ <https://reliefweb.int/report/mozambique/mozambique-tropical-cyclone-gombe-flash-update-no6-25-march-2022>

¹⁰⁹ <https://reliefweb.int/report/mozambique/mozambique-tropical-cyclone-gombe-flash-update-no6-25-march-2022>

¹¹⁰ <https://data.unhcr.org/en/documents/details/98415>, <https://dtm.iom.int/mozambique>

¹¹¹ Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2022: «A Scientific Assessment of the Third Pole Environment,» <https://www.unep.org/resources/report/scientific-assessment-third-pole-environment>.

¹¹² Hemming, D. L., Abernethy, R., Armitage, C. et al., 2018: «Phenology of Terrestrial and Freshwater Primary Producers [dans *State of the climate in 2017*].» *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99 (8), S63–S66 <https://doi.org/10.1175/2018BAMSStateoftheClimate.1>.

¹¹³ Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2022: «Frontières 2022: bruit, flammes et décalages», <https://www.unep.org/resources/frontiers-2022-noise-blazes-and-mismatches>.

¹¹⁴ Aono, Y., 2015: «Cherry Blossom Phenological Data Since the Seventeenth Century for Edo (Tokyo), Japan, and Their Application to Estimation of March Temperatures.» *International Journal of Biometeorology*, 59, 427–434. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0854-0>.

¹¹⁵ Primack, R. B., Higuchi, H., Miller-Rushing, A. J., 2009: «The Impact of Climate Change on Cherry Trees and Other Species in Japan.» *Biological Conservation*, 142 (9), 1943–1949. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.03.016>.

¹¹⁶ Christidis, N., Aono Y., Stott P. A., 2022: «Human Influence Increases the Likelihood of Extremely Early Cherry Tree Flowering in Kyoto.» *Environmental Research Letters*, 17, 054051 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6bb4>

¹¹⁷ <https://www.metoffice.gov.uk/about-us/press-office/news/weather-and-climate/2022/kyoto-cherry-blossom-dates-shifted-by-human-influence>

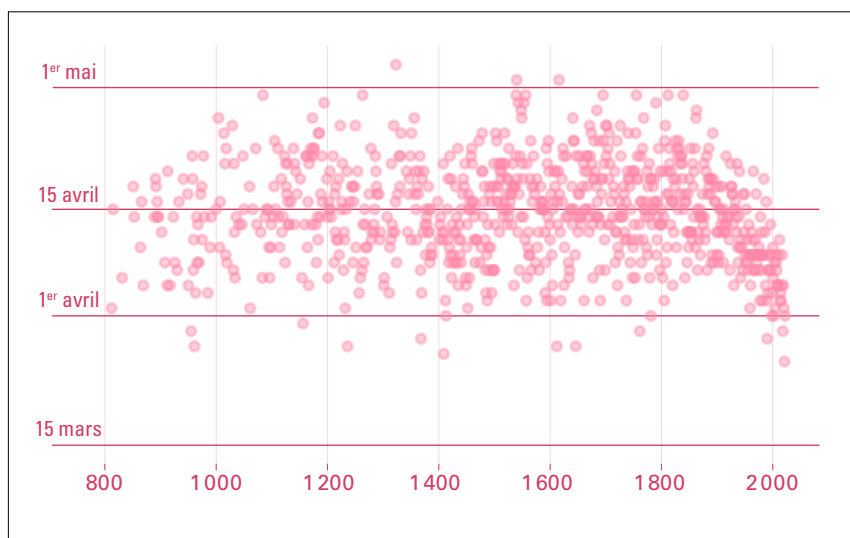


Figure 28. Date de pleine floraison des cerisiers de la ville de Kyoto, au Japon, de 812 à 2022. Données tirées de Aono, Y., 2012: «Long-term Change in Climate and Floral Phenophase» [en japonais]. *Chikyu Kankyo*, 17, 21–29.

Source: John Kennedy.

Toutes les espèces d'un écosystème ne réagissent pas aux mêmes influences climatiques ni au même rythme, ce qui peut entraîner des décalages phénologiques qui désynchronisent les interactions écologiques et menacent la fonction de l'écosystème¹¹⁸. Par exemple, sur les cinq dernières décennies, les dates auxquelles 117 espèces d'oiseaux migrateurs reviennent en Europe au printemps¹¹⁹ montrent un décalage phénologique de plus en plus important par rapport à d'autres phénomènes printaniers, tels que la sortie des feuilles et le vol des insectes, qui sont importants pour la survie des oiseaux. Ces décalages ont probablement contribué au déclin des populations de certaines espèces migratrices, en particulier celles qui hivernent en Afrique subsaharienne.

¹¹⁸ Thackeray, S., Henrys, P., Hemming, D. *et al.*, 2016: «Phenological Sensitivity to Climate Across Taxa and Trophic Levels.» *Nature*, 535, 241–245. <https://doi.org/10.1038/nature18608>.

¹¹⁹ Saino, N., Ambrosini, R., Rubolini, D. *et al.*, 2011: «Climate Warming, Ecological Mismatch at Arrival and Population Decline in Migratory Birds.» *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278 (1707), 835–842. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1778>.

Passage à une nouvelle période de référence pour les normales climatiques: 1991-2020

John Kennedy

Les normales climatiques constituent un point de comparaison des conditions climatiques¹²⁰ (voir, par exemple, la figure 3) et reposent généralement sur une moyenne de données sur 30 ans. Dans ses directives, l'OMM recommande l'utilisation d'une période de 30 ans dont la dernière année se termine par zéro, la période 1991-2020 étant la plus récente.

Le présent rapport se réfère pour la première fois à la nouvelle période, qui va de 1991 à 2020 et remplace donc la période précédente (1981-2010). La figure 29 présente une comparaison des températures moyennes annuelles pour 2022 par rapport à ces deux périodes de référence. Les différences observées entre les périodes de référence (figure 30) sont généralement plus faibles que la variabilité des anomalies annuelles, mais la même échelle de couleurs est utilisée dans les deux figures pour faciliter la comparaison. Les températures elles-mêmes et leur classement ne changent pas, mais l'utilisation d'une nouvelle période de référence a des répercussions sur les anomalies, de plus grandes zones connaissant des valeurs proches des valeurs de la nouvelle période de référence ou inférieures à celles-ci. Apparaissent ainsi de manière plus évidente les régimes associés à la variabilité naturelle, notamment La Niña et la phase négative du dipôle de l'océan Indien (voir [Facteurs climatiques à court terme](#)), qui ont été présents pendant une grande partie de l'année 2022.

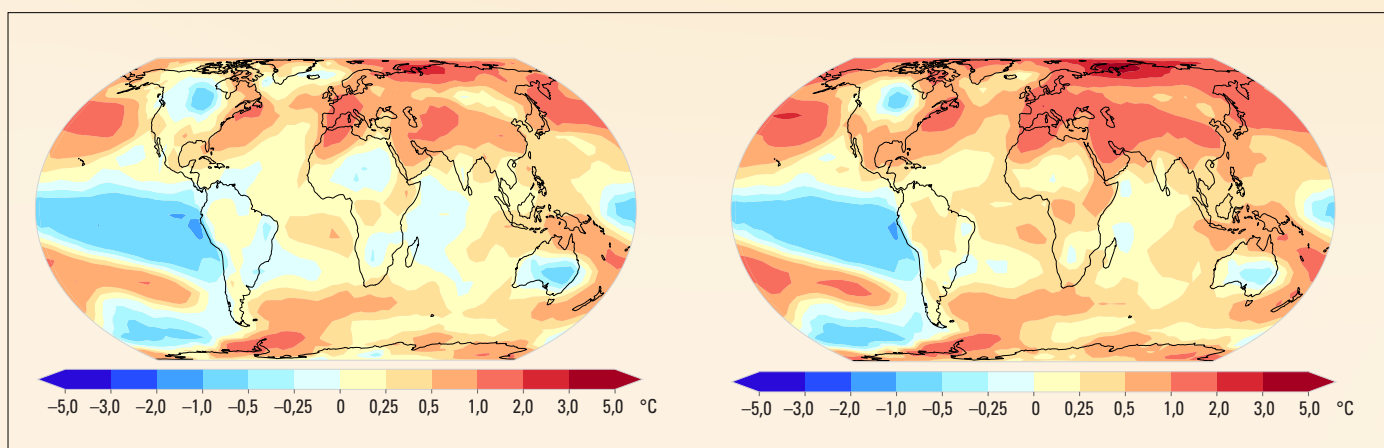


Figure 29. Anomalies de la température moyenne annuelle en 2022 par rapport à la période de référence 1991-2020 (à gauche) et à la période de référence 1981-2010 (à droite), reposant sur une médiane de six ensembles de données.

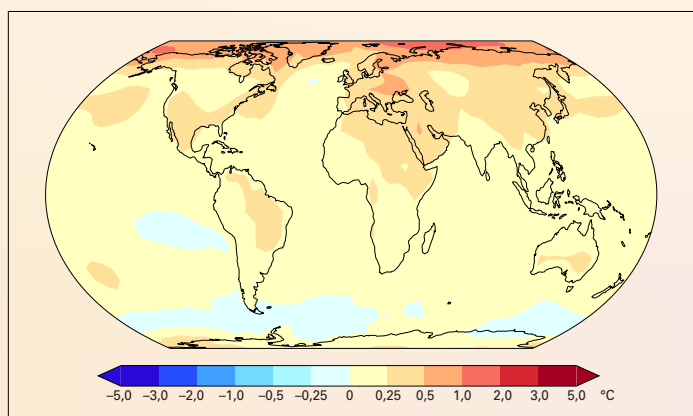


Figure 30. Différence de température entre les moyennes des périodes de référence 1991-2020 et 1981-2010. La température indiquée est la médiane de six ensembles de données.

¹²⁰ Organisation météorologique mondiale (OMM). *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO/ TD-No. 1377). WCDMP-No. 61. Genève, 2007..



La différence entre les normales des différentes périodes de référence peut donner une idée des changements à long terme, malgré une période de chevauchement de 20 ans entre les deux périodes. Le réchauffement à long terme observé entre les périodes de référence 1981–2010 et 1991–2020 (figure 30, à gauche) a été généralement plus important sur les terres émergées que dans les océans. Il a dépassé 0,5 °C dans l’ouest de l’Eurasie et dans certaines zones du Moyen-Orient. C’est dans l’Arctique qu’il a été le plus fort (réchauffement local supérieur à 1 °C). On a également observé de faibles changements ou faibles refroidissements dans de petites zones, principalement dans l’océan Austral.

Le Pacifique Nord et le Pacifique Sud-Ouest constituent les zones océaniques où le réchauffement à long terme est le plus marqué. Une zone restreinte de refroidissement a également été observée dans le Pacifique Est. Cette configuration résulte de changements décennaux associés au passage de la phase positive de l’oscillation décennale du Pacifique¹²¹ (de 1980 à 2000 environ) à la phase négative de celle-ci (de 2000 à aujourd’hui), combiné à un réchauffement à long terme.

La série chronologique de la température mondiale présentée dans le rapport principal est comparée aux valeurs de la période de référence allant de 1850 à 1900. De la période 1981-2010 à la période 1991-2020, la température mondiale moyenne a augmenté de 0,22 °C, soit de 0,77 °C à 0,99 °C au-dessus de la moyenne de la période de référence 1850-1900, ce qui concorde avec le taux d’augmentation de la température à long terme d’environ 0,2 °C par décennie.

La période de référence 1850-1900 sert à représenter de façon approximative les températures de la période préindustrielle, bien que celles-ci aient probablement été légèrement plus basses¹²². Dans le sixième Rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC), le Groupe de travail I a estimé qu’il y avait une différence de 0,69 °C entre les périodes 1850-1900 et 1981-2010. Pour calculer les anomalies par rapport à cette première période, nous avons donc utilisé les anomalies de chaque ensemble de données par rapport à la période de référence 1981-2010 et ajouté 0,69 °C. L’incertitude des anomalies par rapport à la période de référence 1850-1900 découle principalement de la différence entre les deux périodes de référence et s’élève à 0,12 °C. Dans de nombreuses régions du monde, il n’est pas possible d’obtenir des valeurs de référence fiables pour la période 1850-1900 en raison du manque de données.

¹²¹ Newman, M.; Alexander, M. A.; Ault, T. R. *et al.* The Pacific Decadal Oscillation, Revisited. *Journal of Climate* **2016**, 29 (12), 4399–4427. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0508.1>.

¹²² Hawkins, E.; Ortega, P.; Suckling, E. *et al.* Estimating Changes in Global Temperature since the Preindustrial Period. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2017**, 98 (9), 1841–1856. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0007.1>

Données d'observation de base pour la surveillance du climat

La surveillance du climat est assurée par un réseau de systèmes qui observent l'atmosphère, les océans, le cycle hydrologique, la cryosphère et la biosphère, chacun de ces domaines faisant l'objet d'un suivi différent de la part d'une série d'organismes. Les observations satellitaires recourent tous ces domaines et apportent une contribution majeure à la surveillance du climat au plan mondial.

En 1992, le SMOC a été créé par l'OMM, la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et le Conseil international des sciences dans le but de coordonner et de faciliter le développement et l'amélioration des observations du climat à l'échelle mondiale. Le SMOC a défini une liste de variables climatologiques essentielles (VCE) qui, ensemble, fournissent les informations nécessaires pour comprendre, modéliser et prévoir l'évolution du climat, et élaborer des stratégies d'atténuation et d'adaptation (figure 31). Les données d'observation de base relatives aux VCE font régulièrement l'objet de mises à jour publiées dans des rapports. Dans ses plans de mise en œuvre, le SMOC répertorie également les mesures à adopter pour améliorer le réseau.

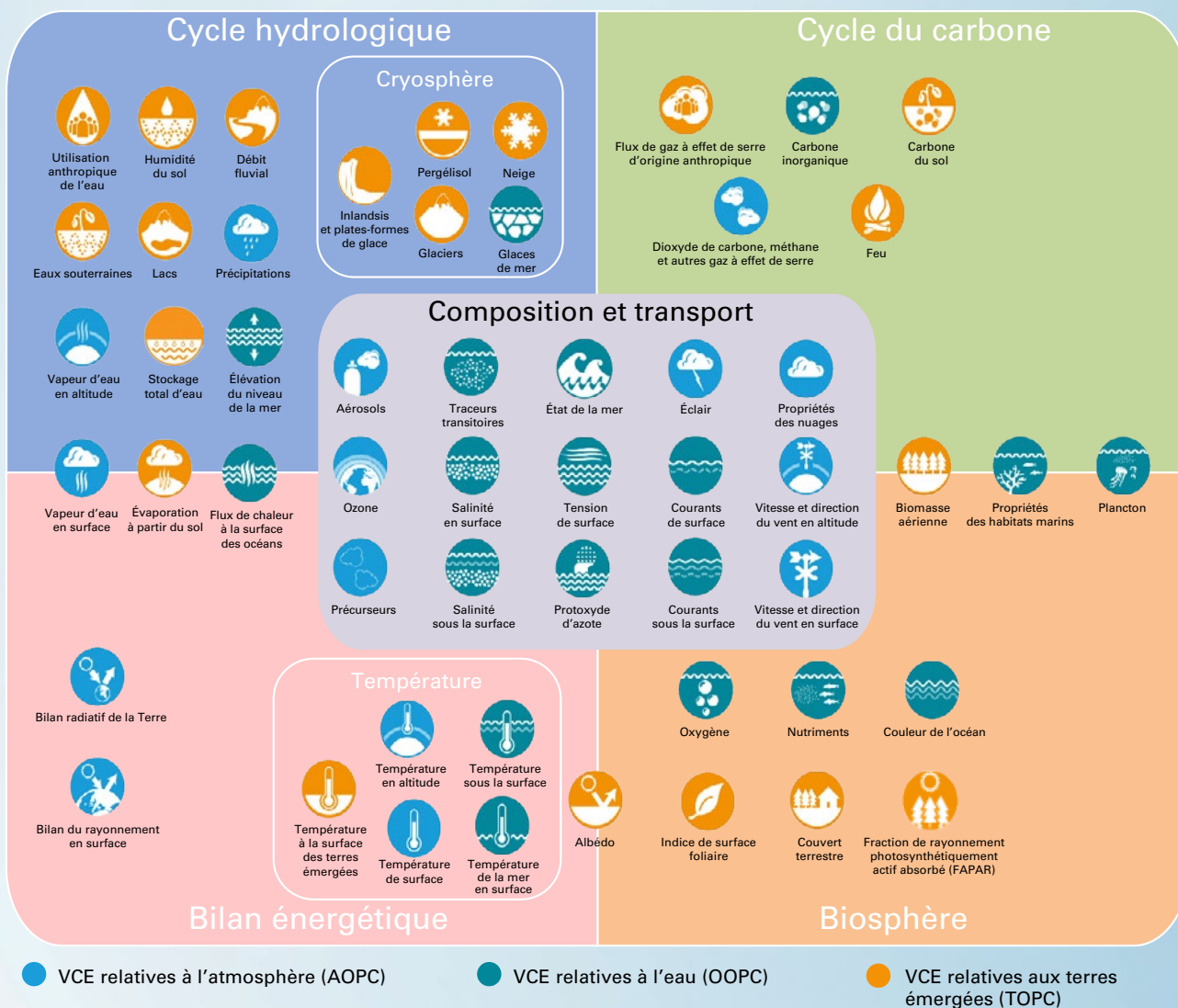


Figure 31. Variables climatologiques essentielles (VCE) définies par le SMOC



En 2022, le SMOC a publié son dernier [plan de mise en œuvre](#) pour donner suite aux conclusions présentées dans son rapport d'étape de 2021 et tenir compte du sixième Rapport d'évaluation du GIEC et d'études scientifiques récentes sur les cycles climatiques. Cette publication contient des recommandations destinées à garantir la pérennité d'un système mondial d'observation du climat adapté aux besoins.

Le Réseau mondial de stations d'observation en surface pour le SMOC (GSN) et le Réseau de stations d'observation en altitude pour le SMOC (GUAN) fournissent des observations, qui sont complétées par le réseau plus complet et plus étendu par lequel les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) des Membres de l'OMM obtiennent des observations, principalement aux fins de la prévision météorologique opérationnelle. Le Réseau d'observation de base mondial (ROBM) de l'OMM, conçu à l'échelle mondiale avec des capacités et des calendriers d'observation établis et pour lequel l'échange international de données est obligatoire, fournira des observations indispensables à la prévision numérique du temps et contribuera à améliorer considérablement la réanalyse des données sur le climat.

Afin de fournir l'assistance financière et technique nécessaire à la mise en place et à l'exploitation du ROBM dans les régions du globe qui sont les plus pauvres et les moins observées, l'OMM, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et le PNUE ont créé le Mécanisme de financement des observations systématiques (SOFF). Le SOFF a levé des fonds importants pour soutenir les observations dans les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement. Sa phase de mise en œuvre a commencé en 2023.

En complément des observations des propriétés physiques et dynamiques de l'atmosphère, la Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM coordonne les mesures de la composition de l'atmosphère, en veillant à ce que des données fiables et précises soient obtenues à partir des mesures effectuées par les Membres de l'OMM, des organismes et instituts de recherche et d'autres réseaux contributeurs.

Les observations des processus physiques, de la biogéochimie, de la biologie et des écosystèmes des océans sont coordonnées par le Système mondial d'observation de l'océan (GOOS). Le Groupe de coordination des observations (OCG) relevant du GOOS surveille la qualité de ces observations¹²³ et publie un bulletin annuel sur le système d'observation des océans. Ces observations sont généralement largement diffusées auprès d'utilisateurs à l'échelle internationale.

Dans le domaine terrestre, il existe un groupe plus large de réseaux d'observation, les observations hydrologiques étant généralement effectuées par les SMHN et coordonnées par l'OMM. Un certain nombre de réseaux terrestres mondiaux (GTN) spécialisés apportent également des contributions au SMOC, s'agissant par exemple de l'hydrologie, du pergélisol, des glaciers, de l'utilisation des sols et de la biomasse. Les accords en matière d'échange de données sont généralement moins développés pour les réseaux terrestres, et de nombreuses observations importantes ne sont pas mises à la disposition des utilisateurs à l'échelle internationale.

Le Groupe de travail conjoint sur le climat du Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CSOT) et du Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS) fonde le développement des observations satellitaires pour le climat sur les exigences des VCE établies par le SMOC. Il a dressé un inventaire de ces variables, comprenant 766 relevés de données sur le climat pour 33 VCE couvrant 72 produits distincts, et d'autres sont prévus. Ce groupe de travail sur le climat envisage également des mesures découlant du plan de mise en œuvre susmentionné. Les observations par satellite ont une couverture quasi mondiale. Associées aux observations au sol, soit comme ensembles de données complémentaires, soit pour la validation et l'étalonnage, elles constituent un volet précieux du système d'observation mondial.

¹²³ <https://www.ocean-ops.org/>

Jeux de données et méthodologies

DONNÉES SUR LES GAZ À EFFET DE SERRE

La concentration des gaz à effet de serre a été estimée à partir de 1750 pour définir les conditions préindustrielles. La fraction molaire qui sert ainsi de référence pour les calculs est de 278,3 ppm pour le CO₂, 729,2 ppb pour le CH₄ et 270,1 ppb pour le N₂O.

Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre, exploité par le Service météorologique japonais <https://gaw.kishou.go.jp/>.

Organisation météorologique mondiale (OMM), 2022: *Bulletin de l'OMM sur les gaz à effet de serre – N° 18: Bilan des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère, d'après les observations effectuées à l'échelle du globe en 2021*. Genève.

DONNÉES SUR LES TEMPÉRATURES

SÉRIE CHRONOLOGIQUE SUR LES TEMPÉRATURES MOYENNES À L'ÉCHELLE DU GLOBE

La méthode de calcul des anomalies de la moyenne des températures mondiales par rapport à la période de référence 1850–1900 repose sur l'évaluation du changement climatique à long terme et de ses incertitudes réalisée par le Groupe de travail I dans le cadre de sa contribution au sixième Rapport d'évaluation du GIEC. Elle utilise des séries de données plus courtes qui sont régulièrement mises à jour afin de fournir une évaluation de l'évolution récente des températures.

En 2021, le Groupe de travail I a évalué les changements survenus entre 1850–1900 et d'autres périodes à partir de la moyenne de quatre jeux de données (HadCRUT5, Berkeley Earth, NOAA Interim et Kadow *et al.*, 2020), qui remontent tous à 1850. Étant donné que deux des quatre jeux de données utilisés par le GIEC ne sont pas régulièrement mis à jour, le présent rapport a combiné l'estimation de l'évolution des températures entre 1850–1900 et 1981–2010 réalisée par le GIEC et l'estimation de l'évolution des températures de 1981–2010 à nos jours établie à partir de six jeux de données pour calculer l'écart entre les températures de 2022 et celles de la période 1850–1900.

Les six jeux de données montrent une évolution similaire des températures entre 1981–2010 et aujourd'hui, car les données d'observation pour cette période sont nombreuses. Le degré d'incertitude qui subsiste en raison de la dispersion des six jeux de données est combinée à l'estimation du GIEC pour la période 1850–1900 à 1981–2010.

Les anomalies de la température moyenne mondiale ont été calculées par rapport à la période de référence 1850–1900 selon la méthodologie suivante, une série chronologique des températures moyennes mensuelles à l'échelle mondiale ayant servi de point de départ pour chaque jeu de données:

1. Pour chaque jeu de données, les écarts de température ont été calculés par rapport à la moyenne de la période 1981–2010 en soustrayant ladite moyenne pour chaque mois séparément.
2. Une moyenne annuelle a été calculée à partir des moyennes mensuelles.
3. Un total de 0,69 °C a été ajouté à chaque série; il s'agit de l'écart estimé entre les périodes 1850–1900 et 1981–2010 selon la méthode du Groupe de travail I (voir la légende de la figure 1.12 du sixième Rapport d'évaluation du GIEC).
4. La moyenne et l'écart-type des six estimations ont été calculés.
5. Le degré d'incertitude relatif à l'estimation du GIEC a été combiné avec l'écart-type, en supposant que les deux sont indépendants et que la plage d'incertitude du GIEC (0,54 °C à 0,79 °C) est représentative d'un intervalle de confiance de 90 % (1,645 écart-type).



Le chiffre cité dans le présent rapport pour 2022 ($1,15 \pm 0,13$ °C) a été calculé de cette manière, 1,15 °C étant la moyenne des six estimations.

CARTES DES TEMPÉRATURES ANNUELLES

La carte des anomalies de température de 2022 a été établie à partir de la valeur médiane de six jeux de données, appliquée sur la grille spatiale des jeux de données à plus faible résolution (NOAAGlobalTemp et HadCRUT5), qui sont présentés sur une grille de 5° de latitude par 5° de longitude. La médiane a été utilisée de préférence à la moyenne afin de réduire au maximum l'effet des valeurs aberrantes potentielles dans les cellules individuelles de la grille. La mi-distance des jeux de données donne une indication de l'incertitude. La dispersion des jeux de données est la plus élevée aux hautes latitudes et en Afrique centrale, en raison du volume limité de données pour ces deux régions.

Les six jeux de données suivants ont été utilisés:

- Berkeley Earth: Rohde, R. A., Hausfather, Z., 2020: «The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record.» *Earth System Science Data*, 12, 3469–3479. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>.
- ERA5: Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P. *et al.*, 2023: «ERA5 Monthly Averaged Data on Single Levels from 1940 to Present». Archive des données climatiques (CDS) du Service Copernicus pour la surveillance du changement climatique (C3S). <https://doi.org/10.24381/cds.f17050d7>.
- GGISTEMP v4: Équipe GISTEMP, 2022: «GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4.» Institut Goddard d'études spatiales de la NASA, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.
- Lenssen, N., Schmidt, G., Hansen, J. *et al.*, 2019: «Improvements in the GISTEMP Uncertainty Model.» *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 6307–6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>.
- HadCRUT.5.0.1.0: Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A. *et al.*, 2021: «An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set.» *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032361. <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>. Les données HadCRUT.5.0.1.0 ont été obtenues à l'adresse <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut5> le 1^{er} mars 2023 et sont protégées par le copyright © British Crown, Met Office 2023. Elles ont été fournies au titre d'une licence gouvernementale d'accès libre, <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/>.
- JRA-55: Kobayashi, S., Ota, Y., Harada, Y. *et al.*, 2015: «The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics.» *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 93, 5–48. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>.
- NOAAGlobalTemp v5: Zhang, H.-M., Huang, B., Lawrimore, J. H. *et al.* NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5.0. Centres nationaux d'information sur l'environnement de la NOAA. <https://doi.org/10.25921/9qth-2p70>.
- Huang, B., Menne, M. J., Boyer, T. *et al.*, 2020: «Uncertainty Estimates for Sea Surface Temperature and Land Surface Air Temperature in NOAAGlobalTemp Version 5.» *Journal of Climate*, 33, 1351–1379. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0395.1>.

Les deux jeux de données supplémentaires utilisés par le Groupe de travail I du GIEC dans le sixième Rapport d'évaluation sont les suivants:

- NOAA Interim: Vose, R. S., Huang, B., Yin, X. *et al.*, 2021: «Implementing Full Spatial Coverage in NOAA's Global Temperature Analysis.» *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL090873. <https://doi.org/10.1029/2020GL090873>.
- Kadow *et al.*: Kadow, C., Hall, D. M., Ulbrich, U., 2020: «Artificial Intelligence Reconstructs Missing Climate Information.» *Nature Geoscience*, 13, 408–413. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0582-5>.



DONNÉES SUR LE CONTENU THERMIQUE DE L'OCÉAN

DONNÉES UTILISÉES JUSQU'EN 2022:

- Cheng, L., Trenberth, K.E., Fasullo, J. *et al.*, 2017: «Improved Estimates of Ocean Heat Content from 1960 to 2015.» *Science Advances*, 3, e1601545. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545>.
- Gaillard, F., Reynaud, T., Thierry, V. *et al.*, 2016: «In Situ-Based Reanalysis of the Global Ocean Temperature and Salinity with ISAS: Variability of the Heat Content and Steric Height.» *Journal of Climate*, 29, 1305–1323. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0028.1>.
- Ishii, M., Fukuda, Y., Hirahara, S. *et al.*, 2017: «Accuracy of Global Upper Ocean Heat Content Estimation Expected from Present Observational Data Sets.» *SOLA*, 13, 163–167. <https://doi.org/10.2151/sola.2017-030>.
- Kuusela, M., Giglio, D., 2023: «Global Ocean Heat Content Anomalies based on Argo Data (2.0.0).» Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7562281>.
- Levitus, S., Antonov, J. I., Boyer, T. P. *et al.*, 2012: «World Ocean Heat Content and Thermosteric Sea Level Change (0–2 000 m) 1955–2010.» *Geophysical Research Letters*, 39, L10603. <https://doi.org/10.1029/2012GL051106>.
- Lyman, J. M., Johnson, G. C., 2014: «Estimating Global Ocean Heat Content Changes in the Upper 1800 m since 1950 and the Influence of Climatology Choice.» *Journal of Climate*, 27, 1945–1957. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00752.1>.
- von Schuckmann, K., Le Traon, P.-Y., 2011: «How Well Can We Derive Global Ocean Indicators from Argo Data?» *Ocean Science*, 7, 783–791. <https://doi.org/10.5194/os-7-783-2011>.
Données disponibles à l'adresse suivante: <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators>

DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES JUSQU'EN 2021:

- Desbruyères, D. G., Purkey, S. G., McDonagh, E. L. *et al.*, 2016: «Deep and Abyssal Ocean Warming from 35 Years of Repeat Hydrography.» *Geophysical Research Letters*, 43, 310–356. <https://doi.org/10.1002/2016GL070413>.
- Desbruyères, D., McDonagh, E. L., King, B. A. *et al.*, 2017: «Global and Full-Depth Ocean Temperature Trends during the Early Twenty-First Century from Argo and Repeat Hydrography.» *Journal of Climate*, 30, 1985–1997. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0396.1>.
- Good, S. A., Martin, M. J., Rayner, N. A., 2013: «EN4: Quality Controlled Ocean Temperature and Salinity Profiles and Monthly Objective Analyses with Uncertainty Estimates.» *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 6704–6716. <https://doi.org/10.1002/2013JC009067>.
- Hosoda, S., Ohira, T., Nakamura, T. A., 2008: «Monthly Mean Dataset of Global Oceanic Temperature and Salinity Derived from Argo Float Observations.» *JAMSTEC Report of Research and Development*, 8, 47–59. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jamstecr/8/0/8_0_47/_article.
- Kuusela M., Stein, M. L., 2018: «Locally Stationary Spatio-temporal Interpolation of Argo Profiling Float Data.» *Proceedings of the Royal Society A*, 474, 20180400. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2018.0400>.
- Li, H., Xu, F., Zhou, W. *et al.*, 2017: «Development of a Global Gridded Argo Data Set with Barnes Successive Corrections.» *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, 866–889, <https://doi.org/10.1002/2016JC012285>.
- Roemmich, D., Gilson, J., 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, 81–100. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.03.004>.
- Roemmich, D., Church, J., Gilson, J. *et al.*, 2015: «Unabated Planetary Warming and its Ocean Structure Since 2006.» *Nature Climate Change*, 5, 240. <https://doi.org/10.1038/nclimate2513>.

DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES JUSQU'EN 2020:

- Church, J. A., White, N. J., Konikow, L. F. *et al.*, 2011: «Revisiting the Earth's Sea-level and Energy Budgets from 1961 to 2008.» *Geophysical Research Letters*, 38. <https://doi.org/10.1029/2011GL048794>.



- Domingues, C. M., Church, J. A., White, N. J. *et al.*, 2008: «Improved Estimates of Upper-ocean Warming and Multi-decadal Sea-level Rise.» *Nature*, 453, 1090–1093. <https://doi.org/10.1038/nature07080>.
- Li, Y., Church, J. A., McDougall, T. J. *et al.*, 2022: «Sensitivity of Observationally Based Estimates of Ocean Heat Content and Thermal Expansion to Vertical Interpolation Schemes.» *Geophysical Research Letters*, 49, e2022G. <https://doi.org/10.1029/2022GL101079>.
- Wijffels, S., Roemmich, D., Monselesan, D. *et al.*, 2016: «Ocean Temperatures Chronicle the Ongoing Warming of Earth.» *Nature Climate Change*, 6, 116–118. <https://doi.org/10.1038/nclimate2924>.

DONNÉES SUR LE NIVEAU DE LA MER

- GMSL du CNES/Aviso+ <https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/ocean-indicators-products/mean-sea-level/data-acces.html#c12195>
- Service Copernicus de surveillance du changement climatique, 2018: *Sea Level Daily Gridded Data from Satellite Observations for the Global Ocean from 1993 to Present*. Archive des données climatiques du C3S (CDS), <https://doi.org/10.24381/cds.4c328c78>.

DONNÉES SUR LES VAGUES DE CHALEUR ET VAGUES DE FROID MARINES

Les vagues de chaleur marines sont classées comme modérées lorsque la température de surface de la mer est supérieure au 90^e centile de la distribution climatologique pendant cinq jours ou plus; les catégories suivantes sont définies en fonction de la différence entre la température de surface de la mer et la moyenne de la distribution climatologique: forte, intense ou extrême, si cette différence est, respectivement, plus de deux, trois ou quatre fois supérieure à la différence entre le 90^e centile et la moyenne de la distribution climatologique (Hobday *et al.*, 2018). Les vagues de froid marines sont classées de manière analogue, mais en fonction des températures de surface de la mer inférieures au 10^e centile.

La période de référence utilisée pour les vagues de chaleur et vagues de froid marines va de 1982 à 2011. Elle est décalée d'un an par rapport à la période standard (1981–2010) car la première année complète pour laquelle nous disposons de données satellitaires sur la température de surface de la mer, sur lesquelles elle repose (Banzon *et al.* 2016), est 1982.

- Hobday, A. J., Oliver, E. C. J., Sen Gupta, A. *et al.*, 2018: «Categorizing and Naming Marine Heatwaves.» *Oceanography*, 31 (2), 1–13. <https://www.jstor.org/stable/26542662>.
- Banzon, V., Smith, T. M., Chin, T. M. *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 (1), 165–176. <https://doi.org/10.5194/essd-8-165-2016>.

DONNÉES SUR L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

Stations en eau libre: OISO, France, Océan Indien (données de 2010–2018); SURATLANT, France, Océan Atlantique (données de 2010–2018); LN6, Islande, mer d'Islande, océan Atlantique Nord (données de 2010–2020); K2, Japon, océan Pacifique Nord (données de 2010–2018); Îles Chatham, Nouvelle-Zélande, océan Pacifique Sud (données de 2015–2021).

Stations dans les eaux côtières: Mutsu, Japon, port de Sekinehama (données de 2014–2019); Wellington, Nouvelle-Zélande (données de 2015–2021); L4, Royaume-Uni, Observatoire de la Manche occidentale (données de 2010–2019); W03, Belgique, Estuaire de l'Escaut (données de 2013–2020); NRSYON, Australie, station nationale de référence de Yongala (données de 2010–2020); REF M1V1, Suède, station de référence (données de 2010–2020); Koweït, Baie de Koweït (données de 2010–2020).



DONNÉES SUR LES GLACES DE MER

Les données utilisées sont celles des produits Indice de la glace de mer v2.1 du SAF OSI d'EUMETSAT (voir Lavergne *et al.*, 2019, <https://osisaf-hl.met.no/v2p1-sea-ice-index>) et Indice de la glace de mer v3 du NSIDC (Fetterer *et al.*, 2017). Les concentrations de glace de mer sont estimées à partir des mesures satellitaires de la luminance dans les micro-ondes. La superficie des glaces de mer est calculée comme étant la surface des cellules de la grille océanique où la concentration de glace de mer dépasse 15 %. Bien qu'il y ait des différences relativement importantes dans la superficie absolue entre les jeux de données, ces derniers se rejoignent sur l'évolution annuelle et les tendances. Dans le présent rapport, les données du NSIDC sont indiquées pour les superficies absolues, tandis que les classements tiennent compte des deux jeux de données.

Centre des applications satellitaires Océans et glaces de mer (SAF OSI) d'EUMETSAT, Indice de la glace de mer de 1979 à nos jours (v2.1, 2020), OSI-420, données extraites du serveur FTP du SAF OSI: 1979–2020, hémisphères Nord et Sud.

Fetterer, F., Knowles, K., Meier, W. N. *et al.*, 2017 (mise à jour quotidienne): «Indice de la glace de mer, version 3.» Boulder, Colorado, États-Unis. NSIDC, <https://nsidc.org/data/G02135/versions/3>.

Lavergne, T. Sørensen, A. M.; Kern, S. *et al.*, 2019: «Version 2 of the EUMETSAT OSI SAF and ESA CCI sea-ice concentration climate data records.» *The Cryosphere*, 13 (1), 49–78. <https://doi.org/10.5194/tc-13-49-2019>.

DONNÉES SUR LES GLACIERS

Les données sur le bilan de masse des glaciers qui servent au réseau mondial des glaciers de référence sont disponibles auprès du Service mondial de surveillance des glaciers (WGMS), <https://www.wgms.ch>. Les données pour l'année 2021–2022 sont préliminaires et reposent sur un sous-ensemble de 37 glaciers de référence (sur un total de 42 environ).

DONNÉES SUR LES INLANDSIS DU GROENLAND ET DE L'ANTARCTIQUE

Les données sur le bilan de masse de l'inlandsis du Groenland proviennent de trois sources. Les modélisations de l'évolution du bilan massique de surface et du bilan massique total de 1985 à 2021 reposent sur la moyenne de trois modèles régionaux du climat et du bilan massique, décrits dans Mankoff *et al.*, 2021.

Les séries chronologiques du bilan de masse des glaces issues des missions GRACE et GRACE-FO sont calculées à l'aide des harmoniques sphériques du produit RL06v1 du JPL, selon Velicogna *et al.*, 2020. Les termes du géocentre de degré 1 sont calculés à l'aide des données de Sutterley et Velicogna, 2019, les coefficients C2,0 et C3,0 provenant de Loomis *et al.*, 2019. Les données des satellites GRACE et GRACE-FO sont corrigées de la tendance à long terme du rebond post-glaciaire à l'aide du modèle régional IJ05 R2 GIA d'Ivins *et al.*, 2013 pour l'Antarctique et de Simpson *et al.*, 2009 pour le Groenland.

Ivins, E. R., James, T. S., Wahr, J. *et al.*, 2013: «Antarctic Contribution to Sea Level Rise Observed by GRACE with Improved GIA Correction.» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118, 3126–3141. <https://doi.org/10.1002/jgrb.50208>.

Loomis, B. D., Rachlin, K. E., Luthcke, S. B., 2019: «Improved Earth Oblateness Rate Reveals Increased Ice Sheet Losses and Mass-driven Sea Level Rise.» *Geophysical Research Letters*, 46, 6910–6917. <https://doi.org/10.1029/2019GL082929>.

Mankoff, K. D., Fettweis, X., Langen, P. L. *et al.*, 2021: «Greenland Ice Sheet Mass Balance from 1840 through Next Week.» *Earth System Science Data*, 13 (10), 5001–5025. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5001-2021>.



- Simpson, M. J., Milne, G. A., Huybrechts, P. *et al.*, 2009: «Calibrating a Glaciological Model of the Greenland Ice Sheet from the Last Glacial Maximum to Present-day Using Field Observations of Relative Sea Level and Ice Extent.» *Quaternary Science Reviews*, 28 (17), 1631–1657. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.03.004>.
- Sutterley, T. C., Velicogna, I., 2019: «Improved Estimates of Geocenter Variability from Time-variable Gravity and Ocean Model Outputs.» *Remote Sensing*, 11 (18), 2108. <https://doi.org/10.3390/rs11182108>.
- Velicogna I., Mohajerani Y., A, G. *et al.*, 2020: «Continuity of Ice Sheet Mass Loss in Greenland and Antarctica from the GRACE and GRACE Follow-On Missions.» *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL087291. <https://doi.org/10.1029/2020GL087291>.
- Wiese, D. N., Yuan, D.-N., Boening, C. *et al.*, 2019: «JPL GRACE and GRACE-FO Mascon Ocean, Ice, and Hydrology Equivalent Water Height RL06M CRI Version 2.0 filtrée, Ver. 2.0». Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC). <http://dx.doi.org/10.5067/TEMSC-3MJ62>.

DONNÉES SUR LE PERGÉLISOL

Le programme circumpolaire de surveillance de la couche active (CALM) du Réseau terrestre mondial pour le pergélisol (GTN-P) constitue la principale archive mondiale de données sur l'épaisseur de la couche active. Ce réseau est constitué de sites dans l'Arctique, l'Antarctique et les régions de haute montagne concernées par le pergélisol.

DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

La présente analyse a utilisé les jeux de données suivants du Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC):

- Première estimation mensuelle, https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100
- Produit de surveillance (version 2022), https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V2022_100
- Données mensuelles complètes (version 2022), https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2022_100
- Climatologie des précipitations (version 2022), https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/CLIM_M_V2022_100

La figure 21 montre que l'Islande a connu une année plus sèche que la moyenne à long terme. En réalité, les conditions de 2022 ont été plus humides que la moyenne (voir le rapport annuel de l'Islande à l'adresse <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2022>). Cette différence est probablement due à une modification de la méthode de traitement des données en temps réel.

Contributions

MEMBRES DE L'OMM

Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Arabie Saoudite, Argentine, Arménie, Australie, Bahreïn, Bangladesh, Barbade, Belgique, Bénin, Bosnie-Herzégovine, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine, Colombie, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Croatie, Danemark, Dominique, Égypte, Équateur, Estonie, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Grenade, Guatemala, Hong Kong (Chine), Hongrie, Îles Caïmans, Inde, Indonésie, Irak, Irlande, Islande, Israël, Italie, Japon, Jordanie, Kazakhstan, Kenya, Lettonie, Libye, Lituanie, Luxembourg, Macao (Chine), Macédoine du Nord, Madagascar, Maldives, Mali, Maroc, Maurice, Mexique, Mongolie, Monténégro, Myanmar, Namibie, Norvège, Nouvelle-Zélande, Ouganda, Ouzbékistan, Pakistan, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Paraguay, Pérou, Philippines, Pologne, Portugal, République arabe syrienne, République de Moldavie, République dominicaine, République islamique d'Iran, République tchèque, République-Unie de Tanzanie, Royaume des Pays-Bas, Royaume-Uni, Rwanda, Saint-Kitts-et-Nevis, Saint-Vincent-et-les-Grenadines, Sénégal, Serbie, Seychelles, Slovaquie, Slovénie, Sri Lanka, Suède, Suisse, Territoires britanniques des Caraïbes, Thaïlande, Togo, Trinité-et-Tobago, Tunisie, Türkiye, Ukraine, Uruguay, Viet Nam, Zambie.

INSTITUTIONS

British Antarctic Survey (BAS); Bureau météorologique australien; Université de Carleton, Ottawa, Canada; Université Carnegie Mellon, Pittsburgh, États-Unis; CELAD, Mercator Océan International, Toulouse, France; Centre des mégasciences océaniques, Académie chinoise des sciences, Chine; Centre d'observation et de modélisation polaires (CPOM), Université de Leeds, Royaume-Uni; Institut coopératif pour l'étude satellitaire des systèmes terrestres (CICES), Université du Maryland, États-Unis; Département Océans et atmosphère du CSIRO, Hobart, Tasmanie, Australie; Institut météorologique danois (DMI); Service météorologique allemand (DWD); Environnement et Changement climatique Canada (ECCC); Institut fédéral de technologie (ETH) de Zürich, Suisse; Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT); Commission géologique du Canada (CGC), Ottawa, Canada; GEOMAR, Kiel, Allemagne; Université George Washington, Washington DC, États-Unis; Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCP); Portail carbone ICOS, Université de Lund, Suède; Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Université de Brest, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Brest, France; Institut suisse pour l'étude de la neige et des avalanches, SLF, Suisse; Institut de physique atmosphérique (IAP), Académie chinoise des sciences, Pékin, Chine; Observatoire des situations de déplacement interne (IDMC); Centre japonais des sciences et techniques marines (JAMSTEC), Japon; Service météorologique japonais (JMA); Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS) – Centre National d'Études Spatiales (CNES), France; Magellium, France; Université Masaryk, Brno, République tchèque; Mercator Océan International, Toulouse, France; Met Office, Royaume-Uni; Laboratoire de surveillance mondiale (GML) de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA), États-Unis; Centres nationaux d'information sur l'environnement (NCEI) de la NOAA, États-Unis; Laboratoire pour l'environnement marin du Pacifique (PMEL) de la NOAA, Seattle, États-Unis; Centre océanographique national (NOC), Southampton, Royaume-Uni; Institut météorologique norvégien (DNMI); Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), France; Ocean Scope, Brest, France; Université Rutgers du New Jersey, États-Unis; École des sciences de la terre, Université du Yunnan, Kunming, Chine; Science Systems and Applications, Inc. au Centre de vol spatial Goddard de la NASA, États-Unis; Institut Scripps d'océanographie, Université de Californie, San Diego, États-Unis; Université de la Sorbonne, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, France; Université de Tohoku, Japon; Université de Brest, France; Université de Calgary, Canada; Université de Californie, Irvine, États-Unis; Université du Colorado, Boulder, États-Unis; Université de Nouvelle-Galles du Sud, Sydney, Australie; Université du nord de la Colombie-Britannique, Canada; Université Vrije d'Amsterdam, Royaume des Pays-Bas; Institut océanographique Woods Hole, Massachusetts, États-Unis; Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (CMDGS), JMA, Japon.



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), Organisation internationale pour les migrations (OIM), 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), Programme alimentaire mondial (PAM).

CHERCHEURS, EXPERTS ET SCIENTIFIQUES

Signe Aaboe (Institut météorologique norvégien), Ahmat Younous Abdel-lathif (PAM), Jorge Alvar-Beltrán (FAO), Vicente Anzellini (IDMC), Chris Atkinson (Met Office, Royaume-Uni), Omar Baddour (coordinateur des publications, OMM), Paul M. Barker (Université de Nouvelle-Galles du Sud), Anne Barnoud (Magellium), Hamza Benlarabi (OIM), Jana Birner (HCR), Jessica Blunden (NCEI), Rogerio Bonifacio (PAM), Tim Boyer (NOAA NCEI), Anny Cazenave (LEGOS CNES et OMP), Xuan Che (UNDRR), Lijing Cheng (IAP, Centre des mégasciences océaniques), John Church (Université de Nouvelle-Galles du Sud), Damien Desbruyeres (IFREMER), Ed Dlugokencky (NOAA), Catia M. Domingues (NOC), Robert Dunn (Met Office, Royaume-Uni), Thomas Estilow (Université Rutgers du New Jersey), Arianna Gialletti (FAO), Donata Giglio (Université du Colorado), John E. Gilson (Institut Scripps d'océanographie), Atsushi Goto (OMM), Yvan Gouzenes (LEGOS et OMP), Flora Gues (CELAD, Mercator Océan International), Debbie Hemming (Met Office, Royaume-Uni), Loretta Hieber Girardet (UNDRR), Shigeki Hosoda (JAMSTEC), Sander Houweling (Université Vrije d'Amsterdam), Filip Hrbacek (Université de Masaryk), Matthias Huss (ETH Zürich), Ketil Isaksen (Institut météorologique norvégien), Kirsten Isensee (COI-UNESCO), Gregory C. Johnson (NOAA PMEL), Maarten Kappelle (PNUE), John Kennedy (auteur principal, OMM), Rachel Killick (Met Office, Royaume-Uni), Brian King (NOC), Nicolas Kolodziejczyk (IFREMER), Animesh Kumar (UNDRR), Mikael Kuusela (Université Carnegie Mellon), Thomas Lavergne (Institut météorologique norvégien), Lancelot Leclercq (LEGOS), Yuehua Li (École des sciences de la Terre), Ricardo Locarnini (NCEI), John Lyman (NOAA PMEL), Shawn Marshall (auteur principal, département de la cryosphère, ECCO et Université de Calgary), Jesse Mason (PAM), Trevor McDougall (Université de Nouvelle-Galles du Sud), Brian Menounos (Université du nord de la Colombie britannique), Audrey Minère (Mercator Océan International), Didier Paolo Monselesan (Département Océans et atmosphère du CSIRO), Colin Morice (Met Office, Royaume-Uni), Eric R. Nash (Science Systems and Applications, Inc. au Centre des vols spatiaux Goddard de la NASA), Lev Neretin (FAO), Julien Nicolas (CEPMMT), Jeannette Noetzli (Institut suisse pour l'étude de la neige et des avalanches), Inès Otosaka (CPOM), Giancarlo Pini (PAM), Sylvain Ponserra (IDMC), Sarah Purkey (Institut Scripps d'océanographie), Claire Ransom (facilitatrice de projets, OMM), James Reagan (NCEI), David Robinson (Université Rutgers du New Jersey), Dean Roemmich (Institut Scripps d'océanographie), Kanako Sato (JAMSTEC), Katsunari Sato (JMA), Abhishek Savita (GEOMAR), Yousuke Sawa (JMA, CMDGS), Robert W. Schlegel (Université de la Sorbonne, CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche), Katherina Schoo (COI-UNESCO), Rahul Sengupta (UNDRR), Jose Álvaro Mendes Pimpao Alves Silva (OMM), Sharon Smith (Commission géologique du Canada), Martin Stendel (DMI), Peter Stott (Met Office, Royaume-Uni), Dmitry Streletskiy (Université George Washington), Toshio Suga (Université de Tohoku, JAMSTEC), Tanguy Szekely (Ocean Scope), Oksana Tarasova (OMM), Blair Trewin (auteur de la section sur les phénomènes extrêmes, Bureau météorologique australien), John Turner (BAS), Freja Vamborg (CEPMMT), Isabella Velicogna (Université de Californie, Irvine), Alex Vermeulen (Portail carbone de l'ICOS), Karina von Schuckmann (auteur de la section sur le contenu thermique des océans), Ying Wang (PNUE), Susan E. Wjiffels (Département Océans et atmosphère du CSIRO, Institut océanographique Woods Hole), Michelle Yonetani (HCR), Markus Ziese (GPCC, DWD)



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



UNHCR
The UN Refugee Agency



UN Office for Disaster Risk Reduction



World Food
Programme



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Intergovernmental
Oceanographic
Commission

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: communications@wmo.int

public.wmo.int