

Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2015

TEMPS CLIMAT EAU



ORGANISATION
MÉTÉOROLOGIQUE
MONDIALE

Table des matières

Avant-propos	3
Introduction	4
Principaux résultats	5
Températures	5
Précipitations et enneigement	6
Océans	7
El Niño	8
Cryosphère	9
Gaz à effet de serre	10
Extrêmes régionaux	11
Afrique	11
Asie	14
Amérique du Sud	15
Amérique du Nord, Amérique centrale et Caraïbes	16
Pacific Sud-Ouest	17
Europe et Moyen-Orient	18
Activité cyclonique	19
Substances nocives pour l'ozone	21
L'augmentation du contenu thermique des océans révèle la progression constante du réchauffement mondial	22

Année de loin la plus chaude jamais observée; 0,76 °C au-dessus de la moyenne calculée pour la période 1961–1990

2015

1°

De plus par rapport à l'ère préindustrielle; à mi-chemin de la limite des 2 °C

EL NIÑO

L'un des plus forts jamais enregistré; conjugué aux changements climatiques d'origine anthropique, il propulse les températures mondiales vers de nouveaux sommets.

PHÉNOMÈNES EXTRÊMES

Vagues de chaleur, sécheresses, inondations, violents cyclones tropicaux

400 ppm

Les concentrations de CO₂ franchissent un seuil symbolique au printemps boréal

La chaleur piégée par les gaz à effet de serre est stockée dans les océans dont le contenu thermique entre 0 et 2 000 m de profondeur atteint des valeurs records.

93 %

Avant-propos

Dans le cadre de son mandat consistant à fournir des informations faisant autorité sur le temps, le climat et l'eau, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) réalise des évaluations annuelles de l'état du climat mondial. Depuis plus de vingt ans, ces évaluations sont publiées dans les six langues officielles des Nations Unies, afin d'informer les gouvernements, les organisations internationales et autres partenaires de l'OMM au sujet de l'évolution du climat mondial ainsi que des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes ou particuliers aux niveaux national et régional.

L'année 2015 restera à de nombreux égards comme une année historique pour ce qui est du climat mondial. Année record en termes de chaleur, tant au niveau mondial que dans de nombreux pays, elle a vu tomber des records de température établis depuis le début des relevés modernes. Des vagues de chaleur d'une intensité extrême ont frappé différentes régions du monde, entraînant une surmortalité de plusieurs milliers de personnes en Inde et au Pakistan. Des précipitations extrêmes, atteignant un niveau record, ont provoqué des inondations qui ont fait des dizaines de milliers de sinistrés en Amérique du Sud, en Afrique de l'Ouest et en Europe. Le déficit pluviométrique en Afrique australe et au Brésil a exacerbé des sécheresses qui sévissaient déjà depuis plusieurs années. L'influence de l'épisode El Niño intense qui s'est mis en place à la fin de 2015 s'observe dans nombre des phénomènes météorologiques et climatiques de l'année. Même si beaucoup reste à faire, les avancées en matière de coopération internationale, l'échange de données en temps quasi réel et les progrès accomplis sur le plan de la détermination des causes permettent de commencer à discerner les rôles respectifs du phénomène El Niño, des autres variations naturelles du climat et des changements climatiques d'origine humaine.

Sur une note plus positive, les Parties à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ont adopté en décembre l'Accord de Paris, qui ouvre la voie à des progrès majeurs. Les gouvernements du monde entier ont décidé à l'unanimité de prendre des mesures en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ils auront pour objectif de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C. L'Accord de Paris soulève l'espoir d'une accélération des efforts déployés au niveau international pour préserver notre planète, afin d'éviter que ne soit atteint un point de non-retour pour le système climatique.

Toutefois, la tendance au réchauffement et l'augmentation du nombre de catastrophes devraient continuer pendant plusieurs dizaines d'années, ce qui souligne la nécessité d'investir non seulement dans l'atténuation, mais aussi dans l'adaptation. L'une des approches les plus efficaces pour s'adapter aux effets des changements climatiques consiste à renforcer les systèmes d'alerte précoce en cas de catastrophe et les services climatologiques.

L'OMM s'attache à faire progresser encore les services météorologiques et climatologiques ainsi que la recherche associée. Elle est aussi consciente de la nécessité de mettre en place des services climatologiques opérationnels qui favorisent la résilience et l'adaptation au climat. Dans le monde, quelque 70 pays ne disposent pas des capacités nécessaires pour recueillir des données sur le climat et exploiter ce type d'informations avec la rapidité et la qualité de service requises. Le Cadre mondial pour les services climatologiques aide les pays les moins avancés, les petits États insulaires en développement et d'autres pays vulnérables à renforcer leurs capacités dans les domaines de la météorologie et de la climatologie. L'OMM collabore en outre avec ses partenaires afin d'aider les pays à se protéger contre les risques liés au climat au moyen de systèmes d'alerte précoce multidanger, de prévisions axées sur les impacts et d'alertes tenant compte des risques.

Je saisirai cette occasion pour faire part de ma gratitude aux Services météorologiques et hydrologiques nationaux des Membres de l'OMM, aux centres internationaux et régionaux de données et aux climatologues du monde entier qui ont tous contribué à l'élaboration de la présente déclaration, dans le respect des normes scientifiques les plus élevées.

L'OMM est ouverte aux suggestions de ses Membres concernant les moyens d'améliorer encore la Déclaration sur l'état du climat mondial, compte tenu, notamment, des nouvelles exigences résultant de l'Accord de Paris, du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015–2030 et des Objectifs de développement durable des Nations Unies.



(P. Taalas)
Secrétaire général

Introduction

La *Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2015* porte sur de nombreux aspects du système climatique, notamment les conditions atmosphériques et océaniques, le phénomène El Niño, la cryosphère, les concentrations de gaz à effet de serre, les extrêmes régionaux, les cyclones tropicaux et la déperdition d'ozone. Elle repose sur des observations *in situ* et spatiales, recueillies dans le cadre de différents programmes mis en œuvre ou coparrainés par l'OMM, ainsi que sur des analyses numériques objectives. Ces observations couvrent les variables climatologiques essentielles définies par le Système mondial d'observation du climat.

Les jeux mondiaux de données sur lesquels s'appuie la présente évaluation sont gérés par des centres de pointe dans la collecte de données climatologiques, la surveillance du climat et la recherche climatologique, qui collaborent avec l'OMM. En outre, des données et des informations climatologiques ont été recueillies directement auprès des Membres dans le cadre d'une enquête spéciale de l'OMM. L'analyse des températures mondiales s'appuie sur trois jeux mondiaux de données: le premier (HadCRUT) est géré par le Centre Hadley du Met Office et l'Unité de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord); le deuxième par le Centre national d'information sur l'environnement

relevant de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (États-Unis d'Amérique); et le troisième par le *Goddard Institute for Space Studies* qui dépend de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (États-Unis d'Amérique). L'analyse de l'OMM intègre également des données de réanalyse générées par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme et par le Service météorologique japonais. Les informations relatives aux précipitations mondiales proviennent du Centre mondial de climatologie des précipitations (Allemagne).

L'évaluation des anomalies de température au niveau national repose sur des données recueillies directement auprès des Membres dans le cadre d'une enquête spéciale de l'OMM. Les données relatives aux incidences socio-économiques utilisées dans la présente publication sont basées sur des rapports fournis directement par les Membres ou proviennent de sources des Nations Unies faisant autorité. Le processus d'évaluation par les pairs rassemble des climatologues internationaux, des organismes régionaux traitant des produits climatologiques et des experts des Services météorologiques et hydrologiques nationaux. Dans certains cas, il a été nécessaire de procéder à des recouplements avec des coordonnateurs nationaux afin de valider ou de mettre à jour des informations émanant de sources mondiales.



Principaux résultats

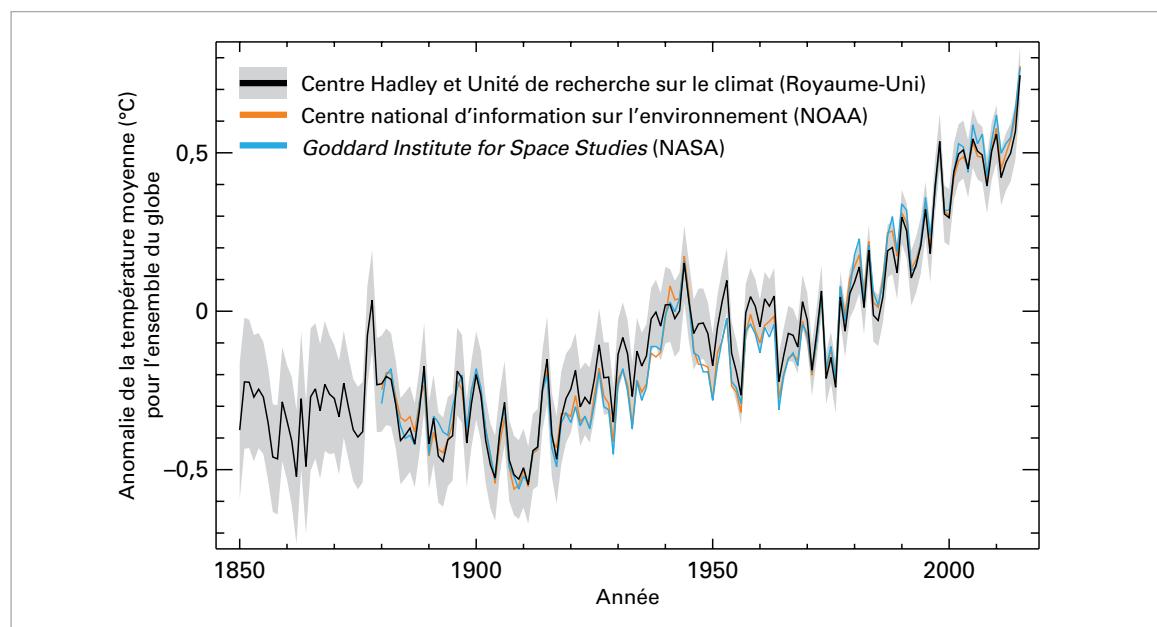


Figure 1. Anomalies de la température moyenne annuelle entre 1850 et 2015 pour l'ensemble du globe, par rapport à la période de référence 1961–1990. La courbe noire et la zone grise, qui indique l'intervalle de confiance de 95 % des estimations, est réalisée à partir de l'analyse HadCRUT4, produite par le Centre Hadley du Met Office en collaboration avec l'Unité de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia. La courbe orange est réalisée à partir du jeu de données NOAAGlobalTemp établi par le Centre national d'information sur l'environnement (NCEI) de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA). La courbe bleue est réalisée à partir du jeu de données GISTEMP produit par le Goddard Institute for Space Studies (GISS) de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA). (Source: Centre Hadley du Met Office et Unité de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia, Royaume-Uni)

TEMPÉRATURES

En 2015, la hausse persistante des températures mondiales – due principalement aux émissions de gaz à effet de serre – conjuguée aux effets de la mise en place d'un épisode El Niño, a donné lieu à une chaleur record à l'échelle mondiale.

D'après les sources de données¹ analysées par l'OMM, la température moyenne à la surface du globe en 2015 a été de loin la plus élevée jamais enregistrée (figure 1). Elle a accusé une anomalie positive d'environ $0,76 \pm 0,09$ °C par rapport à la normale calculée pour la période 1961–1990 et de près de 1 °C par rapport à la normale pour la période 1850–1900. La marge d'incertitude relative à cette période plus ancienne est plus grande et plus difficile à estimer.

Ces estimations reposent sur des données relatives à la température de l'air recueillies par des stations météorologiques à la surface des terres émergées,

ainsi que sur des températures de surface de la mer mesurées en mer par des navires d'observation bénévoles et par des bouées dérivantes ou ancrées. Elles sont corroborées par une analyse du Service météorologique japonais.

On peut aussi estimer les températures moyennes à l'échelle du globe à l'aide des résultats de réanalyses. Lors d'une réanalyse, des observations anciennes réalisées par de nombreux instruments différents sont combinées au moyen d'un système de prévision météorologique moderne, de façon à obtenir un relevé complet des conditions météorologiques et climatiques. Deux réanalyses à long terme ont été étudiées: la réanalyse ERA-Interim, réalisée par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme, et la réanalyse JRA-55, conduite par le Service météorologique japonais. Dans ces deux réanalyses, les estimations centrales indiquent que 2015 a été l'année la plus chaude à la surface du globe depuis le début des relevés.

Moyennées à l'échelle mondiale, les températures mesurées au-dessus du sol font de 2015, à égalité avec 2005, 2007 et 2010, l'année la plus chaude jamais enregistrée à la surface des terres émergées. La moyenne mondiale des températures relevées à la surface de la mer en 2015 a égalé sa valeur record de 2014. La combinaison de températures élevées au-dessus des terres émergées et à la surface de la mer a fait de 2015 une année record.

Des températures élevées ont été relevées sur la majeure partie des terres émergées observées

¹ Jeu de données HadCRUT4.4.0.0 établi par le Centre Hadley du Met Office et l'Unité de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia; jeu de données GISTEMP établi par le Goddard Institute for Space Studies (GISS) relevant de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace; et jeu de données NOAAGlobalTemp établi par le Centre national d'information sur l'environnement relevant de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère. La valeur indiquée est une moyenne de ces trois jeux de données, et la marge d'incertitude associée est tirée du jeu de données HadCRUT4.

Figure 2. Anomalies de la température moyenne annuelle à la surface du globe (par rapport à la moyenne de la période de référence 1961–1990) pour l'année 2015, d'après le jeu de données HadCRUT4. (Source: Centre Hadley du Met Office, Royaume-Uni)

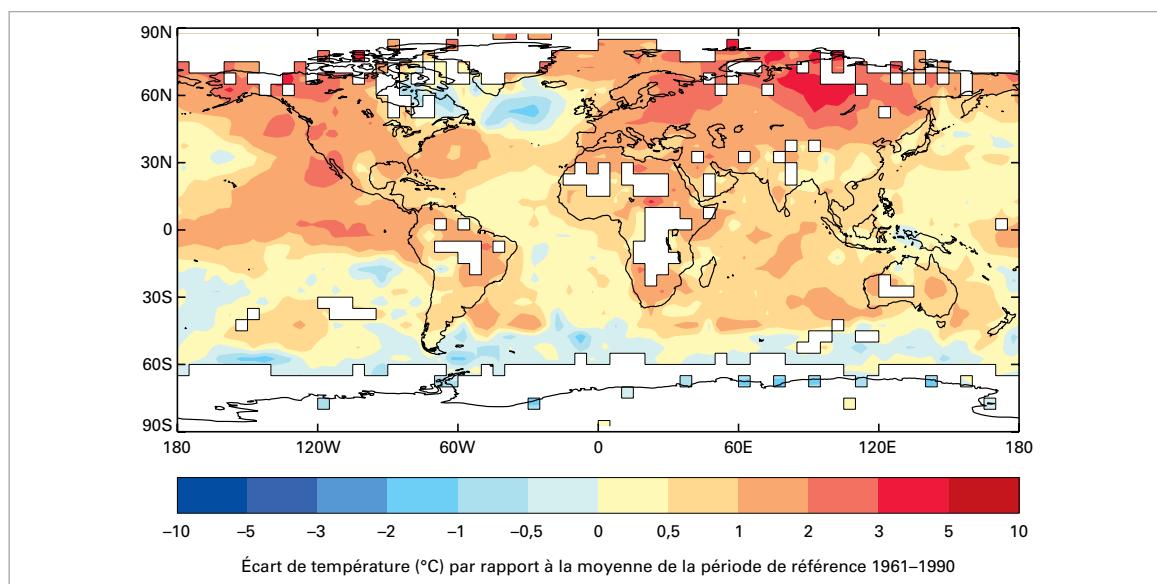
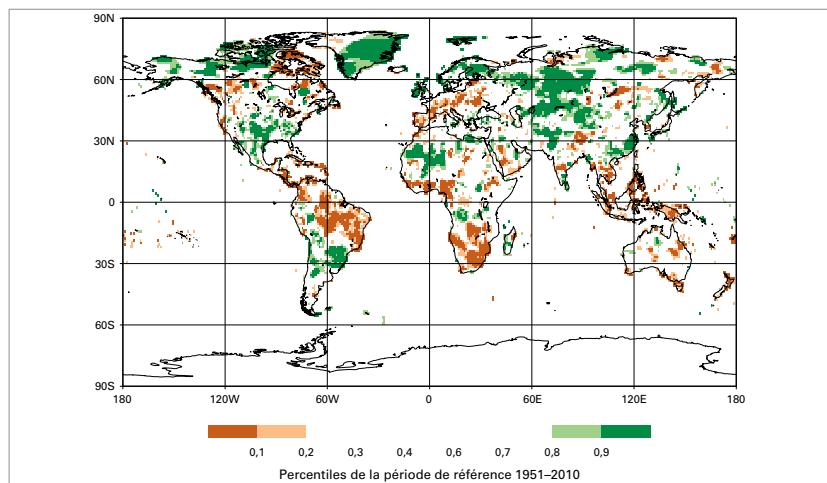


Figure 3. Cumuls de précipitations annuels exprimés en percentiles de la période de référence 1951–2010, pour les zones qui auraient figuré dans la fourchette des 20 % d'années les plus sèches (marron) et des 20 % d'années les plus arrosées (vert) de la période de référence, des nuances plus foncées de marron et de vert indiquant les zones qui auraient fait partie, respectivement, de la fourchette des 10 % les plus sèches et des 10 % les plus arrosées. (Source: Centre mondial de climatologie des précipitations, Service météorologique allemand)

(figure 2). Elles ont été particulièrement élevées dans de vastes zones de l'Amérique du Sud, en Afrique, dans une grande partie de l'Europe, dans le nord-est de l'Eurasie, au Moyen-Orient et dans l'ouest de l'Amérique du Nord. Des records de température au niveau continental ont été établis en Asie et en Amérique du Sud. Jamais la Fédération de Russie n'avait enregistré une année aussi chaude, avec une température dépassant de 2,16 °C la normale calculée pour la période 1961–1990. La Chine a également vécu son année la plus chaude (au moins depuis 1961), et 10 de ses provinces ont connu une chaleur record. En Europe, 2015 a été soit la deuxième année la plus chaude (après 2014), soit l'année la plus chaude. Au niveau national, elle a été l'année la plus chaude dans plusieurs pays (Estonie, Finlande et Espagne) ou l'une des trois années les plus chaudes dans d'autres (Allemagne, France, Slovénie, République de Moldova, Hongrie et Serbie). L'Afrique et l'Océanie ont toutes deux

connu leur deuxième année la plus chaude depuis le début des relevés.

Rares sont les zones continentales qui ont connu des conditions particulièrement froides en moyenne annuelle. Des températures notablement inférieures à la normale ont été relevées en Antarctique, où la phase positive du mode annulaire austral s'est maintenue plusieurs mois. Au cours de cette phase, les vents d'ouest se renforcent et se contractent en direction de l'Antarctique, entraînant un refroidissement de la majeure partie de l'Antarctique oriental et un réchauffement de la péninsule Antarctique. En octobre, l'indice du mode annulaire austral a évolué vers des valeurs moins extrêmes qui se sont maintenues jusqu'à la fin de l'année, et le continent a connu des conditions plus chaudes que la moyenne. Certaines zones du nord-est de l'Amérique du Nord ont connu des températures inférieures à la normale au cours de l'année.



PRÉCIPITATIONS ET ENNEIGEMENT

La répartition des précipitations au cours d'une année type varie fortement tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle locale, et 2015 n'a pas dérogé à la règle. De nombreuses régions du monde ont enregistré des extrêmes pluviométriques, qui ont abouti dans certains cas à des inondations ou à des sécheresses. On trouvera ci-après de plus amples informations concernant les extrêmes pluviométriques et leurs incidences.

Sur l'ensemble de l'année, certaines zones ont connu une pluviosité anormalement élevée (figure 3): régions du sud des États-Unis, Mexique, Pérou, nord

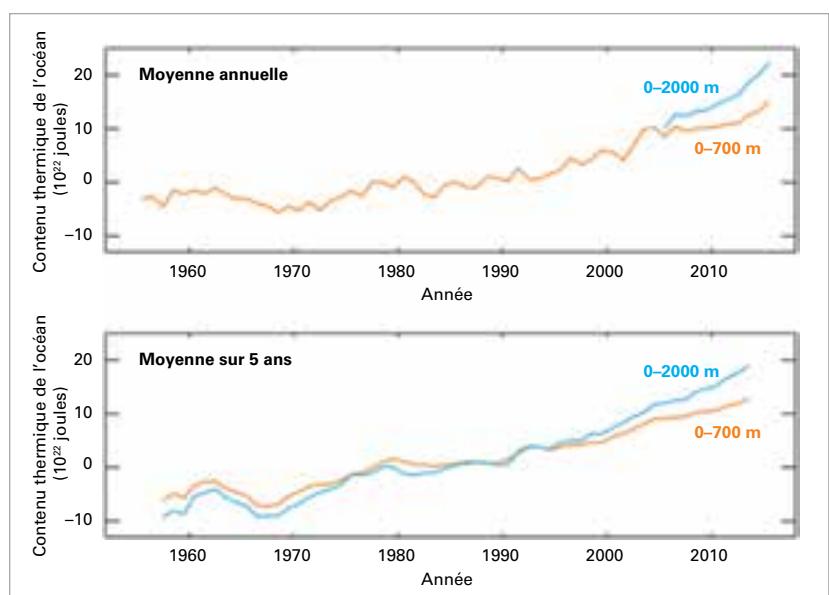
du Chili, majeure partie de l'État plurinational de Bolivie, Paraguay, sud du Brésil et nord de l'Argentine, Europe du Nord et du Sud-Est, parties de l'Asie centrale, sud-est de la Chine, régions du Pakistan, et Afghanistan. À l'inverse, l'année a été sèche dans les zones suivantes: Amérique centrale et Caraïbes, nord-est de l'Amérique du Sud, y compris le Brésil, parties de l'Europe centrale et de l'Europe du Sud, parties de l'Asie du Sud-Est, Indonésie et Afrique australe. Bien que les cumuls de précipitations relevés sur de longues périodes soient élevés, ils peuvent masquer une grande variabilité pour ce qui est des totaux à court terme.

Selon les données du *Global Snow Lab* de l'Université Rutgers, le manteau neigeux dans l'hémisphère Nord a couvert une étendue de 28,5 millions de km² au printemps, ce qui est inférieur à la normale et le classe au huitième rang des moins étendus jamais constatés. En Amérique du Nord, le manteau neigeux de printemps se classe au quatrième rang des moins étendus. Le nord-est des États-Unis a toutefois subi de nombreuses tempêtes de neige en février. Dans le Massachusetts, les villes de Boston et Worcester ont connu le mois et l'hiver les plus neigeux de leur histoire. En février, 164,6 cm de neige sont tombés sur Boston, ce qui est plus que ce que la ville reçoit normalement pendant la totalité de la saison.

OCÉANS

S'agissant des océans, de vastes zones ont affiché des températures particulièrement élevées. Comme on peut s'y attendre lors d'un épisode El Niño, le Pacifique tropical a été beaucoup plus chaud que la normale, l'anomalie positive dépassant 1 °C dans une grande partie du centre et de l'est du Pacifique équatorial (figure 2). De même, le Pacifique Nord-Est, une grande partie de l'océan Indien ainsi que certaines zones de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud ont affiché des températures clairement supérieures à la normale. En revanche, certaines régions situées au sud du Groenland et dans l'extrême sud-ouest de l'Atlantique ont été nettement plus froides que la normale. D'autres zones de l'océan austral (au sud de 60 °S environ) ont affiché des températures inférieures à la normale, mais dans de nombreux cas, les données disponibles pour la période climatologique 1961–1990 sont trop peu nombreuses pour estimer de manière fiable l'importance des anomalies actuelles.

En 2015, le contenu thermique de l'océan a atteint des niveaux records à l'échelle du globe, tant jusqu'à



700 m que jusqu'à 2 000 m de profondeur (figure 4). Les températures jusqu'à moins 2 000 m sont désormais mesurées de manière régulière à l'aide de flotteurs Argo. Pour plus d'informations et d'explications concernant le contenu thermique de l'océan, voir la page 22.

Le niveau de la mer est mesuré par des satellites ainsi que par des marégraphes traditionnels. Selon les dernières estimations obtenues à l'aide d'altimètres satellitaires (figure 5), le niveau moyen de la mer de janvier à novembre 2015 est le plus élevé qui ait été constaté depuis le début des observations par satellite, et, en regard de la tendance durable à l'élévation du niveau de la mer indiquée par les estimations des marégraphes, le plus élevé depuis le début des relevés mondiaux il y a plus d'un siècle.

Bien que le niveau moyen de la mer ait atteint des valeurs records à l'échelle mondiale, cela n'a pas été

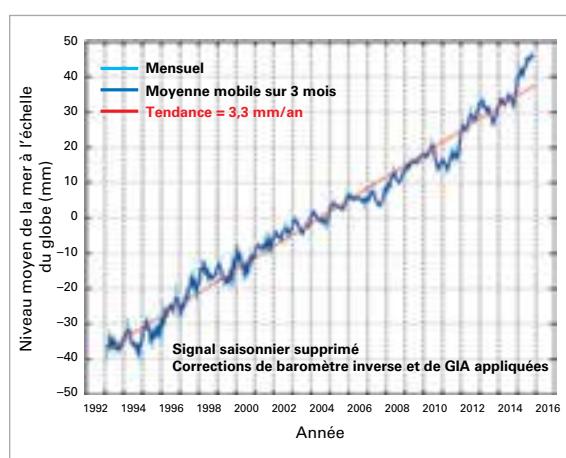


Figure 4. Contenu thermique moyen annuel des océans entre 0 et 700 m de profondeur (orange) et entre 0 et 2 000 m (bleu) (haut) et valeur moyenne sur cinq ans du contenu thermique des océans (bas). Les valeurs moyennes annuelles entre 0 et 2 000 m de profondeur ne sont indiquées qu'à partir de l'année 2005, à compter de laquelle le réseau Argo fournit des données jusqu'à 2 000 m pour la quasi-totalité du globe à une fréquence au moins annuelle.
(Source: données de l'*Ocean Climate Laboratory* (NOAA/NESDIS/NODC), États-Unis d'Amérique, actualisation de l'étude de Levitus *et al.* (2012))

Figure 5. Évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe entre 1993 et novembre 2015, sans indication du cycle annuel; valeurs mensuelles en bleu clair, moyennes trimestrielles en bleu foncé et tendance linéaire en rouge. (Source: Organisation de la recherche scientifique et industrielle du Commonwealth, Australie)

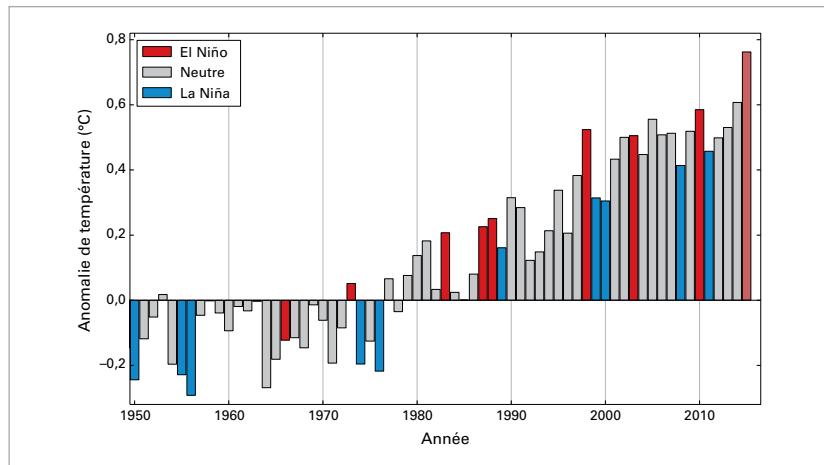


Figure 6. Anomalies de la température moyenne annuelle à l'échelle du globe (par rapport à la moyenne de la période 1961–1990) correspondant à la moyenne des trois jeux mondiaux de données sur la température. Les colonnes de couleur indiquent les années qui ont subi l'influence d'un épisode El Niño (rouge) ou d'un épisode La Niña (bleu) et les années qui n'ont pas subi d'influence majeure (gris). La colonne rouge pâle représente l'année 2015. (Source: Centre Hadley du Met Office et Unité de recherche sur le climat de l'Université d'East Anglia, Royaume-Uni)

le cas partout. Les moyennes mensuelles du niveau de la mer ont été inférieures à la normale dans l'ouest du Pacifique tropical, ce à quoi l'on peut s'attendre lors d'un épisode El Niño. Dans la seconde moitié de l'année, des anomalies négatives du niveau de la mer d'environ 10 cm ont été relevées dans les îles Marshall, les États fédérés de Micronésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Ces anomalies sont moins importantes que celles observées lors de l'épisode El Niño de 1997/98. À l'inverse, le niveau de la mer le long de l'équateur à l'est de la ligne de changement de date a été plus élevé que la normale, ce qui est également révélateur d'un épisode El Niño.

EL NIÑO

Les variations de température des eaux de surface du Pacifique tropical interagissent avec des

réactions atmosphériques pour déterminer les deux phases distinctes du phénomène El Niño/Oscillation australe (ENSO): El Niño et La Niña. Lors d'un épisode El Niño, la surface de la mer se réchauffe dans l'est du Pacifique tropical, pour atteindre une température supérieure à la normale. Il s'ensuit un affaiblissement ou une inversion des alizés dominants, ce qui a pour effet d'accentuer le réchauffement de la surface. Le phénomène ENSO est le principal mode de variabilité interannuelle du climat mondial. Les épisodes El Niño ont des incidences sur la circulation atmosphérique mondiale, provoquant ainsi, à l'échelle mondiale, une perturbation des régimes météorologiques et une hausse temporaire des températures.

En 2015, les températures de surface de la mer dans le centre-est du Pacifique ont augmenté, pour dépasser les valeurs seuils correspondant typiquement à un épisode El Niño au cours du printemps boréal. Les indicateurs atmosphériques attestent eux aussi la mise en place d'un épisode El Niño, par exemple un écart de pression entre Tahiti et Darwin, un renforcement de la convection à proximité de la ligne de changement de date, et un affaiblissement ou une inversion des alizés. L'épisode El Niño a continué à se renforcer, pour atteindre son pic d'intensité en décembre. Les températures de surface de la mer dans certaines zones clés étaient alors comparables à celles observées lors des épisodes El Niño exceptionnellement intenses de 1997/98 et 1982/83, même si les anomalies de température de surface de la mer les plus importantes se trouvaient plus à l'ouest en 2015.

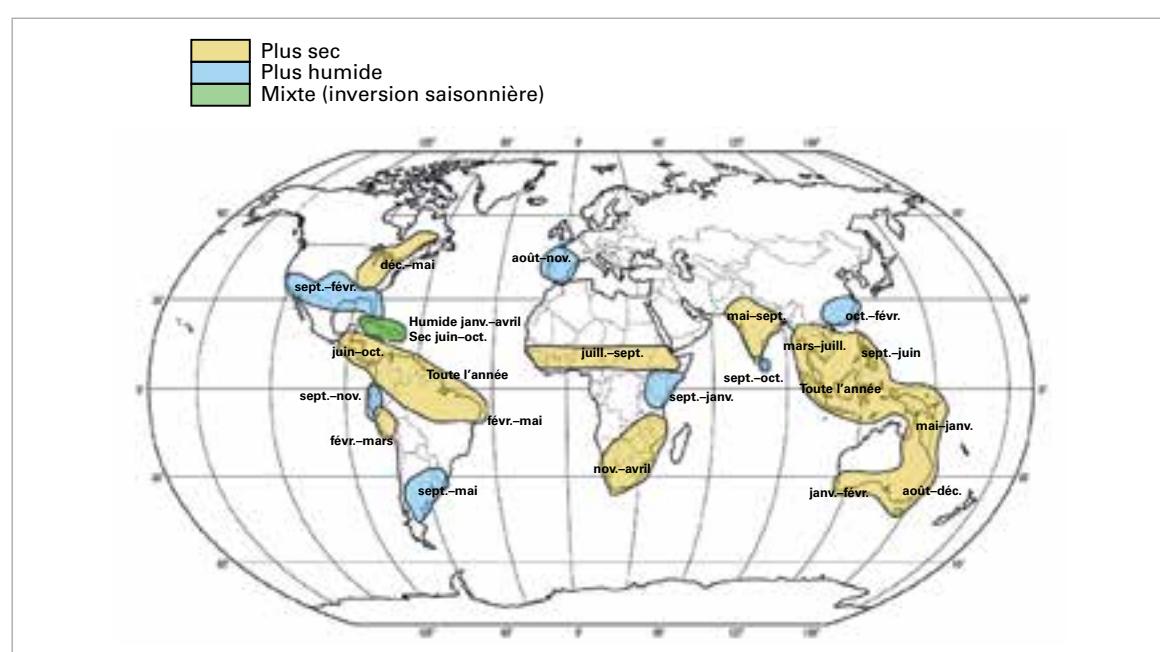


Figure 7. Anomalies de précipitations associées à El Niño, compte tenu de leur taux d'occurrence au cours des épisodes El Niño observés jusqu'à présent. (Source: adapté de données du Centre Hadley du Met Office, Royaume-Uni)

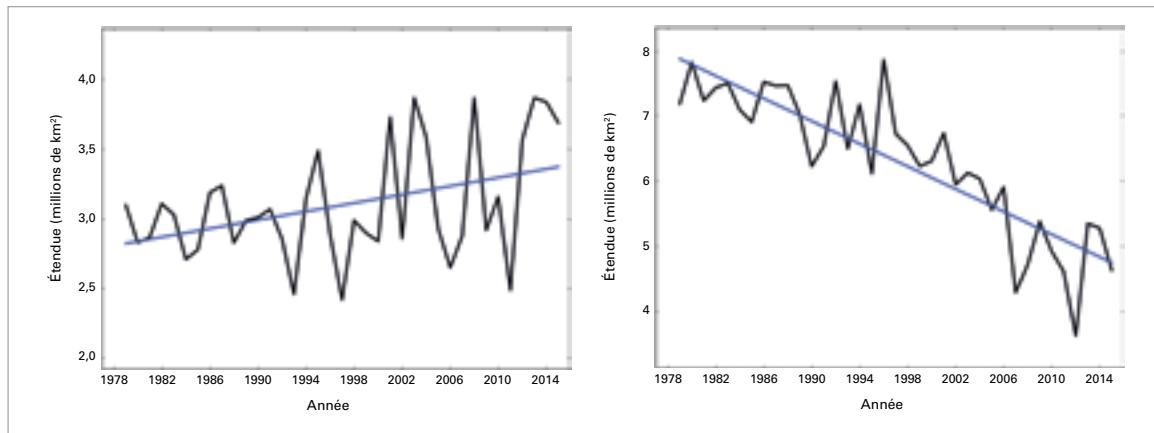


Figure 8. Étendue, en moyenne mensuelle, de la banquise en février dans l'hémisphère austral (gauche) et en septembre dans l'hémisphère boréal (droite), entre 1979 et 2015. (Source: Centre national américain de données sur la neige et la glace, NOAA, États-Unis d'Amérique)

Le phénomène El Niño a des incidences sur les régimes pluviométriques et météorologiques de nombreuses régions du monde. Bien que ses manifestations précises varient d'un épisode à l'autre, il existe des principes généraux que l'on peut s'attendre à voir respectés lors d'un épisode El Niño intense.

El Niño se manifeste généralement par une hausse des températures à l'échelle du globe, à la surface (figure 6) et jusqu'à la troposphère. Il y a toutefois un délai entre le réchauffement du Pacifique tropical et son incidence sur les températures mondiales, et ce délai est plus long dans la troposphère qu'à la surface. Bien que les températures à la surface du globe aient pu légèrement augmenter sous l'effet des conditions proches d'un épisode El Niño observées à la fin de 2014, il est probable que le puissant épisode El Niño de 2015 conserve toute son influence sur les températures mondiales après avoir atteint son pic d'intensité.

La figure 7 présente sous forme schématique les anomalies de précipitations généralement favorisées lors d'un épisode El Niño. La figure 3 fait ressortir les anomalies de précipitations observées en 2015. Des déficits pluviométriques en adéquation avec un épisode El Niño ont été constatés de l'Amérique centrale au nord du Brésil, dans certaines zones de l'Afrique australe, en Asie du Sud-Est, dans de vastes zones de l'Océanie et dans l'est de l'Australie. En Inde, les pluies de mousson ont également été moins fortes que la normale. À l'inverse, le sud du Brésil et le nord de l'Argentine, ainsi que certaines zones du sud des États-Unis ont reçu des précipitations plus abondantes qu'à l'accoutumée.

Par ailleurs, El Niño a des incidences sur la formation et l'évolution des cyclones tropicaux: il limite la formation d'ouragans dans l'Atlantique Nord et

favorise la formation d'ouragans et de typhons dans le Pacifique Nord-Est, comme cela a pu être vérifié en 2015 (voir la page 19).

CRYOSPHERE

Dans l'hémisphère boréal, l'étendue de la banquise arctique atteint en général son maximum saisonnier en mars et son minimum en septembre. Depuis la fin des années 1970, lorsque ont débuté les observations régulières par satellite, on a constaté un recul général de la banquise arctique à toutes les phases de son cycle saisonnier. En 2015, l'étendue maximale de la banquise, en moyenne journalière, qui a été atteinte le 25 février, était la plus faible jamais observée, s'établissant à 14,54 millions de km², valeur inférieure de 1,10 million de km² à la normale calculée pour la période 1981–2010 et de 0,13 million de km² au précédent record établi en 2011. Quant au minimum saisonnier, enregistré le 11 septembre, il se chiffrait à 4,41 millions de km², ce qui le classe au quatrième rang des plus faibles depuis le début des observations par satellite (figure 8). Le 30 décembre, après que de l'air anormalement chaud se déplaçant



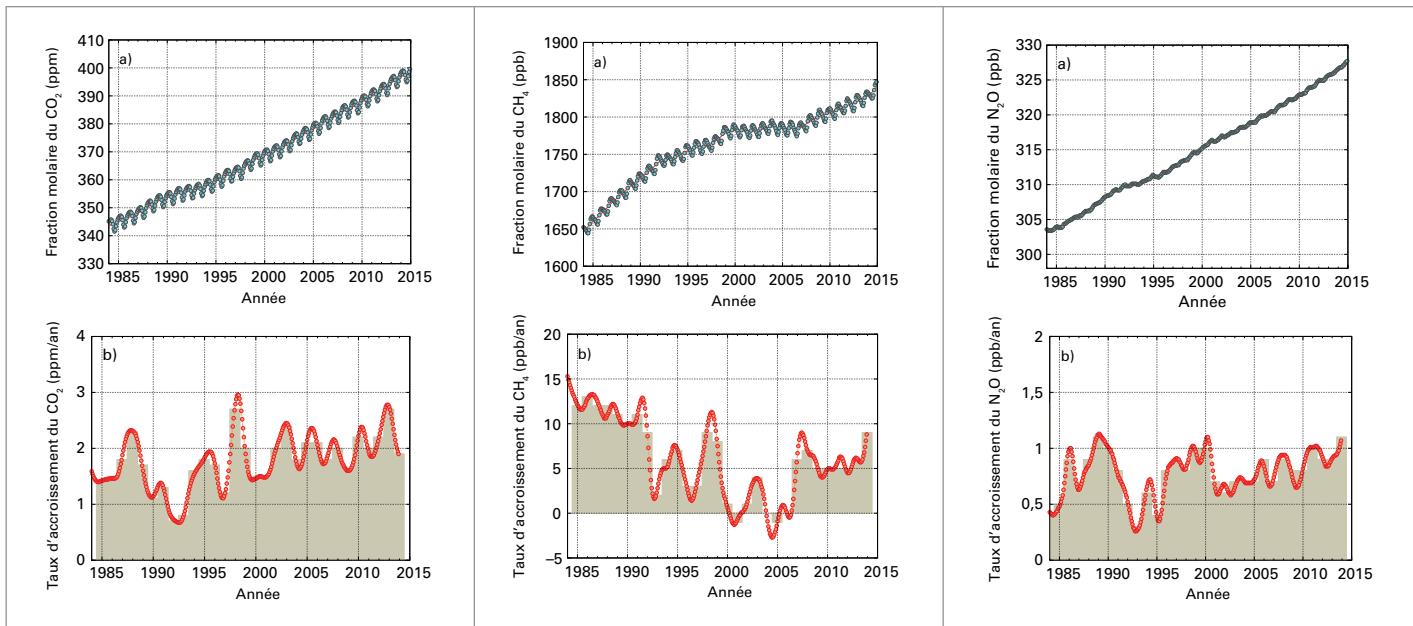


Figure 9. Fractions molaires (mesure de la concentration) moyennées à l'échelle du globe du CO₂ (en parties par million, gauche), du CH₄ (en parties par milliard, centre) et du N₂O (en parties par milliard, droite) de 1984 à 2014, représentées en haut, et leurs taux de croissance moyens annuels respectifs, représentés sous forme de colonnes en bas.

vers le Nord était entré dans la région polaire, une température positive de +0,7 °C a été enregistrée, certes brièvement, par une bouée météorologique à proximité du pôle Nord.

Dans l'hémisphère austral, l'étendue de la banquise antarctique atteint généralement son maximum saisonnier vers septembre ou octobre et son minimum en février ou mars. En 2015, l'étendue maximale, en moyenne journalière, de la banquise – 18,83 millions de km² – a été enregistrée le 6 octobre. Elle se classe au seizième rang des plus grandes de l'ère satellitaire et présente une valeur inférieure de 1,33 million de km² à l'étendue maximale record de 2014. Quant au minimum saisonnier, relevé le 20 février, il s'établissait à 3,58 millions de km², ce qui le classe au quatrième rang des plus étendus, à 0,17 million de km² du record de 2008. La variabilité interannuelle de l'étendue minimale de la banquise antarctique est grande en regard de la tendance à long terme; au cours des cinq dernières années ont été enregistrées, en moyenne mensuelle, la deuxième étendue la plus grande (2013) et la troisième étendue la plus faible (2011). En moyenne journalière, l'étendue de la banquise antarctique atteignait en début d'année des valeurs records ou s'en approchait, mais s'est établie à un niveau proche de la normale en août. Les scientifiques ont du mal à expliquer la croissance continue de la banquise antarctique observée depuis 1979.

Au Groenland, l'étendue totale de la fonte estivale des glaces de surface en 2015 se classe au onzième rang depuis 1978, dépassant d'environ 85 000 km²

la normale pour la période 1981–2010. Si la fonte des glaces a atteint un niveau supérieur à la normale, celui-ci n'est toutefois pas inhabituel dans le contexte des dix dernières années. En 2012, l'étendue totale de la fonte estivale des glaces de surface, la plus grande jamais constatée, était supérieure de plus de 300 000 km² à la normale pour la période 1981–2010. Les températures hivernales, printanières et estivales relevées à la station Summit, qui relève de l'Institut météorologique danois, étaient inférieures à la normale. Le 28 août, une température de -39,6 °C a été enregistrée, ce qui constitue un nouveau record de température minimale pour ce mois. Le 24 octobre, le record de température minimale mensuelle établi le 31 octobre 2007 a été égalé, avec le relevé d'une température de -55,2 °C.

GAZ À EFFET DE SERRE

La dernière analyse des données d'observation recueillies dans le cadre du Programme de la Veille de l'atmosphère globale de l'OMM révèle qu'à l'échelle du globe, les fractions molaires moyennes du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O) ont atteint de nouveaux pics en 2014 (figure 9 – les informations les plus récentes datent de 2014 car les rapports détaillés sur les gaz à effet de serre sont disponibles après un délai d'un an). La fraction molaire moyenne du CO₂ a atteint 397,7 ± 0,1 ppm² en 2014, soit 143 % de ce qu'elle était à l'époque préindustrielle. Le taux d'accroissement entre 2013 et 2014 a été de 1,9 ppm,

² ppm = parties par million; ppb = parties par milliard

ce qui est proche de l'augmentation annuelle moyenne pour les dix dernières années, et supérieur à celle observée pendant les années 1990 (environ 1,5 ppm/an). Selon des données préliminaires émanant de la NOAA, la concentration de CO₂ a continué de croître à un taux record de 3,01 ppm/an en 2015. L'accroissement du CO₂ atmosphérique entre 2003 et 2013 représente environ 45 % du CO₂ émis par l'activité humaine, le reste étant absorbé par les océans et la biosphère terrestre.

La concentration de CH₄ dans l'atmosphère a atteint un nouveau record en 2014, du fait de la hausse des émissions anthropiques. Elle s'est établie à 1833 ± 1 ppb, ce qui représente 254 % de ce qu'elle était à l'époque préindustrielle. Moyennée à l'échelle du globe, la fraction molaire du N₂O a atteint 327,1 ± 0,1 ppb en 2014, ce qui représente une progression de 1,1 ppb par rapport à 2013 et 121 % du niveau qu'elle avait à l'époque préindustrielle (270 ppb). Le taux d'accroissement entre 2013 et 2014 est supérieur à la moyenne calculée sur les dix dernières années (0,87 ppb/an).

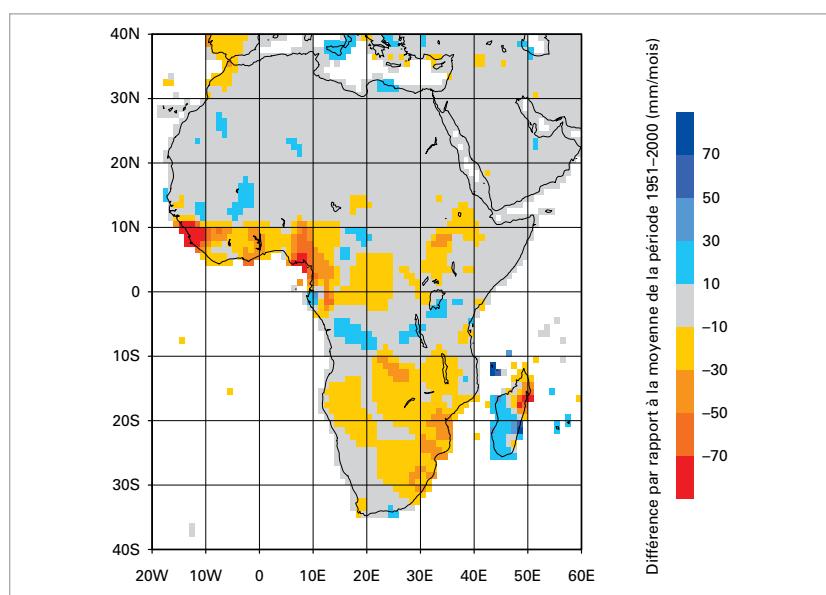
Selon l'indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre publié par la NOAA, le forçage radiatif de l'atmosphère induit par les gaz à effet de serre persistants s'est accru de 36 % entre 1990 et 2014, 80 % environ de cette hausse étant due au CO₂. L'augmentation du forçage radiatif total induit par l'ensemble des gaz à effet de serre persistants depuis l'époque préindustrielle a atteint +2,94 W/m². Ce forçage radiatif correspond à une fraction molaire de 481 ppm en équivalent CO₂.

EXTRÊMES RÉGIONAUX

Un grand nombre de phénomènes extrêmes ont été observés à travers le monde, certains causant des dommages et faisant des victimes (figure 11). La présente section donne un aperçu des phénomènes météorologiques et climatiques à fort impact observés dans différentes régions au cours de l'année.

AFRIQUE

Au printemps austral, des records de chaleur ont été régulièrement battus en Afrique du Sud. Le 27 octobre, on a relevé à Vredendal une température de 48,4 °C, la plus haute jamais constatée dans le pays. La vague de chaleur a continué au début du mois de novembre. Pretoria et Johannesburg ont enregistré des records absolus de température avec, respectivement, 40,3 °C et 36,5 °C.



De nombreux endroits d'Afrique du Nord ont subi de fortes chaleurs. Au Maroc, de nouveaux records de température pour le mois de mai ont été établis dans certaines stations, et la chaleur extrême qui a sévi en juillet a réduit de près de 50 % la production d'agrumes. En Égypte, les températures maximales en juillet ont atteint 47,6 °C à Louxor. En Afrique de l'Ouest, le mois de mai a été anormalement chaud au Burkina Faso et au Niger, avec des températures 3 °C au-dessus de la normale.

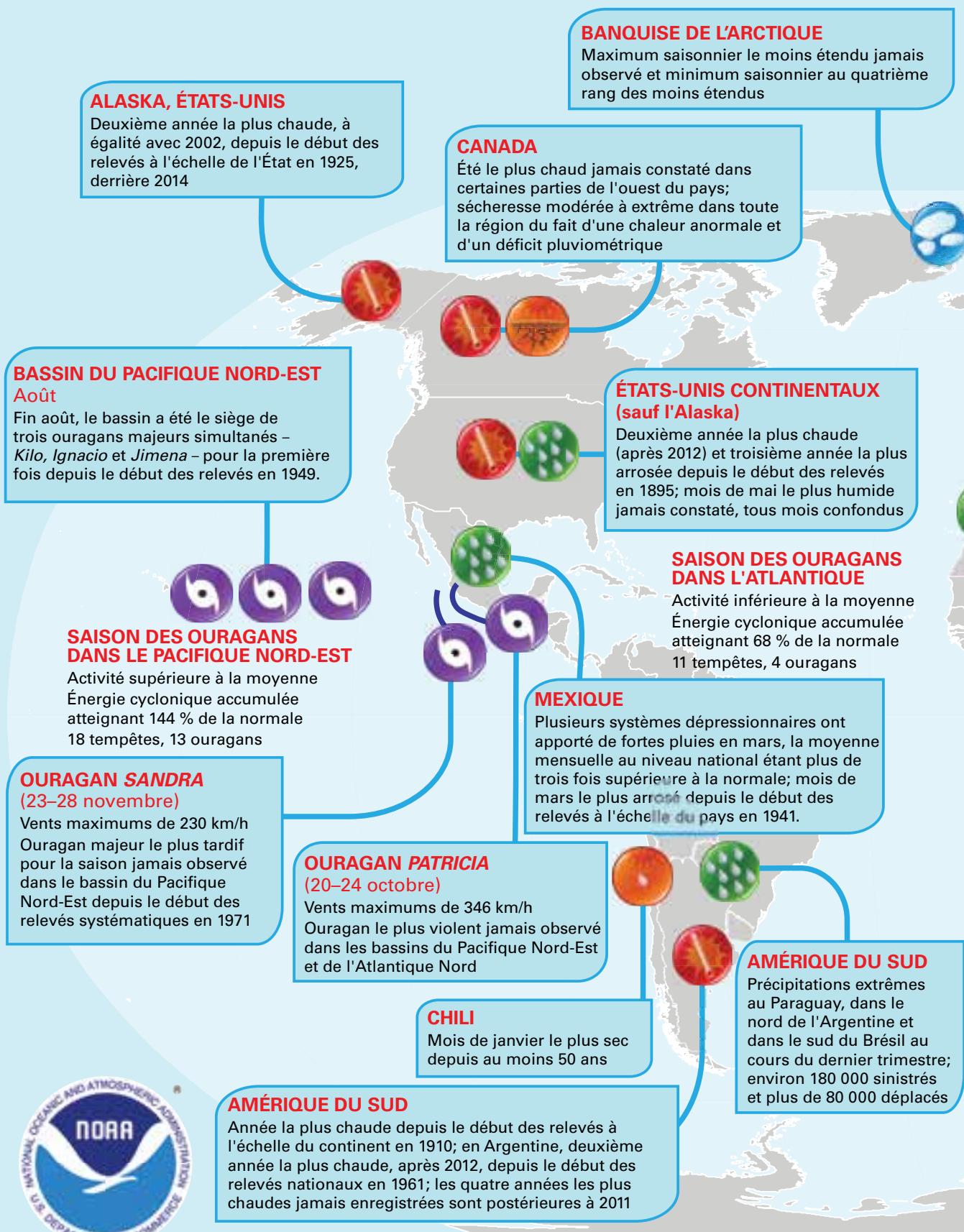
Figure 10. Anomalies annuelles des précipitations en Afrique (par rapport à la moyenne de la période de référence 1951–2000), en mm par mois, pour l'année 2015. (Source: Centre mondial de climatologie des précipitations, Allemagne)

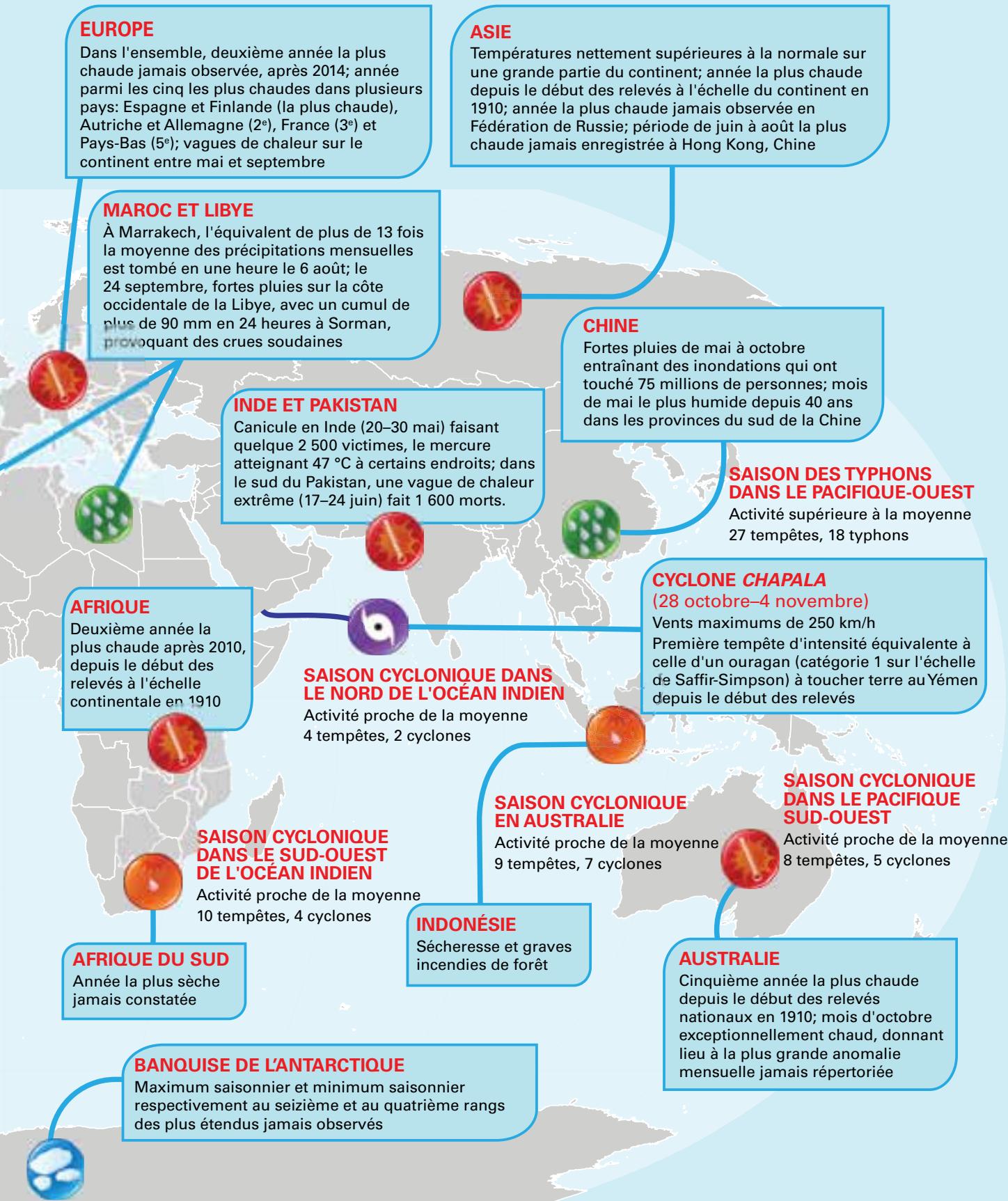
En février, de fortes pluies ont touché l'Afrique du Nord. La ville marocaine d'Al Hoceima, où la hauteur mensuelle des précipitations est normalement de 36 mm, a reçu 206 mm de pluie en février, dont 88 mm dans la seule journée du 18 février. En septembre, l'ouest du littoral de la Libye a également connu des précipitations abondantes, plus de 90 mm tombant en 24 heures à Sorman (où la moyenne mensuelle est de 8 mm), ce qui a provoqué des crues soudaines. De septembre à la fin de l'année, le Maroc a connu une grave sécheresse.

En Afrique de l'Ouest, la mousson a provoqué des inondations importantes. De fortes pluies ont causé des inondations en juillet et en août, faisant plus de 21 000 sinistrés au Burkina Faso. Au Niger, le cumul annuel des précipitations est proche de la normale, mais des chutes de pluie abondantes (plus de 100 mm en 24 heures) ont été enregistrées en plusieurs endroits, avec pour conséquence des inondations qui ont fait 25 morts. De fortes pluies et des inondations ont également touché la Gambie et le Mali (figure 10).

Figure 11. Extrêmes climatiques qui ont marqué l'année 2015.

(Source: Carte et information fournies par le Centre national de données climatologiques, NOAA, États-Unis d'Amérique, <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc>)







Plus au sud, la République-Unie de Tanzanie a connu des précipitations intenses et des inondations en mars, mai et novembre. Plusieurs épisodes de précipitations extrêmes, donnant lieu à des cumuls journaliers records, ont fait plus de 50 morts. Maurice, dans le sud-ouest de l'océan Indien, a enregistré son mois de juin le plus arrosé depuis 1976, le cumul mensuel des précipitations s'élevant à 180 % de la normale pour ce mois. En janvier, de fortes pluies ont causé des inondations au Malawi, au Mozambique et au Zimbabwe.

En Afrique du Sud, la période juillet 2014–juin 2015 a été, en moyenne, la plus sèche depuis 1991/92 et se classe au troisième rang des plus sèches depuis 1932/33. À la fin de l'été, la sécheresse persistante a eu de graves conséquences sur la récolte du maïs, de la canne à sucre et du sorgho. Dans son ensemble, 2015 a été l'année la plus sèche depuis le début des relevés.

ASIE

Des vagues de chaleur de grande ampleur ont touché le sous-continent indien. Certaines stations de l'Odisha, du Telangana et de l'État côtier de l'Andhra Pradesh ont relevé des températures d'environ 47 °C entre le 23 et le 26 mai (figure 12). Environ 2 500 personnes sont mortes à cause de la chaleur, dont plus de 2 000 dans les seuls États indiens du Telangana et de l'Andhra Pradesh, au sud du pays. Un épisode de chaleur extrême a également sévi au sud du Pakistan du 17 au 24 juin, où les températures ont dépassé 40 °C. La chaleur a fait plus de 1 400 victimes à Karachi et environ 200 dans d'autres parties de la province du Sind. S'il est courant d'observer une chaleur extrême dans le sous-continent indien lors de la saison qui précède

la mousson, le phénomène a touché en 2015 une zone plus vaste qu'à l'habitude, englobant jusqu'à l'Andhra Pradesh dans l'est de l'Inde et le littoral du Pakistan, et s'est accompagné par endroits d'une très forte humidité.

Le 31 juillet, la ville côtière de Bandar Mahshahr, en République islamique d'Iran, a affiché une température de 46 °C, associée à un point de rosée de 32 °C. La concomitance entre cette forte chaleur et cette humidité élevée est exceptionnelle. L'Observatoire de Hong Kong a connu son été le plus chaud depuis le début des relevés en 1884. Le 8 août, il a enregistré un nouveau record de chaleur avec une température de 36,3 °C; le précédent record, de 36,1 °C, datait de 1990.

Sur le sous-continent indien, l'année a été marquée à la fois par des conditions sèches et par des épisodes pluvieux intenses. En Inde, le cumul des précipitations pendant la saison de la mousson d'été, de juin à septembre, correspond à 86 % de la normale. L'Inde a également connu une pluviosité inférieure à la moyenne en 2014. C'est la quatrième fois en 115 ans de relevés qu'il pleut moins que la normale pendant deux années consécutives. À l'autre extrême, de fortes pluies de mousson ont provoqué des inondations qui ont fait plus de 200 morts, principalement dans le Bengale-Occidental et l'Assam. En novembre et début décembre, des épisodes pluvieux exceptionnels ont provoqué des inondations dans le Tamil Nadu et l'Andhra Pradesh qui ont fait plus de 100 morts.

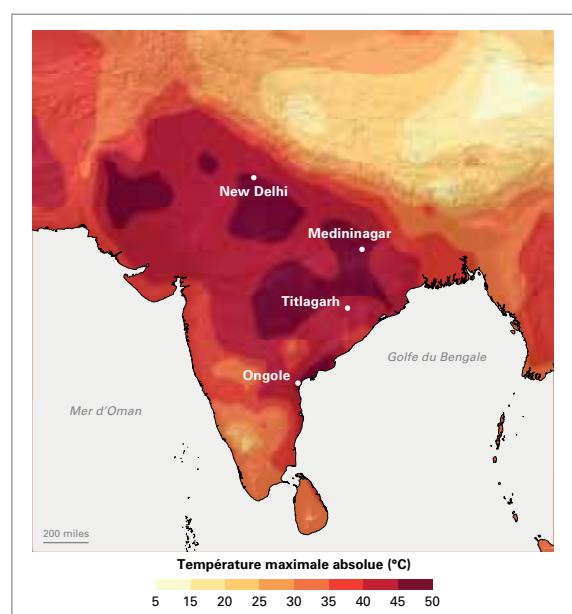


Figure 12. Températures maximales relevées entre le 24 et le 30 mai 2015.
(Source: NOAA, États-Unis d'Amérique (climate.gov), à partir de l'interpolation des données de stations météorologiques fournies par le Service météorologique indien)

KARACHI, PAKISTAN

Une fuite dans les canalisations constitue une aubaine pour les personnes accablées de chaleur.



Le Pakistan a connu une mousson d'été erratique, 90 % du cumul saisonnier étant concentré dans la première moitié de la saison, dans des zones rarement atteintes par les pluies. À la station de Mianwali, 340 mm de pluie sont tombés en l'espace de 36 heures les 2 et 3 août, alors que la normale pour ce mois est de 115,9 mm. Le pays a également connu un temps atypique en mars et en avril, où de fortes pluies et un gel tardif ont endommagé les cultures. Phénomène rare, une tornade a frappé la vallée de Peshawar le 27 avril, faisant 45 morts.

En Chine, la mortalité liée aux conditions météorologiques a été plus basse que la moyenne des quinze dernières années et les zones touchées par des conditions extrêmes, moins nombreuses. Entre mai et septembre, le pays a connu 35 épisodes de fortes pluies. Les inondations qui s'en sont suivies ont touché 75 millions de personnes et les pertes économiques ont été estimées à 25 milliards de dollars É.-U. Entre le 5 et le 31 mai, le cumul des précipitations dans le comté de Huanan, légèrement supérieur à celui de 2014, a atteint 150 % de la normale, son plus haut niveau depuis près de 40 ans. Cependant, dans le nord de la Chine, l'est du nord-ouest du pays et la province du Liaoning, l'été et l'automne ont été dominés par de graves vagues de sécheresse successives qui ont sérieusement endommagé les cultures de maïs et de pommes de terre.

Une sécheresse qui a sévi sur la partie européenne de la Fédération de Russie à la fin du printemps et pendant l'été a entraîné de mauvaises récoltes sur une superficie de plus de 1,5 million d'hectares, causant des pertes économiques de l'ordre de 9 milliards de roubles environ. Les zones suivantes ont été particulièrement touchées: les régions de Volgograd et de Saratov, le long de la Volga, la région d'Orenbourg, à l'est, et la République de Kalmoukie dans le sud de la partie européenne de

la Fédération de Russie. Dans la partie asiatique de la Fédération de Russie, une sécheresse a frappé la République de Bouriatie à la fin du printemps et durant l'été. Des feux de forêt ont ravagé respectivement 460 000 et 880 000 hectares en République de Bouriatie et en Transbaïkalie.

AMÉRIQUE DU SUD

La majeure partie du continent a enregistré des températures supérieures à la normale, les anomalies positives allant jusqu'à 2 °C. Les températures les plus élevées ont été relevées dans la République bolivarienne du Venezuela et en Colombie, sur le littoral caribéen, et dans le nord du Chili et le sud-est du Brésil. Après un automne et un hiver australs remarquablement chauds, lors desquels plusieurs records de température ont été établis, l'Argentine a connu un printemps plus froid que la normale et son mois d'octobre le plus froid jamais constaté. Toutefois, pour le pays dans son ensemble, 2015 est la deuxième année la plus chaude dans l'histoire des relevés.

Lors d'un épisode El Niño, le Brésil et les régions du nord de l'Amérique du Sud reçoivent d'ordinaire moins de précipitations qu'à l'accoutumée. Au Brésil, où le manque d'eau sévissait déjà en début d'année dans les régions du sud et de l'est, la sécheresse s'est déplacée vers le bassin de l'Amazone, dans le nord, où les pluies se sont faites rares durant la saison sèche (figure 13). Au cours du dernier trimestre, la sécheresse persistante en Colombie et dans la République bolivarienne du Venezuela a eu de graves incidences sur l'agriculture, l'élevage bovin et la production hydroélectrique.

En janvier, l'ensemble du Chili a connu des conditions plus sèches que la normale, les déficits les plus importants étant constatés dans le sud du pays. Dans certaines zones, ce fut le mois de janvier le plus sec depuis au moins 50 ans. Les stations de Temuco et Valdivia, situées à mi-chemin entre le nord et le sud du pays, n'ont relevé aucune précipitation de tout le mois. En Patagonie (sud de l'Argentine), une chaleur anormale et une pluviométrie déficiente en début d'année ont offert des conditions propices à l'un des plus grands feux de forêt qu'ait connu l'Argentine. D'une durée de près de deux mois, il a ravagé 41 000 hectares de forêts naturelles.

En février et mars, de fortes pluies, à l'origine d'inondations, ont touché plusieurs endroits d'Amérique du Sud. En Argentine, plusieurs

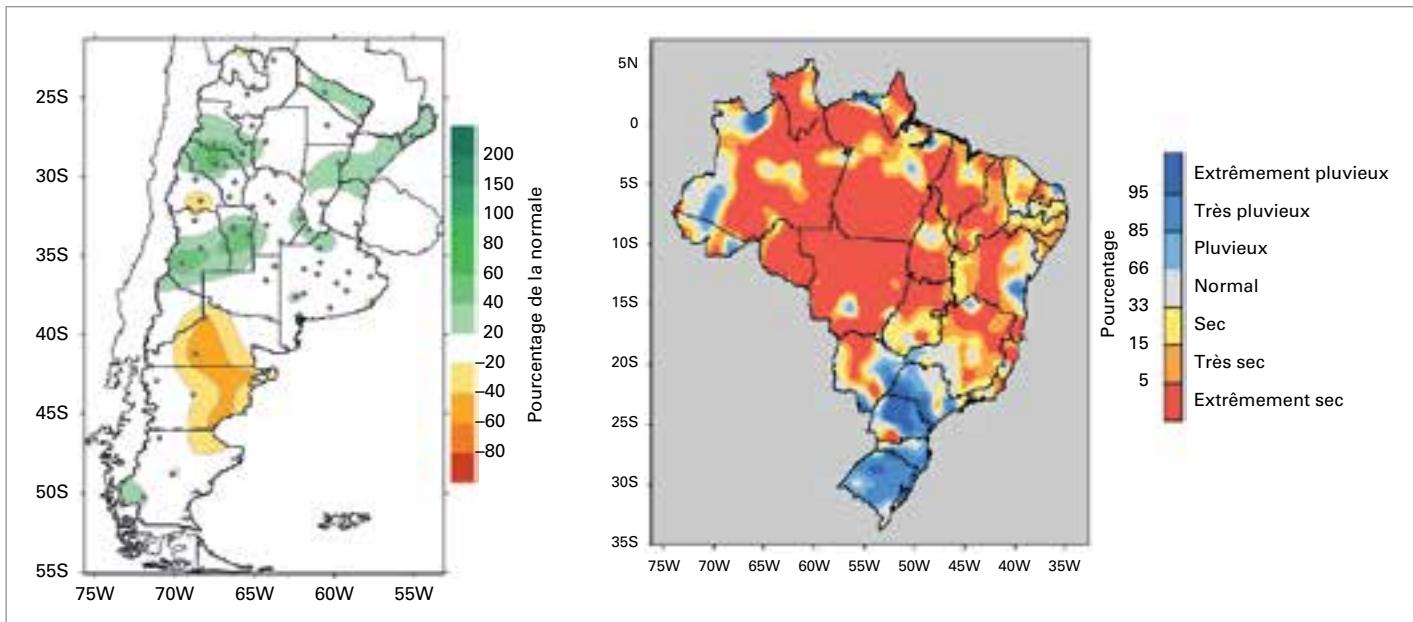


Figure 13. Anomalies des précipitations annuelles en Argentine (gauche), exprimées en pourcentages de la normale, et anomalies des précipitations normalisées au Brésil (droite), pour l'année 2015. (Sources: Servicio Meteorológico Nacional, Argentine et Instituto Nacional de Meteorología, Brésil)

stations météorologiques en service depuis de longues années ont enregistré de nouveaux records de précipitations pour un mois de février. À l'Observatoire de Córdoba, 385 mm de pluie sont tombés au cours du mois, effaçant le vieux record de 266 mm établi en 1889. En mars, au Chili, des pluies anormalement fortes ont touché la région d'Atacama, dans le nord du pays, causant des inondations et des glissements de terrain dans les villes de Copiapó et Chañaral, notamment, alors que plus au sud régnait la sécheresse.

Au dernier trimestre de 2015, des précipitations extrêmes ont été observées dans plusieurs parties de l'Amérique du Sud, notamment le Paraguay, le nord de l'Argentine et le sud du Brésil. Environ 180 000 personnes ont été touchées par des inondations et plus de 80 000 ont dû être déplacées.

AMÉRIQUE DU NORD, AMÉRIQUE CENTRALE ET CARAÏBES

L'année a été anormalement chaude dans l'ouest du Canada et aux États-Unis d'Amérique. 2015 est la deuxième année la plus chaude jamais observée dans la partie continentale des États-Unis (sauf l'Alaska), et la plus chaude dans quatre États. Au Canada, les températures moyennes hivernales le long de la côte pacifique ont été les plus hautes jamais relevées. Pour certains États des États-Unis, le mois de février s'est classé au deuxième rang des plus froids jamais enregistrés tandis qu'en

décembre, des records de chaleur ont été battus dans 29 États.

Sous l'influence d'El Niño, de faibles cumuls annuels de précipitations ont fréquemment été enregistrés dans toute l'Amérique centrale et les Caraïbes. À Porto Rico, ces cumuls de pluie inférieurs à la normale ont conduit à une sécheresse et à un rationnement de l'eau dans certaines zones.

ALASKA, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Plus de 700 feux de forêt ont été signalés en Alaska en juillet et près de 2 millions d'hectares ont été détruits au cours de l'été.



Sherman Hogue / Fort Wainwright PAO

Le temps chaud et sec observé dans la majeure partie de l'ouest des États-Unis durant l'année a été propice aux incendies. En Alaska, plus de 400 feux de forêt ont ravagé 728 000 hectares en mai, pulvérisant ainsi le précédent record qui était de 216 incendies et de 445 000 hectares, et en juillet, plus de 700 feux de forêt ont été signalés dans ce même État, qui ont calciné près de 2 millions d'hectares durant l'été. Des incendies de grande ampleur ont sévi dans tout le nord-ouest en août. Dans l'État de Washington, l'incendie baptisé *Okanagan Complex Fire*, le plus grand qu'ait jamais connu cet État, a détruit plus de 121 000 hectares.

Le mois de mai a été le plus arrosé jamais constaté dans la partie continentale des États-Unis (sauf l'Alaska), où l'on n'avait jamais vu tomber autant d'eau en un mois en 121 ans de relevés (figure 14). Le Colorado, l'Oklahoma et le Texas ont chacun enregistré des précipitations records au cours du mois. Les pluies de mai ont mis un terme à la sécheresse qui touchait les plaines du sud depuis 2011. Un manque de pluie persistant a toutefois continué de sévir plus à l'ouest. Les bassins hydrographiques de l'ouest sont tributaires de l'enneigement pour l'approvisionnement en eau. Or, le 1^{er} avril, l'équivalent en eau de la couverture de neige ne représentait que 5 % de la normale dans cette partie du pays – son niveau le plus bas depuis le début des mesures en 1950. Jusqu'alors, il n'avait jamais été mesuré à moins de 25 % de la normale, niveau atteint en 1977 et 2014.

Début octobre, en s'éloignant de la côte est, l'ouragan *Joaquin* a interagi avec un système dépressionnaire et a fait entrer de l'air tropical sur les Carolines. Des cumuls de pluie records sur cinq jours, de 380 à 630 mm, ont été fréquemment

enregistrés, et les inondations qui en ont résulté ont fait 16 morts. Des précipitations extrêmes et des crues soudaines, dues en partie aux résidus de l'ouragan *Patricia*, ont également touché certaines zones du Texas. Enfin, le mois de décembre a été à la fois le plus humide et le plus chaud jamais observé dans la partie continentale des États-Unis (sauf l'Alaska).

Le Mexique a connu son mois de mars le plus arrosé depuis le début des relevés en 1941. À l'échelle nationale, les chutes de pluie ont atteint 69,9 mm, niveau nettement au-dessus de la normale, qui est de 14,7 mm. En Basse-Californie et en Basse-Californie du Sud, le mois de juin a été le plus pluvieux jamais constaté. Dans le Sonora, il se classe au deuxième rang des mois de juin les plus pluvieux jamais constatés, et dans l'Aguascalientes et le Zacatecas, au centre et au nord du pays, au troisième rang.

PACIFIQUE SUD-OUEST

En Indonésie, la faible pluvirosité liée à l'épisode El Niño a augmenté le risque et la fréquence des feux de friche, ce qui a conduit à une détérioration de la qualité de l'air. Lors du premier semestre, 40 provinces de la partie nord de la Thaïlande ont enregistré leur deuxième cumul de précipitations le plus faible depuis 64 ans.

L'Australie a connu son mois d'octobre le plus chaud depuis le début des relevés, et jamais une anomalie aussi grande n'avait été observée au cours d'un mois quelconque. La canicule du début du mois a battu tous les records de chaleur pour un début de saison dans le sud du pays. Dans l'ensemble, 2015 se classe au cinquième rang des années les plus chaudes qu'ait connues l'Australie.

Globalement, l'Australie a enregistré un déficit pluviométrique de 4 % en 2015. Certaines régions ont été beaucoup plus arrosées que la normale, mais d'autres ont reçu beaucoup moins de précipitations (figure 15). L'épisode El Niño a probablement contribué au déficit pluviométrique observé dans l'est du pays (figure 7), son influence étant toutefois modérée par des changements de température de surface de la mer dans l'océan Indien (le dipôle de l'océan Indien était positif d'août à novembre). Depuis la fin de l'épisode La Niña le plus récent, au début de 2012, une série d'années sèches ont fait revenir une sécheresse durable dans l'ouest de l'État de Victoria, l'Australie-Méridionale et le sud-ouest de l'Australie-Occidentale. En Nouvelle-Zélande, les

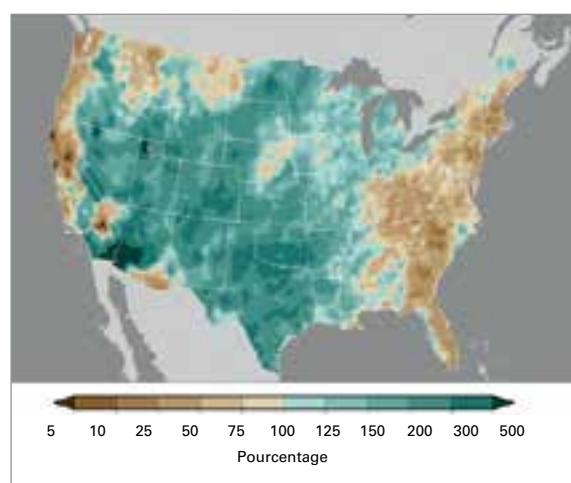


Figure 14. Anomalies de précipitations aux États-Unis en mai 2015, exprimées en pourcentages de la moyenne calculée pour le XX^e siècle. (Source: Centre national d'information sur l'environnement, NOAA, États-Unis d'Amérique)

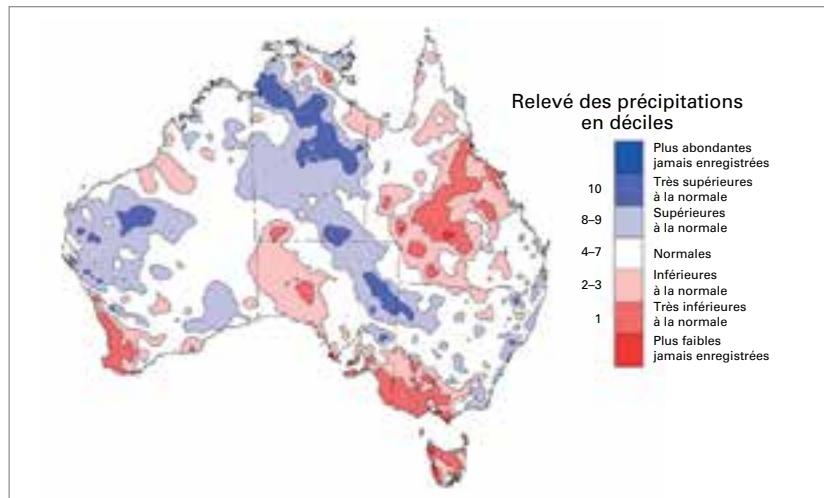


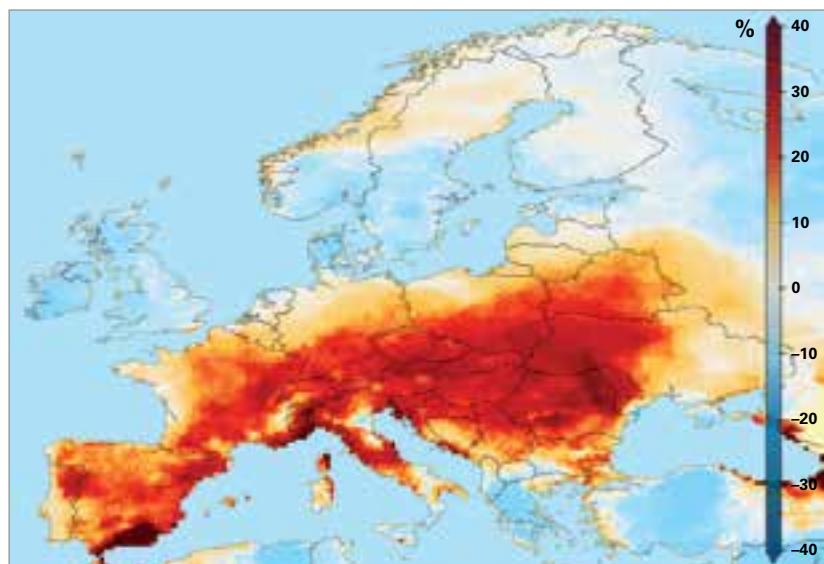
Figure 15. Cumuls annuels de précipitations en Australie en 2015, exprimés en déciles. (Source: Bureau météorologique australien)

cumuls de précipitations annuels ont été inférieurs à la normale dans certaines zones – les villes de Kaitaia et Kerikeri ont enregistré leur année la plus sèche – mais proches de la normale dans le reste du pays.

EUROPE ET MOYEN-ORIENT

Figure 16. Nombre de journées chaudes de l'été 2015 en Europe (c'est-à-dire, au cours desquelles la température a dépassé le 90^e percentile de la période de référence 1981–2010) exprimé en pourcentage de la moyenne. (Source: Institut météorologique royal des Pays-Bas)

Des vagues de chaleur ont touché l'Europe entre mai et septembre (figure 16). Des records de températures mensuelles moyennes ont été battus en juillet en Autriche et en Espagne. La chaleur a souvent été intense. En Allemagne, un nouveau record national de chaleur a été établi le 5 juillet à Kitzingen, où le mercure a atteint 40,3 °C. En Espagne, une température de 42,6 °C a été relevée en mai aux aéroports de Lanzarote et de Valence, soit 6 °C de plus que la plus haute température jamais mesurée jusqu'alors à ces endroits au cours d'un mois de



mai. En France, en Espagne et en Pologne, plusieurs stations ont battu leur record de température la plus haute. Le Royaume-Uni a enregistré un nouveau record de chaleur pour le mois de juillet, avec une température de 36,7 °C relevée le 1^{er} juillet. Du 1^{er} au 4 août, la Jordanie a connu des températures de près de 8 °C au-dessus de la normale, avec un pic de 47 °C à Wadi El Rayan. Du 15 au 20 septembre, sept stations de Bosnie-Herzégovine ont enregistré de nouveaux records mensuels de chaleur, alors que la République de Moldova et la Serbie ont battu des records de températures quotidiennes pour un mois de septembre. En Israël, le 9 septembre, la ville de Sodom a affiché une température minimale de 36,5 °C, soit la température minimale quotidienne la plus élevée jamais enregistrée dans le pays, le précédent record de 36 °C, établi à Tibériade, datant de 1936. Entre juin et septembre, des stations ont enregistré des records de chaleur jusqu'en Azerbaïdjan.

Dans certains cas, les vagues de chaleur ont été anormalement longues. En mai, la ville de Beja, au Portugal, a vu 19 jours afficher une température maximale supérieure à 30 °C, alors que la normale est de cinq jours. À Slap, dans la vallée de Vipava, en Slovénie, des températures dépassant les 30 °C ont été enregistrées pendant 54 jours entre juin et août. L'Espagne a connu une vague de chaleur du 27 juin au 22 juillet, de loin le plus long épisode de ce type jamais relevé dans le pays. Entre juin et août, la Slovénie a subi cinq vagues de chaleur, et la capitale Ljubljana a connu une série inédite de 21 jours où les températures ont dépassé 30 °C. En Hongrie, durant l'été, des températures supérieures à 30 °C ont été relevées pendant 41 jours, ce qui représente 22 jours de plus que la normale.

Les mois de novembre et décembre ont été anormalement chauds en Europe. Le mois de décembre a même été le plus chaud jamais constaté dans un certain nombre de pays, dont le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas. D'après la série *Central England Temperature*, il s'agit du mois de décembre le plus chaud depuis au moins 1659. La Finlande et le Royaume-Uni ont connu leurs journées les plus chaudes jamais enregistrées pour un mois de novembre. La même situation a eu lieu en décembre en Estonie, en Finlande et dans la République de Moldova.

Le mois de janvier a été pluvieux sur de vastes zones d'Europe du Nord et de Scandinavie. Dans l'ouest de la Finlande, de nombreuses stations météorologiques ont enregistré des cumuls mensuels

de précipitations records. En Suède, Piteå a reçu 134,6 mm de pluie en janvier, ce qui en fait le mois de janvier le plus arrosé depuis au moins 1860. Chypre a été largement touchée par de fortes pluies qui ont causé des inondations et des glissements de terrain. Au mois de février certains pays d'Europe du Sud ont connu une pluviosité intense, qui s'est soldée par des inondations dans des régions de l'Albanie, de l'ex-République yougoslave de Macédoine, de la Grèce et de la Bulgarie.

En Espagne, entre le 20 et le 24 mars, certaines parties de la Castille ont reçu 300 mm de pluie. En Suède, le mois de mai a été très pluvieux sur la quasi-totalité du pays. Plusieurs stations en service depuis plus de 100 ans ont battu leurs records mensuels de précipitations tandis que Stockholm a connu son mois de mai le plus arrosé depuis 200 ans. En Finlande, en Norvège et au Danemark, mai se classe au deuxième rang des mois de mai les plus pluvieux jamais constatés.

En France, trois périodes ont connu des précipitations particulièrement abondantes. La première, les 23 et 24 août, a vu Montpellier, dans le Languedoc, recevoir 108,1 mm de pluie en une heure, le plus fort cumul de précipitations sur une heure jamais enregistré à cet endroit. Entre les 12 et 13 septembre, plusieurs stations ont enregistré des cumuls de précipitations supérieurs à 200 mm. Enfin, le 3 octobre, près de 200 mm de pluie sont tombés en deux heures sur certaines zones des Alpes-Maritimes, causant la mort de 20 personnes.

En Irlande, les 11 et 13 septembre, des stations des comtés de Galway et Mayo ont enregistré des cumuls de précipitations sur 24 heures d'un niveau record, supérieur à 100 mm, ce qui a entraîné des inondations. À la mi-octobre, la Bosnie-Herzégovine a connu de fortes pluies qui se sont soldées par des inondations dans les villes de Mostar et Stolac. Au Royaume-Uni, le plus fort cumul de précipitations jamais constaté en l'espace de 24 heures est survenu en décembre (341,4 mm au col d'Honister, dans le comté de Cumbria, au cours de la période de 24 heures se terminant à 1800 GMT, le 5 décembre 2015), et le pays a connu son mois de décembre le plus pluvieux depuis le début des relevés.

Certaines zones ont été soumises à des conditions particulièrement sèches. L'Autriche a ainsi connu un mois d'avril très sec – le deuxième le plus sec depuis 1813 à Klagenfurt – qui a conduit à des feux de forêt. Dans certaines zones de l'ouest de

la Slovaquie, la période comprise entre fin mai et mi-août a été la plus sèche depuis 1872. En juillet, des records de faible pluviométrie ont été battus dans plusieurs régions de France, tandis qu'une sécheresse extrême a sévi dans de vastes zones de la Serbie. L'Estonie a connu son mois d'octobre le plus sec depuis 1961, l'Autriche son deuxième mois de décembre le plus sec depuis 1858, et la Hongrie son troisième mois de décembre le plus sec depuis 1901.

ACTIVITÉ CYCLONIQUE

Au niveau mondial, 91 tempêtes tropicales ont été observées en 2015. Une tempête baptisée est, par définition, une tempête tropicale pour laquelle la vitesse du vent est supérieure ou égale à 63 km/h. Le total annuel est supérieur à la normale pour la période 1981–2010, qui s'élève à environ 85 tempêtes par an, et se situe légèrement au-dessus du 75^e percentile, qui est de 90 tempêtes par an. Le plus petit total enregistré au cours d'une année dans l'ère des satellites modernes a été de 67 tempêtes en 2010.

Dans le bassin de l'**Atlantique Nord**, on dénombre 11 tempêtes baptisées. Quatre d'entre elles ont atteint le stade d'ouragan, dont deux (*Danny* et *Joaquin*) celui d'ouragan majeur. Ce résultat est légèrement inférieur à la normale, qui est de 12 tempêtes, six ouragans et trois ouragans majeurs. Le phénomène El Niño s'accompagne habituellement d'une limitation de l'activité cyclonique dans l'Atlantique Nord. L'énergie cyclonique accumulée (ACE) est un indice qui reflète l'intensité et la durée des tempêtes tropicales. En 2015, dans le bassin de l'Atlantique, elle a atteint 68 % environ de sa valeur normale.

Dix-huit tempêtes baptisées ont pris naissance dans le bassin du **Pacifique Nord-Est**. Treize d'entre elles se sont transformées en ouragans et neuf sont devenues des ouragans majeurs. Pour la période 1981–2010, la normale est de 15 tempêtes, huit ouragans et quatre ouragans majeurs par an. L'ouragan *Patricia* (du 20 au 24 octobre) est le plus violent jamais observé aussi bien dans le bassin Atlantique que dans celui du Pacifique Nord-Est, avec des vents maximums soutenus de 346 km/h. Il a touché terre sur la côte mexicaine le 24 octobre, soufflant à plus de 241 km/h sur une zone peu peuplée. Les résidus de l'ouragan *Patricia* ont contribué aux fortes pluies et aux inondations qui ont touché les plaines du sud des États-Unis et la basse vallée du Mississippi. Dans le bassin du Pacifique Nord-Est,

l'énergie cyclonique accumulée a été supérieure d'environ 44 % à la normale, soit son plus haut niveau depuis 1993. Dans la région du Pacifique central, on recense sept tempêtes baptisées, dont trois ont atteint la force d'un ouragan.

Le bassin du **Pacifique Nord-Ouest** a été le siège de 27 tempêtes baptisées, dont 18 ont atteint le stade de typhon. La moyenne annuelle est de 26 tempêtes et 17 typhons. En octobre, le typhon *Koppu*, connu localement sous le nom de *Lando*, a touché terre dans les Philippines, où il a fait de nombreux sinistres et causé des dégâts considérables. En raison des trajectoires des tempêtes, pour la première fois depuis 1946, aucun avis de tempête n'a été émis à Hong Kong, Chine, en août et en septembre. Six typhons ont touché terre en Chine, dont trois – *Chan-hom*, *Soudelor* et *Mujigae* – ont entraîné des pertes économiques estimées au total à 8 milliards de dollars É.-U.

Quatre tempêtes baptisées se sont formées dans le **nord de l'océan Indien**, alors que la normale est de 5 par an. *Komen* est apparu sous la forme d'une dépression tropicale au-dessus du nord-est du golfe du Bengale, à proximité des côtes du Bangladesh. Il a augmenté d'intensité en mer avant de toucher terre à l'état de tempête tropicale. Les précipitations liées à cette tempête et les pluies de mousson ont causé de graves inondations et des glissements de terrain au Myanmar. Le Bangladesh a également été touché

par des crues soudaines et des glissements de terrain. La tempête est arrivée à la suite d'une période de fortes pluies qui avait commencé le 24 juin. Le cyclone tropical *Chapala* a touché terre au Yémen, provoquant des inondations majeures. C'est le premier cyclone tropical qui ait atteint le Yémen avec une intensité correspondant à celle d'un ouragan depuis le début de l'ère satellitaire. L'île de Socotra a été touchée à la fois par le cyclone *Chapala* et par le cyclone *Megh*, qui s'est formé peu après que *Chapala* avait touché terre. *Chapala* était une tempête de catégorie 3 lors de son passage au nord de l'île de Socotra, et *Megh* était une tempête de catégorie 2.

Dans le **sud-ouest de l'océan Indien**, on a observé 10 tempêtes baptisées au cours de la saison cyclonique 2014/15, soit un total légèrement supérieur à la normale, qui est de 9 tempêtes par an. Quatre de ces tempêtes sont devenues des cyclones tropicaux et deux ont atteint le stade de cyclone tropical intense. L'année calendaire 2015, qui contient la fin d'une saison et le début de la suivante, a vu la formation de 11 tempêtes baptisées.

Dans le bassin **australien**, neuf tempêtes baptisées se sont formées au cours de la saison cyclonique 2014/15. Au cours de l'année 2015, qui comprend la fin d'une saison et le début de la suivante, sept tempêtes baptisées ont été observées, soit un nombre légèrement inférieur à la normale, qui est de 10 tempêtes. Le cyclone tropical *Marcia* est le



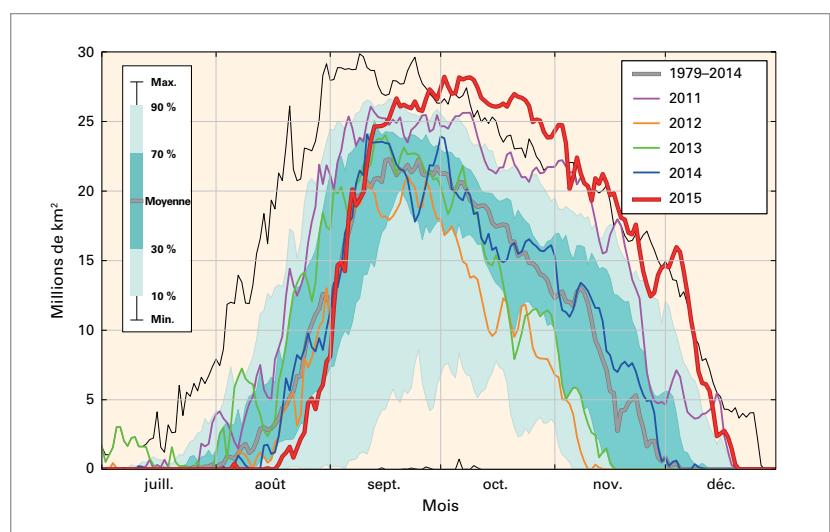
plus intense qui ait jamais touché terre aussi bas sur la côte est, au moins dans l'ère des satellites modernes. Le cyclone tropical *Raquel* est survenu à la fin juin, période inhabituelle. Jamais une tempête aussi tardive n'avait été observée à l'est de l'Australie depuis le début de l'ère satellitaire. Le seul cyclone hivernal relevé jusqu'alors dans cette zone s'était produit au début du mois de juin 1972.

Le **Pacifique Sud-Ouest** a été le siège de 11 tempêtes baptisées, alors que la moyenne annuelle est de 6. Le cyclone tropical *Pam* a atteint l'archipel de Vanuatu le 13 mars en catégorie 5, détruisant de nombreuses habitations. Le Gouvernement des Tuvalu a déclaré l'état d'urgence le 13 mars à la suite de graves inondations dues à l'onde de tempête et à la houle. D'importants dégâts ont été signalés dans les trois îles du sud des Kiribati. Les îles Salomon ont elles aussi été touchées. Au total, la saison cyclonique 2014/15 a donné lieu à huit tempêtes baptisées.

SUBSTANCES NOCIVES POUR L'OZONE

Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrisent la couche d'ozone a tenu ses promesses et il a été mis fin à l'utilisation des chlo-rofluorocarbures et des halons. Toutefois, du fait de leur longue durée de vie, ces composés resteront présents dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies. La quantité de chlore et de brome qui subsiste dans l'atmosphère est plus que suffisante pour détruire complètement l'ozone à certaines altitudes au-dessus de l'Antarctique entre août et décembre. Par conséquent, l'évolution de la taille du trou de la couche d'ozone d'une année à l'autre est principalement déterminée par les conditions météorologiques.

En 2015, les températures relevées dans la stratosphère ont été plus basses que la normale (période de référence 1979–2014) pendant l'hiver et le printemps austral. Dans l'hémisphère austral, le tourbillon polaire a été particulièrement stable et concentrique autour du pôle. La zone circonscrite par le tourbillon a été plus large qu'à l'habitude, et, selon les données issues de la réanalyse ERA Interim du Centre européen pour les prévisions



météorologiques à moyen terme, sa taille moyenne pendant le mois d'octobre a été la plus grande jamais observée. Ces facteurs ont eu pour effet de retarder le début de la déperdition d'ozone.

Cependant, une fois le phénomène enclenché, à la mi-août, il a été très rapide et, d'après une analyse de la NASA, la superficie du trou de la couche d'ozone a atteint son maximum saisonnier le 2 octobre, avec 28,2 millions de km² (figure 17). Selon une analyse menée à l'Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI), la superficie maximale du trou de la couche d'ozone a été atteinte le 9 octobre et s'est établie à 27,1 millions de km². Le trou de la couche d'ozone de l'année 2015 se classe donc au quatrième ou au cinquième rang des plus grands jamais enregistrés, après ceux de 2000, 2003 et 2006 selon les deux analyses, ainsi qu'après celui de 1998 selon l'analyse du KNMI.

En prenant pour base de calcul la période de 60 jours consécutifs au cours de laquelle ont été observées les superficies journalières les plus grandes, la superficie moyenne du trou de la couche d'ozone a été, selon les données de la NASA, de 25,6 millions de km², mesure qui fait du trou de la couche d'ozone de 2015 le plus grand jamais constaté. Dans l'analyse du KNMI, la superficie obtenue est de 24,2 millions de km², ce qui classe le trou de la couche d'ozone de 2015 au deuxième rang des plus grands jamais enregistrés, à égalité avec celui de 1998, et derrière celui de 2006.

Figure 17. Zone (en millions de km²) où la colonne totale d'ozone est inférieure à 220 unités Dobson. L'année 2015

est indiquée en rouge, et d'autres années où le trou de la couche d'ozone a atteint une grande taille sont représentées à des fins de comparaison. La courbe grise en gras est la moyenne de la période 1979–2014; les zones ombrées bleu-vert, l'une sombre et l'autre claire, représentent respectivement les valeurs comprises entre le 30^e et le 70^e percentile, et entre le 10^e et le 90^e percentile; et les fines courbes noires indiquent les valeurs journalières maximale et minimale observées pendant la période de référence. Ce diagramme est élaboré par l'OMM à partir des données publiées sur le site Web Ozonewatch (<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>) de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA), données elles-mêmes établies sur la base des observations satellitaires des instruments OMI et TOMS.

L'augmentation du contenu thermique des océans révèle la progression constante du réchauffement mondial

Matthew D. Palmer,³ Susan Wijffels,⁴
John A. Church⁴

Dans un climat stable, la quantité d'énergie absorbée par le système Terre en provenance du Soleil est compensée par la quantité d'énergie que la Terre renvoie dans l'espace sous forme de rayonnement infrarouge thermique. Cependant, l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre a créé un déséquilibre en réduisant le rayonnement émis et en entraînant une accumulation d'énergie dans le système Terre au fil du temps. Le taux d'augmentation de la quantité d'énergie présente dans le système climatique, appelé déséquilibre énergétique de la Terre, est le paramètre qui a la plus grande incidence sur le rythme du changement climatique planétaire.

Au bout d'une année environ, la plus grande part (plus de 90 %) du déséquilibre énergétique de la Terre est absorbée par les océans, qui se réchauffent en conséquence. Dès lors, la surveillance des températures océaniques, et donc de l'évolution du contenu thermique des océans, nous permet de suivre les variations du déséquilibre énergétique de la Terre. Les observations du contenu thermique des océans ont joué un rôle clé dans l'évaluation des modèles climatiques et dans la détection des changements climatiques anthropiques et la détermination de leurs causes. Elles jouent aussi un rôle essentiel en offrant un «ancrage» aux estimations de l'évolution du déséquilibre énergétique de la Terre basées sur des observations par satellite.

Le réchauffement des océans entraîne leur expansion, ce qui se traduit par une élévation du niveau de la mer, tant au niveau régional qu'au niveau mondial. L'augmentation du contenu thermique des océans est responsable de 40 % environ de l'élévation du niveau de la mer observée à l'échelle mondiale au cours des 60 dernières années, et devrait continuer d'y contribuer dans une proportion similaire. En outre, le réchauffement des eaux océaniques adjacentes aux nappes glaciaires peut avoir des incidences sur l'écoulement des glaces dans l'océan, autre facteur clé de l'élévation du niveau de la mer. La surveillance du contenu thermique des océans aux niveaux mondial et régional et la mesure du niveau de la mer et de la masse des océans par les marégraphes et les satellites sont essentielles si l'on veut comprendre l'évolution passée et future du niveau de la mer.

Il a longtemps été difficile d'estimer les variations du contenu thermique des océans à cause de la faible densité du réseau d'observation. La mesure des températures au-dessous de la surface a principalement été effectuée à l'aide d'instruments placés à bord de navires, qui n'échantillonnent souvent que les quelques premières centaines de mètres. Par conséquent, de nombreuses estimations anciennes de l'évolution du contenu thermique des océans au niveau mondial sont limitées aux 700 premiers mètres environ, et il existe de grandes incertitudes jusqu'aux années 1970, où l'échantillonnage des océans à grande échelle est devenu possible grâce à des techniques d'observation moins coûteuses.

Le début des années 2000 a donné lieu à une révolution dans notre aptitude à surveiller le contenu thermique des océans et leur teneur en eau douce, avec la mise en place du réseau Argo de flotteurs profilants autonomes. Celui-ci a atteint sa pleine capacité en 2006, avec environ 3 000 flotteurs répartis sur la majeure partie du globe, qui mesurent tous les dix jours la température et la salinité des océans jusqu'à 2 000 m de profondeur. Les observations du réseau Argo marquent le début d'une nouvelle ère dans la surveillance du déséquilibre énergétique de la Terre et des différents facteurs qui en déterminent l'évolution.

Alors que l'on note une augmentation relativement régulière des températures océaniques au-dessous de 300 m (figure 18 b, c et d) entre 2006 et 2015, les températures de surface de la mer (figure 18 a) présentent une variabilité pluriannuelle supplémentaire, due en majeure partie à des variations dans la partie tropicale de l'océan Indien et de l'océan Pacifique sous l'influence du phénomène El Niño/Oscillation australe. Pour la plupart, ces fluctuations qui se produisent à proximité de la surface sont compensées par des variations inverses plus en profondeur, entre 100 et 300 m, et l'on observe dans l'ensemble une augmentation régulière du contenu thermique des océans entre 0 et 2 000 m au cours de la période considérée. Les températures mesurées à la surface des terres émergées montrent également une variabilité plus importante, avec des variations interannuelles particulièrement grandes. Concernant les estimations présentées dans la figure 18 e, entre 75 % et 99 % du réchauffement a lieu dans l'hémisphère austral, principalement entre 30 °S et 50 °S.

L'augmentation observée du contenu thermique des océans nous enseigne que le déséquilibre énergétique de la Terre, en valeur moyenne à la

³ Centre Hadley du Met Office, Exeter, Royaume-Uni

⁴ Programme de recherche marine et atmosphérique de la CSIRO, Hobart, Australie

surface du globe, est presque constant, et compris entre 0,65 et 0,80 W/m². Comme l'indique la figure 18, les 2 000 premiers mètres contribuent à cette valeur à hauteur de 75 % à 80 % environ, les 20 % à 25 % restants correspondant à la contribution des couches plus profondes de l'océan. Le déséquilibre énergétique induit par l'évolution du contenu thermique des océans se situe dans la fourchette de 0,6 à 1,0 W/m² d'après les projections climatiques établies pour la période 2006–2015.

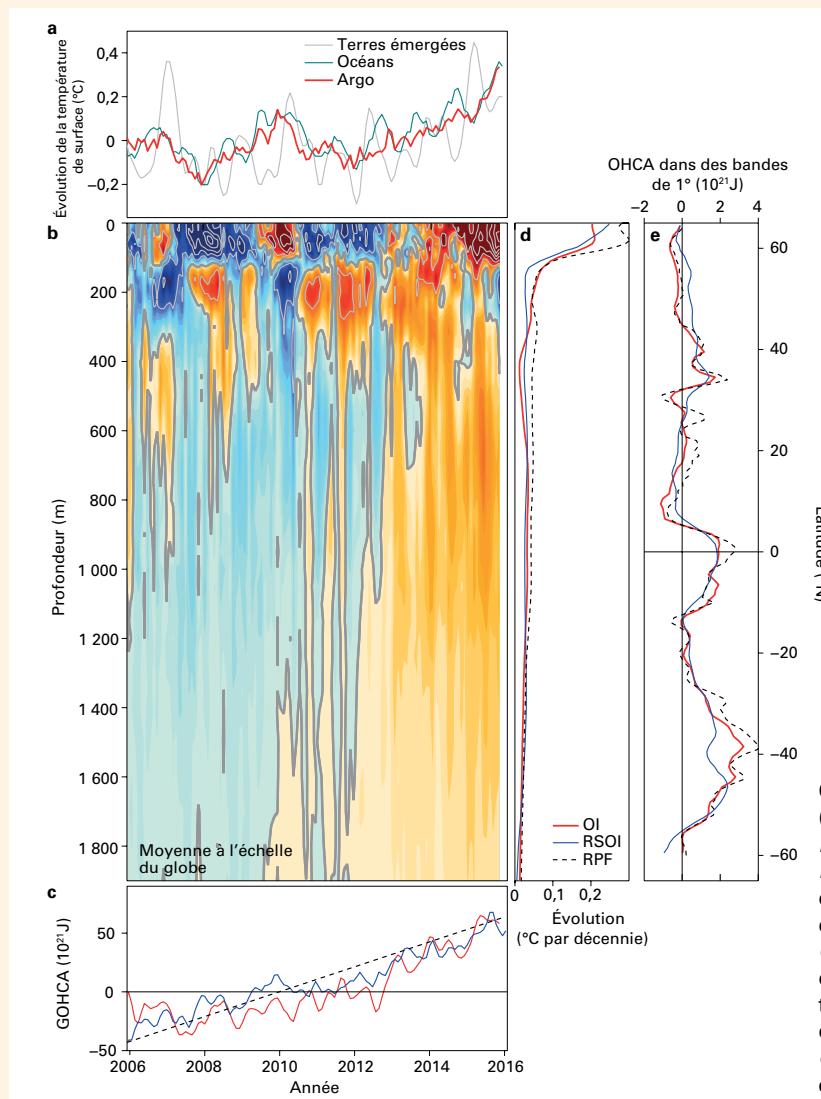
La surveillance du contenu thermique des océans nous permet de mieux évaluer le rythme de l'évolution du climat sur des échelles décennales ou plus courtes et de mieux quantifier l'incidence d'autres facteurs climatiques, tels que les aérosols d'origine humaine ou volcanique, sur le déséquilibre énergétique de la Terre. Si les observations du réseau

Argo sont actuellement limitées à une profondeur de 2 000 m, il existe dorénavant des technologies capables d'observer les caractéristiques de l'océan sur presque toute sa profondeur (jusqu'à 6 000 m). Ces nouvelles observations joueront un rôle essentiel dans la surveillance du climat et de la hausse du niveau de la mer, à mesure que les effets du déséquilibre énergétique de la Terre se manifestent dans des couches de plus en plus profondes des océans de la planète.

Références:

- Wijffels, S. et al., 2016: Ocean temperatures chronicle the ongoing warming of Earth. *Nature Climate Change*, 6:116–118, doi:10.1038/nclimate2924.
von Schuckmann, K. et al., 2016: An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature Climate Change*, 6:138–144, doi:10.1038/nclimate2876.

Figure 18. a) Évolution de la température moyenne de surface de la mer (°C), d'après le réseau Argo (en rouge) et l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA, en turquoise), exprimée en moyenne mobile semestrielle et évolution de la température moyenne à la surface des terres émergées selon la NOAA (gris); b) évolution de la température moyenne des océans d'après le réseau Argo (chaque couleur correspond à un intervalle de 0,01 °C, le gris à un intervalle de 0,05 °C); c) évolution du contenu thermique des océans entre 0 et 2 000 m à l'échelle du globe; d) évolution de la température potentielle entre 2006 et novembre 2015 (en °C par décennie) moyennée à l'échelle du globe, en fonction de la profondeur; et e) évolution du contenu thermique en fonction de la latitude. Les diagrammes c), d) et e) ont été réalisés à partir des résultats de trois analyses (OI (rouge), RSOI (bleu) et RPF (en pointillés)) basées sur les données du réseau Argo, qui fournissent des indications concernant l'incertitude. (Source: tiré de Wijffels et al. (2016), où sont donnés tous les détails.)



OI (*optimal interpolation*), RSOI (*reduced-spaced optimal interpolation*) et RPF (*Robust Parametric Fit*) sont trois méthodes de calcul distinctes du contenu thermique des océans. GOHCA (*Global Ocean Heat Content Anomaly*) désigne l'anomalie du contenu thermique des océans à l'échelle du globe, et OHCA (*Ocean Heat Content Anomaly*), l'anomalie du contenu thermique des océans.

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 et des relations publiques

Tél.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Courriel: cpa@wmo.int

www.wmo.int