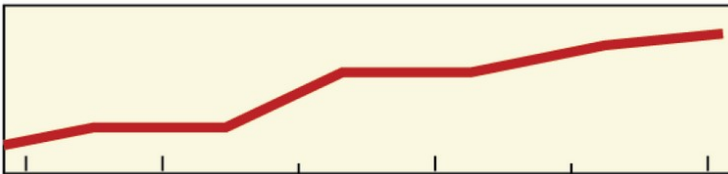
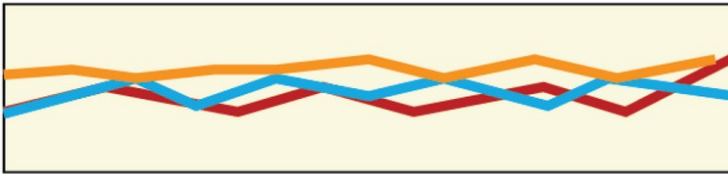




# 45 minutes pour comprendre le changement climatique



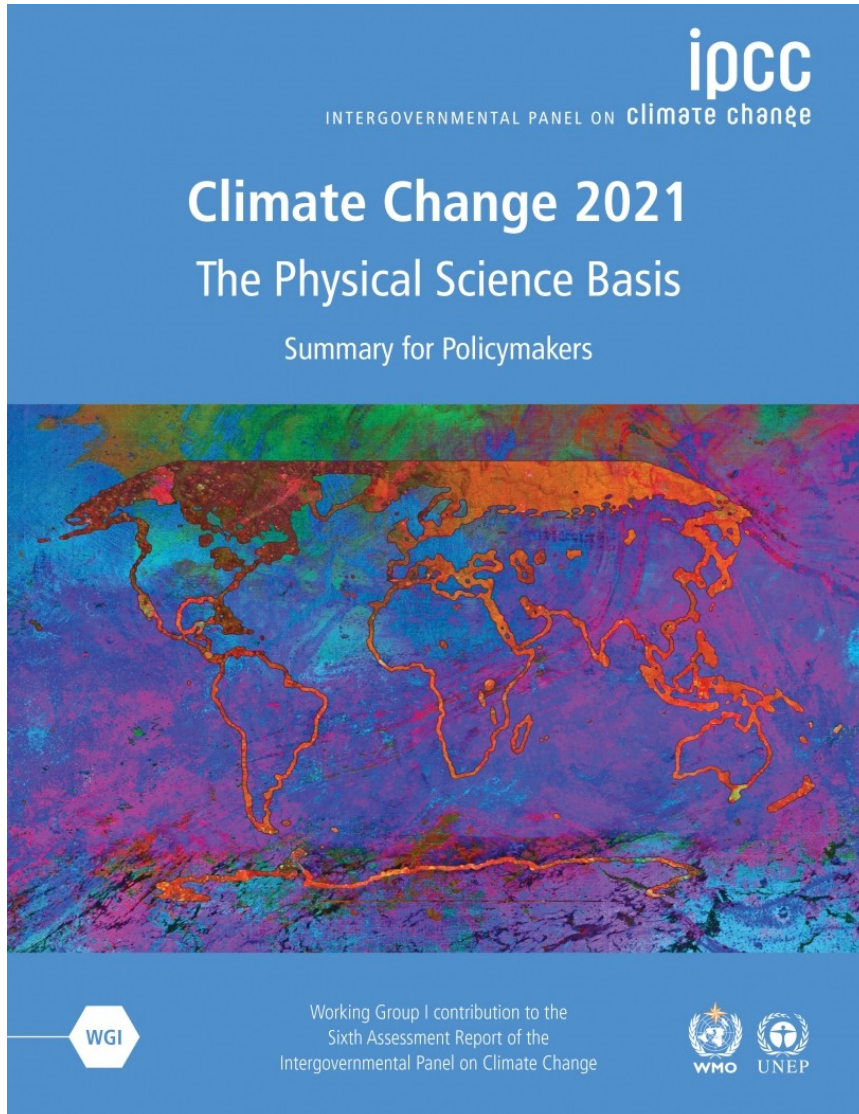
By NOAA NCDC [Public domain], via Wikimedia Commons



Présentation par Catherine Freydier,  
DESR/ENM/C3M,  
29 mars 2023

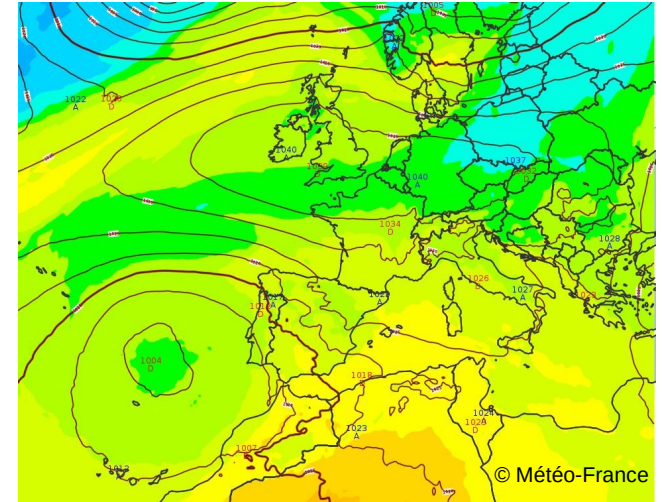
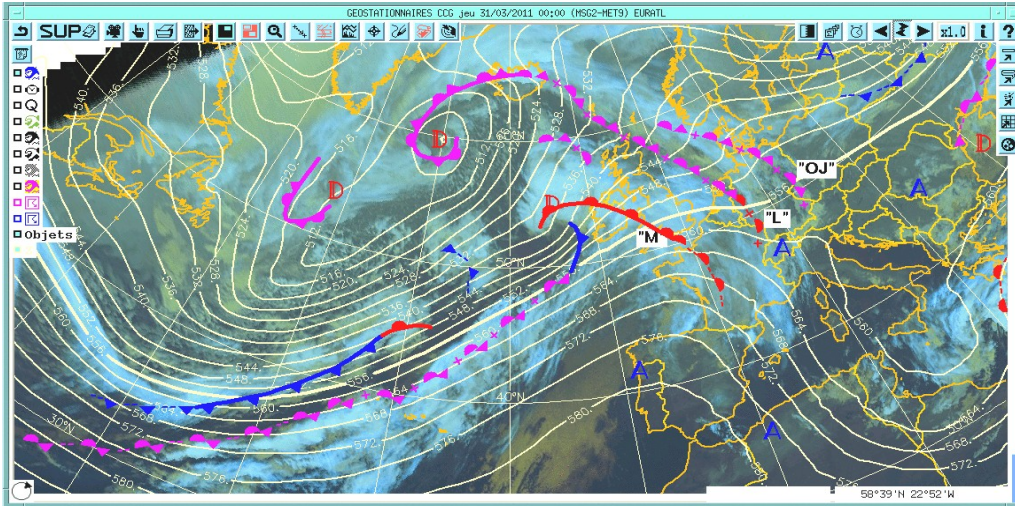


# Plan de la présentation



1. **Introduction – climatologie vs météorologie**
2. Les observations du changement climatique
3. Les modèles numériques de climat
4. L'attribution du changement climatique observé
5. Les projections climatiques
6. Les phénomènes extrêmes

# Ne confondons pas !



Le but de la **météorologie** est de décrire, comprendre, analyser, prévoir les différents éléments qui déterminent le « *temps qu'il fait* » et le « *temps qu'il va faire* ».





# Pour décrire un climat

---



Source GIEC 2013

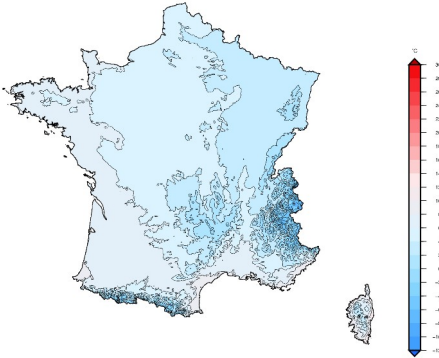


# Les normales

Moyenne saisonnière de référence 1991-2020 de la température moyenne

France

Hiver

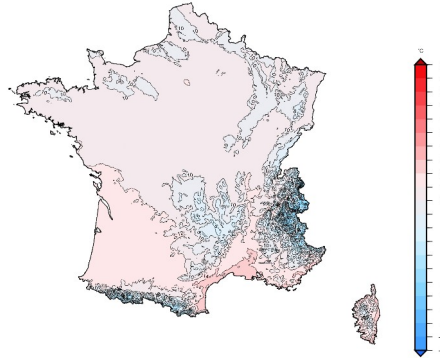


Edité le : 31/03/2023 - Produit élaboré avec les données disponibles du : 29/08/2022 à 16:04 UTC

Moyenne saisonnière de référence 1991-2020 de la température moyenne

France

Printemps

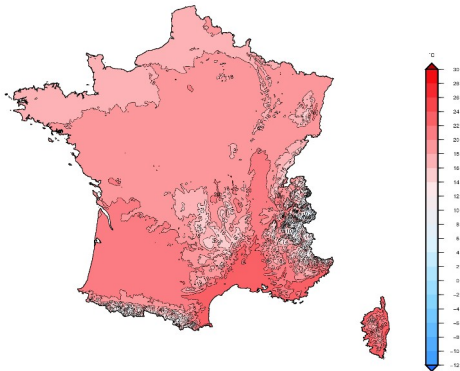


Edité le : 31/03/2023 - Produit élaboré avec les données disponibles du : 29/08/2022 à 16:04 UTC

Moyenne saisonnière de référence 1991-2020 de la température moyenne

France

Eté

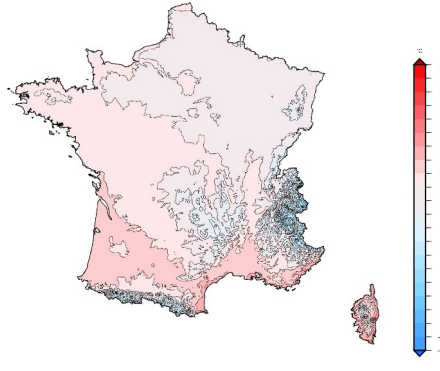


Edité le : 31/03/2023 - Produit élaboré avec les données disponibles du : 29/08/2022 à 16:04 UTC

Moyenne saisonnière de référence 1991-2020 de la température moyenne

France

Automne



Edité le : 31/03/2023 - Produit élaboré avec les données disponibles du : 29/08/2022 à 16:04 UTC

Définition d'une **normale** :

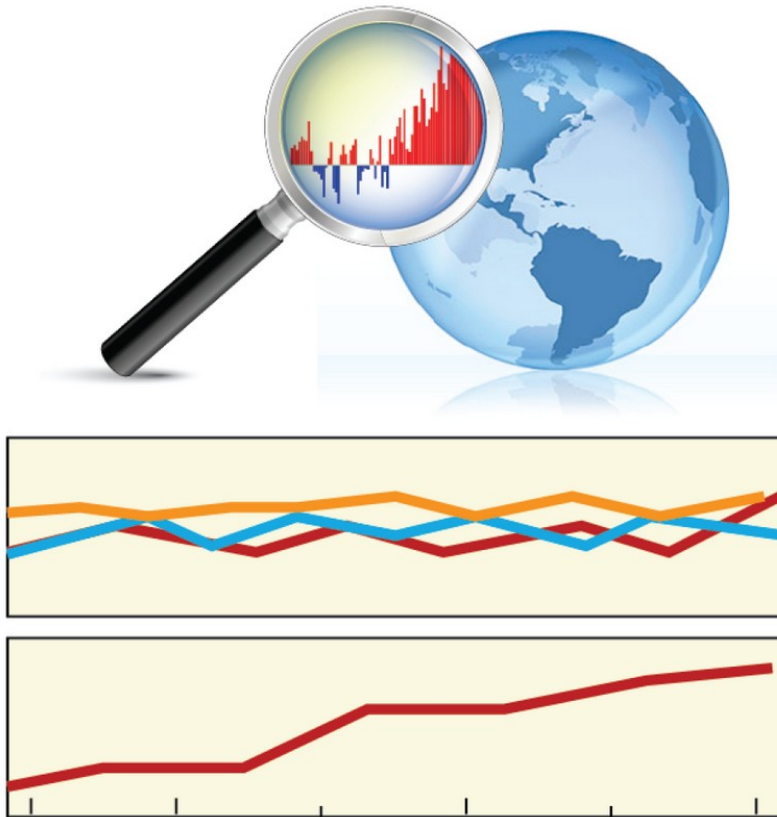
Une normale, c'est la valeur moyenne d'un paramètre météorologique sur une période de 30 ans.

Les normales sont mises à jour tous les dix ans.

Illustration : température moyenne saisonnière en °C (normale 1991 - 2020) sur la France.

Source METEO FRANCE

# Plan de la présentation



By NOAA NCDC [Public domain], via Wikimedia Commons

1. Introduction – climatologie vs météorologie
- 2. Les observations du changement climatique**
3. Les modèles numériques de climat
4. L'attribution du changement climatique observé
5. Les projections climatiques
6. Les phénomènes extrêmes

# Que nous apprennent les mesures de température ?

---



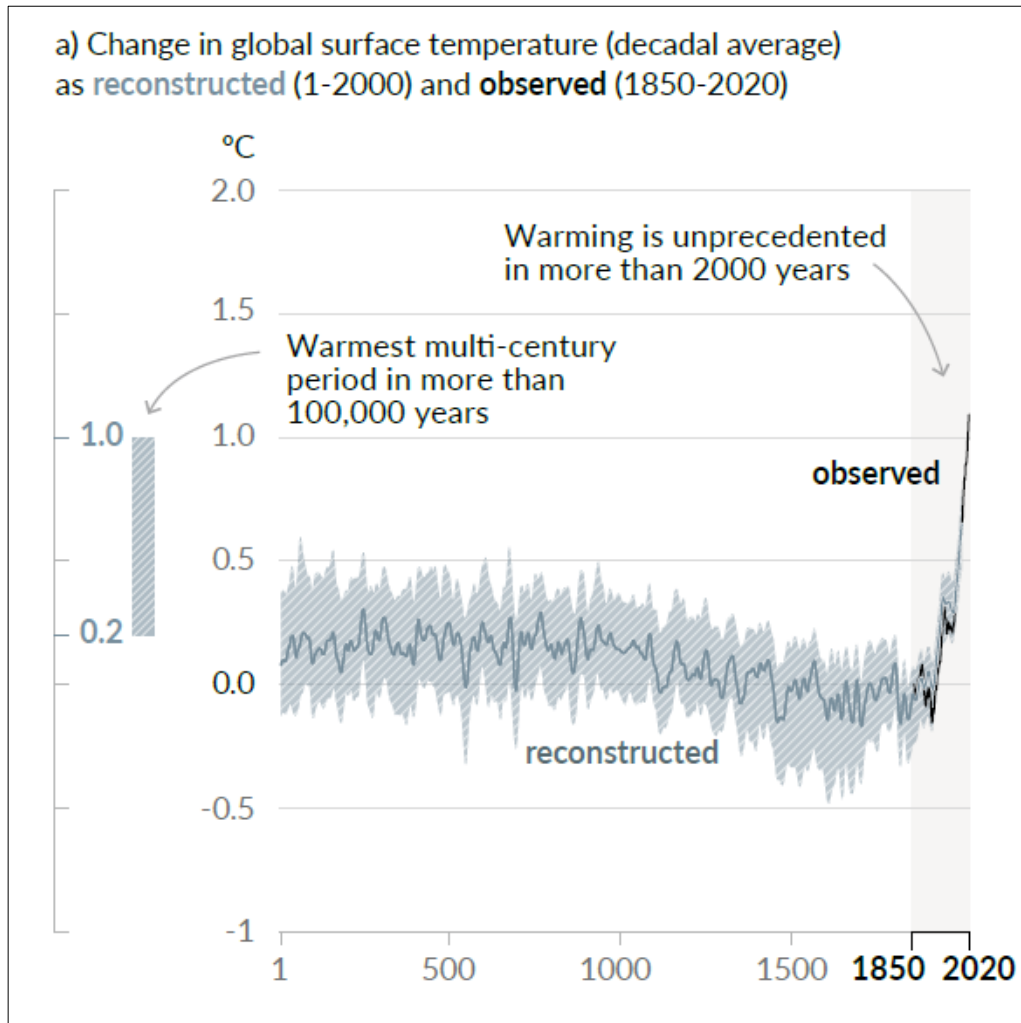
© Marian Weyo, Shutterstock

Commençons par décrire l'évolution globale, depuis 1850, de ce paramètre au cœur de toutes les préoccupations.



# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Évolution de l'anomalie de la température de surface, en moyenne globale.



Les anomalies sont calculées par rapport à la période de référence **1850-1900**.

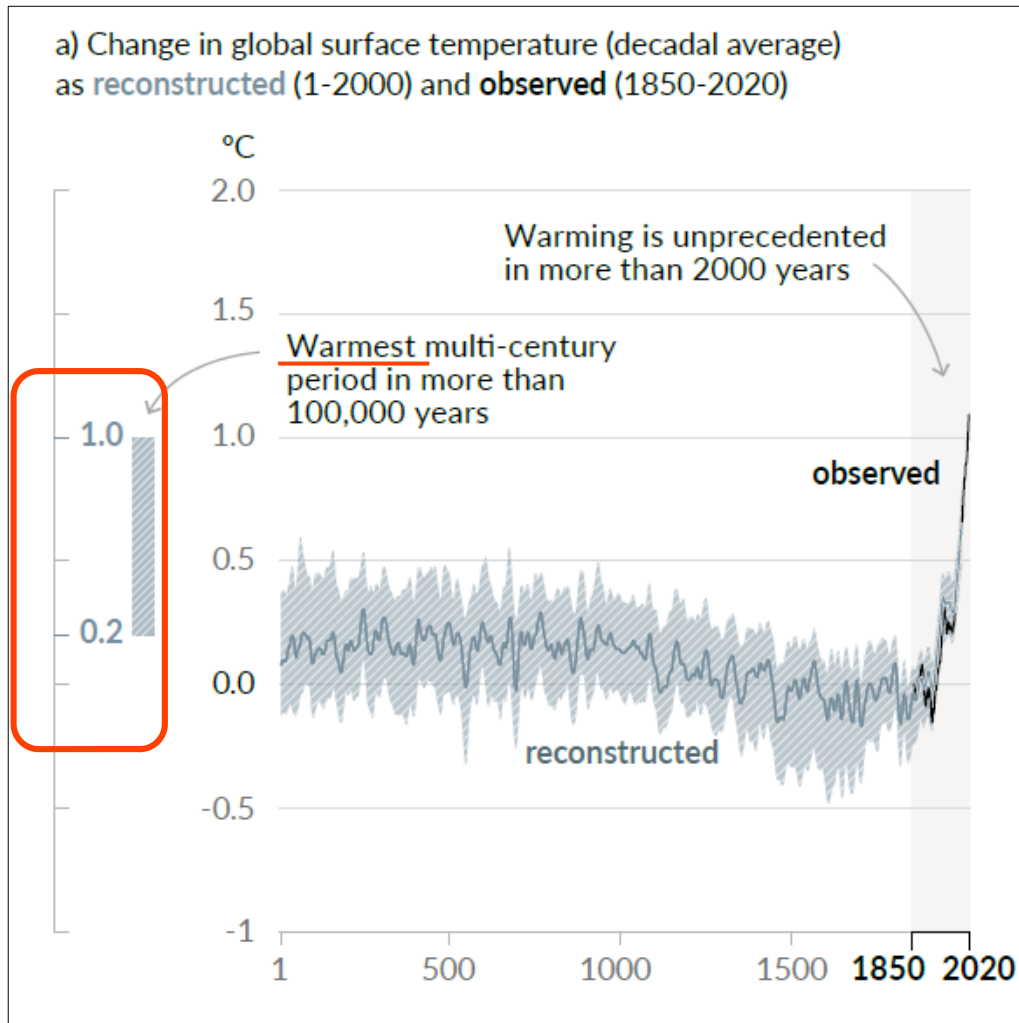
Les données sont

- soit reconstituées à partir d'archives paléoclimatiques (ligne grise pleine),
- soit issues d'observations directes pour la période 1850-2020 (ligne noire pleine).

La zone ombrée en gris indique les fourchettes très probables pour les reconstructions de température.

# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Évolution de l'anomalie de la température de surface, en moyenne globale.



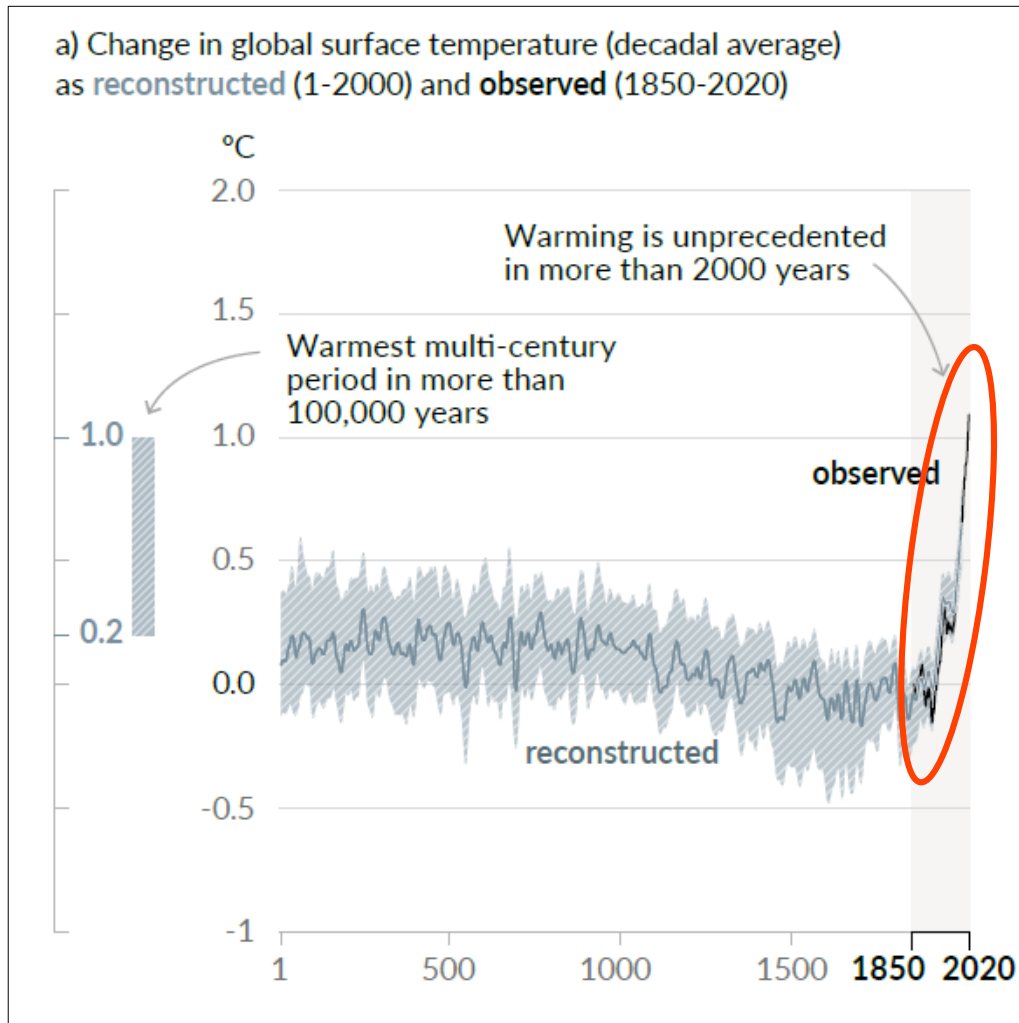
Les anomalies sont calculées par rapport à la période de référence **1850-1900**.

La **barre verticale** à gauche indique la fourchette très probable de température, au cours de la période la plus chaude des 100 000 dernières années au moins.

Cette période s'est produite il y a environ 6 500 ans, pendant la période interglaciaire actuelle.

# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Évolution de l'anomalie de la température de surface, en moyenne globale.



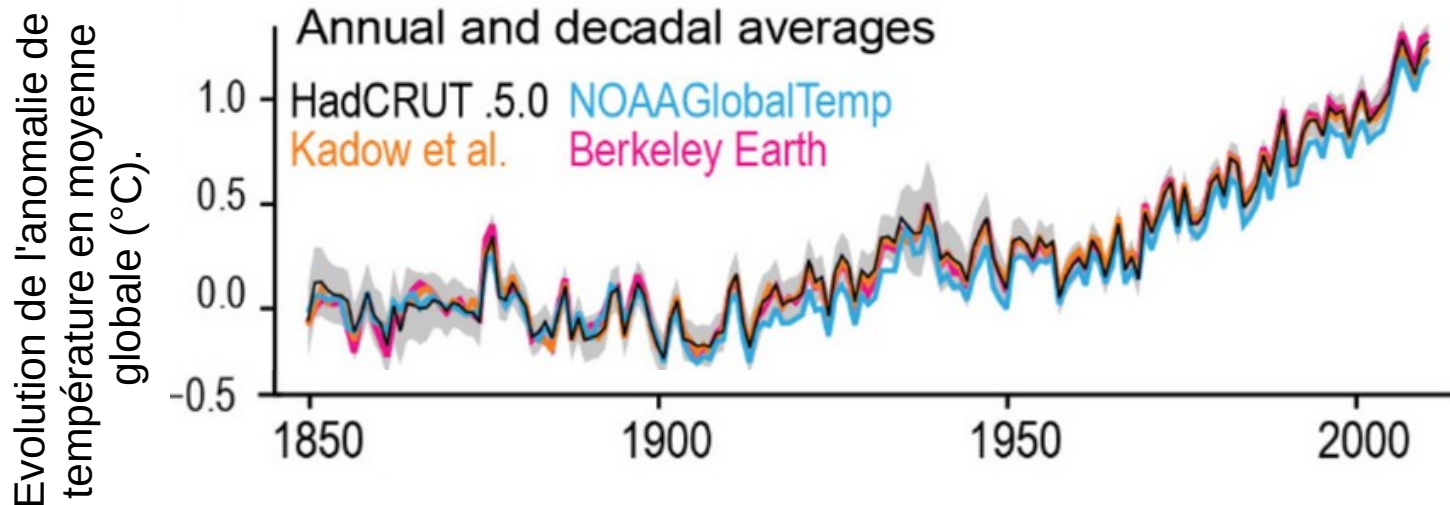
Les anomalies sont calculées par rapport à la période de référence **1850-1900**.

Au cours des deux premières décennies du XXI<sup>e</sup> siècle, la température moyenne était supérieure de **0,99 °C** à celle de la période de référence 1850-1900.



# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Evolution de l'anomalie de la température moyenne à la surface du globe, sur la période **1850-2020**, reconstituée de manière indépendante selon quatre ensembles de données différents.

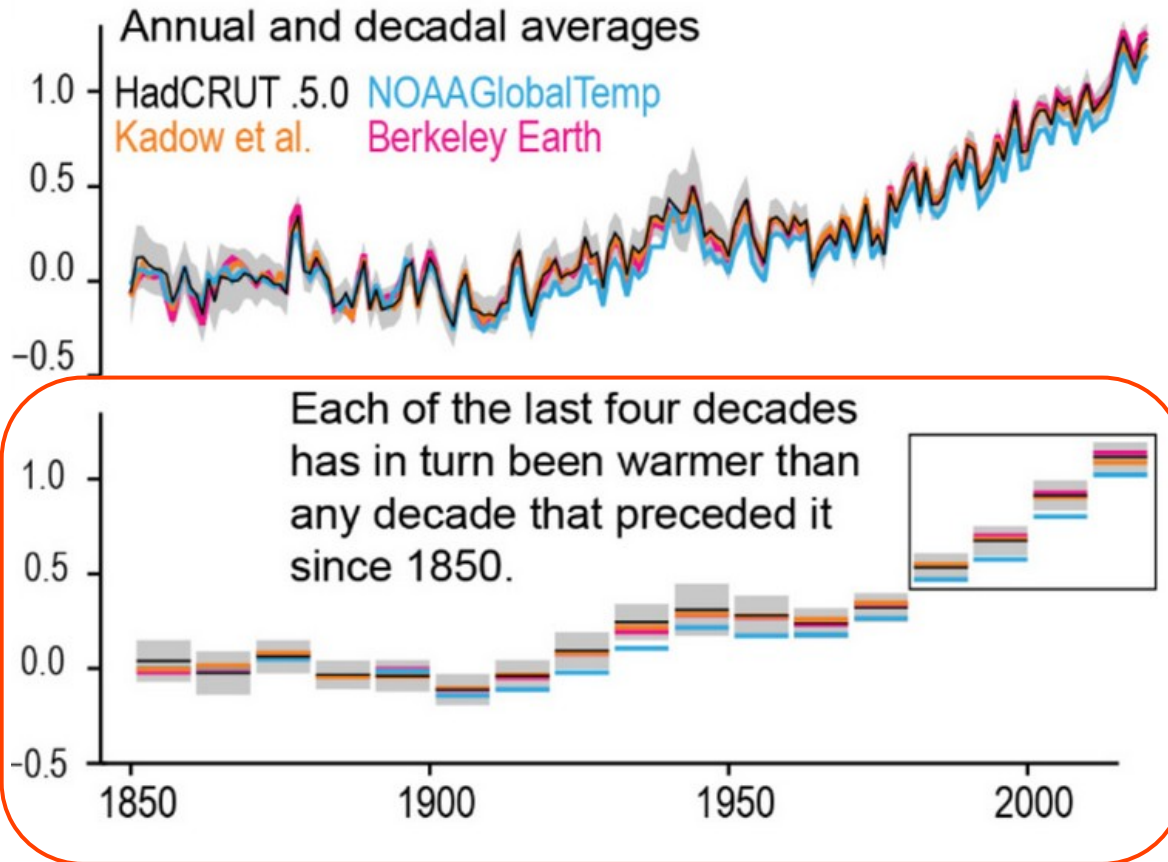


<https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-the-ipccs-sixth-assessment-report-on-climate-science>

Les anomalies sont calculées par rapport à la période de référence **1850-1900**.

# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Evolution de l'anomalie de température en moyenne globale (°C).

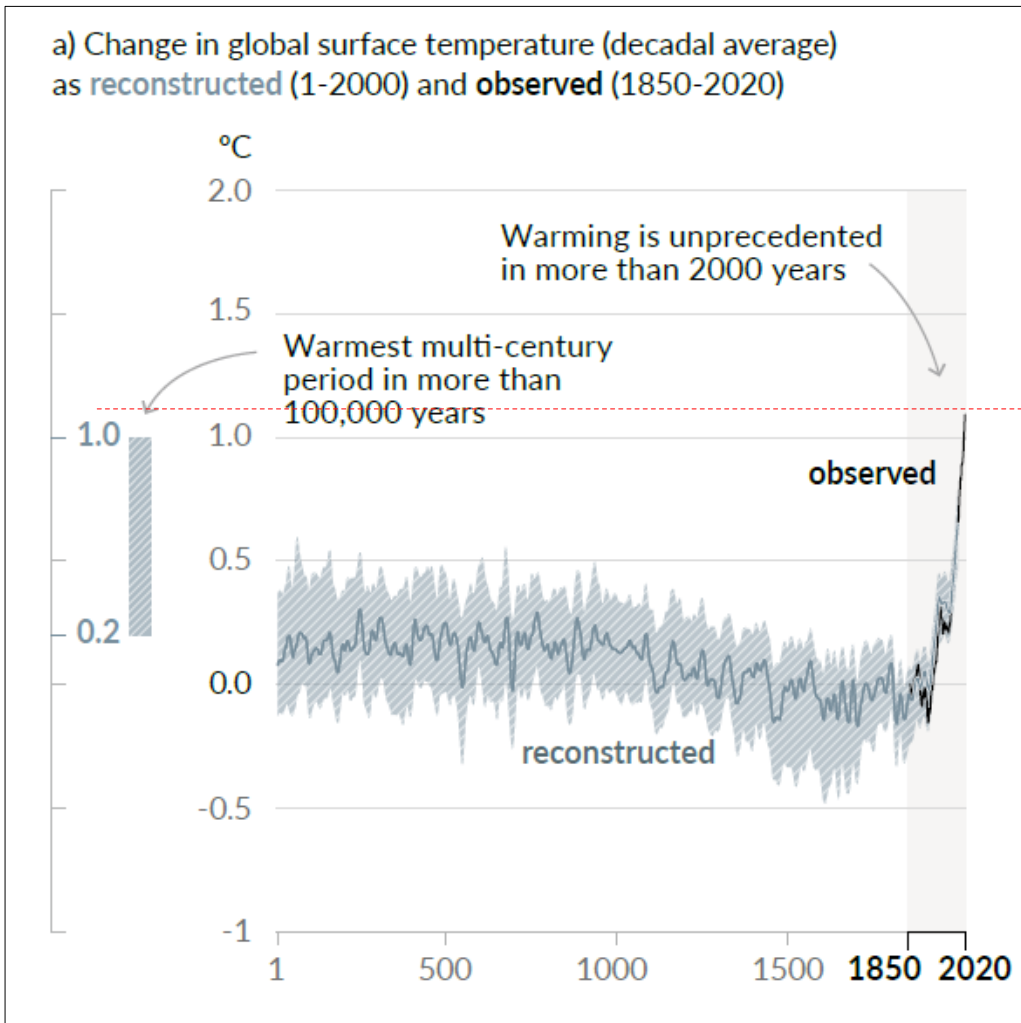


Chacune des **quatre dernières décennies** a été successivement plus chaude que toutes les décennies qui l'ont précédée depuis 1850.

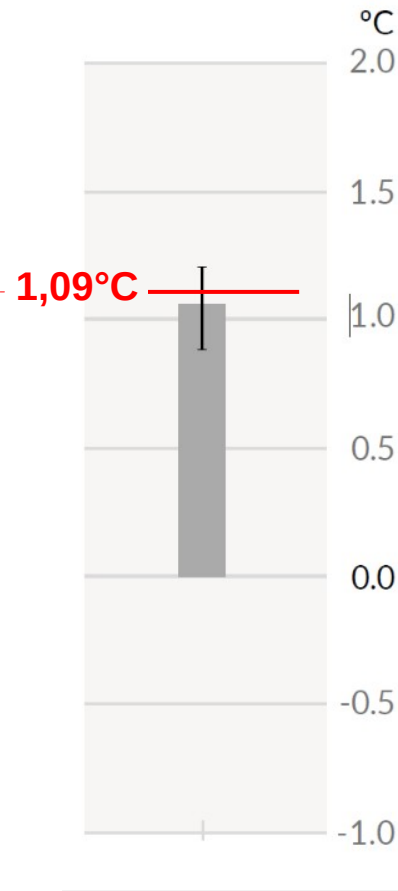
<https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-the-ipccs-sixth-assessment-report-on-climate-science>

# L'évolution observée de la température en moyenne globale

Évolution de l'anomalie de la température de surface, en moyenne globale.



a) Observed warming 2010-2019 relative to 1850-1900

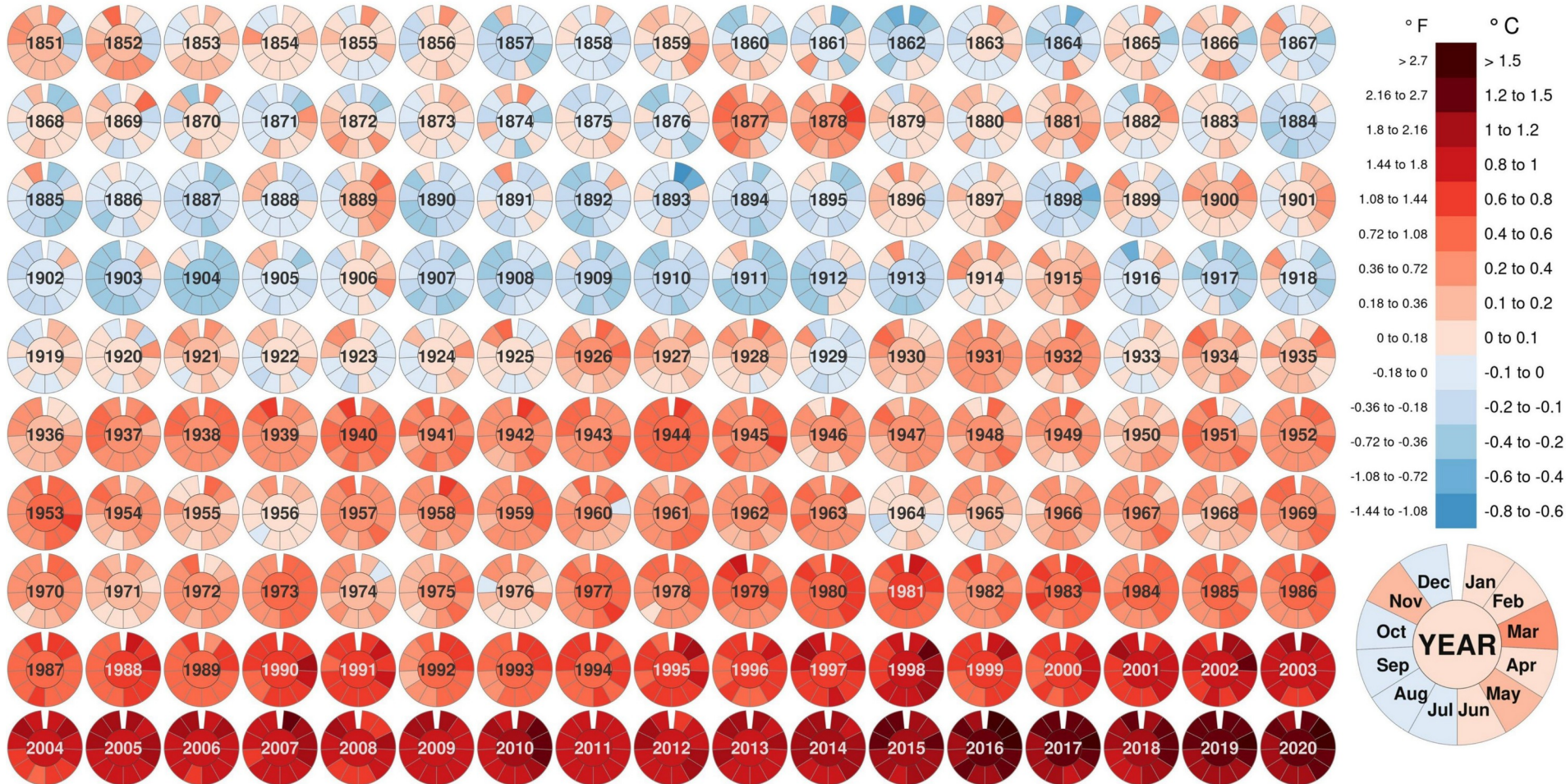


Il est selon le GIEC probable que la décennie **2010-2019** a été la plus chaude depuis environ 125 000 ans.



# L'évolution de la température en moyenne mensuelle globale

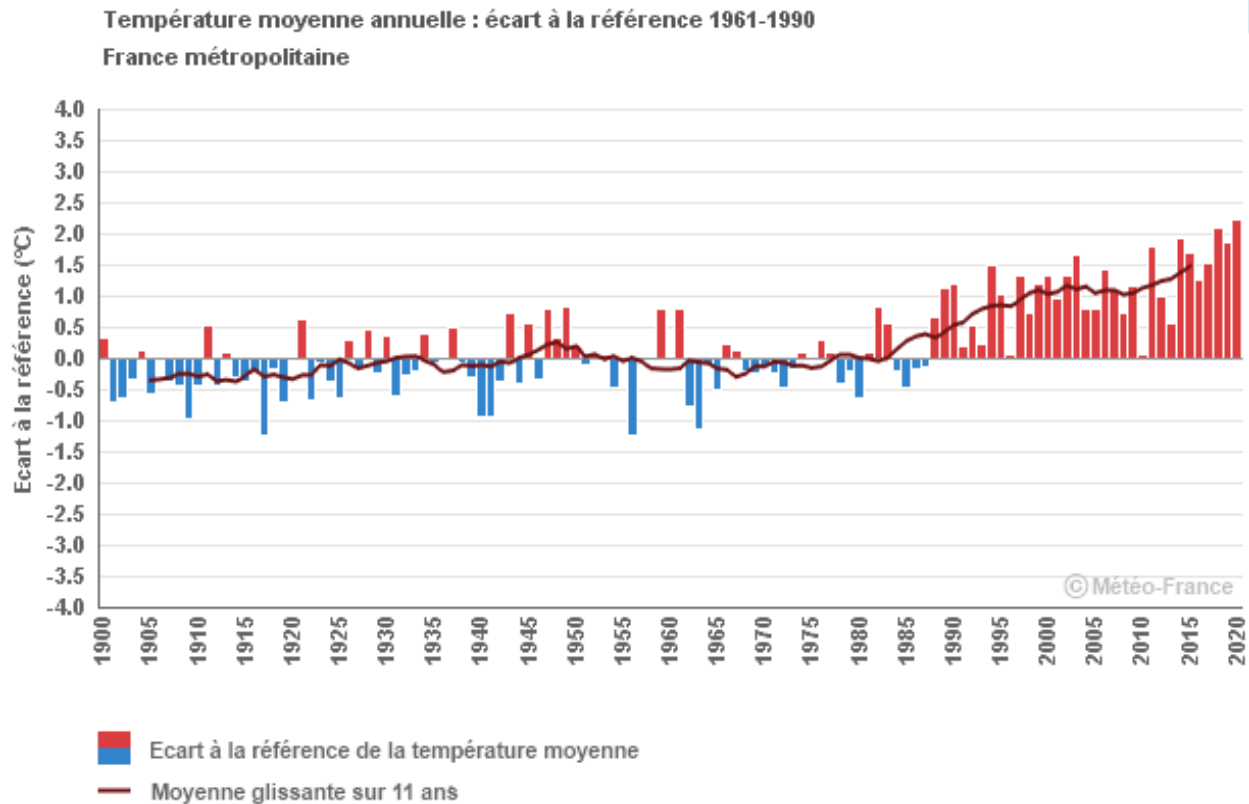
Monthly global mean temperature 1851 to 2020 (compared to 1850-1900 averages)



Data: HadCRUT5 - Created by: @neilkaye

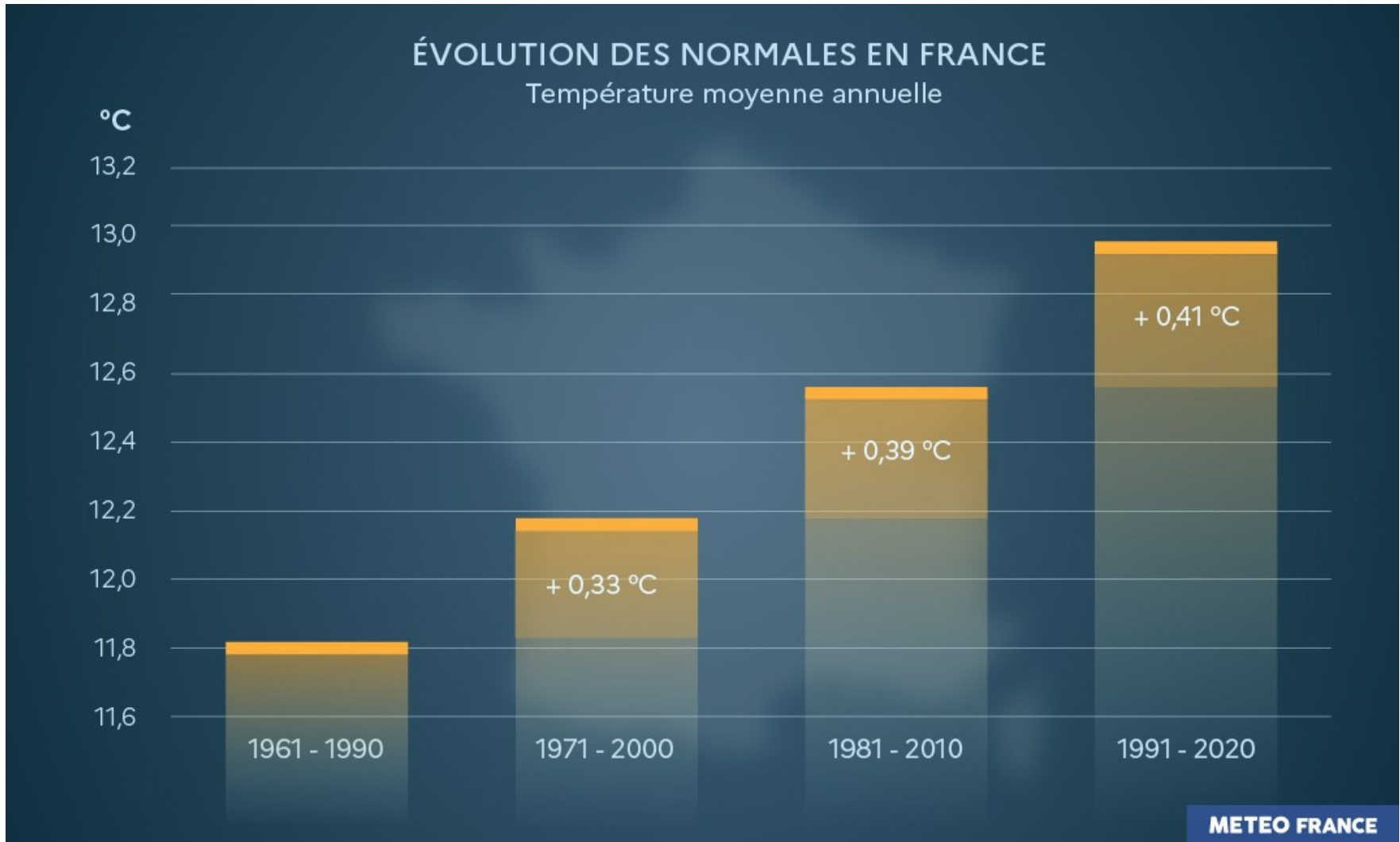
The HadCRUT5 dataset is a collaborative product of the Met Office Hadley Centre and the Climatic Research Unit at the University of East Anglia.

# Évolution de la température moyenne annuelle en France métropolitaine depuis 1900



L'évolution de la température moyenne annuelle est représentée sous forme d'écart de cette dernière à la moyenne observée sur la période de référence **1961-1990**.

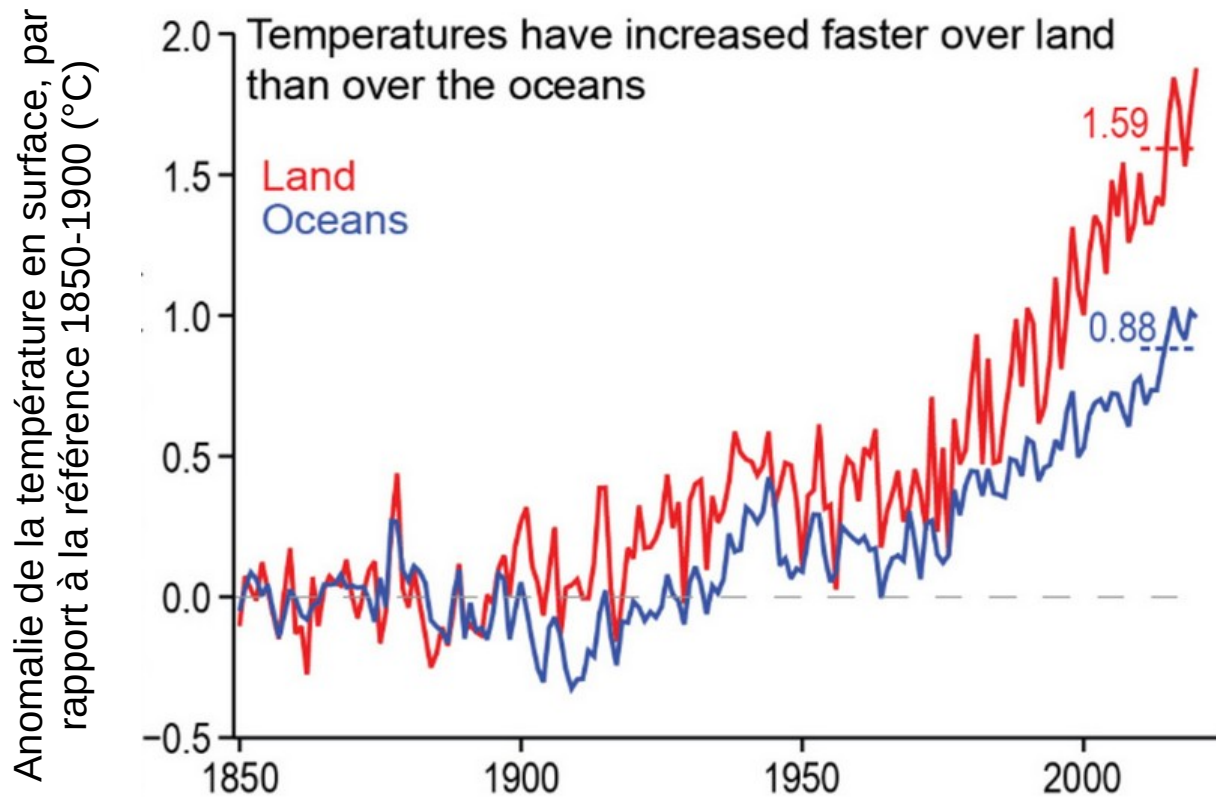
# Évolution des normales de la température moyenne en France métropolitaine



<https://météofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/la-une/2021-de-nouvelles-normales-pour-qualifier-le-climat-en>



# L'évolution observée de la température, en moyenne sur les continents/sur les océans

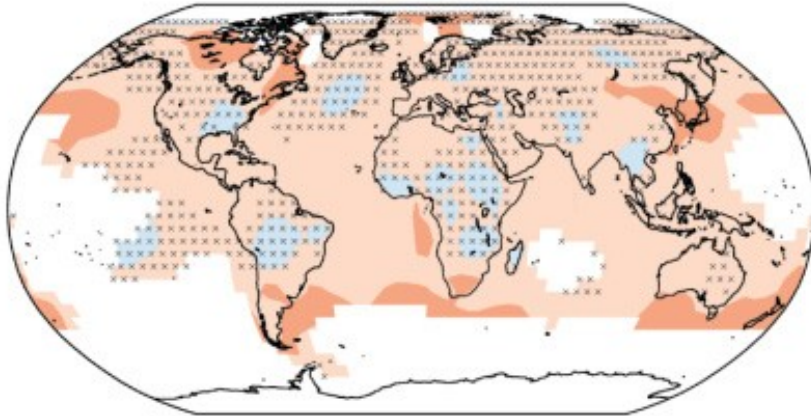


La température en surface a augmenté nettement plus rapidement sur les continents, que sur les océans.

<https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-the-ipccs-sixth-assessment-report-on-climate-science>  
Source: IPCC (2021) Figure 2.11c

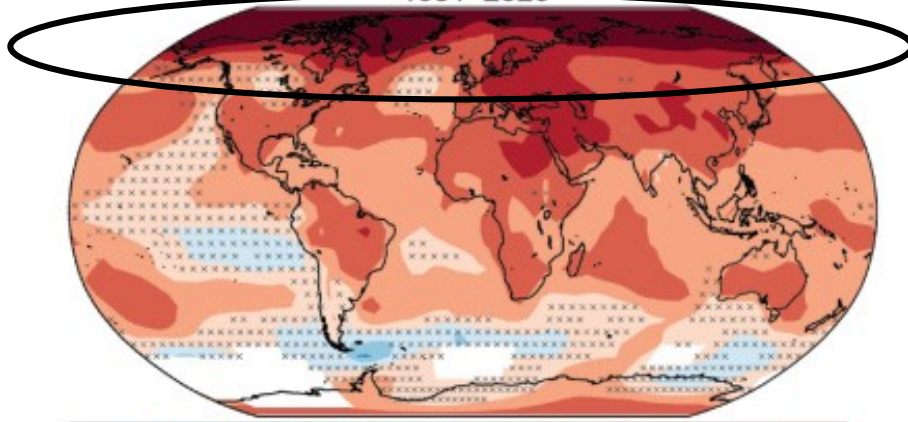
# Un réchauffement très **inhomogène**

1900–1980



x = non-significant trend

1981–2020



-0.6 -0.4 -0.2 -0.1 0.0 0.1 0.2 0.4 0.6  
Trend (°C per decade)

Changements de température (en °C par décennie) pour les périodes

- 1900-1980 (carte du haut)
- 1981-2020 (carte du bas).

Données de température HadCRUTv5. Source: IPCC (2021)

**L'Arctique** se réchauffe à un rythme plus de deux fois supérieur à la moyenne mondiale.

# La cryosphère

---



<https://www.geos.ed.ac.uk/geosciences/research/research-institutes/global-change/cryosphere>

La cryosphère désigne **les régions gelées du système Terre** :

- neige,
- glaciers,
- calottes glaciaires et plates-formes de glace,
  - icebergs,
- glace de mer (banquise),
- glace de lac et de rivière,
  - pergélisol et sol gelé saisonnier.



# La cryosphère

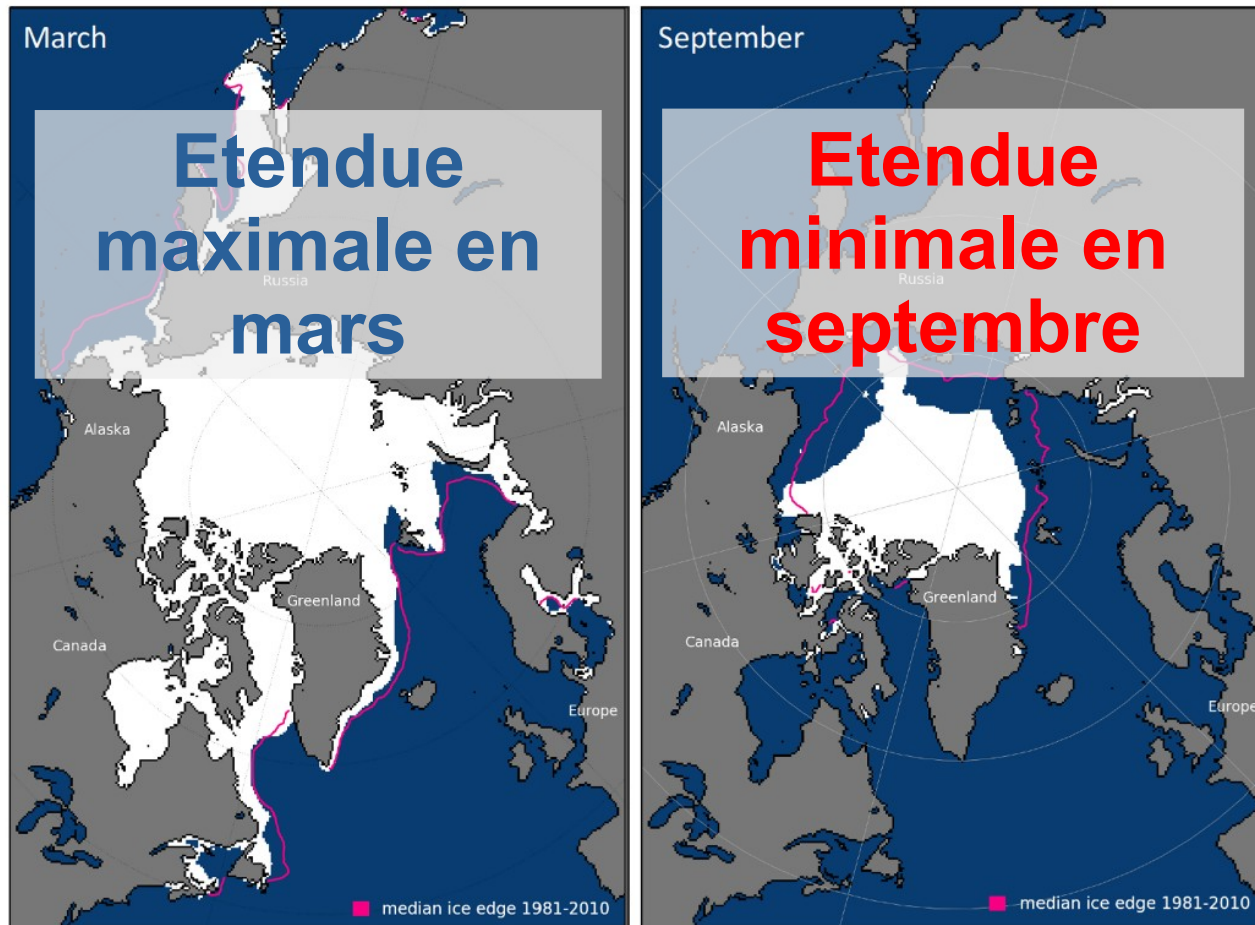
---

Oct 15, 2016

Déclin de l'étendue de la **banquise arctique**

<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/banquise-arctique-banquise-hivernale-arctique-2017-etait-plus-petite-jamais-observee-91391/>

# La banquise arctique

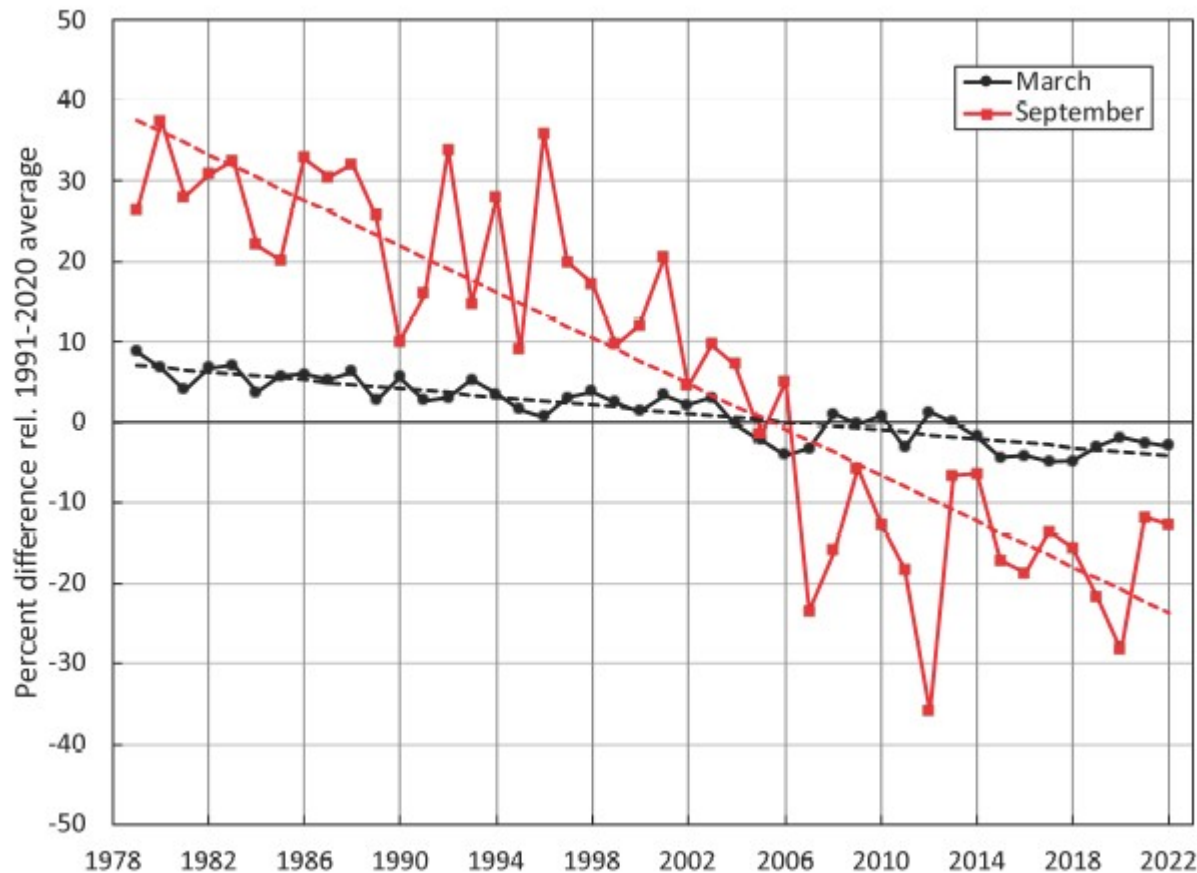


<https://arctic.noaa.gov/Report-Card/>

L'étendue de la banquise arctique en mars est généralement **deux à trois fois** plus importante qu'en septembre.



# La banquise arctique



[https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard\\_full\\_report2022.pdf](https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard_full_report2022.pdf)

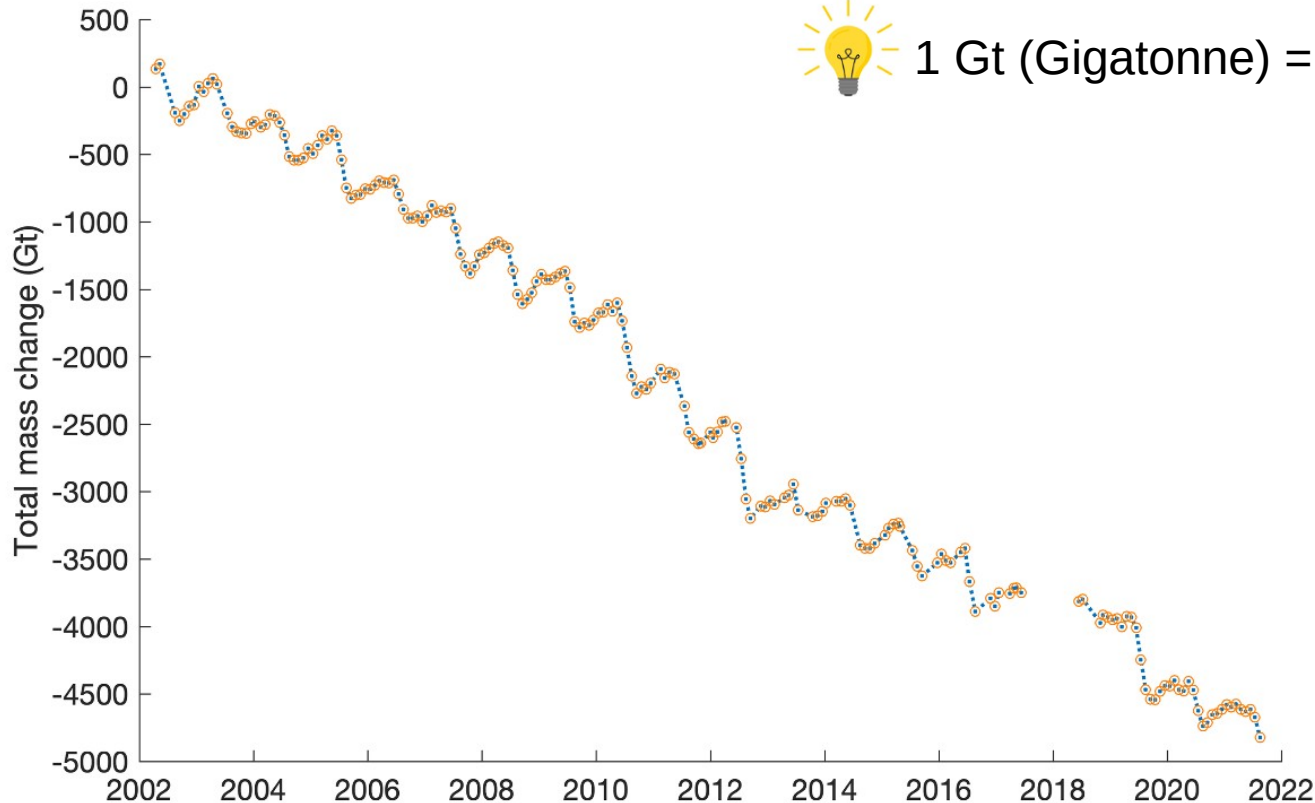
Anomalies mensuelles de l'étendue de la glace de mer (lignes pleines) et lignes de tendance linéaire (lignes pointillées)

- pour mars (noir)
  - pour **septembre (rouge)**
- de 1979 à 2022.

Les anomalies sont relatives à la moyenne de 1991 à 2020 pour chaque mois.

# La calotte glaciaire du Groenland

Changement de masse (en Gt) de la calotte glaciaire du Groenland, entre avril 2002 et août 2021



1 Gt (Gigatonne) = 1 milliard de tonnes

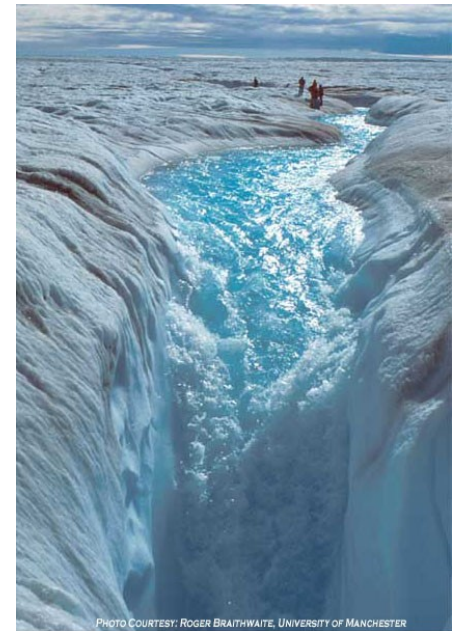
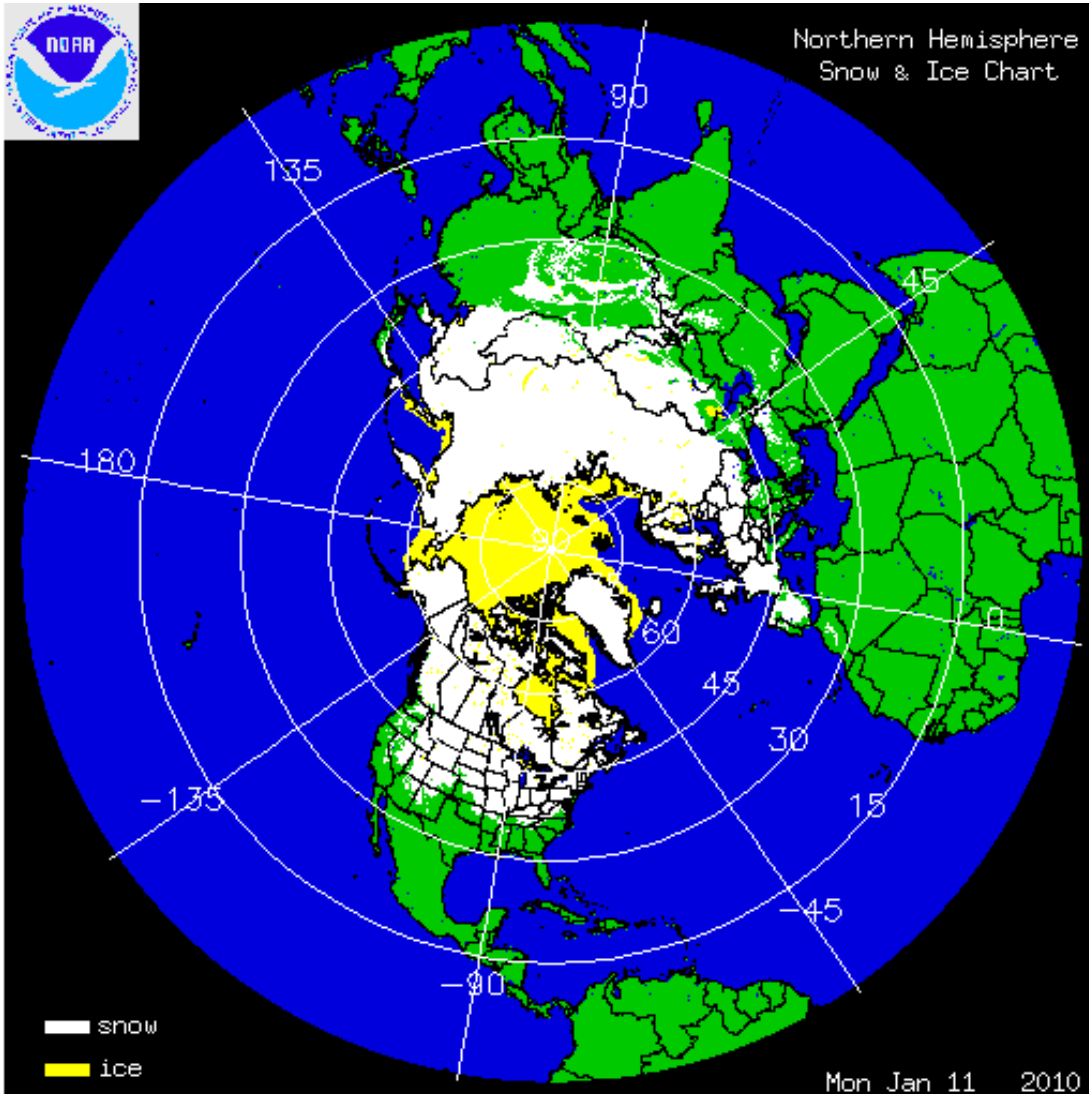


PHOTO COURTESY: ROGER BRAITHWAITE, UNIVERSITY OF MANCHESTER

# Le manteau neigeux de l'hémisphère nord



<http://www.natice.noaa.gov/ims/>

Depuis les années 1960, des cartes hebdomadaires de l'étendue de la couverture neigeuse dans l'hémisphère nord sont établies à partir d'images satellites.

# Le manteau neigeux de l'hémisphère nord

---



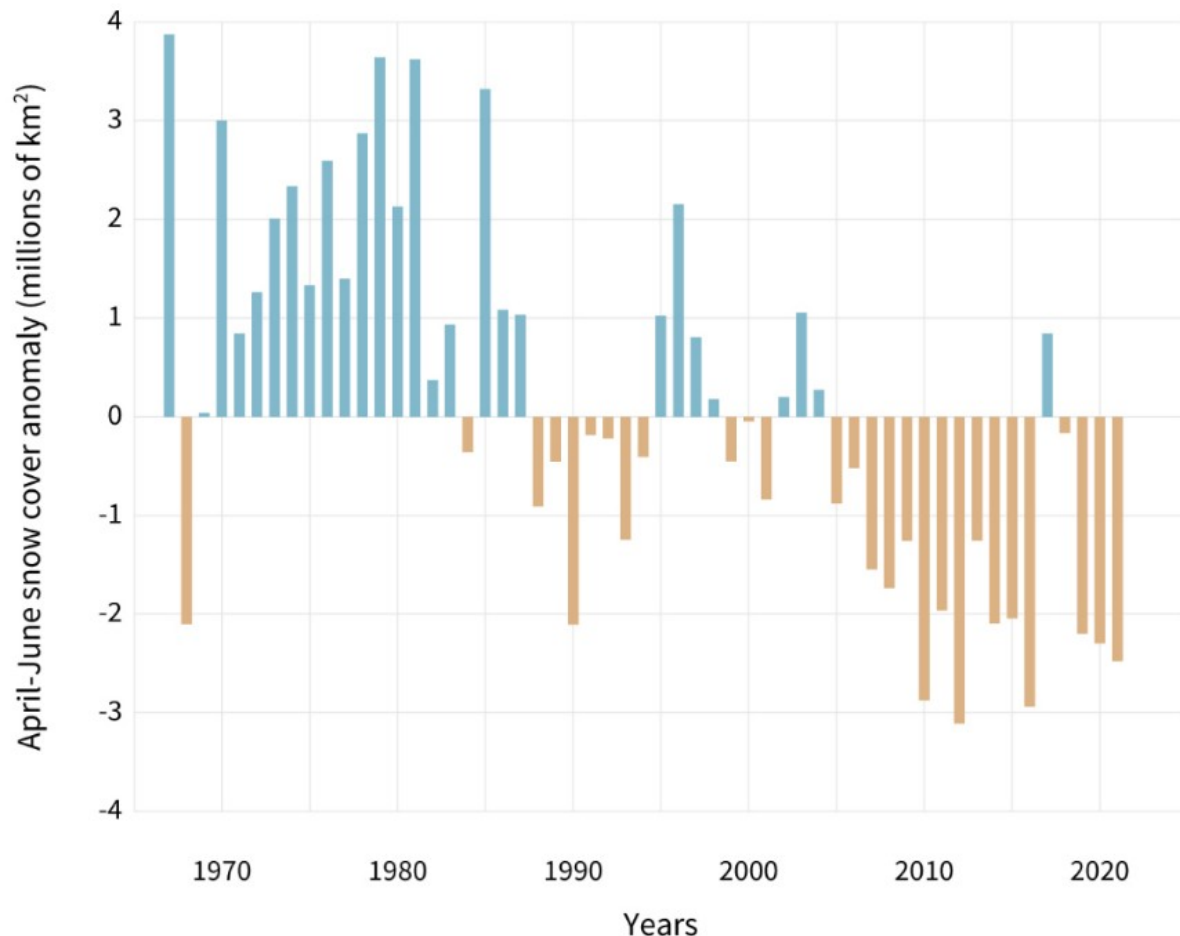
Une fonte printanière plus **précoce**

THE CANADIAN PRESS/Jeff McIntosh



# Le manteau neigeux de l'hémisphère nord

## SPRING SNOW COVER



Anomalie, depuis 1967, de l'étendue de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord, entre avril et juin.

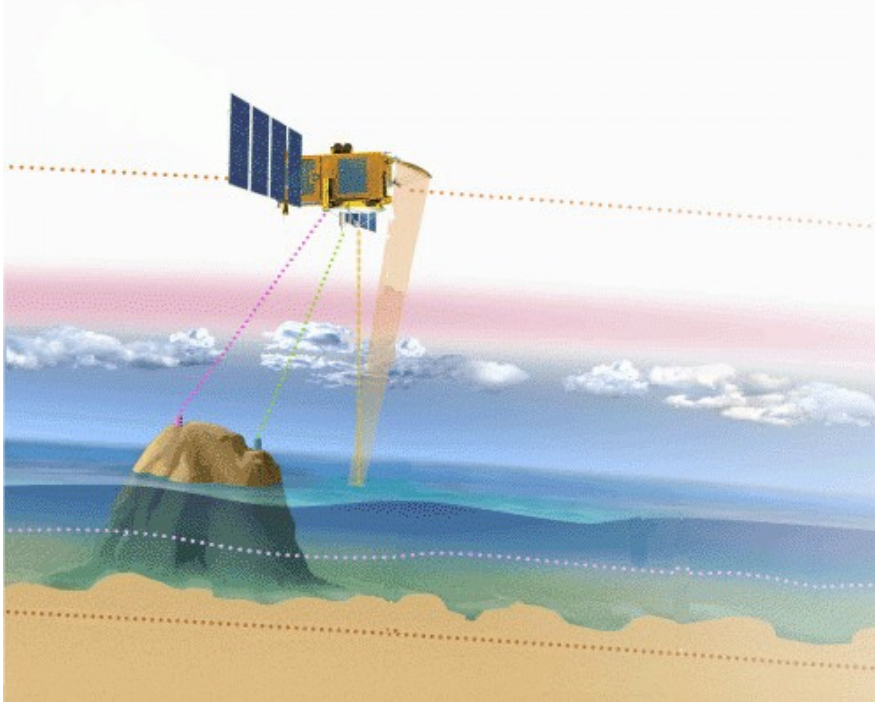
L'anomalie est l'écart par rapport à la moyenne de la période **1981-2010**, exprimé en millions de km<sup>2</sup>.

Graph by NOAA Climate.gov, based on Rutgers Snow Lab data provided by Thomas Estilow.



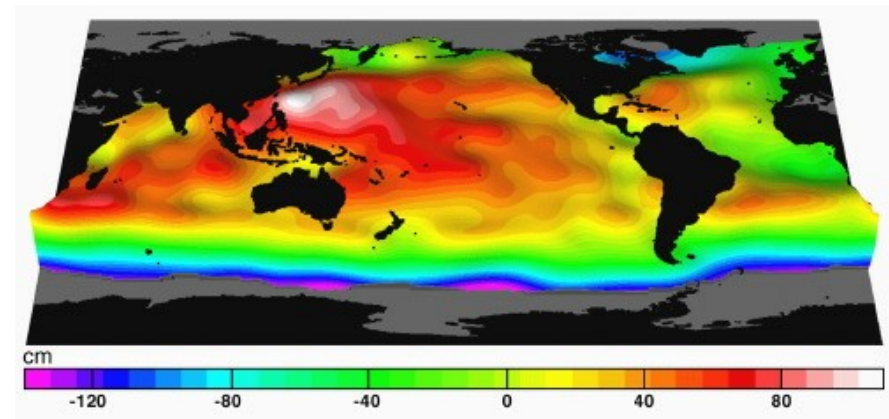
# Le niveau moyen de la mer

Les satellites altimétriques permettent une mesure très précise du niveau de la mer.



L'altimètre émet un signal et l'antenne reçoit en retour l'écho radar.

Crédits : CNES

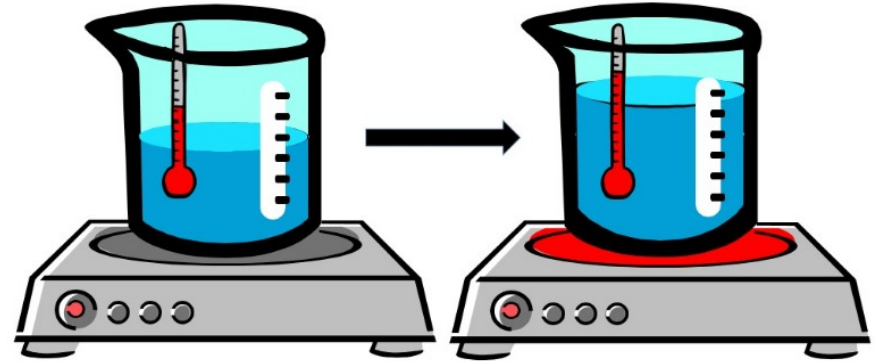


<https://cnes.fr/fr/un-peu-de-vulgarisation-laltimetrie>

# Deux facteurs ont contribué à cette augmentation

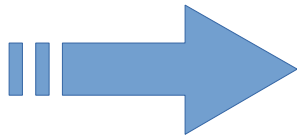


La fonte des calottes glaciaires et des glaciers continentaux



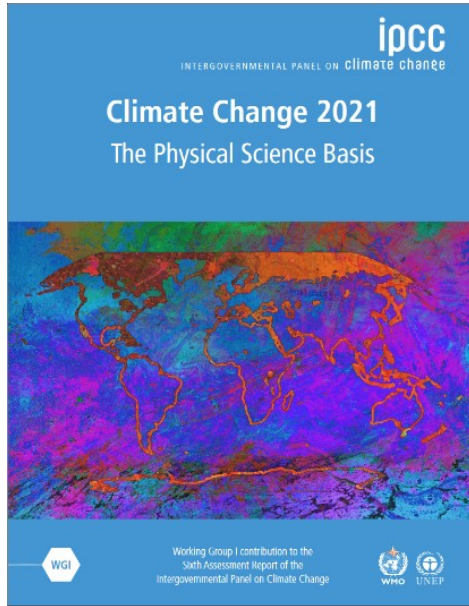
<http://www.ces.fau.edu/nasa/impacts/rising-seas/index.php>

Expansion thermique



Augmentation du niveau moyen de la mer

# Le niveau moyen de la mer

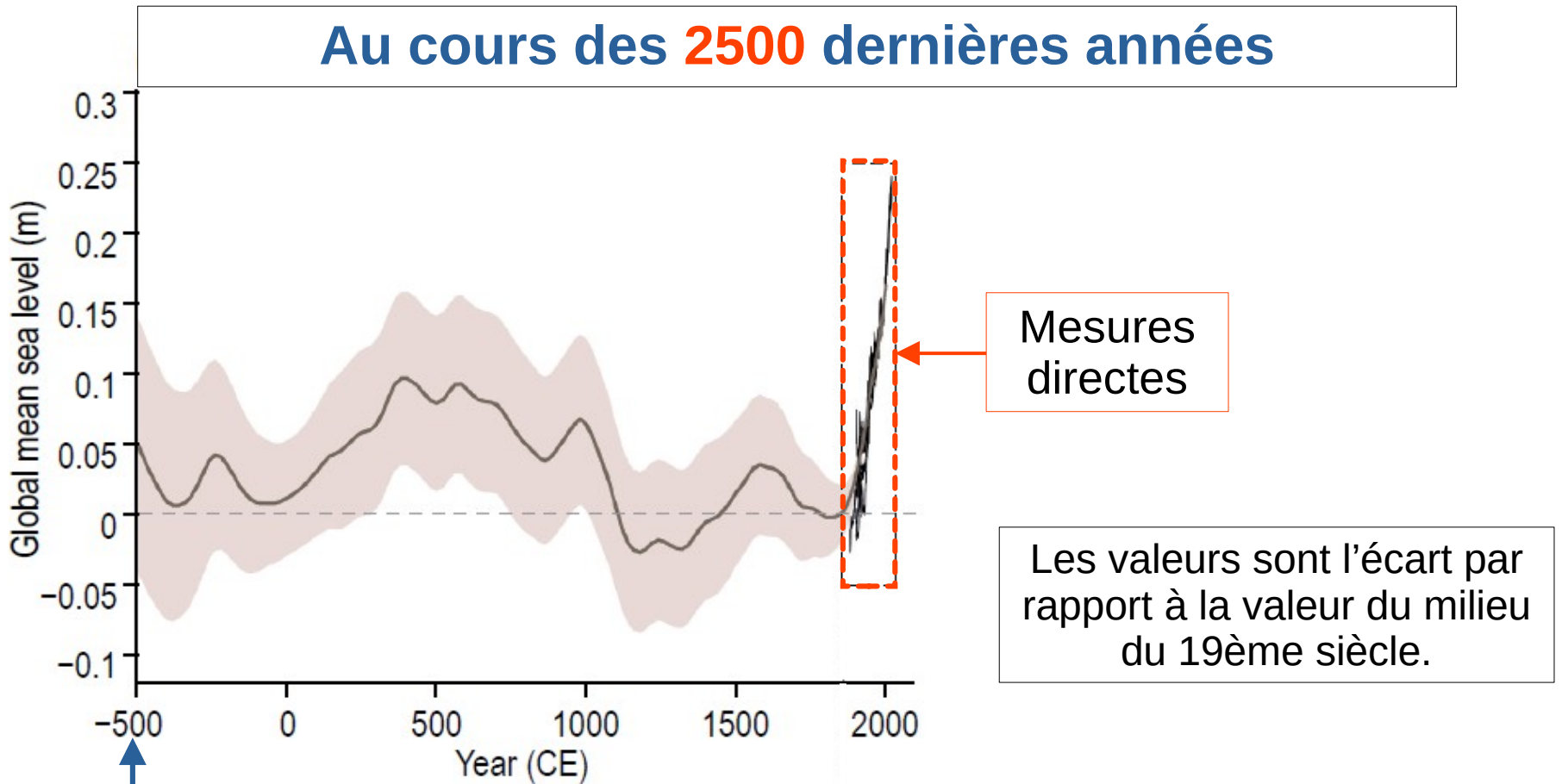


<https://www.noaa.gov/topic-tags/sea-level-rise>

Selon le dernier rapport du GIEC, et avec un degré de confiance élevé, le taux d'élévation du niveau de la mer depuis le 20<sup>e</sup> siècle est plus rapide qu'au cours de tout siècle précédent, au moins au cours des trois derniers millénaires. Entre 1901 et 2018, le niveau moyen mondial de la mer s'est élevé de **0,20 m**, et le rythme de l'élévation s'accélère.

# Le niveau moyen de la mer

Au cours des **2500** dernières années



Adapted from  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Chapter02.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter02.pdf)



# L'évolution observée des précipitations



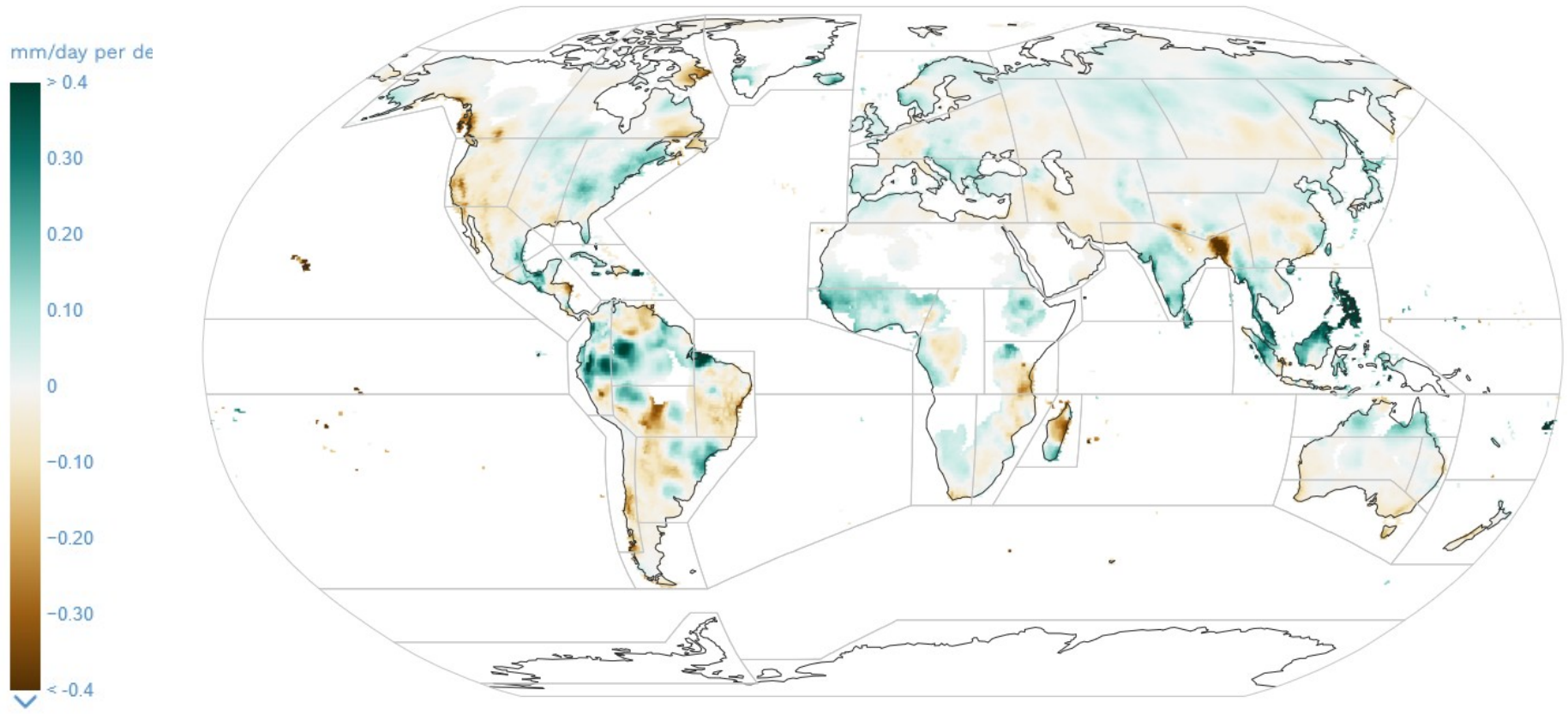
© Tomas Castelazo, [www.tomascastelazo.com](http://www.tomascastelazo.com) / Wikimedia Commons



©www.ClipProject.info



# L'évolution observée des précipitations

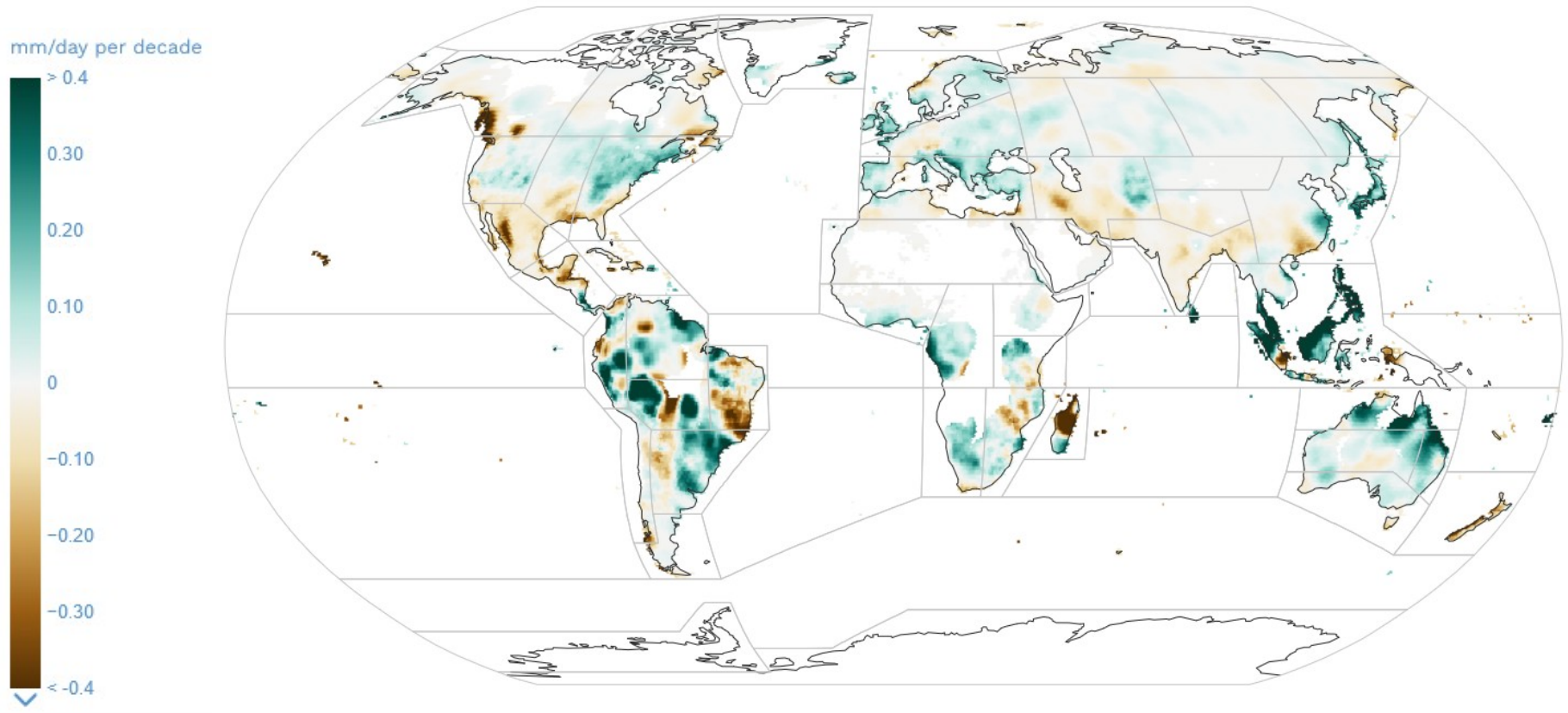


<https://interactive-atlas.ipcc.cn/>

Données CRU TS (University of East Anglia) – Tendances de précipitations, en mm/jour par décennie, en moyenne sur la période 1980-2015

Observations en **moyenne annuelle**

# L'évolution observée des précipitations



<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

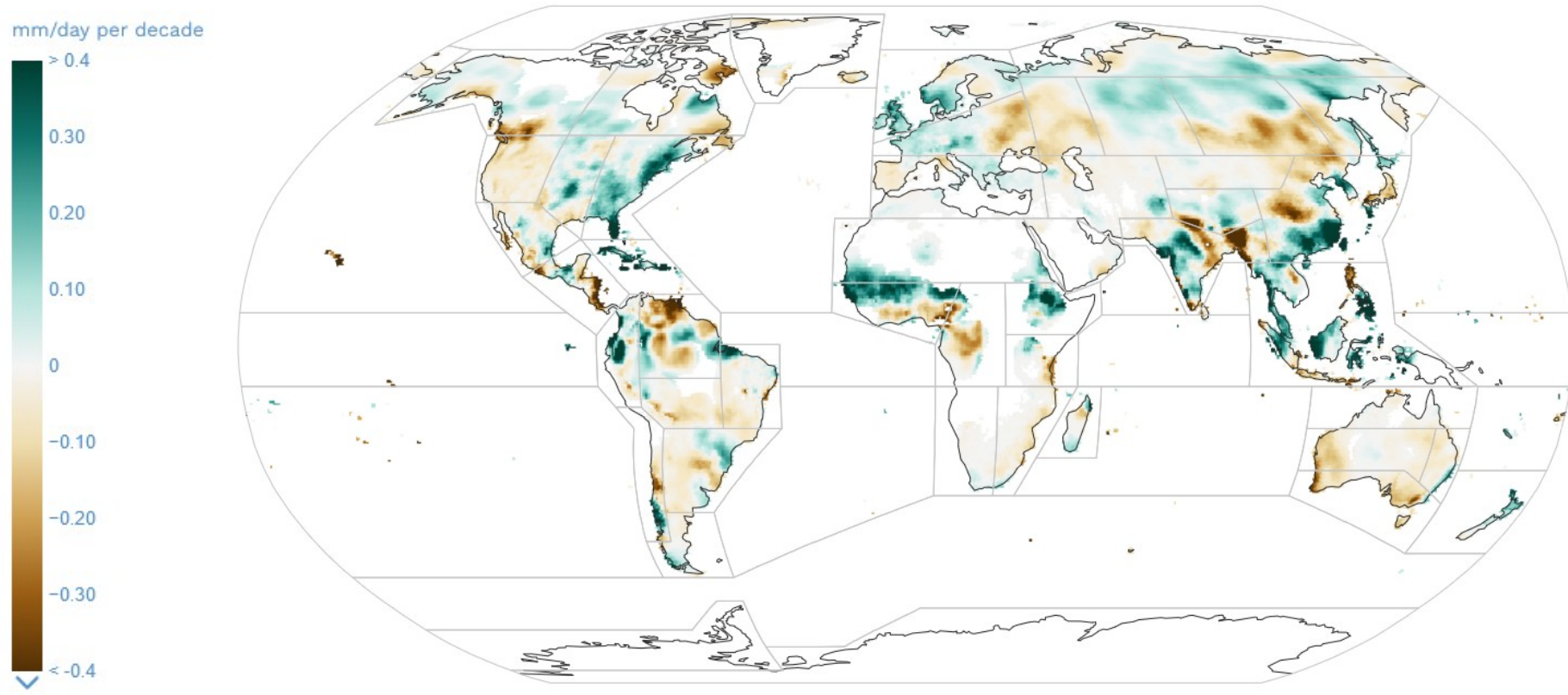
Données CRU TS (University of East Anglia) – Tendances de précipitations, en mm/jour par décennie, en moyenne sur la période 1980-2015

**Décembre-Janvier-Février**

# L'évolution observée des précipitations



©www.ClipProject.info



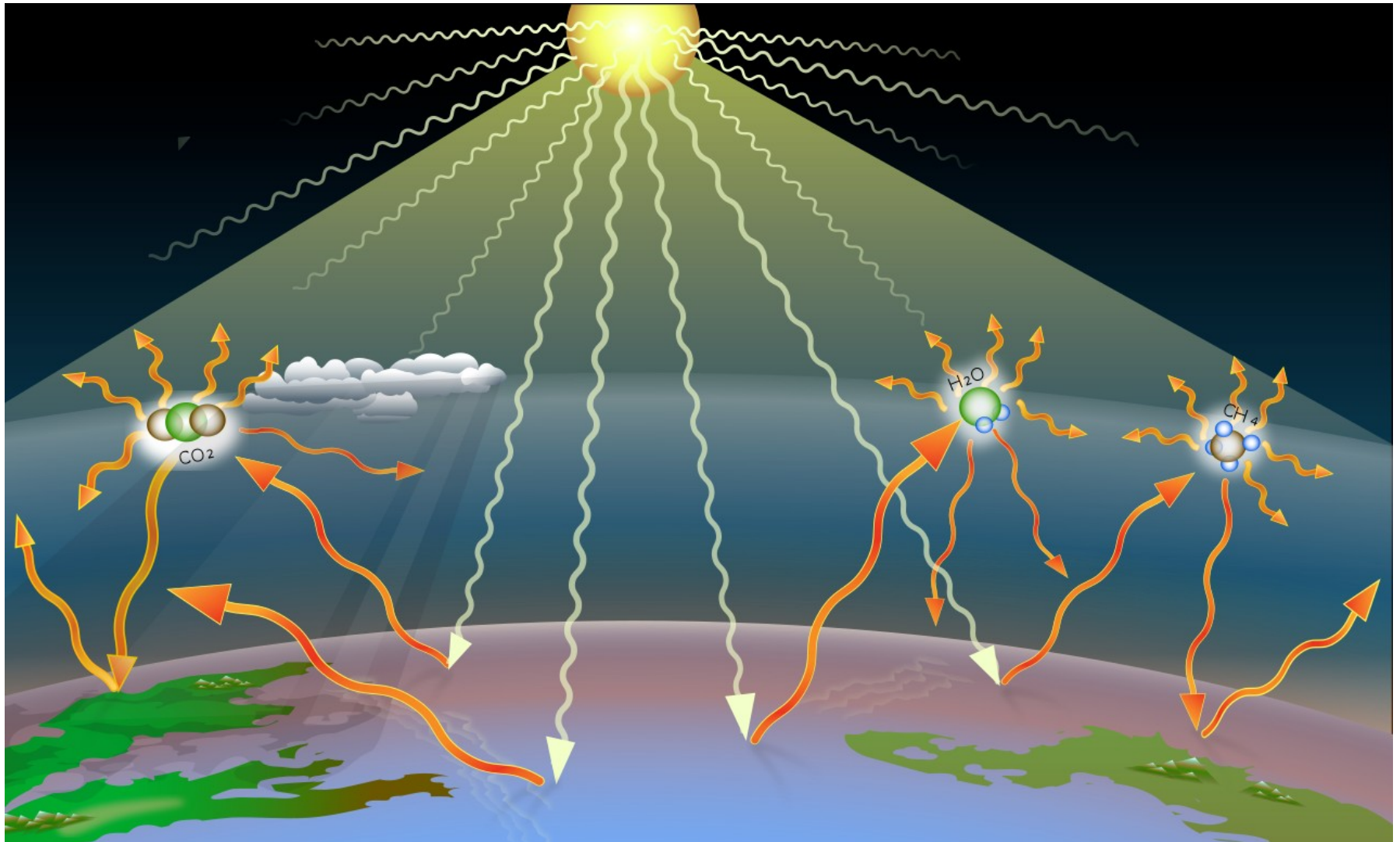
<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Données CRU TS (University of East Anglia) – Tendances de précipitations, en mm/jour par décennie, en moyenne sur la période 1980-2015

**Juin-Juillet-août**



# L'évolution observée de la concentration des principaux gaz à effet de serre



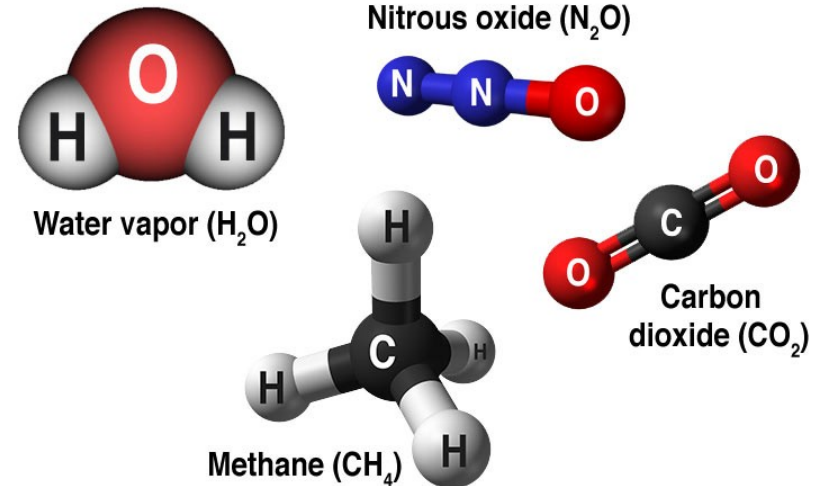
By A loose necktie - Own work, CC BY-SA 4.0,



# L'évolution observée de la concentration des principaux gaz à effet de serre



[https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/carbon\\_toolkit/basics.html](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/carbon_toolkit/basics.html)

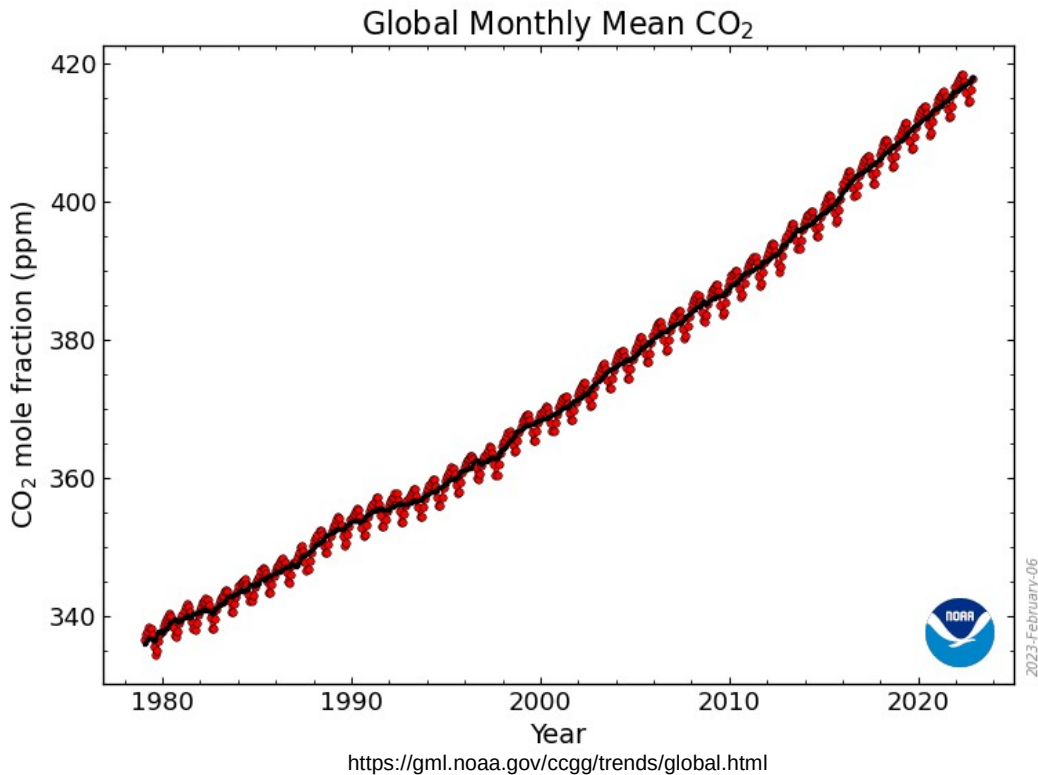


<https://climate.nasa.gov/causes/>

Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau ( $H_2O$ ), le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), le méthane ( $CH_4$ ) et le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ).

Les activités humaines ont directement modifié les concentrations atmosphériques de  $CO_2$ ,  $CH_4$  et  $N_2O$

# Evolution récente de la concentration en CO<sub>2</sub>



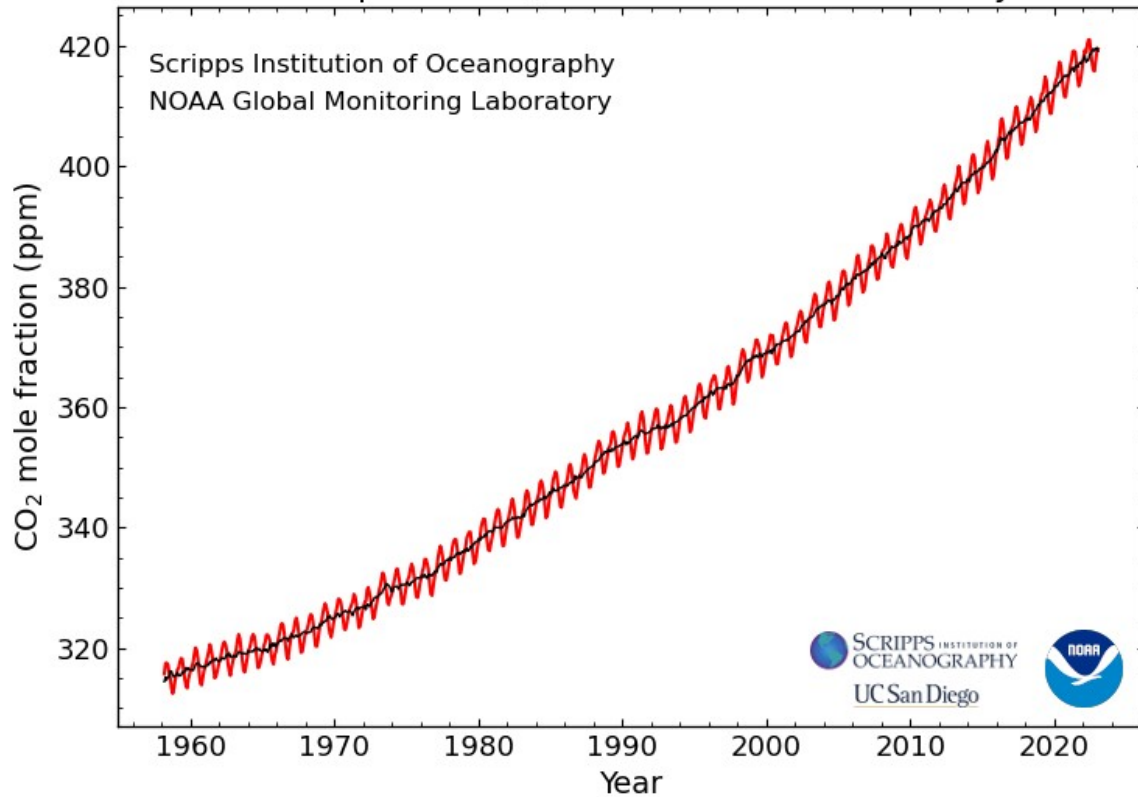
En 2015, la moyenne mensuelle globale de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone dépasse le seuil symbolique de **400 ppm\***.

\* La **partie par million** ( ppm), est la fraction valant  $10^{-6}$ , c'est-à-dire un millionième.

Pour des fractions encore plus petites que le ppm on peut utiliser le ppb, part per billion (« partie par milliard »), égal à  $10^{-9}$ .

# Evolution récente de la concentration en CO<sub>2</sub>

Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory



<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>

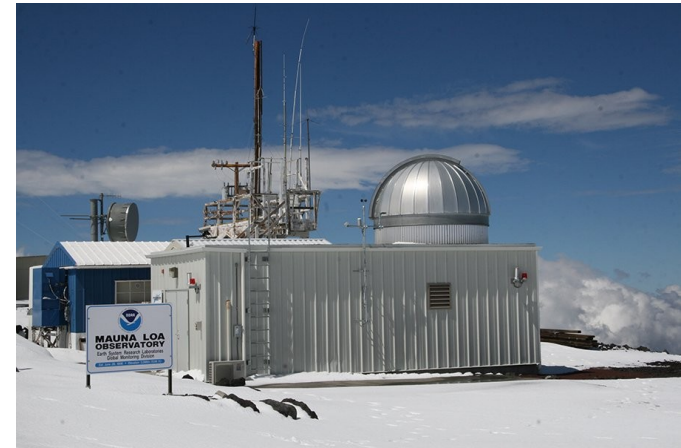
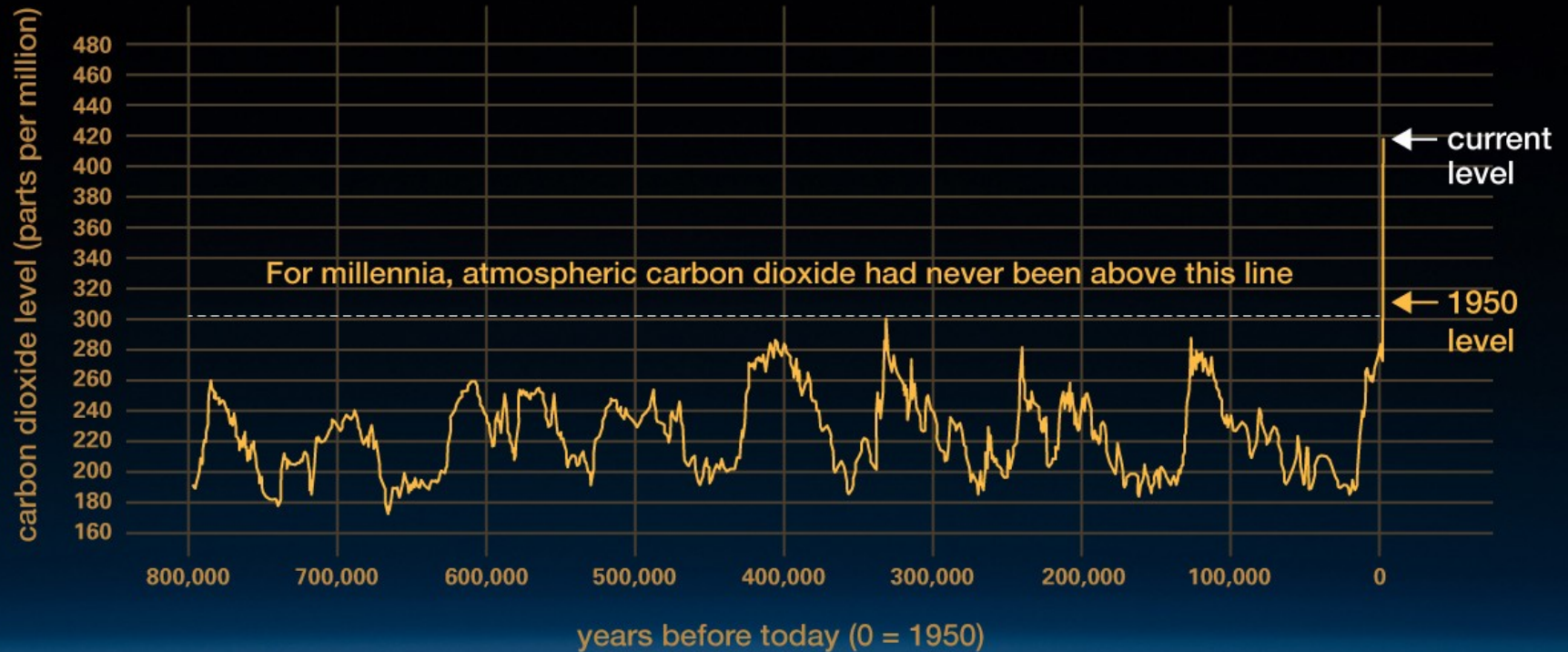


Photo: NOAA

L'observatoire de Mauna Loa

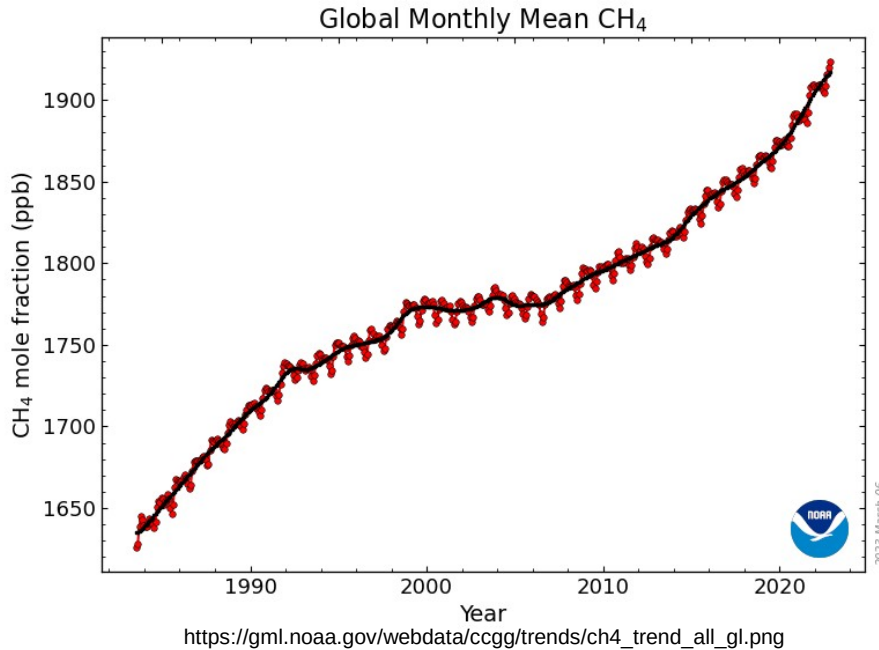
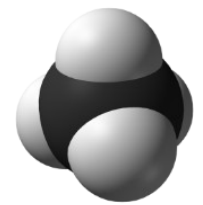
Janvier 2023 : 419.47 ppm

# Evolution de la concentration en $\text{CO}_2$ depuis 800000 ans !





# Evolution récente de la concentration en CH<sub>4</sub>



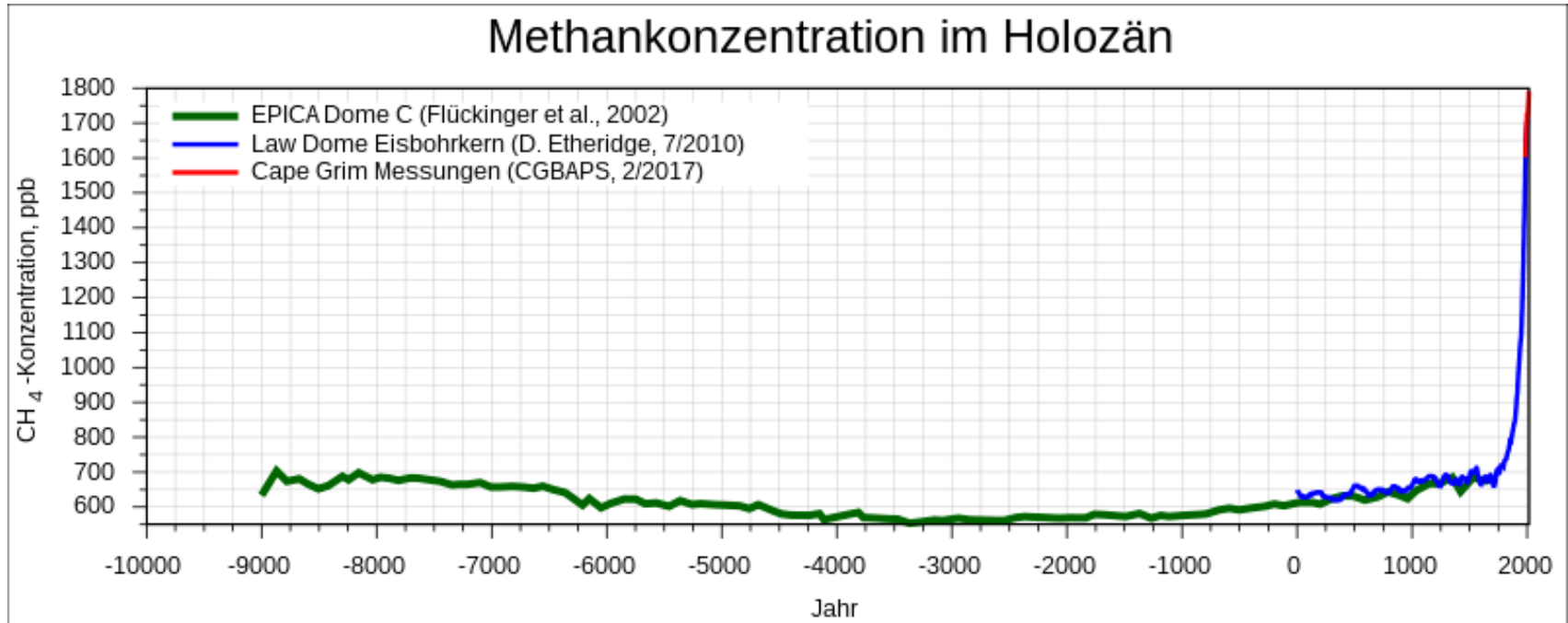
- **1923.57 ppb** en novembre 2022,
- Environ 720 ppb en 1750

(source NOAA)

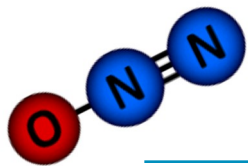


<https://www.environmentalpollutioncenters.org/news/landfill-gas-pollution/>

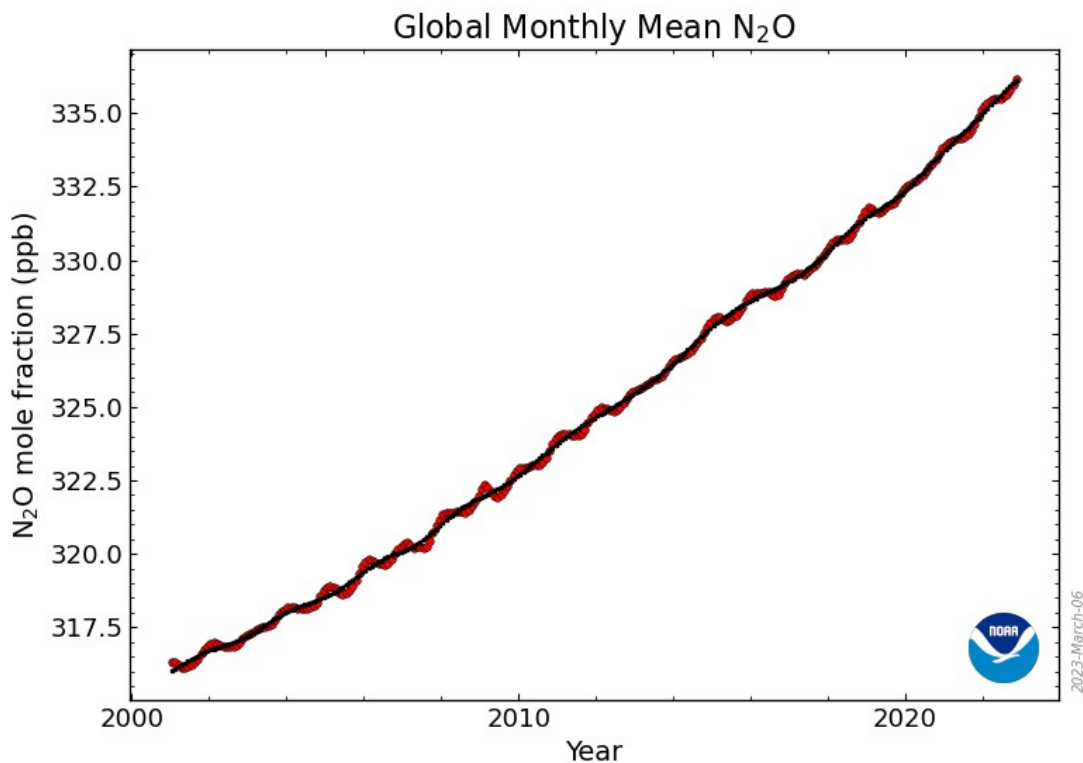
# Evolution de la concentration en CH<sub>4</sub> durant l'holocène



DeWikiMan, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons



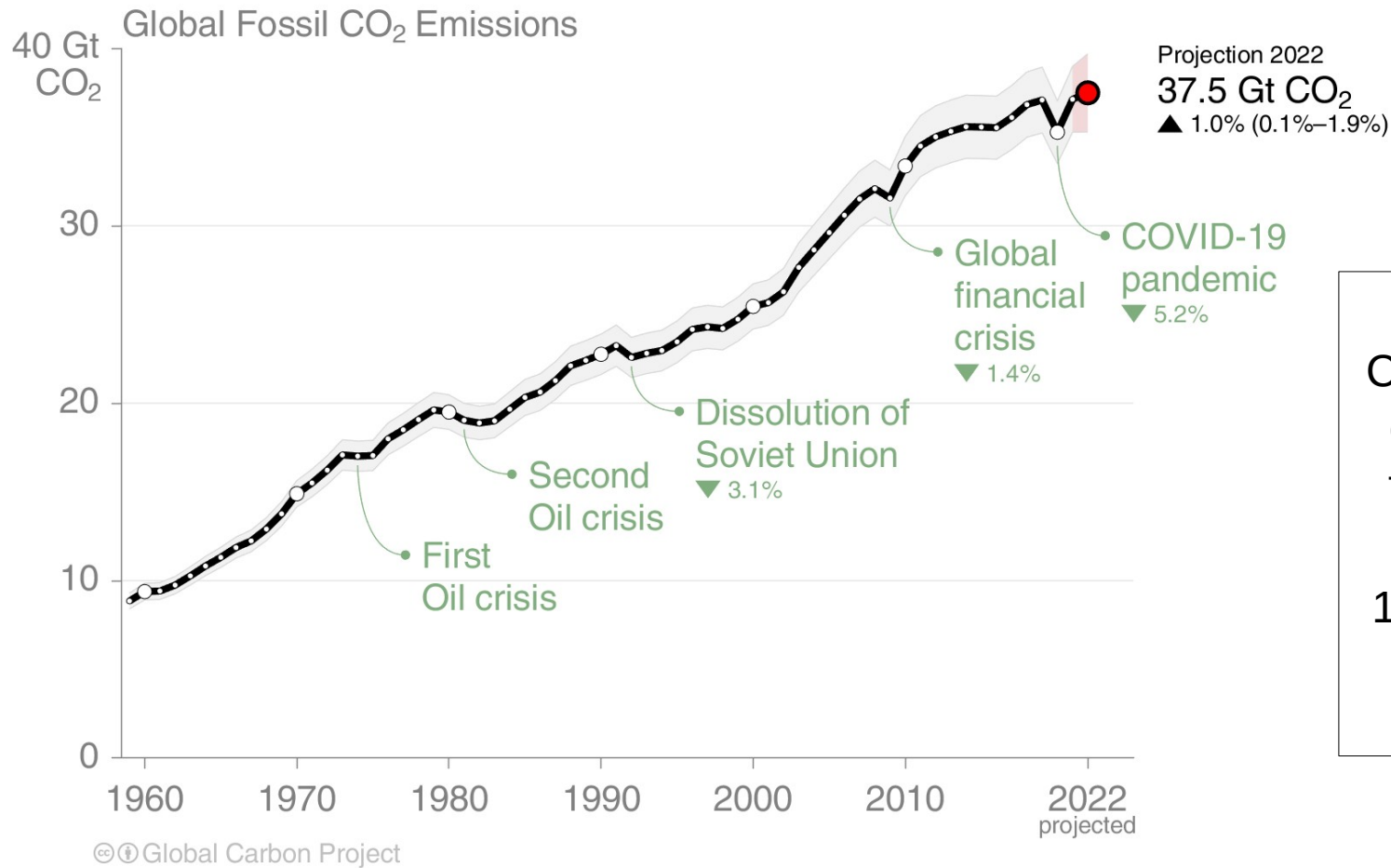
# Evolution récente de la concentration en N<sub>2</sub>O



<https://www.agric.wa.gov.au/climate-change/reducing-nitrous-oxide-emissions-agricultural-soils-western-australia>

Novembre 2022 : 336.16 ppb

# Les émissions de CO<sub>2</sub>



L'émission de CO<sub>2</sub> est indiquée en milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>).  
1 Gigaton (Gt) = 1 milliard de tonnes

[https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/22/files/GCP\\_CarbonBudget\\_2022.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/22/files/GCP_CarbonBudget_2022.pdf)

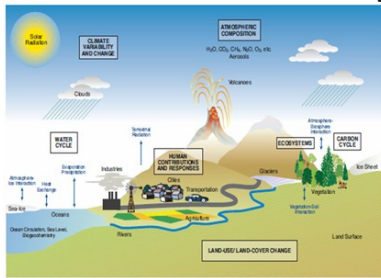
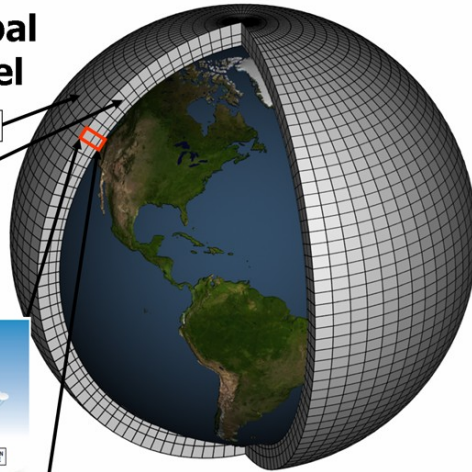


# Plan de la présentation

## Schematic for Global Atmospheric Model

Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

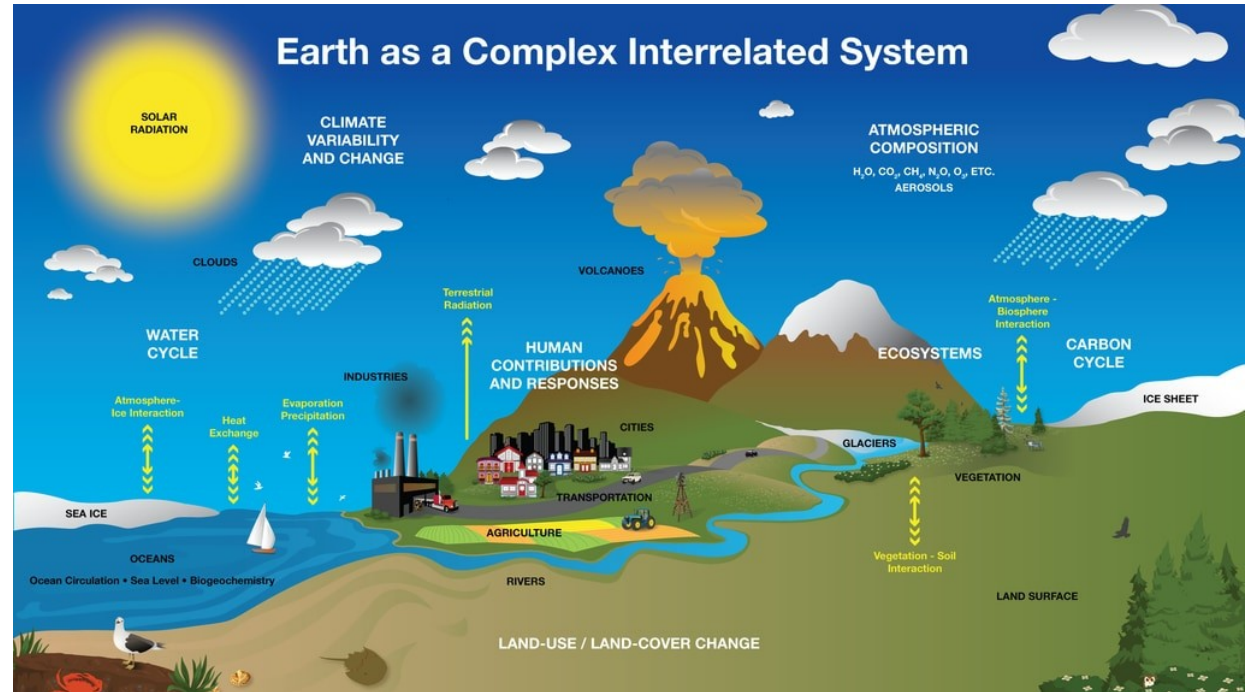
Vertical Grid (Height or Pressure)



1. Introduction – climatologie vs météorologie
2. Les observations du changement climatique
- 3. Les modèles numériques de climat**
4. L'attribution du changement climatique observé
5. Les projections climatiques
6. Les phénomènes extrêmes

# Les modèles climatiques

Un modèle climatique est la **représentation numérique** de la planète et des interactions entre ses différents réservoirs qui modulent le climat : l'atmosphère, l'océan, la cryosphère, la biosphère et les surfaces continentales.



<https://svs.gsfc.nasa.gov/30988>

# La validation des modèles climatiques

---

Les modèles climatiques sont basés sur une physique solide et la meilleure compréhension du système terrestre disponible.

Néanmoins, on peut s'interroger légitimement sur leur capacité à projeter correctement les conditions climatiques futures.

Dans quelle mesure sont-ils **fiables** ?



<https://www.encyclopedie-environnement.org/en/climate/climate-models/>

# La validation des modèles climatiques

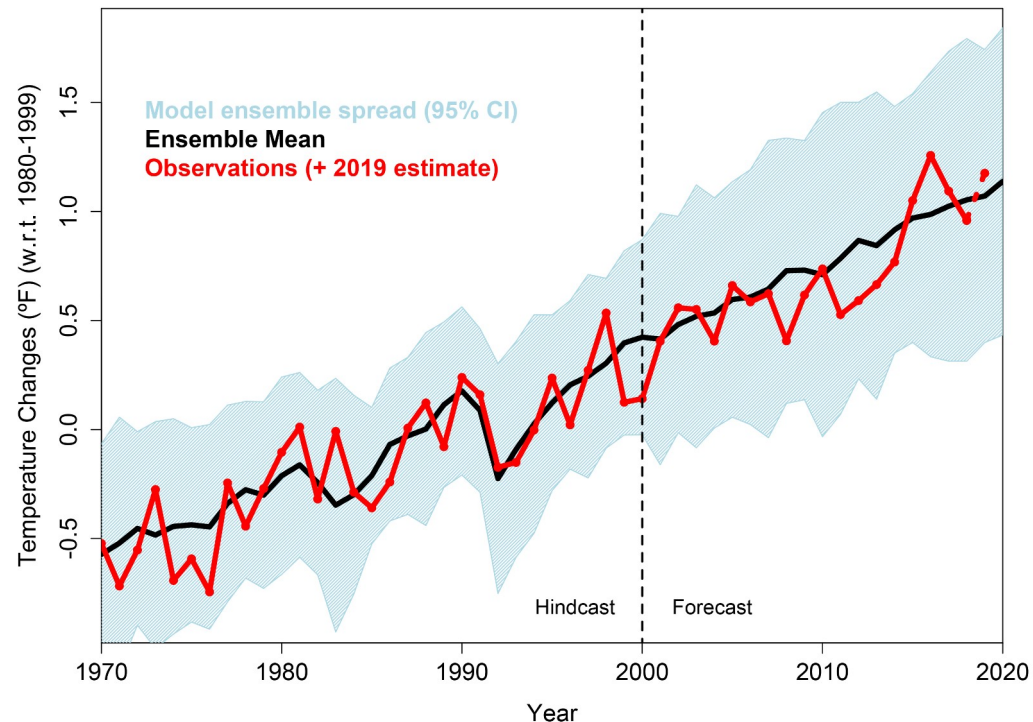
Les modèles qui ont été utilisés dans le 4e rapport d'évaluation du GIEC peuvent être évalués en comparant **leurs projections sur environ 20 ans** avec ce qui s'est réellement passé.

- **Ensemble multi-modèle**
- **Moyenne de tous les modèles**
- **Indice de température de surface** du Goddard Institute for Space Studies de la NASA.

Les températures sont représentées par rapport à une référence 1980-1999.

Crédit : Gavin Schmidt

Forecast evaluation for models run in 2004



<https://climate.nasa.gov/news/2943/study-confirms-climate-models-are-getting-future-warming-projections-right/>



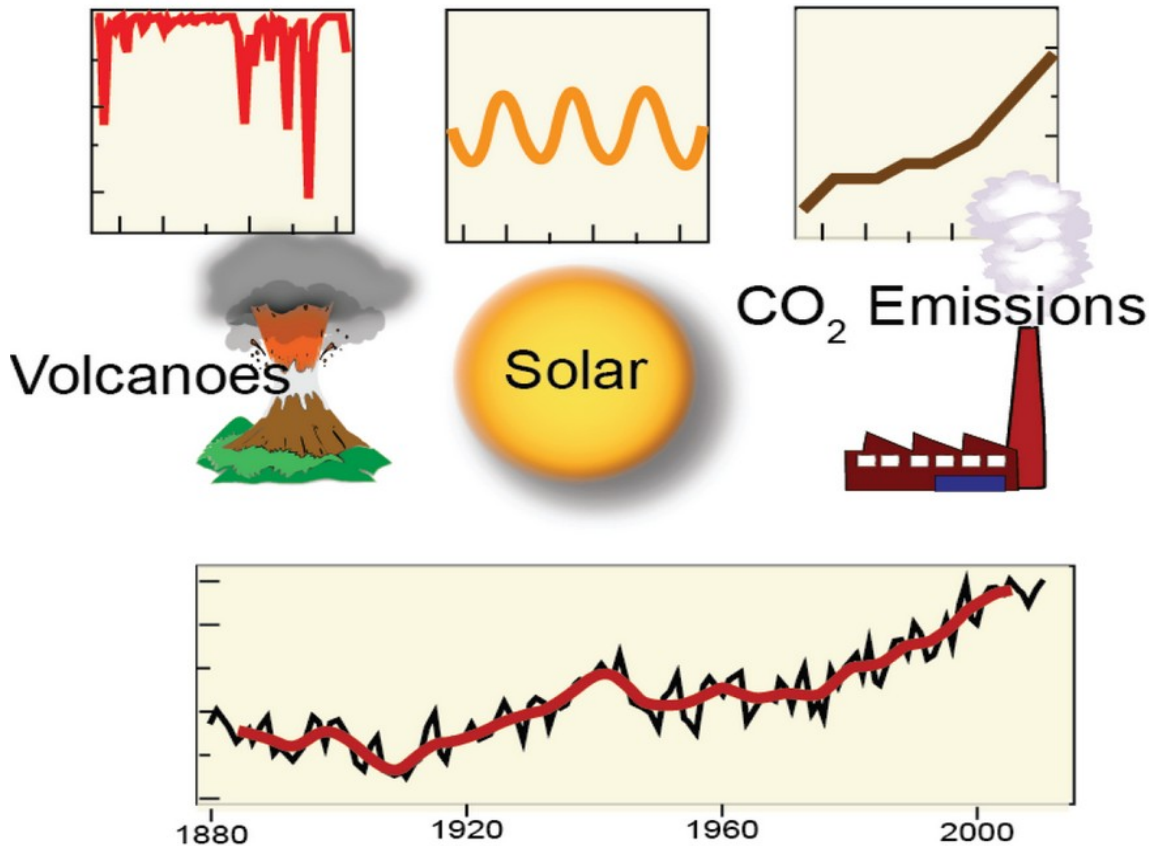
# Plan de la présentation



<https://www.chappatte.com/en/gctheme/climate-change/>

1. Introduction – climatologie vs météorologie
2. Les observations du changement climatique
3. Les modèles numériques de climat
- 4. L'attribution du changement climatique observé**
5. Les projections climatiques
6. Les phénomènes extrêmes

# Comment prouver le lien de cause à effet ?



By NOAA NCDC [Public domain], via Wikimedia Commons

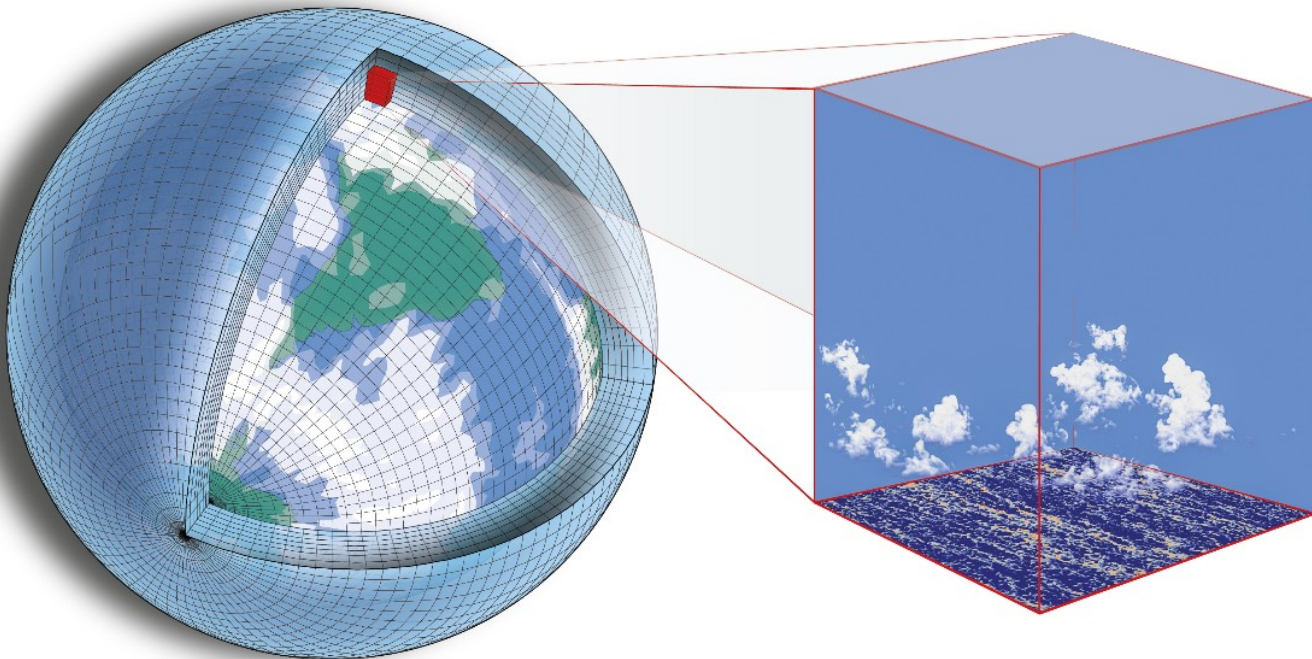
Comment prouver **le lien de causalité** entre le réchauffement constaté au cours du vingtième siècle, et l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre ?

Après tout, d'autres forçages, naturels ceux-là, s'exercent sur le climat ...

# Comment prouver le lien de cause à effet ?

---

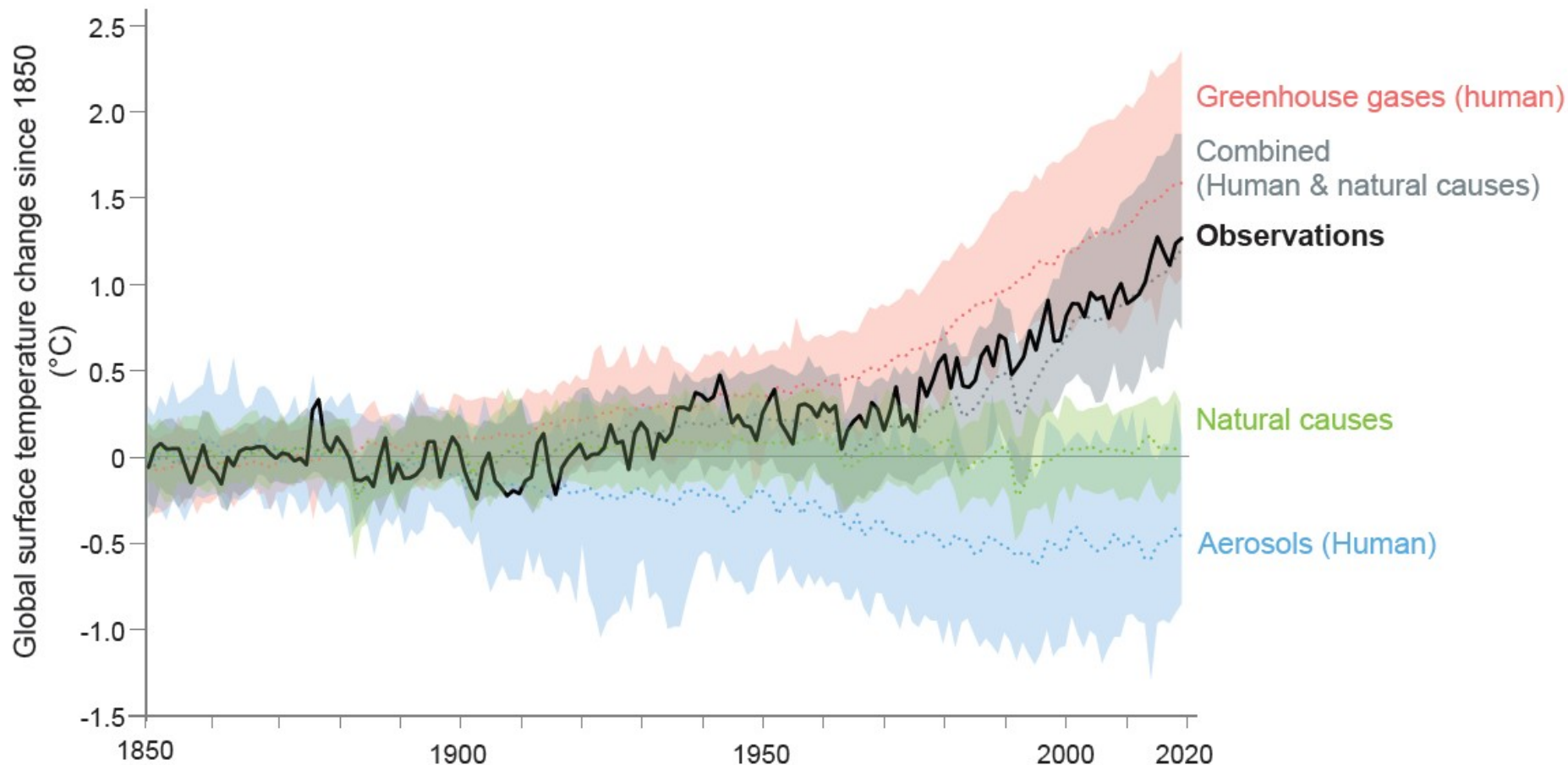
On peut prouver le lien de causalité entre le réchauffement global récent, et l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre, **grâce aux modèles climatiques numériques.**



<https://climate-dynamics.org/>

# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

La **ligne noire** représente le réchauffement **observé**, depuis 1850, de la température de surface, en moyenne mondiale.

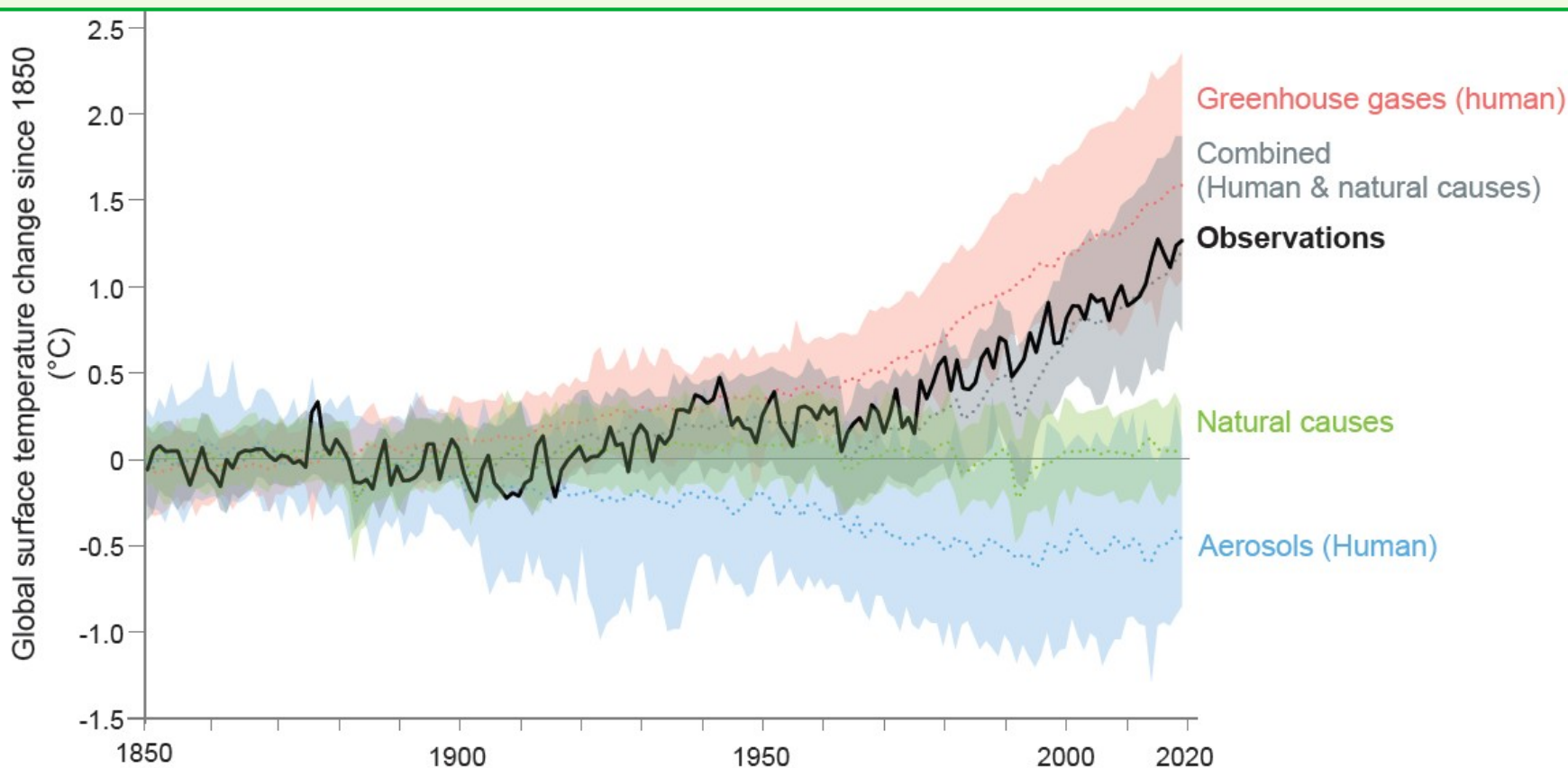




# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

**Ligne verte** = moyenne multi-modèle des simulations qui n'incluent que les **processus naturels** (variabilité interne liée aux événements El Niño, variations de l'activité solaire, éruptions volcaniques...)

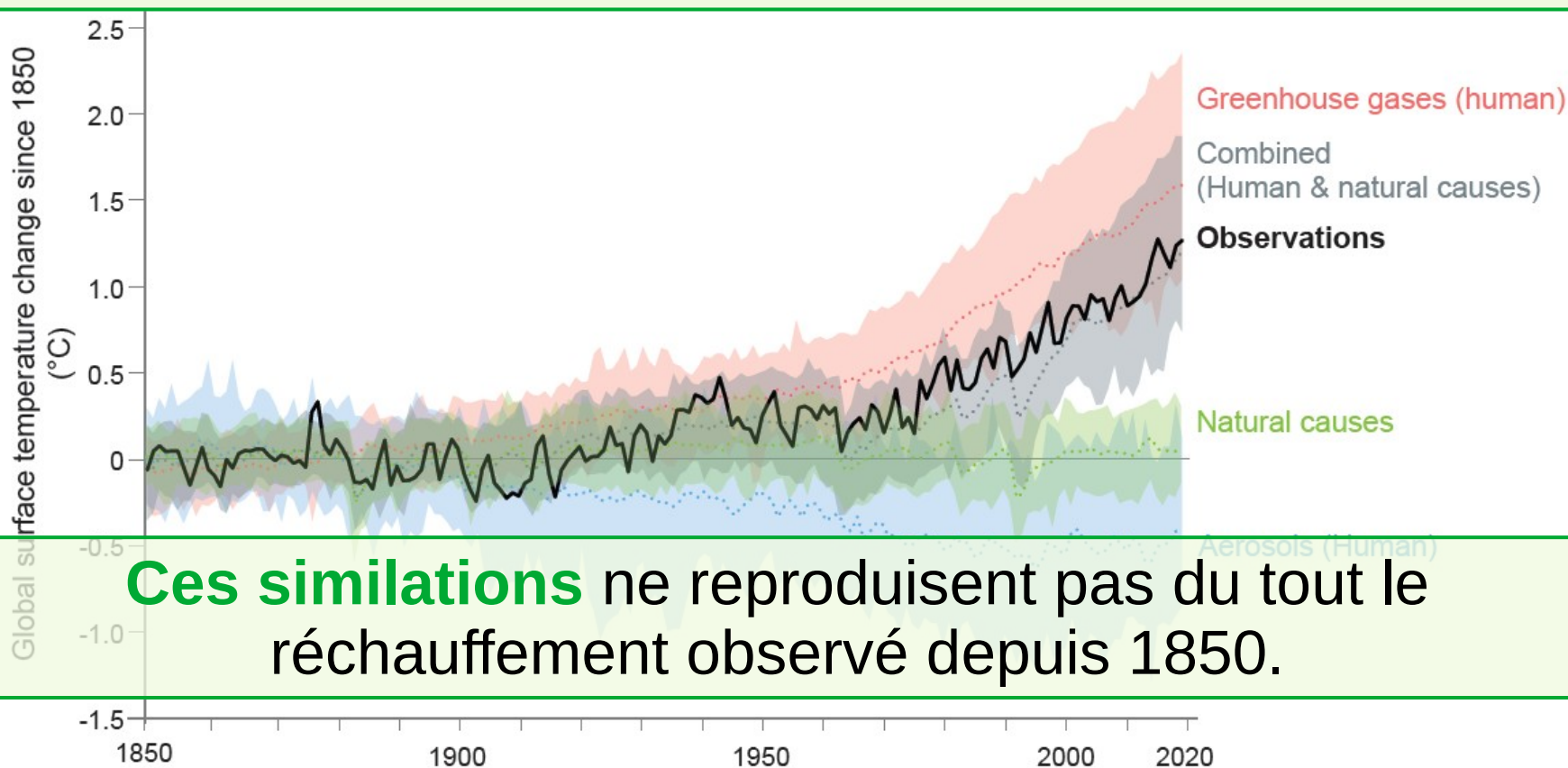
La bande verte montre la fourchette de 5 à 95 % des simulations individuelles.



# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

**Ligne verte** = moyenne multi-modèle des simulations qui n'incluent que les **processus naturels** (variabilité interne liée aux événements El Niño, variations de l'activité solaire, éruptions volcaniques...)

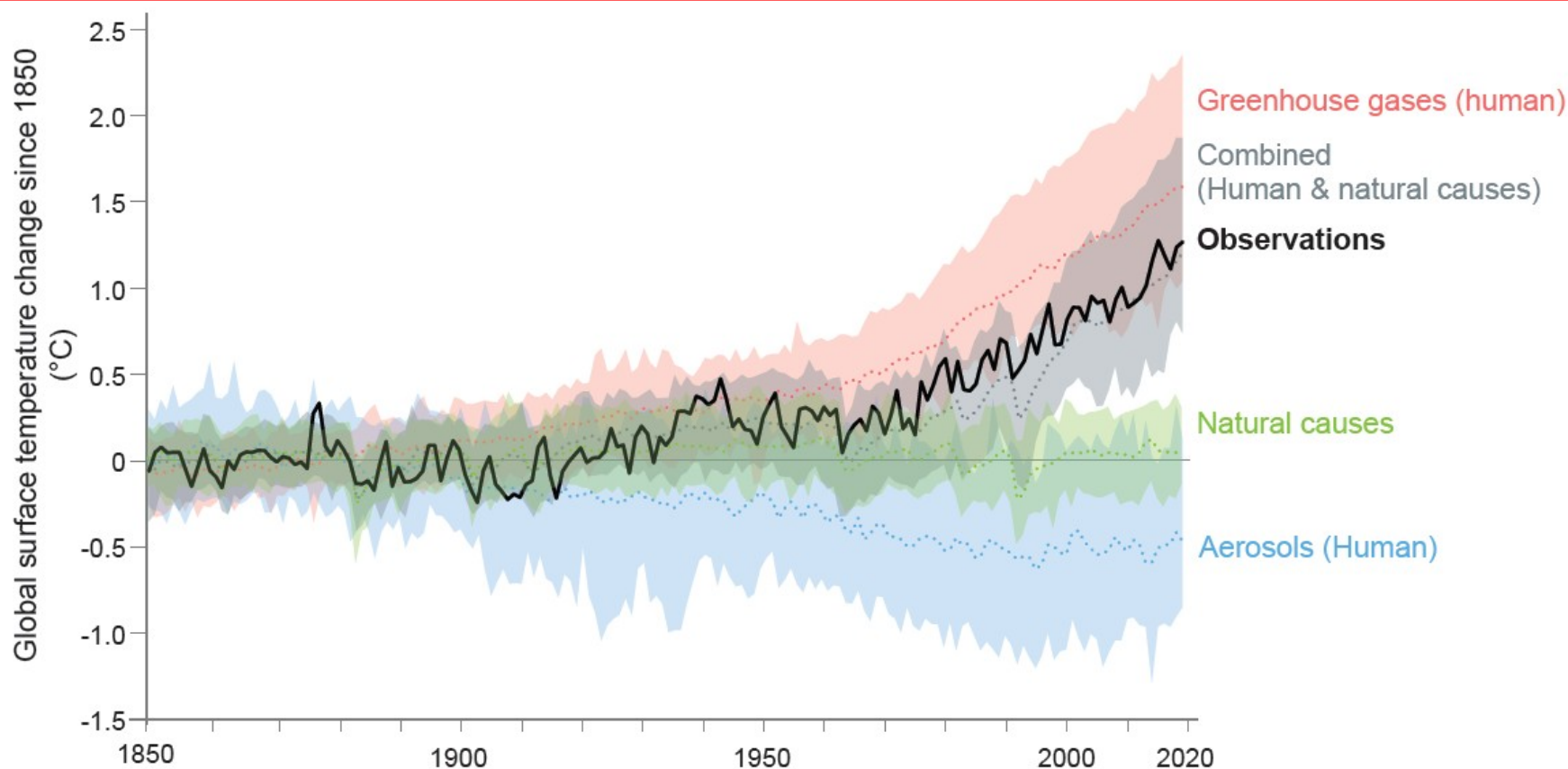
La bande verte montre la fourchette de 5 à 95 % des simulations individuelles.



**Ces simulations** ne reproduisent pas du tout le réchauffement observé depuis 1850.

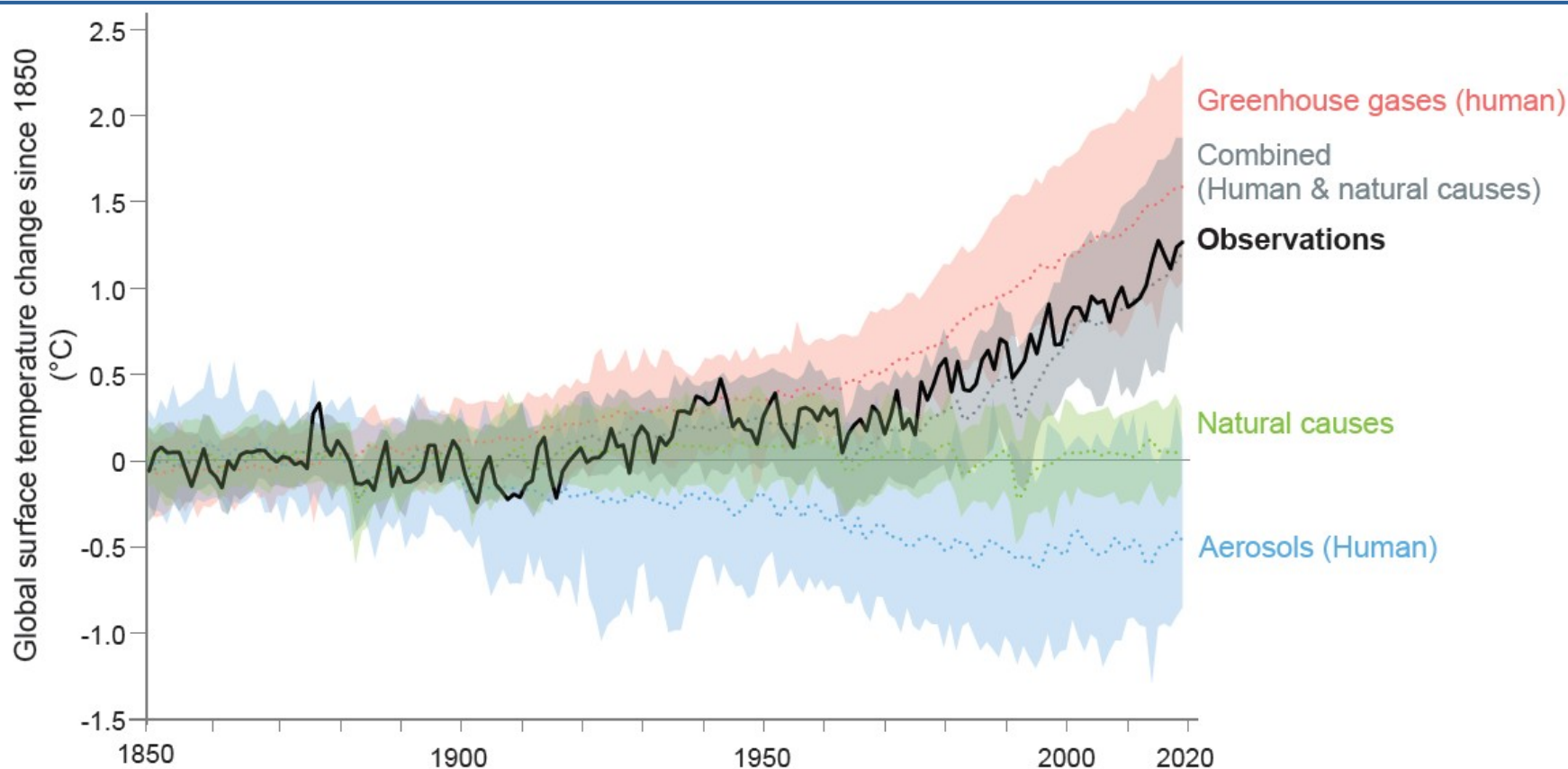
# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

La **bande rouge** montre la fourchette de 5 à 95 % des simulations individuelles incluant **uniquement les gaz à effet** de serre anthropiques, la ligne rouge est la moyenne multi-modèle.



# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

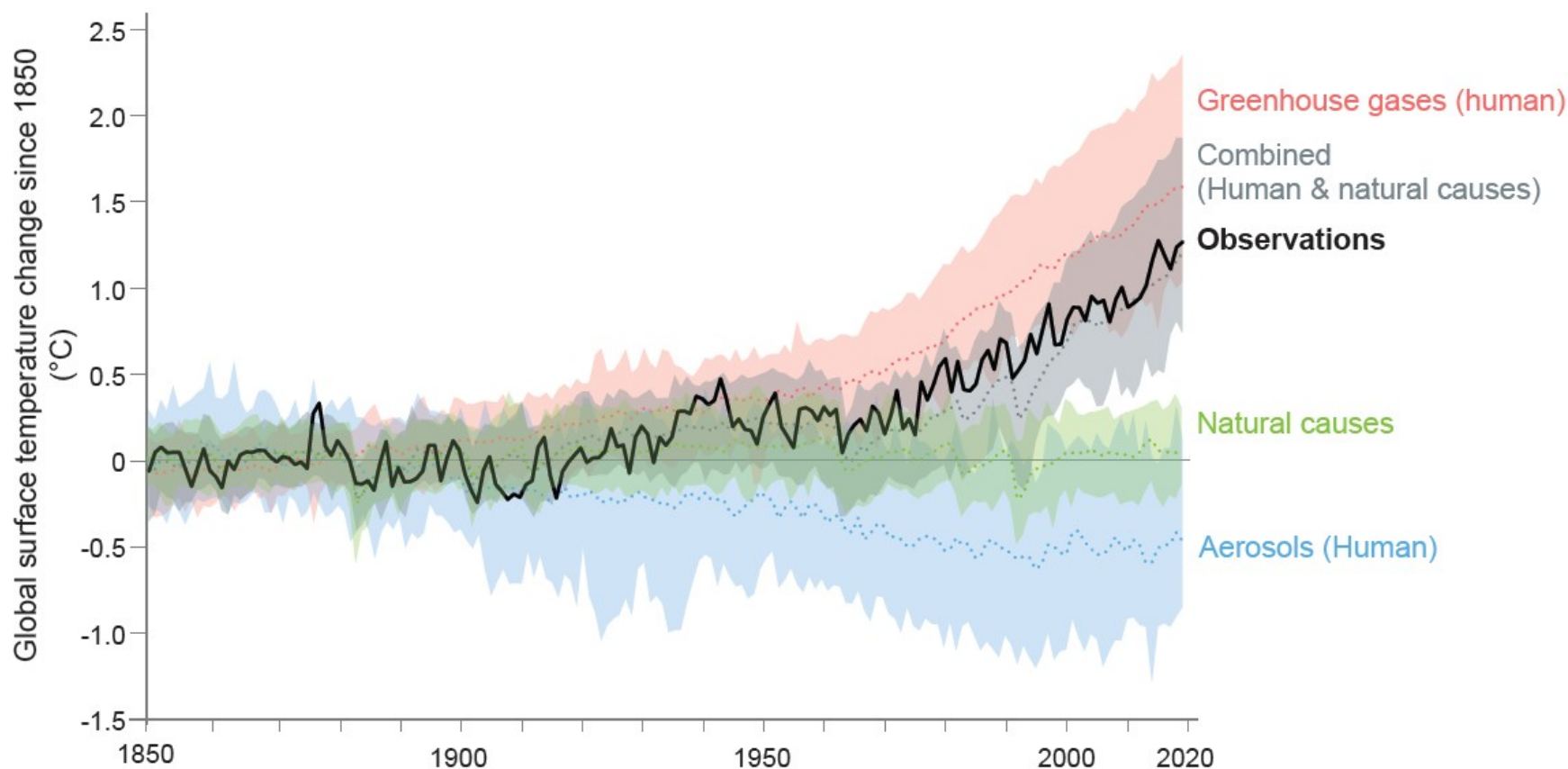
Les **aérosols anthropiques** dans l'atmosphère ont un effet **refroidissant**, comme le montre la courbe bleue qui représente la moyenne multi-modèle des simulations intégrant l'effet des aérosols comme seul forçage.



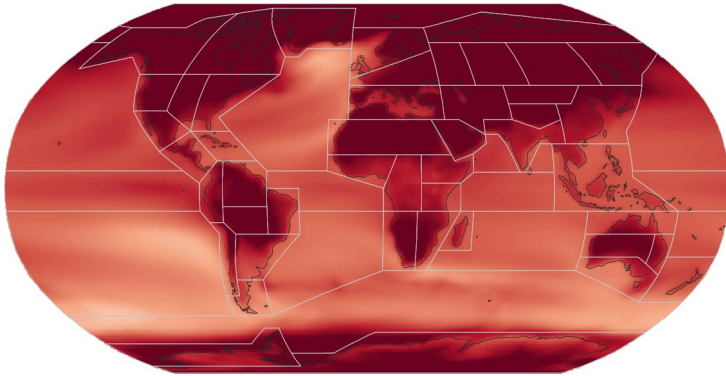


# Le réchauffement global observé (1850-2019) n'est reproduit que dans les simulations incluant l'influence humaine.

Les simulations intégrant les forçages naturels et anthropiques (GES + aérosols) reproduisent très correctement les observations.



# Plan de la présentation



Période (2081-2100) **SSP5-8.5** (rel. To 1850-1900)

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

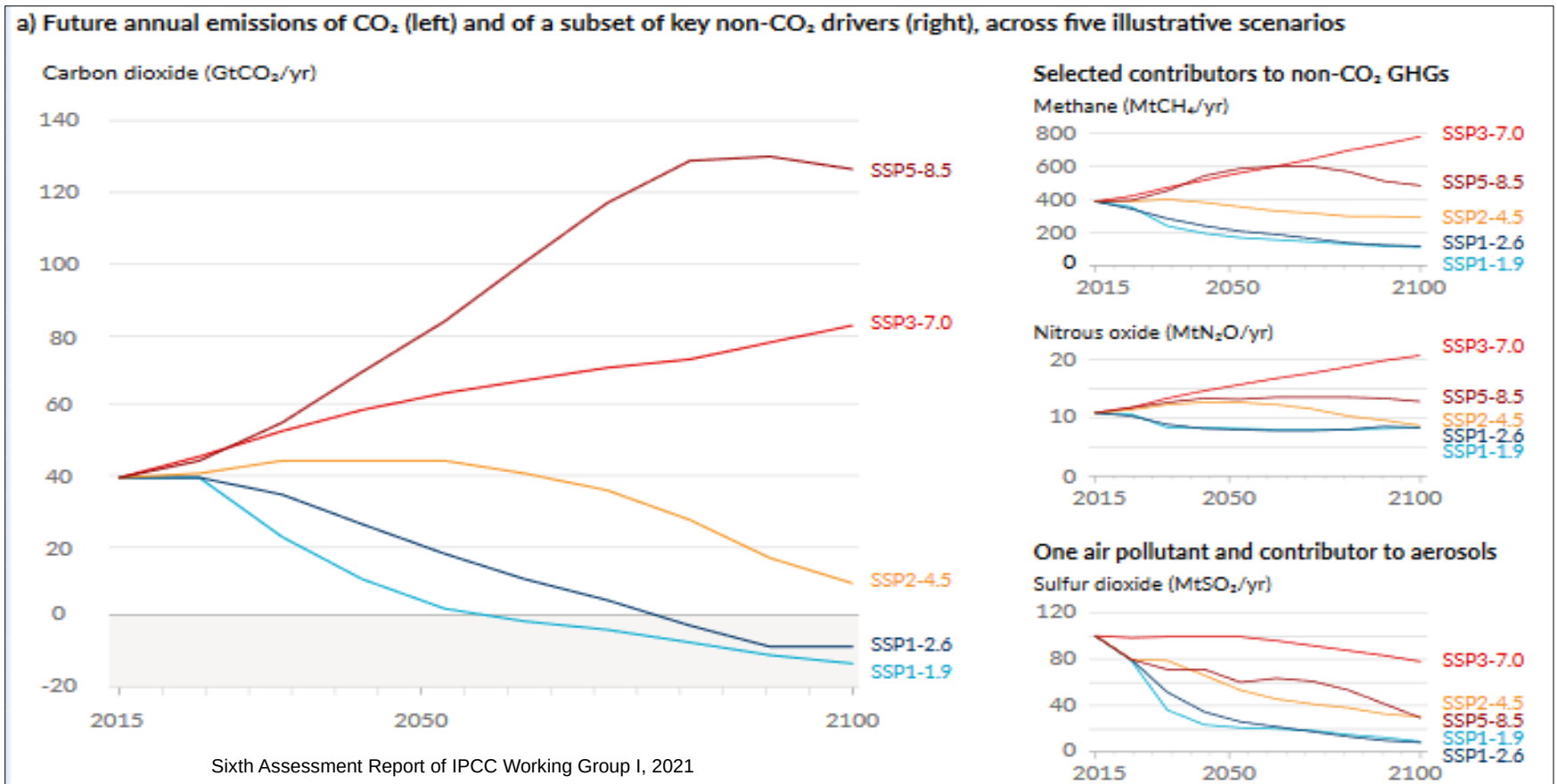
1. Introduction – climatologie vs météorologie
2. Les observations du changement climatique
3. Les modèles numériques de climat
4. L'attribution du changement climatique observé
- 5. Les projections climatiques**
6. Les phénomènes extrêmes



# A la croisée des chemins ... quel sera celui que suivra l'humanité ?



# Les 5 scénarios du rapport du GIEC 2021



- Le scénario **le plus pessimiste** correspond à un forçage de **8,5 W/m<sup>2</sup>** en 2100.
- Le scénario **le plus optimiste** correspond à un forçage de **1,9 W/m<sup>2</sup>** en 2100.

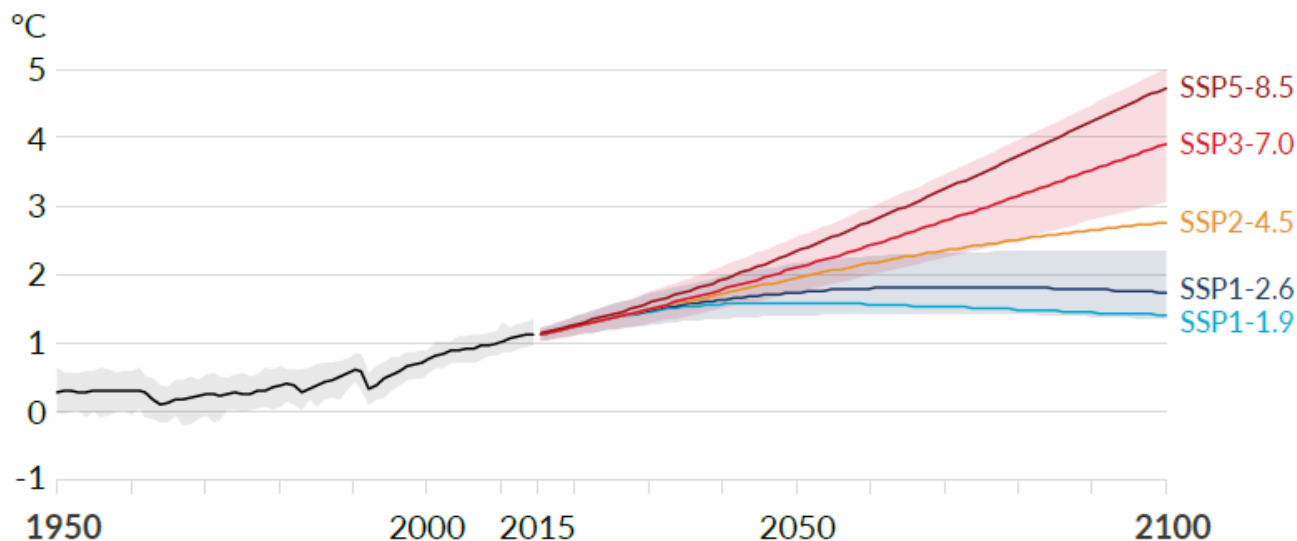


# Les projections de température



Température de surface en moyenne globale – écart par rapport à la période 1850-1900

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group I, 2021

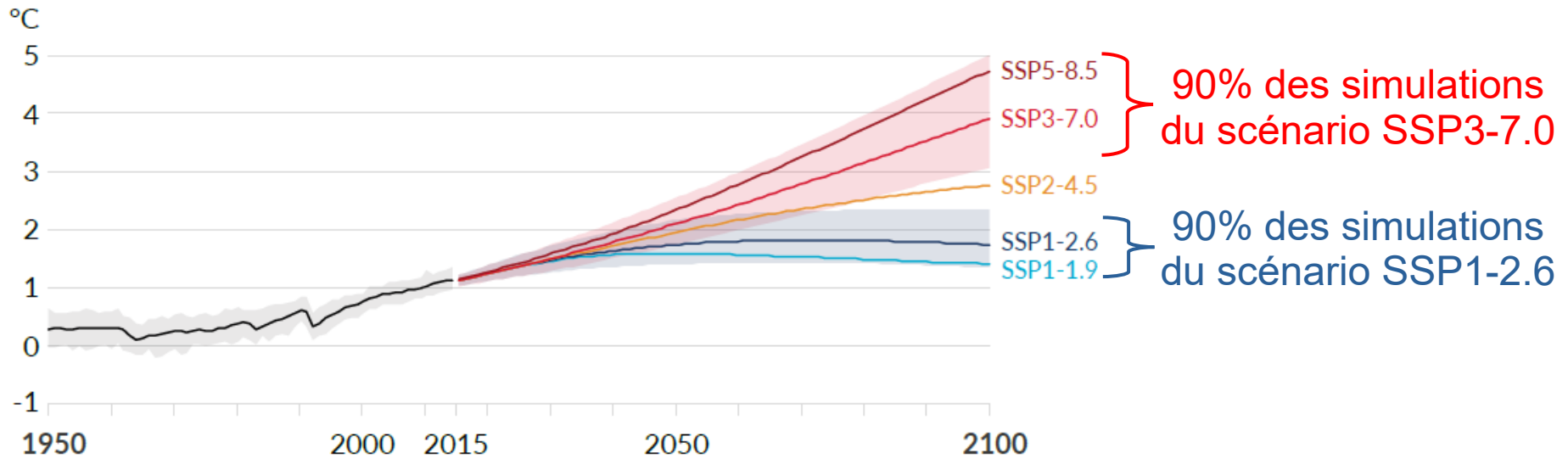
Les lignes colorées représentent la **valeur moyenne** obtenue par tous les modèles climatiques utilisés, pour chacun des scénarios.

# Les projections de température



Température de surface en moyenne globale – écart par rapport à la période 1850-1900

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



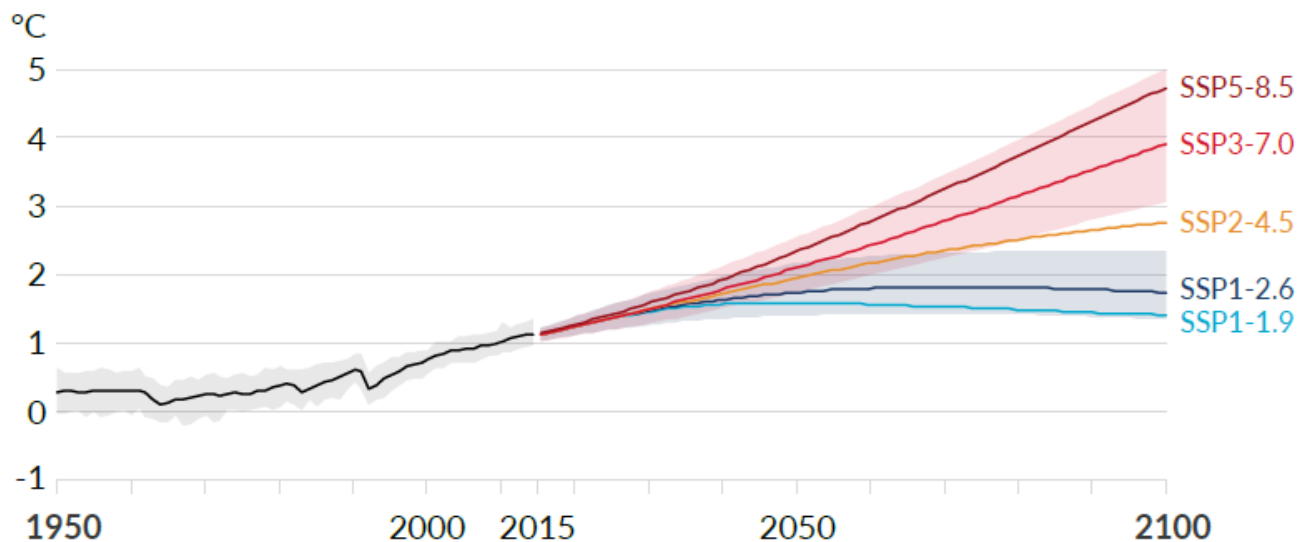
Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group I, 2021

# Les projections de température



Température de surface en moyenne globale – écart par rapport à la période 1850-1900

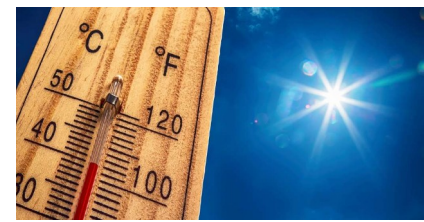
a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



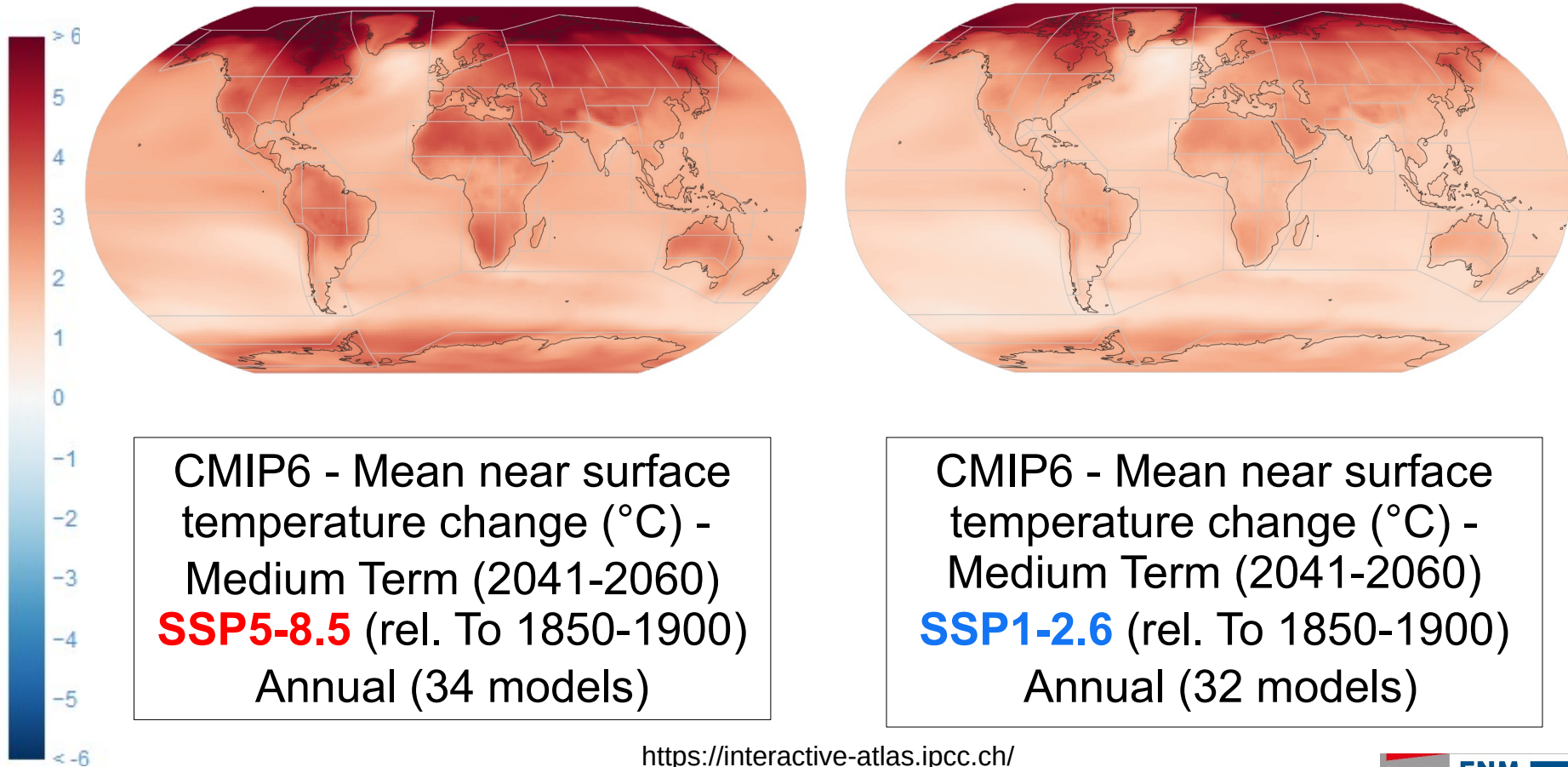
La température à la surface du globe continuera d'augmenter **au moins jusqu'au milieu du siècle** dans tous les scénarios.

Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group I, 2021

# Les projections de température



Projections à **moyen terme** (2041-2060), par rapport à la période 1850-1900



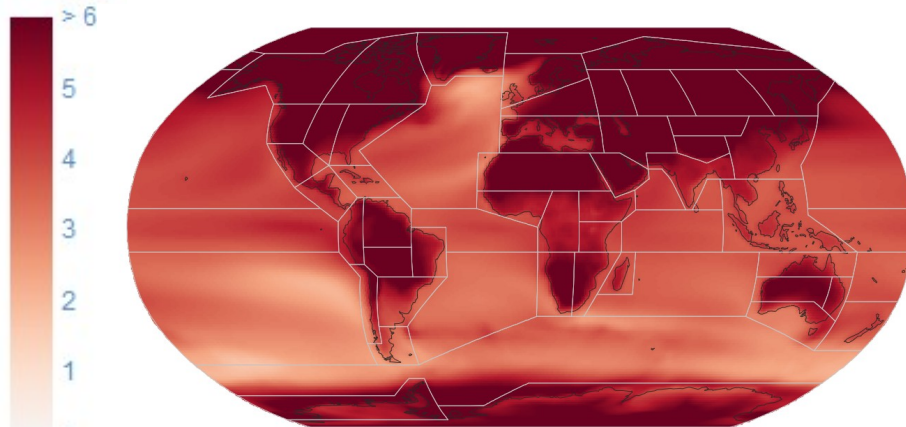
<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>



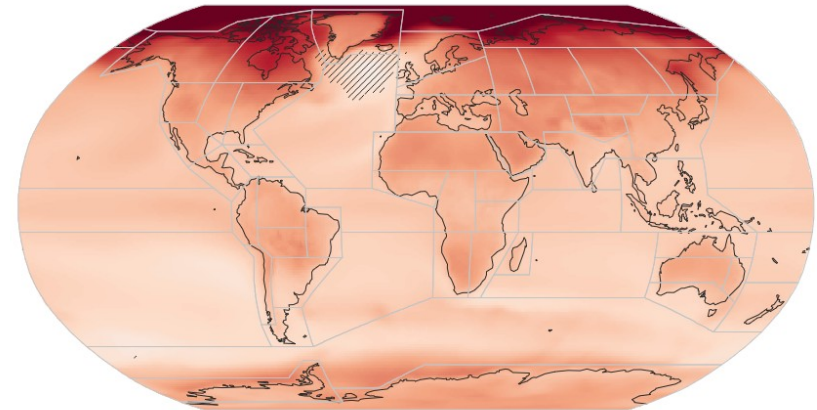
# Les projections de température



Projections à **long terme** (2081-2100), par rapport à la période 1850-1900



CMIP6 - Mean near surface temperature change ( $^{\circ}\text{C}$ ) - Long Term (2081-2100)  
**SSP5-8.5** (rel. To 1850-1900)  
Annual (34 models)



CMIP6 - Mean near surface temperature change ( $^{\circ}\text{C}$ ) - Long Term (2081-2100)  
**SSP1-2.6** (rel. To 1850-1900)  
Annual (32 models)

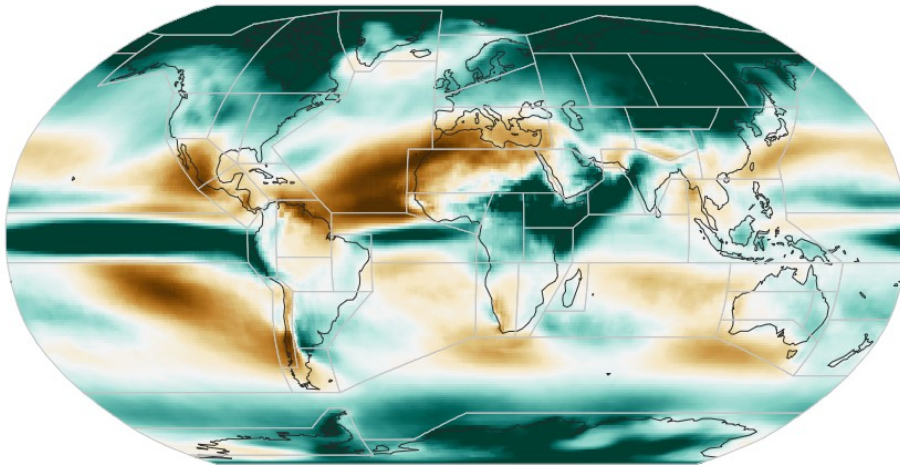
<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

# Les projections de précipitations

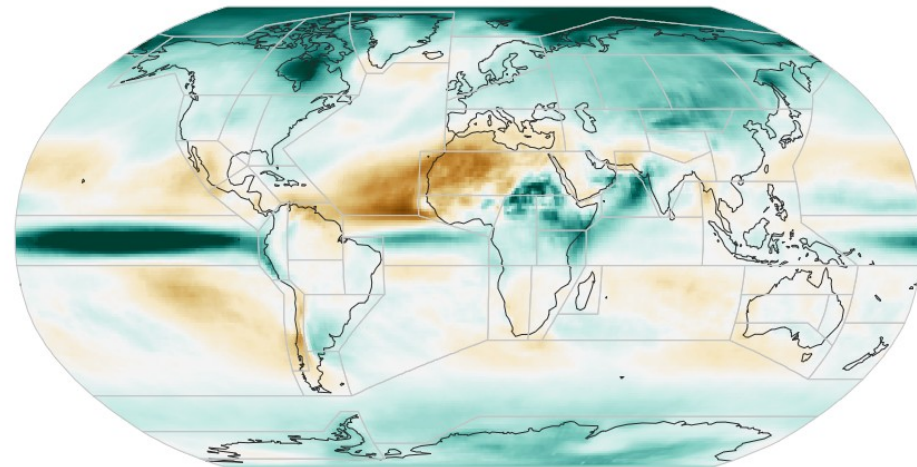


©www.ClipProject.info

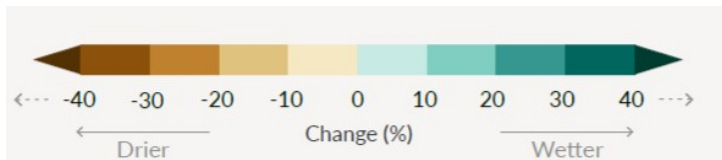
Projections à **long terme** (2081-2100), par rapport à la période 1850-1900



Total precipitation Change %  
Long Term (2081-2100)  
**SSP5-8.5** (rel. To 1850-1900)  
December to February (33 models)



Total precipitation Change %  
Long Term (2081-2100)  
**SSP1-2.6** (rel. To 1850-1900)  
December to February (31 models)



<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

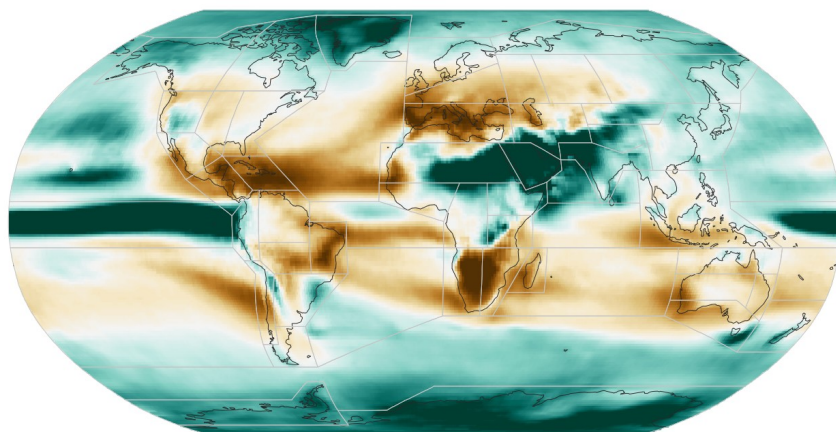
Décembre-Janvier-Février

# Les projections de précipitations

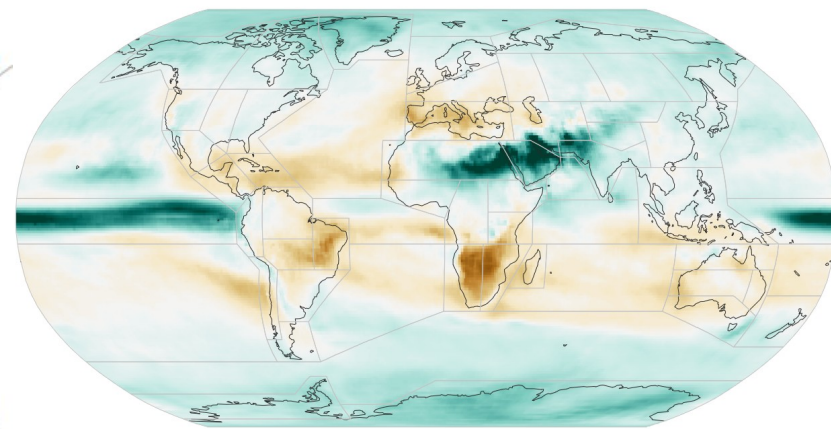
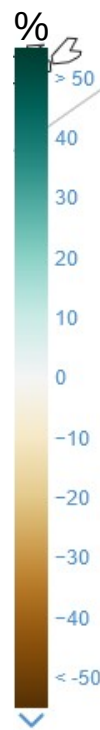


©www.ClipProject.info

Projections à **long terme** (2081-2100), par rapport à la période 1850-1900



Total precipitation Change %  
Long Term (2081-2100)  
**SSP5-8.5** (rel. To 1850-1900)  
June to August (33 models)



Total precipitation Change %  
Long Term (2081-2100)  
**SSP1-2.6** (rel. To 1850-1900)  
June to August (31 models)

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Juin-Juillet-Août

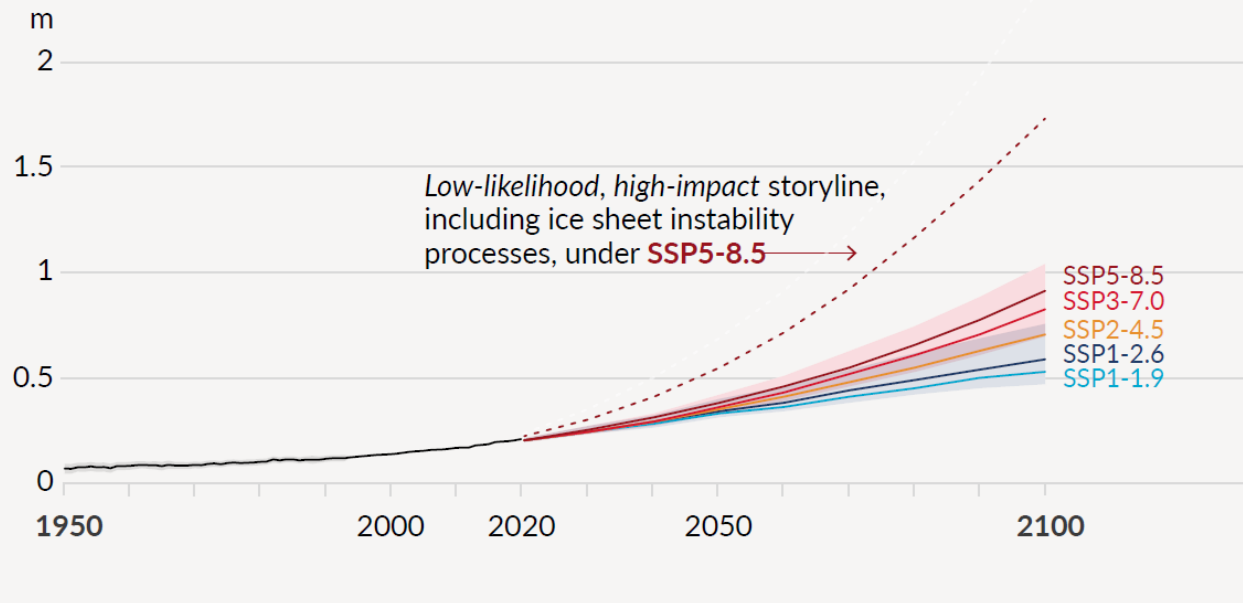
# Les projections de modification du niveau de la mer



Evolution du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale, en mètres, par rapport à 1900.

Les changements passés sont représentés par la courbe noire, et les évolutions futures, simulées selon les scénarios SSP, sont représentées par les courbes colorées.

Les fourchettes probables sont indiquées pour les scénarios **SSP1-2.6** et **SSP3-7.0**, par les zones bleues et roses respectivement.



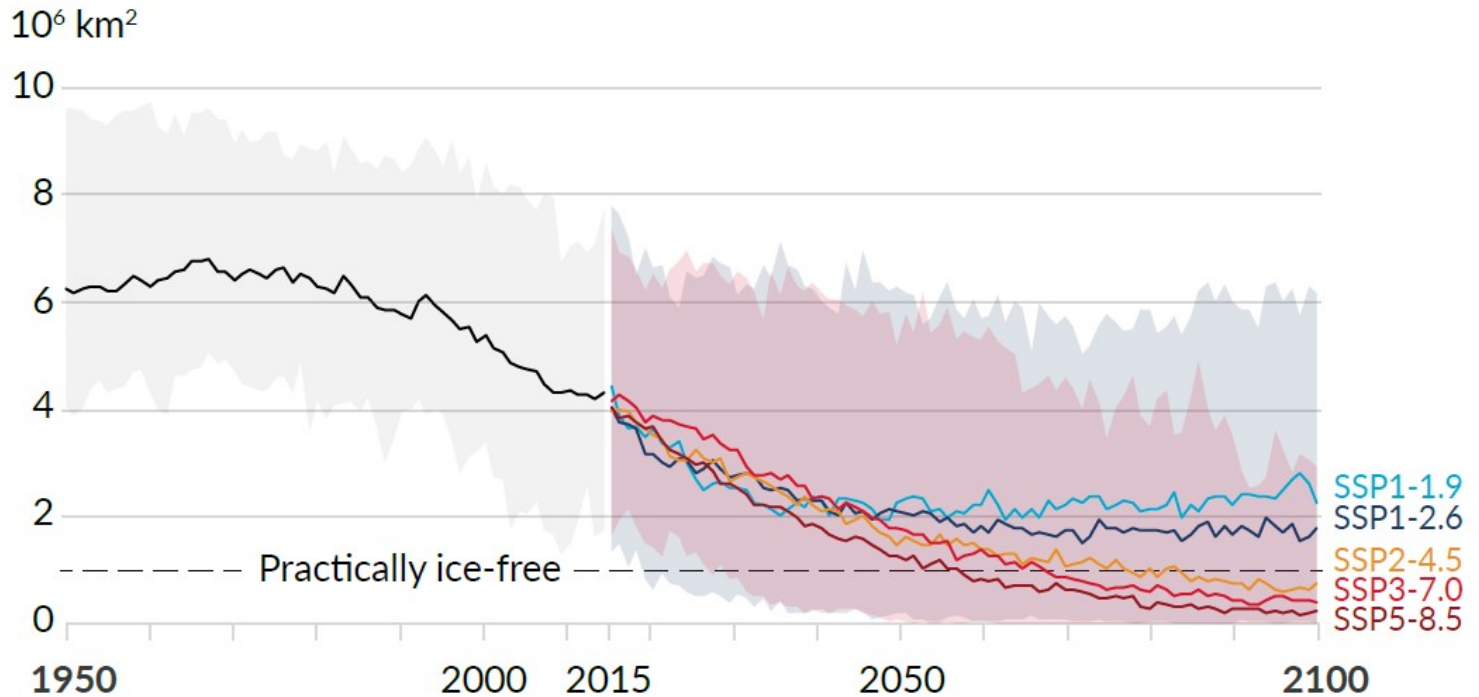
Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group I, 2021



# Les projections de l'étendue de la **banquise arctique**



Les fourchettes très probables sont indiquées pour les scénarios **SSP1-2.6** et **SSP3-7.0** (ce sont les zones grises et roses respectivement).



Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group I, 2021

L'Arctique devrait être pratiquement **libre de glace** vers le milieu du siècle selon les scénarios **SSP2-4.5**, **SSP3-7.0** et **SSP5-8.5**.

# Plan de la présentation



<https://www.bbc.co.uk/newsround/57912333>

1. Introduction – climatologie vs météorologie
2. Les observations du changement climatique
3. Les modèles numériques de climat
4. L'attribution du changement climatique observé
5. Les projections climatiques
- 6. Les phénomènes extrêmes**

# Les phénomènes extrêmes

## Phénomène météorologique extrême



<https://abcnews.go.com/US/strong-irmas-winds-imagine-stand-racecar-speeding-track/story?id=49650980>

Le GIEC définit un phénomène météorologique extrême comme "un événement rare à un endroit et à une période de l'année donnés".

## Phénomène climatique extrême



<https://www.labmanager.com/news/record-breaking-drought-more-severe-than-previously-thought-26833>

Un événement climatique extrême est "un schéma de conditions météorologiques extrêmes qui persiste pendant un certain temps, comme une saison".

# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales

---



<https://www.meteo-paris.com/actualites/pourquoi-la-vague-de-chaleur-a-venir-s-annonce-inedite>



# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales

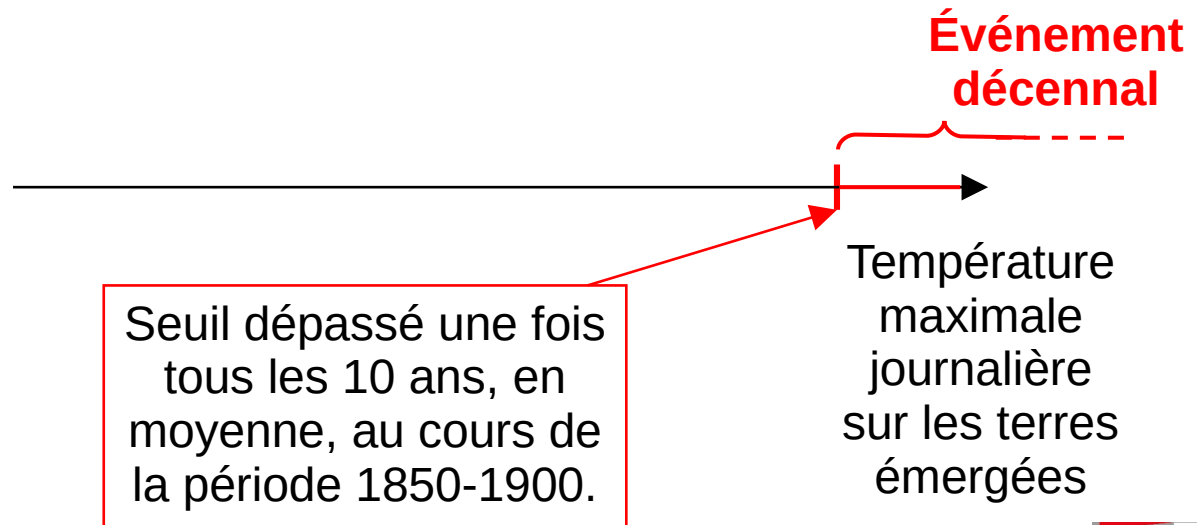


Commençons par les tendances **déjà observées**.

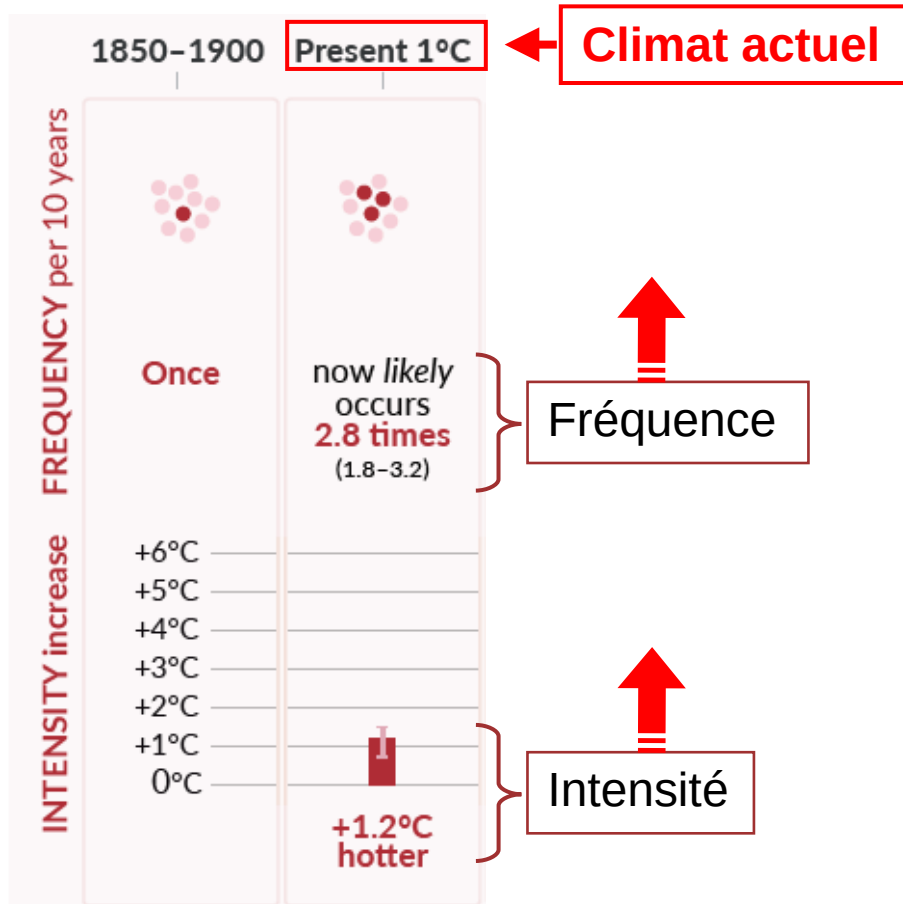


<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

Et on commence par les vagues de chaleur décennales. Par définition, une vague de chaleur décennale se produit si la température maximale journalière sur les terres émergées dépasse un seuil qui n'a été dépassé qu'une fois par décennie, en moyenne, au cours de la période de référence 1850-1900.



# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales



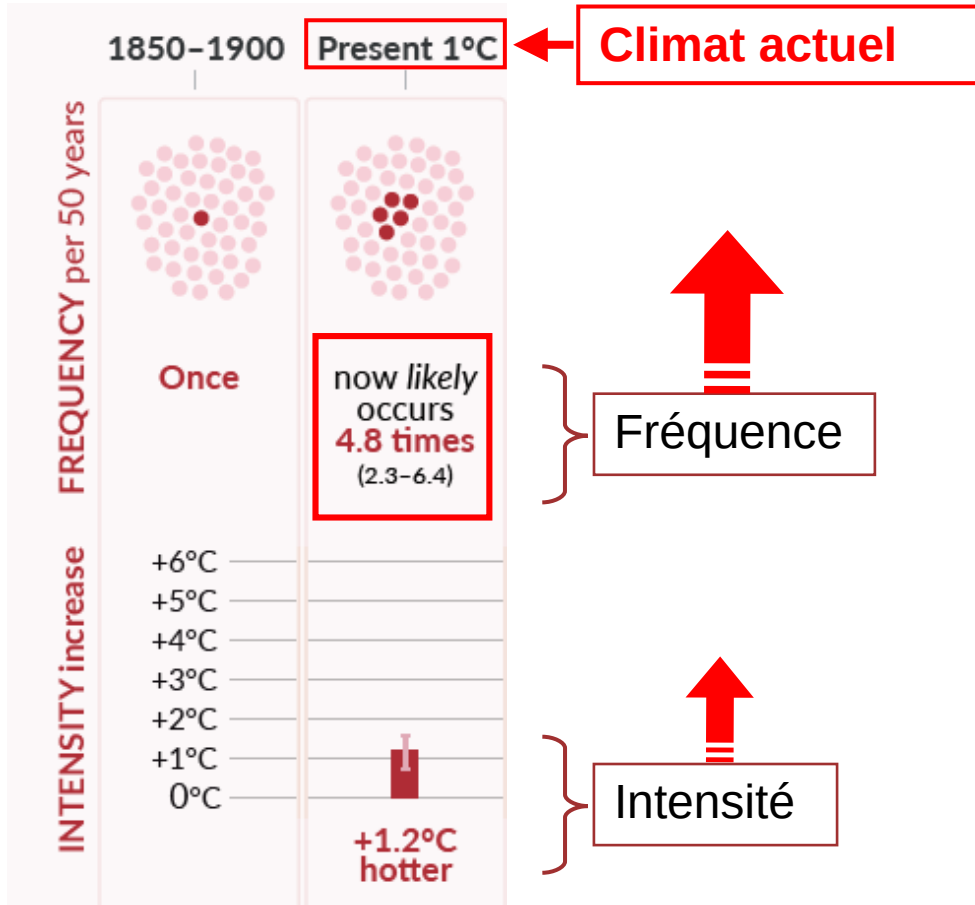
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

Dans le climat actuel, (réchauffement global d'environ 1°C par rapport à la période 1850-1900), le seuil est dépassé **2,8 fois par décennie**, en moyenne.

Les événements extrêmes sont devenus non seulement plus fréquents, mais aussi plus intenses.

Actuellement, la température pendant les extrêmes chauds décennaux est en moyenne **1,2°C plus élevée** que pendant la période de référence.

# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales



<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

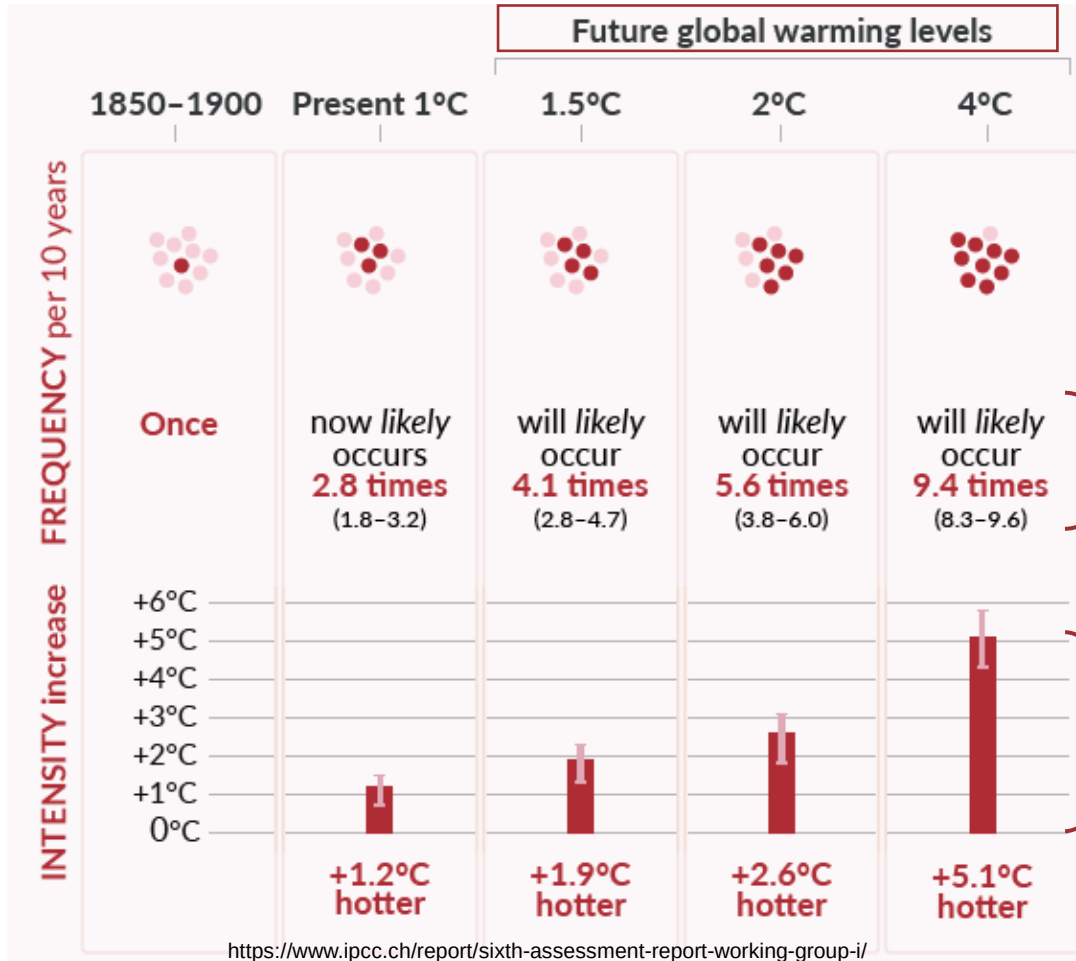
La tendance est encore plus frappante si l'on ne prend en compte que les événements les plus chauds.

Examinons les vagues de chaleur qui se sont produites en moyenne une fois tous les **50 ans**, entre 1850 et 1900.

# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales



Passons aux **projections** pour le climat futur



Vagues de chaleur  
**décennales**

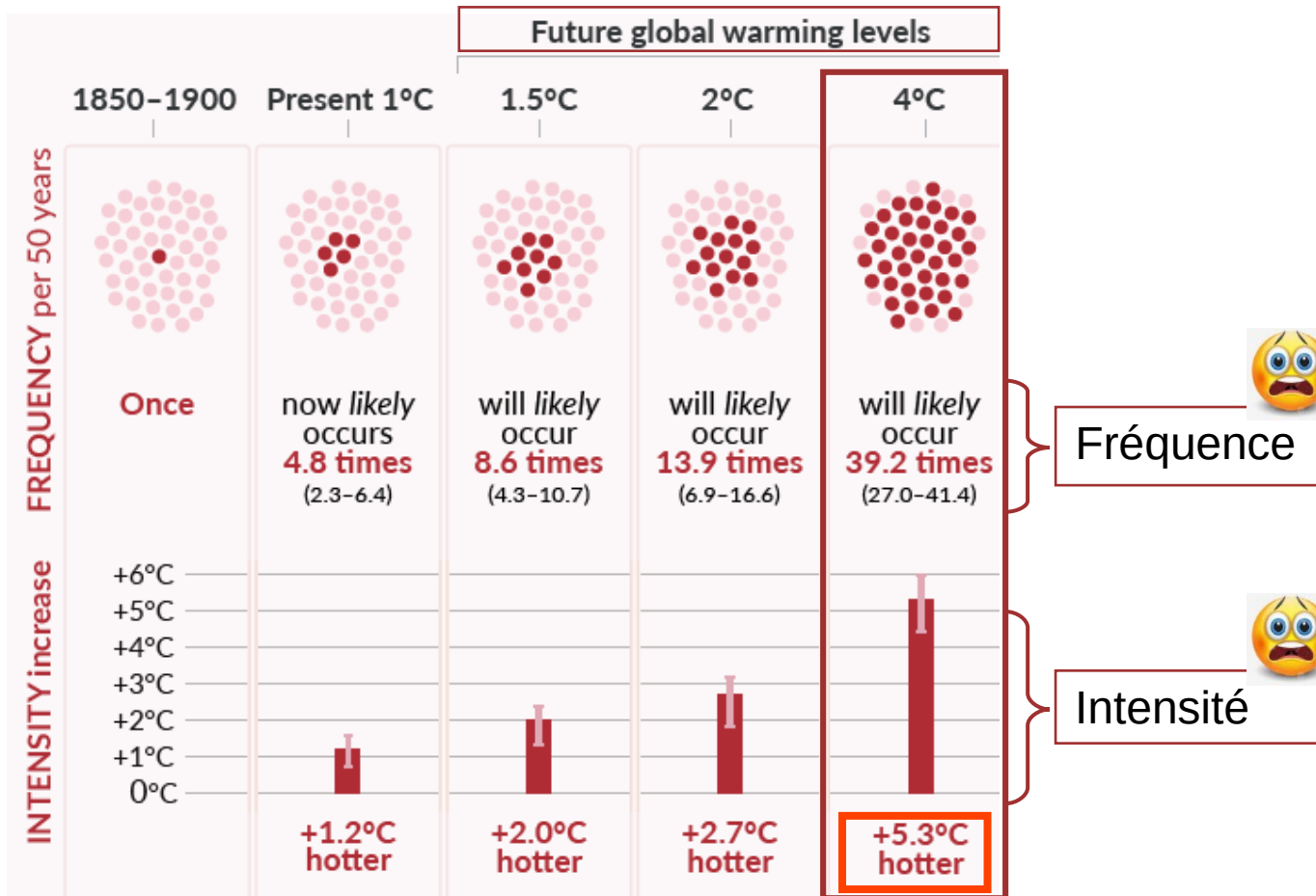
Fréquence

Intensité

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>



# Les vagues de chaleur sur les surfaces continentales

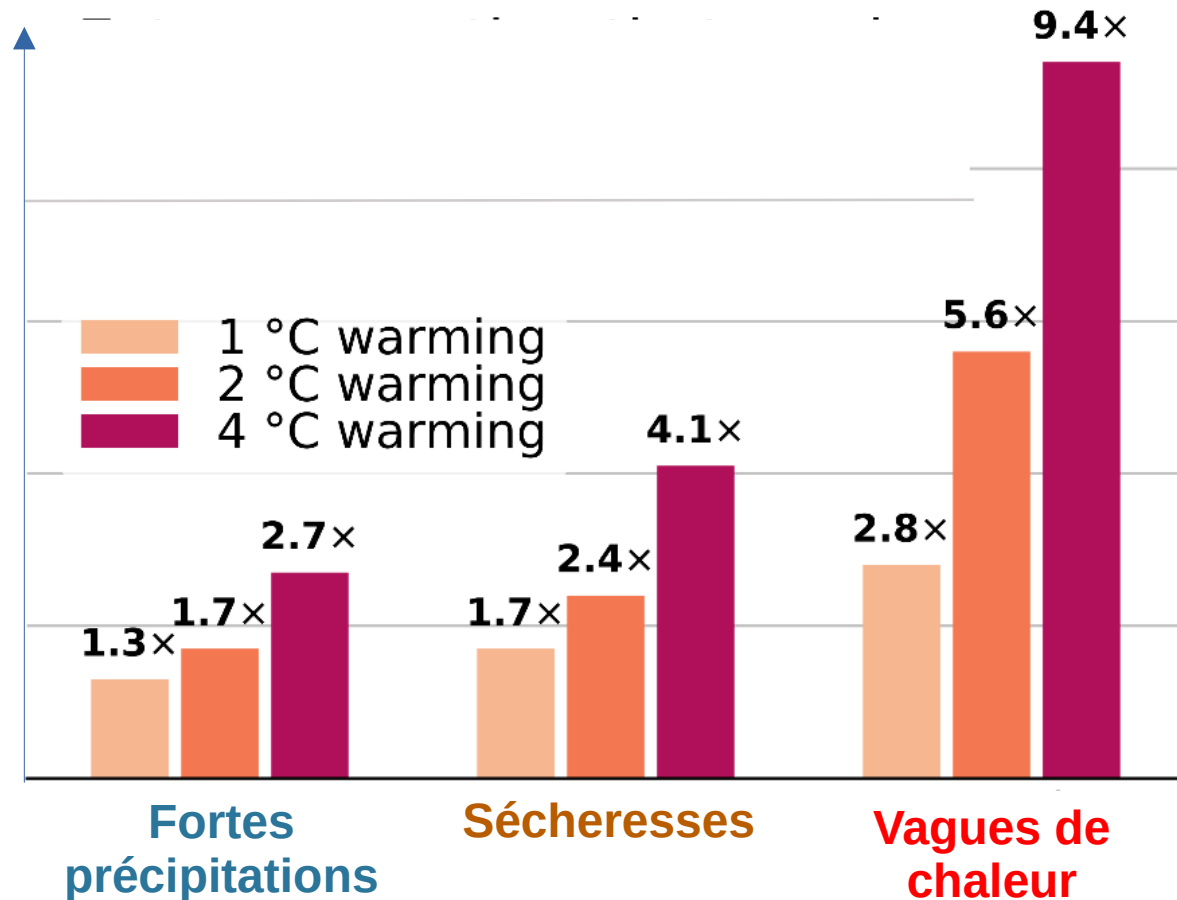


Vagues de chaleur **multi-décennales** (une fois tous les cinquante ans en moyenne, entre 1850-1900)

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

# Les événements extrêmes : une synthèse

Fréquence par décennie  
(pour des événements qui se produisait autrefois, en moyenne, une fois tous les 10 ans)



Adapted from Femkemilene, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons