



Espace DEV

OBSERVATION SPATIALE, MODÈLES
& SCIENCE IMPLIQUÉE

Le réchauffement climatique s'accélère-t-il?

Benjamin Sultan

La France a vécu son année la plus chaude en 2022



© Adobe Stock

Dégâts considérables sur les écosystèmes (incendies, dégradation des forêts...)

Rendements agricoles en baisse de 10 à 30%

Environ 3000 morts liés à la chaleur

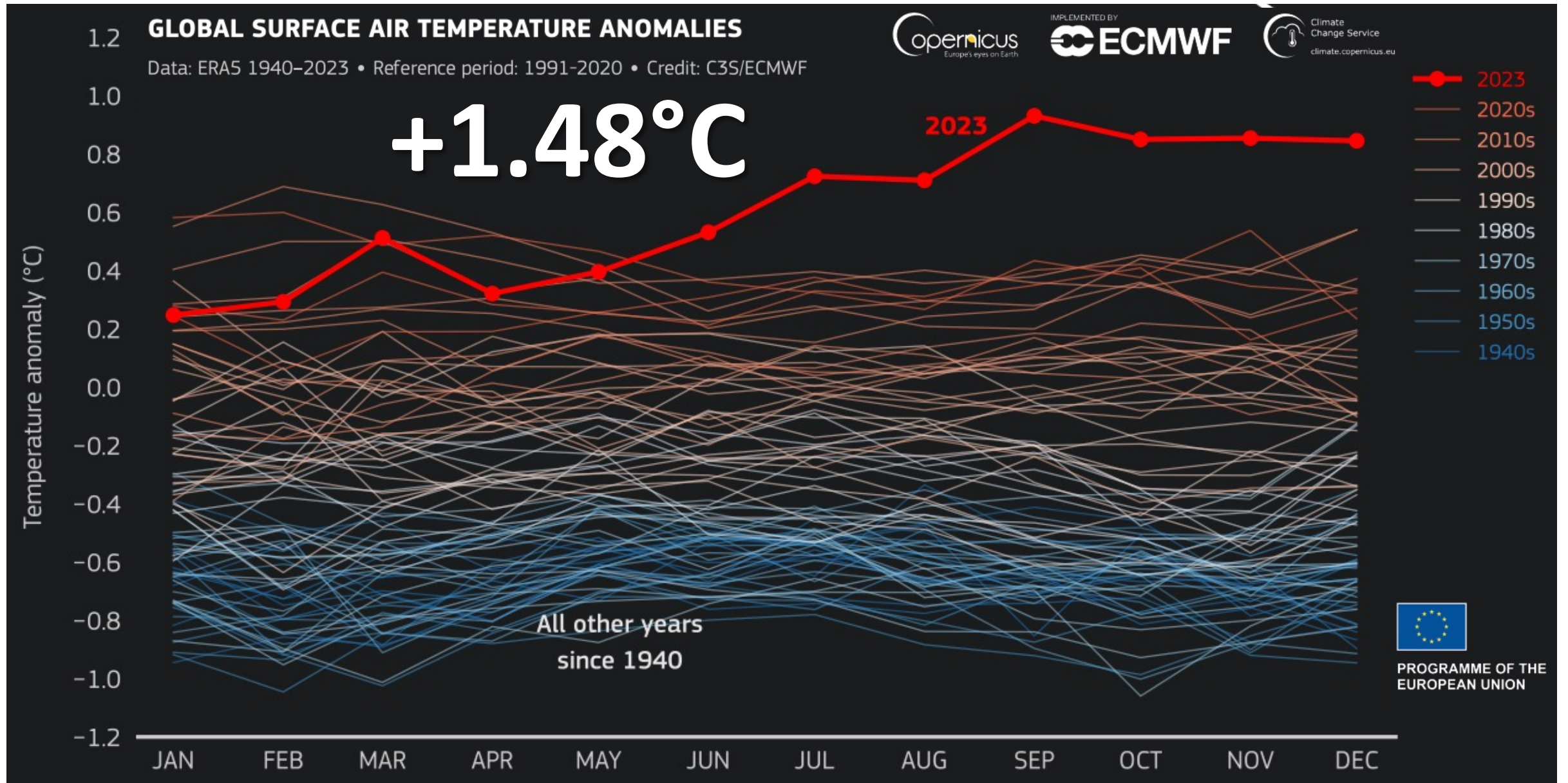


Image par [Peter H](#) de [Pixabay](#)

Dégâts sur les infrastructures et les activités économiques (8 000 communes en « catastrophes naturelles, 2,9 Mrd€ de dégâts pour les assureurs)

Record du nombre de cas autochtones de dengue en France Métropolitaine

Le monde a vécu son année la plus chaude en 2023



Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



**Incendies liés au
climat**



Océan

Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



**Incendies liés au
climat**

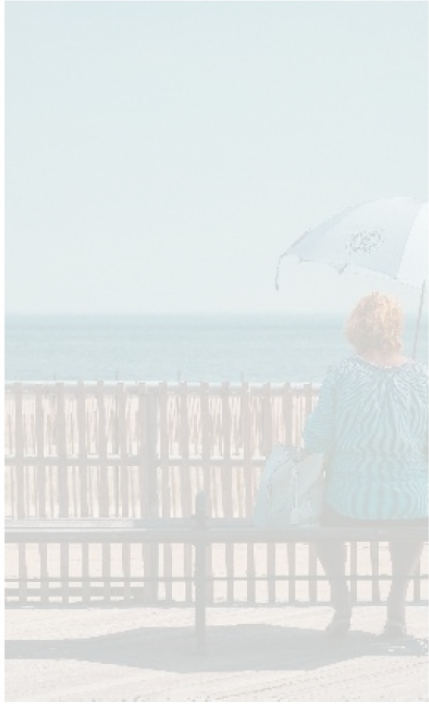


Océan

Des vagues de chaleur importantes partout dans le monde

48.2 °C en Italie, 49.0 °C en Tunisie, 49.2 °C en Algérie, 50.4°C au Maroc...

Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



Incendies liés au
climat

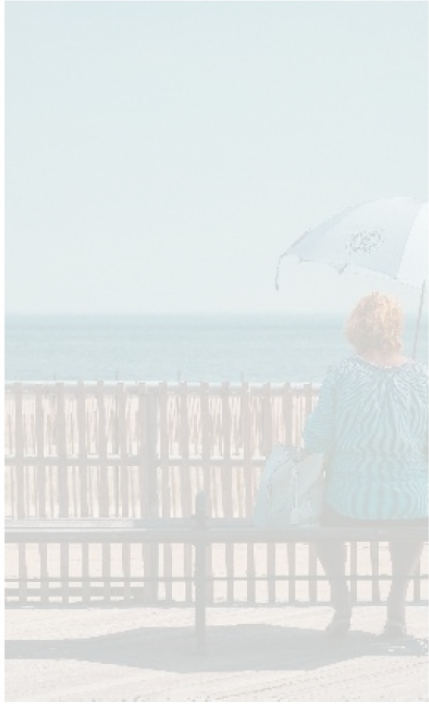


Océan

Des inondations destructrices et parfois meurtrières

Californie, ouest des Etats-Unis, Chili, Mexique, sud-est et Corne de l'Afrique, sud et sud-est de l'Asie, Italie...

Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



Incendies liés au
climat

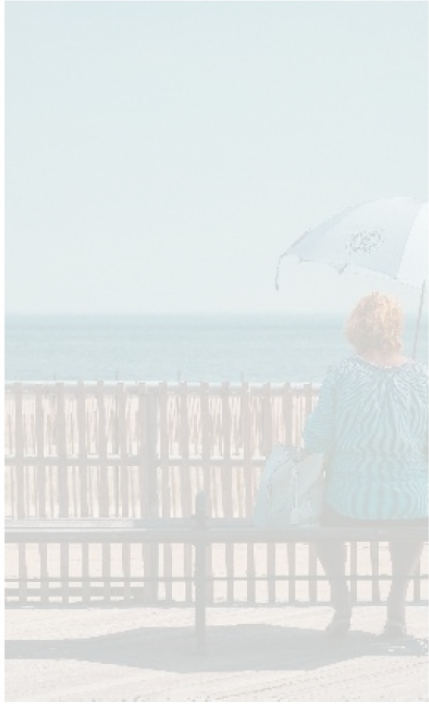


Océan

Des sécheresses prolongées et intenses

Amérique du Nord (Mexique) et du Sud (bassin amazonien, zones humides du Pantanal, Argentine, Uruguay) et en Afrique de l'Ouest

Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



Incendies liés au
climat



Océan

Des incendies sans précédents

Le plus grand incendie jamais observé dans l'UE en Grèce, des incendies records au Canada (forte pollution, + 1 762 millions de t eq CO2 soit la moitié des émissions de l'UE)

18,5
millions
hectares
brulées

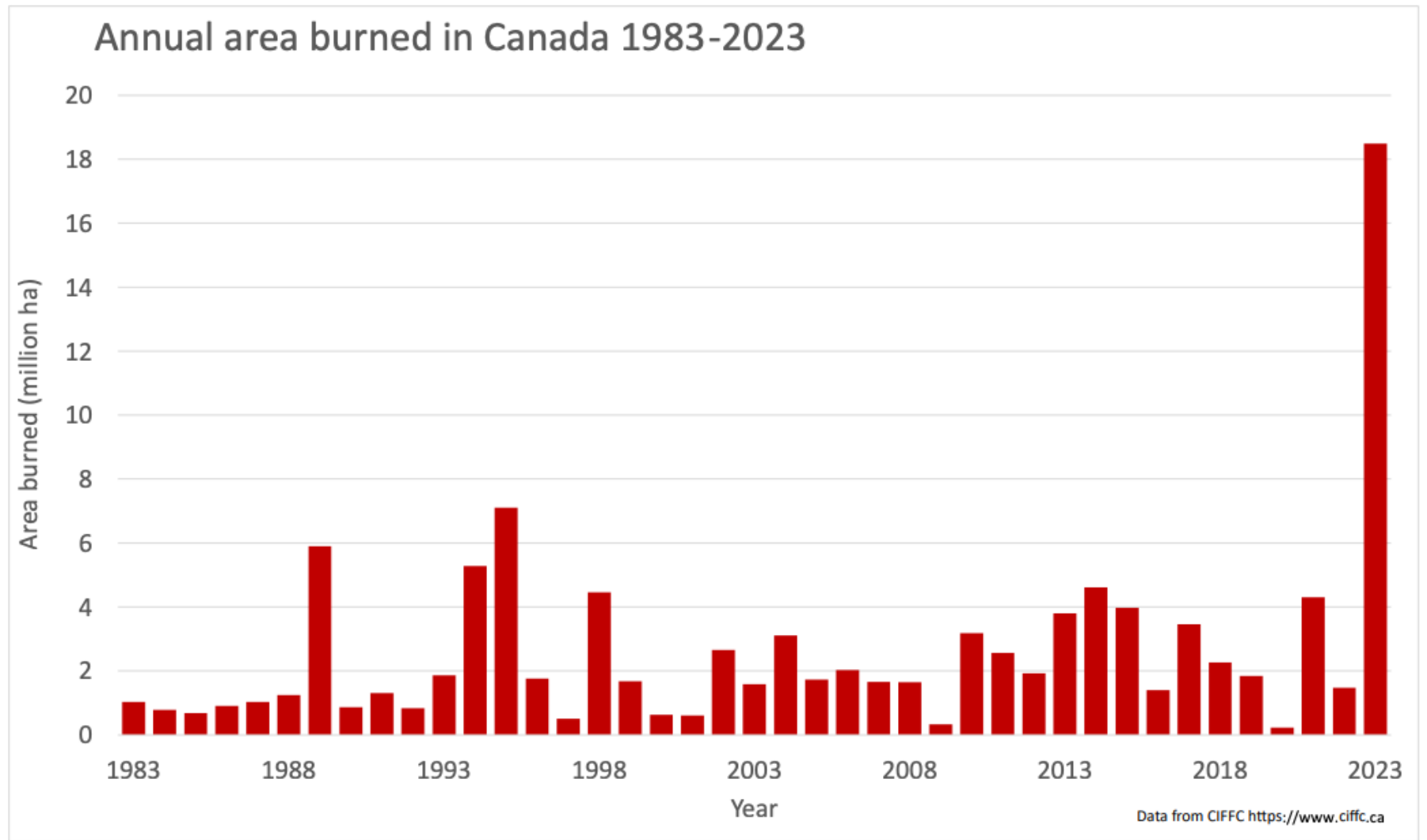
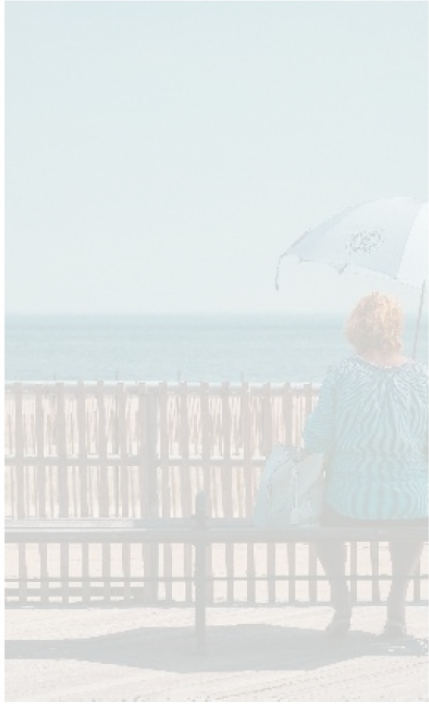


Figure 19: Annual Area Burned in Canada 1983–2023 (millions of hectares). Data from: Canadian Interagency Forest Fire Centre <https://www.cifc.ca/>

Des extrêmes partout dans le monde



Canicules



Pluies extrêmes



Sécheresses



Incendies liés au
climat



Océan

Des vagues de chaleur marine

L'Océan Atlantique, la Mer Méditerranéen et les océans de l'hémisphère Sud enregistrent leur plus haut niveau de contenu en chaleur depuis les années 1950.

{Sciences²}

18 SEPTEMBRE 2023 PAR HUET

Le réchauffement accélère t-il ?

The Guardian

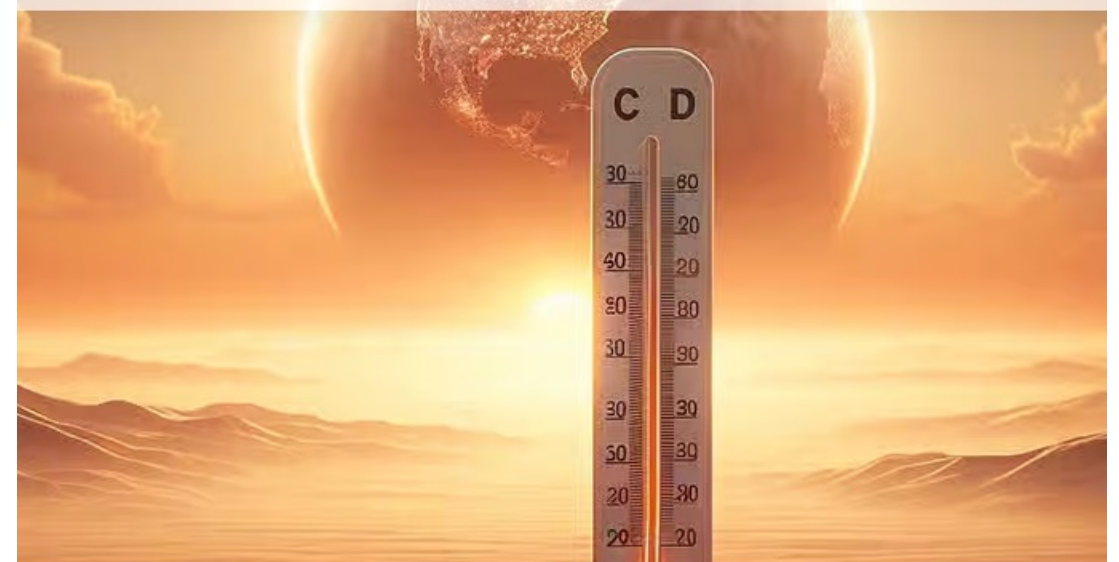
on | Sport | Culture | Lifestyle | More ▾

ne Environment Science Global development Football Tech Business Obituaries

Global heating is accelerating, warns scientist who sounded climate alarm in the 80s

NOS SERVICES FUTURA

SANTÉ ▾ TECH ▾ MAISON ▾ PLANETE ▾ skillz SMART MOTION



PLANETE > ACTUALITÉS

Le réchauffement climatique est-il en train d'accélérer ?

The Washington Post

Democracy Dies in Darkness

Is climate change speeding up? Here's what the science says.

Quel constat scientifique ?



Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Créé en 1988 par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), il rassemble 195 États membres.

Mission : « Evaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation »

Publications de rapport depuis 1990 (le dernier date d'avril 2022)

Premier rapport 1990: « *Les émissions dues aux activités humaines accroissent sensiblement la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre et renforcent l'effet de serre naturel.* »

Qu'est-ce que l'effet de serre?

L'effet de serre est un **phénomène naturel** indispensable à la vie sur Terre

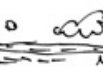
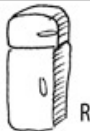


Qu'est-ce que l'effet de serre?

L'effet de serre est un **phénomène naturel** indispensable à la vie sur Terre

Les principaux **gaz à effet de serre** et les **activités humaines** qui en sont responsables



ACTIVITÉS	GAZ À EFFET DE SERRE
 Gaz d'échappement	CO2 = gaz carbonique
 Combustion du pétrole et du charbon	
 Déforestation	
 Rizières	CH4 = méthane
 Marais	
 Décharges	
 Elevage (déjections)	CFC
 Bombes d'aérosols	
 Réfrigérateurs	
 Véhicules à moteur	O2 = ozone
 Solvants ménagers et industriels	
 Engrais en agriculture	
 Processus de combustion	N2O = protoxyde d'azote
	

Source : ADEME, Les Cahiers du Développement Durable

« Le climat se réchauffe à cause des activités humaines »



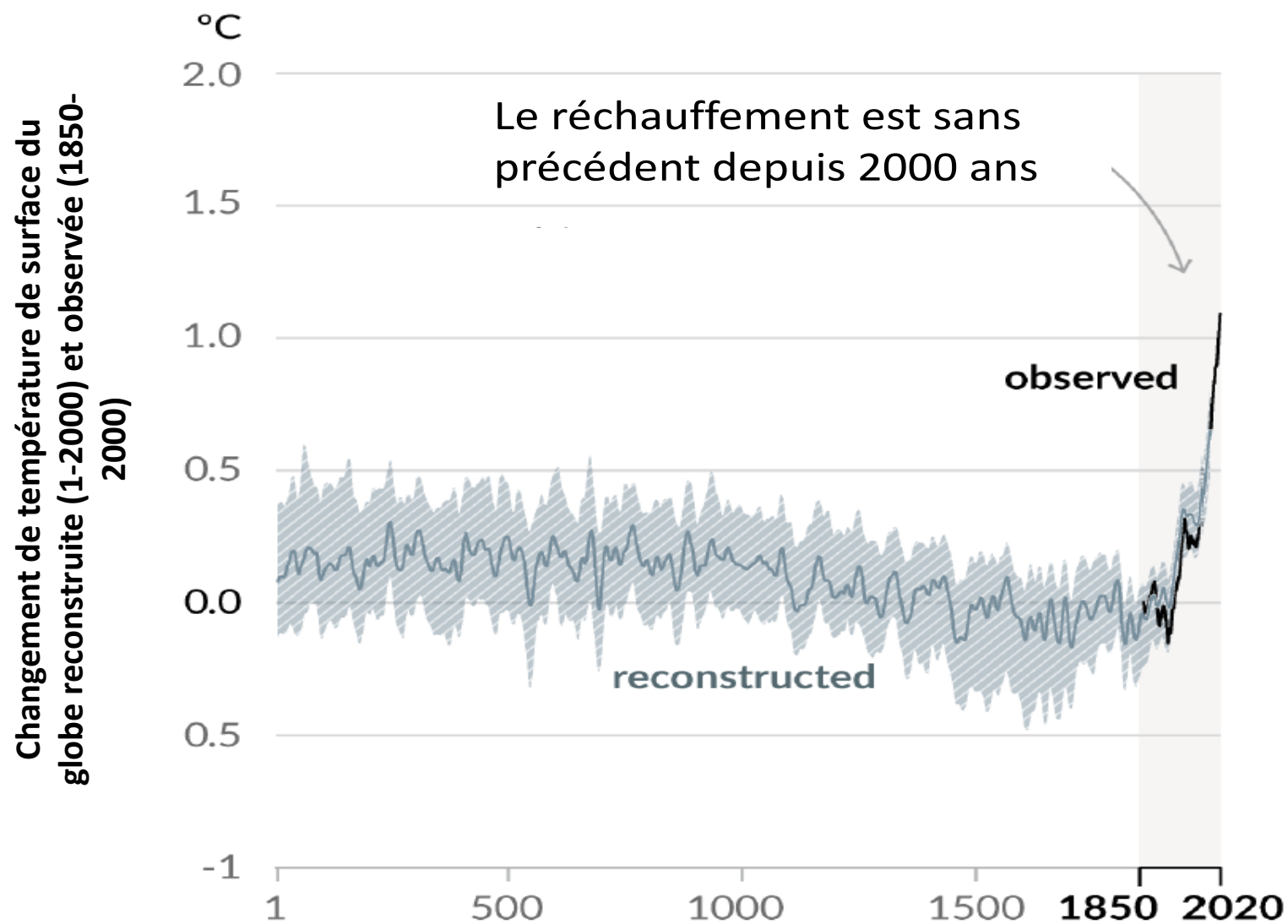


Mille Millard de tonnes de CO₂

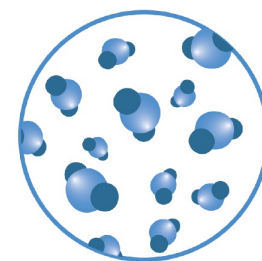
41% of all CO₂ emissions since 1750
(in 30 years out of 271 years)



« des changements sans précédent depuis des milliers d'années »

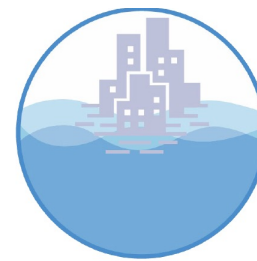


Concentration
en CO_2



Au plus haut
depuis au moins
2 millions d'années

Montée du
niveau marin



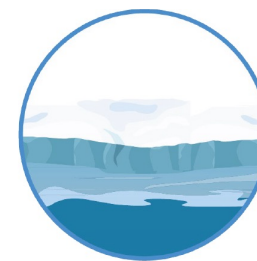
La plus rapide
depuis au moins
3000 ans

Retrait des
glaciers



Sans précédent
depuis au moins
2000 ans

Surface de la **glace**
de mer arctique



Au plus bas
depuis au moins
1000 ans

« Il n'y a plus aucun doute »



« L'homme réchauffe l'atmosphère, les océans et les terres. Ces changements sont généralisés et rapides. »

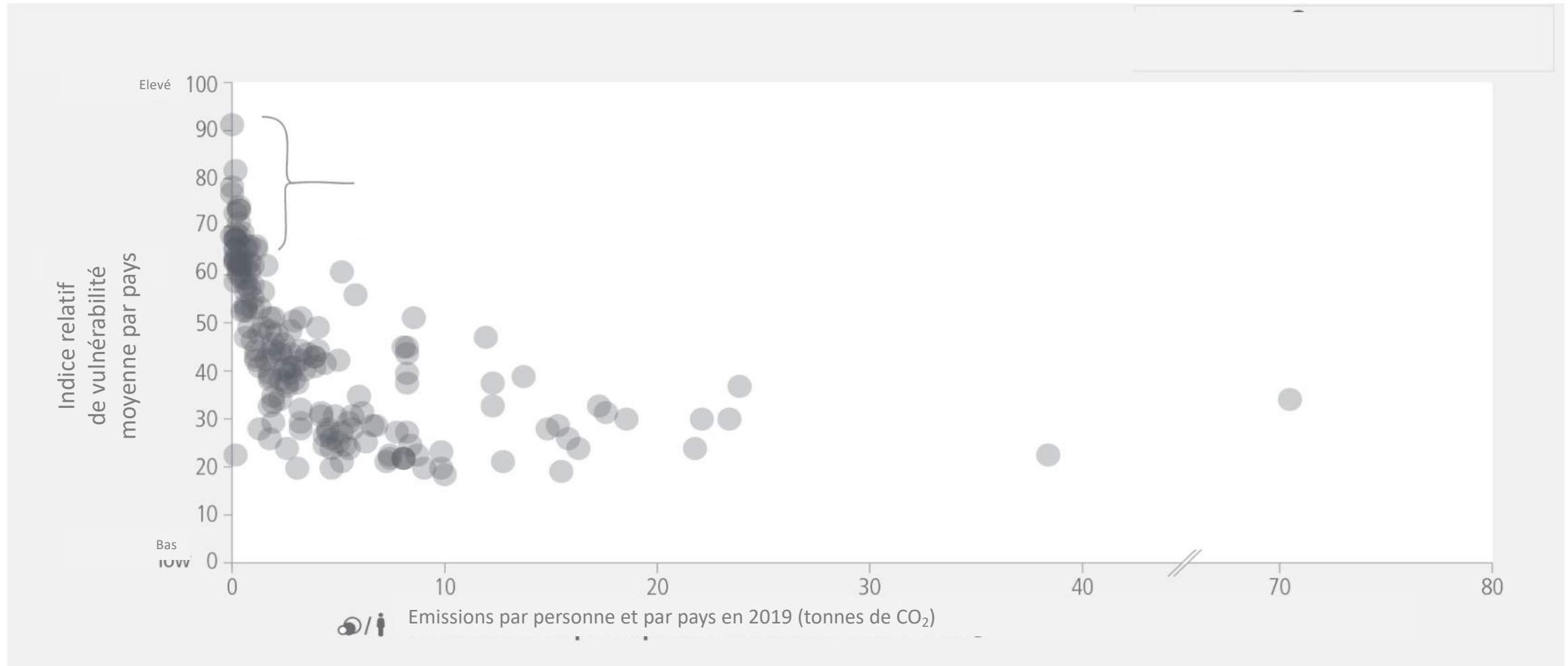
« Sur 88125 articles publiés sur le climat depuis 2012, +99% attribue l'origine du réchauffement climatique aux activités humaines »

Mark Lynas *et al* 2021 *Environ. Res. Lett.* 16 114005

« Des impacts déjà visibles partout dans le monde »

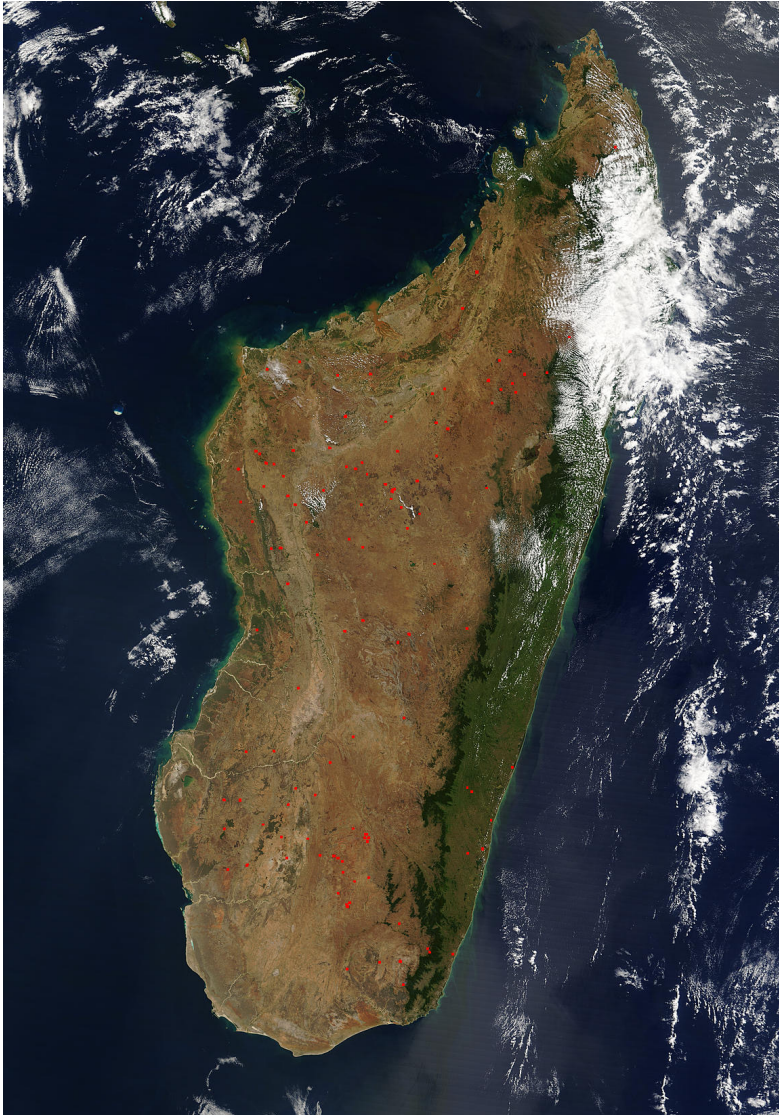
		Impacts sur les pénuries d'eau et la production de nourriture				Impacts sur la santé et le bien-être				Impacts sur les villes, établissements et infrastructures			
n des tifs et	Systèmes humains	Pénurie d'eau	Production agricole/ cultures	Santé et productivité des animaux et du bétail	Rendements de la pêche et production de l'aquaculture	Maladies infectieuses	Chaleur, malnutrition et autre	Santé mentale	Déplacements de personnes	Inondation dans les terres et dommages associés	Dommages induits par les tempêtes/ inondations sur les côtes	Dommages aux infrastructures	Dommages aux secteurs économiques clés
n des atifs	Global	±	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	Afrique	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	Asie	±	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	Australasie	±	−	±	−	−	−	−	non évalué	−	−	−	−
	Amérique du Sud et Centrale	±	−	±	−	−	−	non évalué	−	−	−	−	−
	Europe	±	±	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−
	Amérique du Nord	±	±	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−
	Petits Etats Insulaires	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	Arctique	±	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±
	Villes en bord de mer	○	○	○	−	○	−	non évalué	−	○	−	−	−
	Région Méditerranéenne	−	−	−	−	−	−	non évalué	−	±	−	○	−
	Régions montagneuses	±	±	−	○	−	−	−	−	−	na	−	−

« Les communautés vulnérables, qui ont le moins contribué au réchauffement actuel, sont affectées de manière disproportionnée »



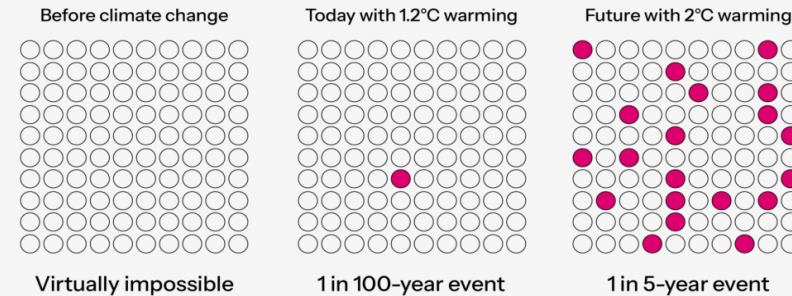
3,3-3,6 milliards de personnes vivent dans des contextes de vulnérabilité élevée au changement climatique
La moitié de la population mondiale fait face à de graves pénuries d'eau

« Une augmentation des extrêmes partout dans le monde »

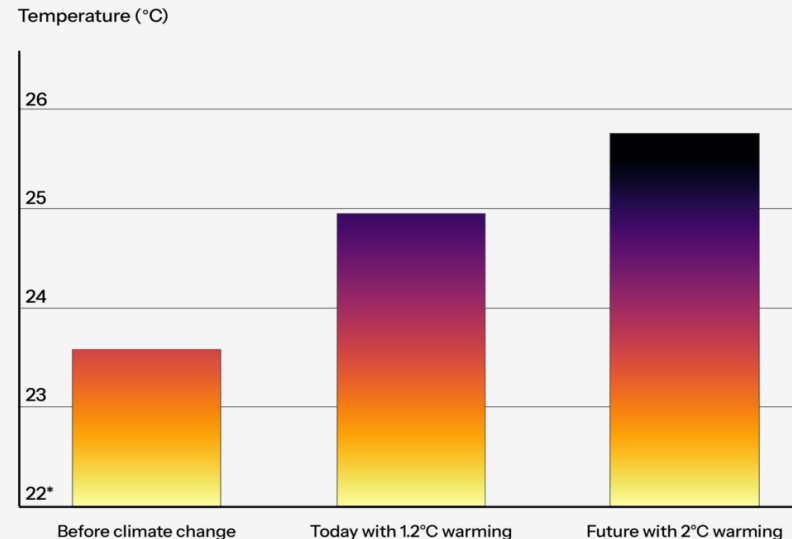


Jacques Descloitres, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC

How often should we expect similar October heatwaves in Madagascar?



How has climate change influenced the average October temperature in Madagascar?



*Truncated axis



Record de chaleur en octobre 2023

Une fréquence et une intensité accrue à cause des activités humaines



Image par [Fifaliana Joy](#) de [Pixabay](#)

Y-a-t-il une accélération du réchauffement global?

James Hansen affirme que le réchauffement s'accélère



J. Hansen, Professeur associé au Département des sciences de la Terre et de l'environnement de l'université Columbia

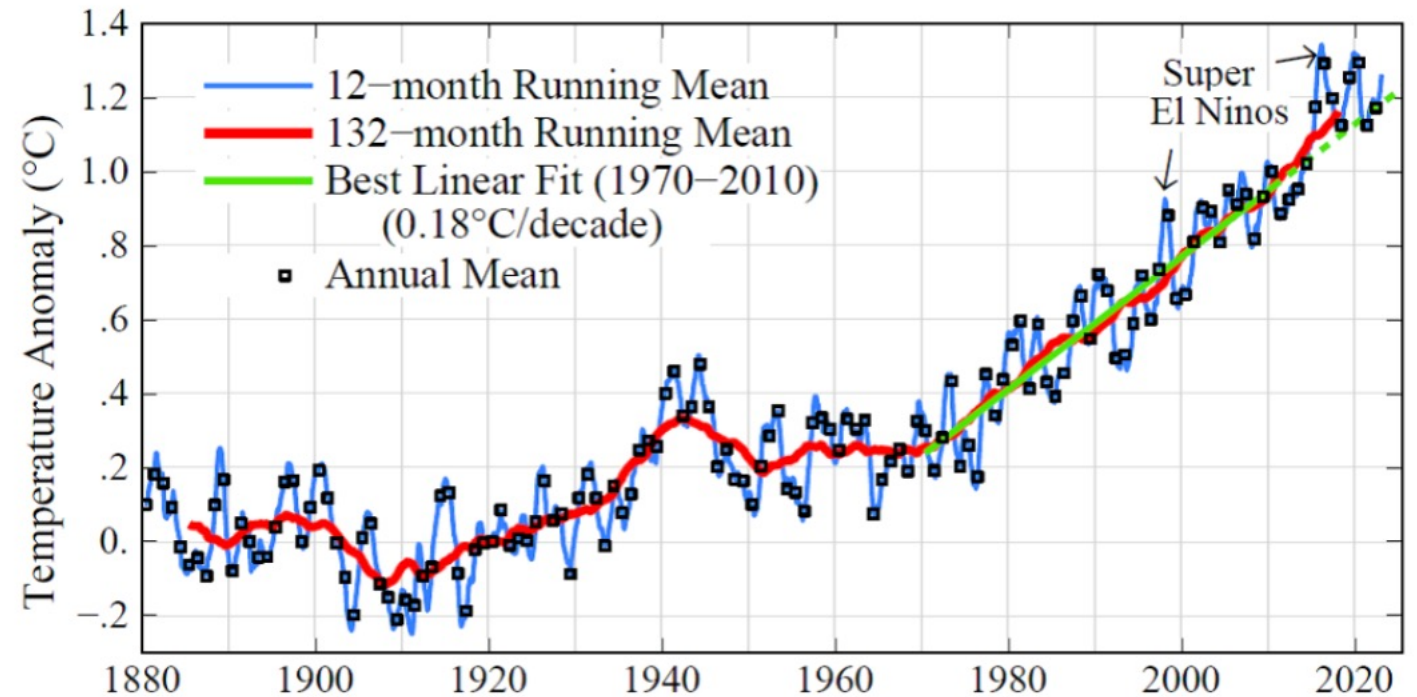


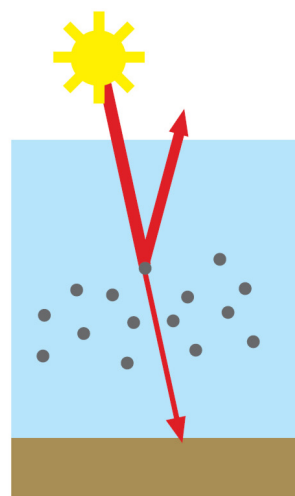
Fig. 2. Global temperature relative to 1880-1920 based on the GISS analysis.[1],[2]

Températures planétaire mensuelles en moyenne glissante sur 12 mois (en bleu) et sur 132 mois (en rouge) en écart à la moyenne calculée sur la période 1880 à 1920. Les carrés noirs sont les moyennes annuelles.

Les aérosols: une des causes possibles

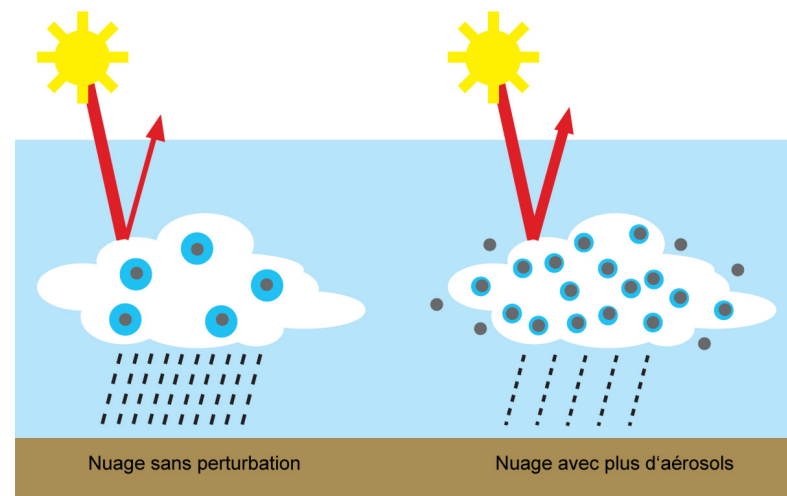


Aerosols are small particles or droplets that float in the air. They are emitted by both natural events and human activities. Some aerosols cool the climate, and others have a warming effect. Image credits, left to right: Saiho/Pixabay, olegkamenskij20120/Pixabay, USGS. Image design: NASA/JPL-Caltech



Effet direct des aérosols

Diffusion et absorption du rayonnement solaire



Effet indirect des aérosols

Réduction de la grandeur des gouttes d'eau, augmentation du nombre des gouttes, augmentation de la diffusion, réduction des précipitations

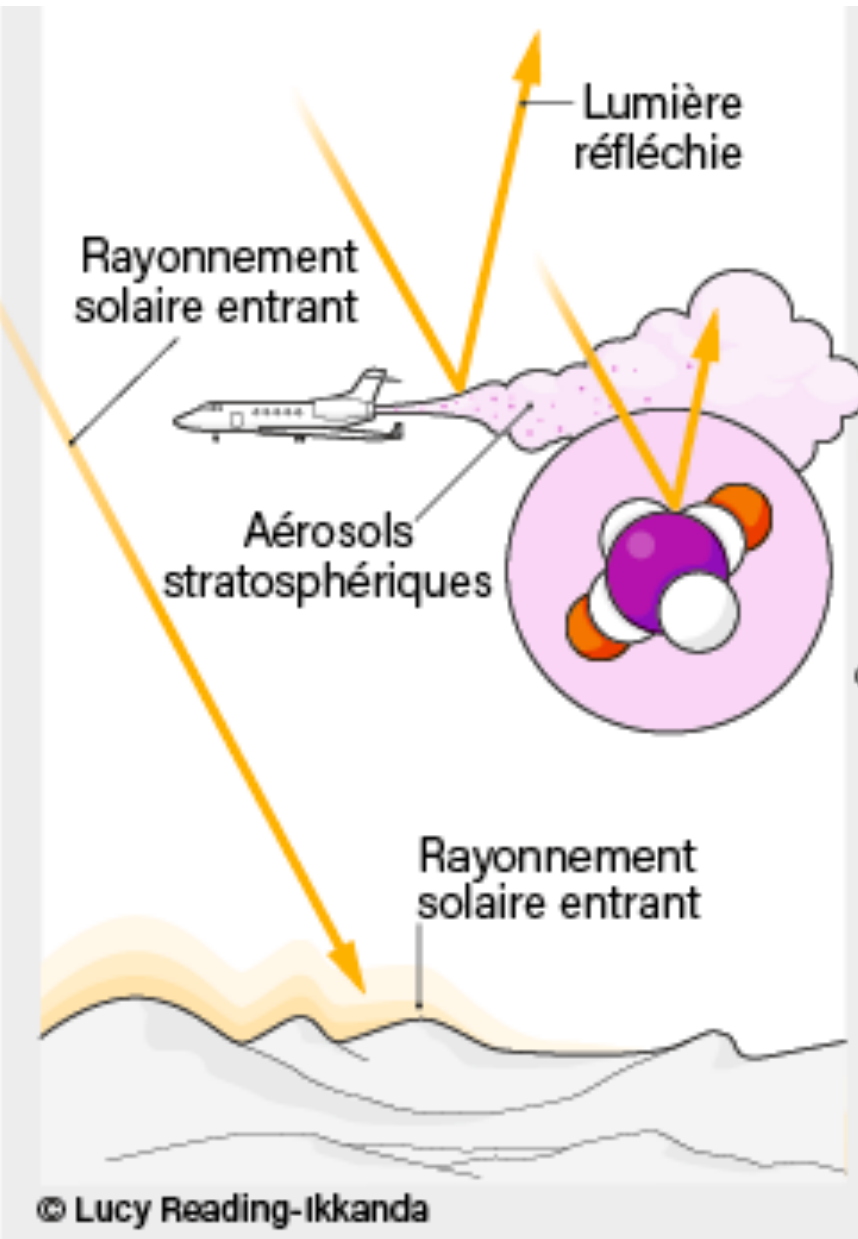


Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse

Les aérosols réfléchissent le rayonnement solaire et refroidissent le climat

Les mesures anti-pollution — nécessaires pour des raisons de santé publique — font globalement baisser les quantités d'aérosols relâchés dans l'atmosphère.

Une solution de géo-ingénierie d'ailleurs envisagée



Injection d'aérosols stratosphériques

Pour réduire de plusieurs % le rayonnement solaire parvenant au sol, une flotte de 90 à 900 avions serait nécessaire pour libérer chaque jour des milliers de t de dioxyde de soufre.

Le soufre injecté s'oxyde et forme des aérosols qui restent qq années dans la stratosphère (8-15km d'alt) et réfléchissent le rayonnement solaire

Imiter l'effet refroidissant des grandes éruptions volcaniques

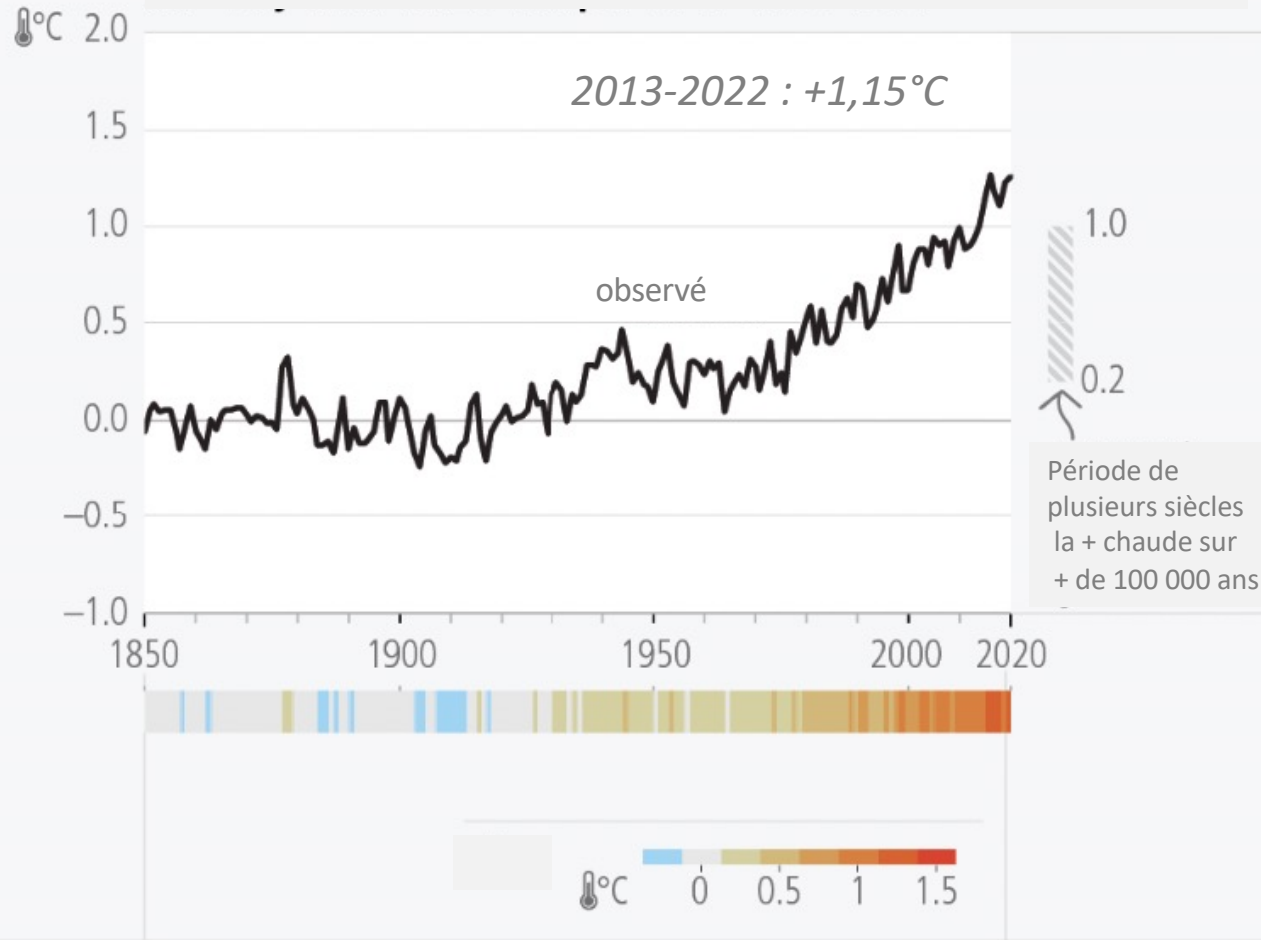
Un an environ après l'éruption du Pinatubo (Philippines) en 1991 - qui a injecté 15-20 Mt de dioxyde de soufre dans la stratosphère, la température du globe a baissé d'environ 0,5 °C

La technique la mieux documentée, la moins chère, et donc la plus susceptible d'être déployée

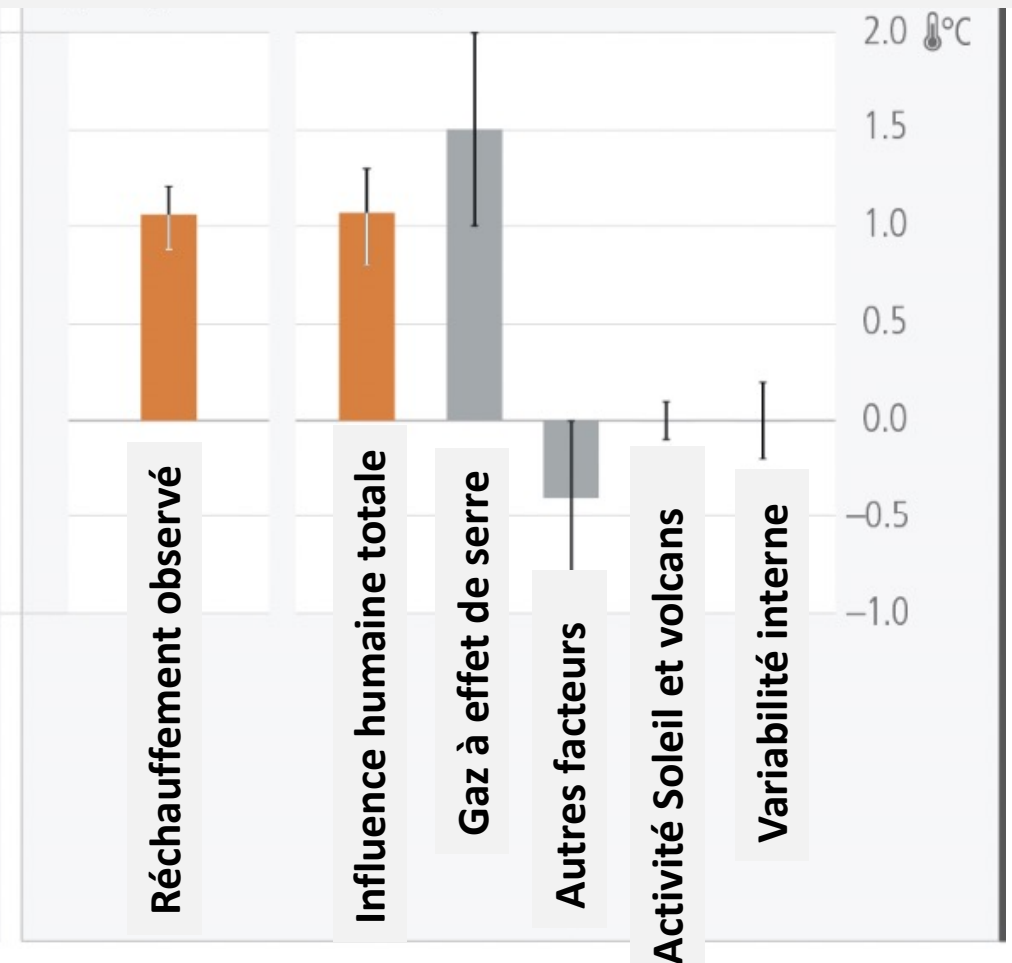
Ne coûtant que quelques milliards de dollars par an, elle ralentirait le réchauffement climatique par des effets se faisant ressentir en quelques mois seulement après les injections.

Les aérosols ont masqué partiellement le réchauffement

Le réchauffement planétaire atteint +1,1°C en 2011-2020 par rapport à 1850-1900



Le réchauffement dû aux émissions de gaz à effet de serre est partiellement masqué par l'effet refroidissant des particules de pollution



... conséquences de tendances non soutenables : énergie, terres, consommation, production, styles de vie

Une baisse massive de la pollution issue du transport maritime

Cinq impacts positifs de la nouvelle
limite de la teneur en soufre du
fuel-oil des navires

OMI 2020



Meilleure qualité de l'air

Diminution de 77% des émissions d'oxydes de soufre (SOx) des navires, ce qui représente une réduction annuelle d'environ 8,5 millions de tonnes métriques de SOx.



Impacts positifs sur la santé humaine

Diminution de maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des décès prématurés dus à la pollution de l'air.



Combustibles de meilleure qualité

La majorité des navires passeront à des combustibles de meilleure qualité à faible teneur en soufre pour respecter la limite.



Les propriétaires et exploitants de navires et les raffineries se sont adaptés

Des lignes directrices ont été émises par l'OMI et d'autres parties prenantes afin de renforcer la préparation en vue de l'entrée en vigueur de la règle.



Changements pour les autorités

Le contrôle par l'État du port et par l'État du pavillon permettra d'assurer le respect de la règle par les navires.



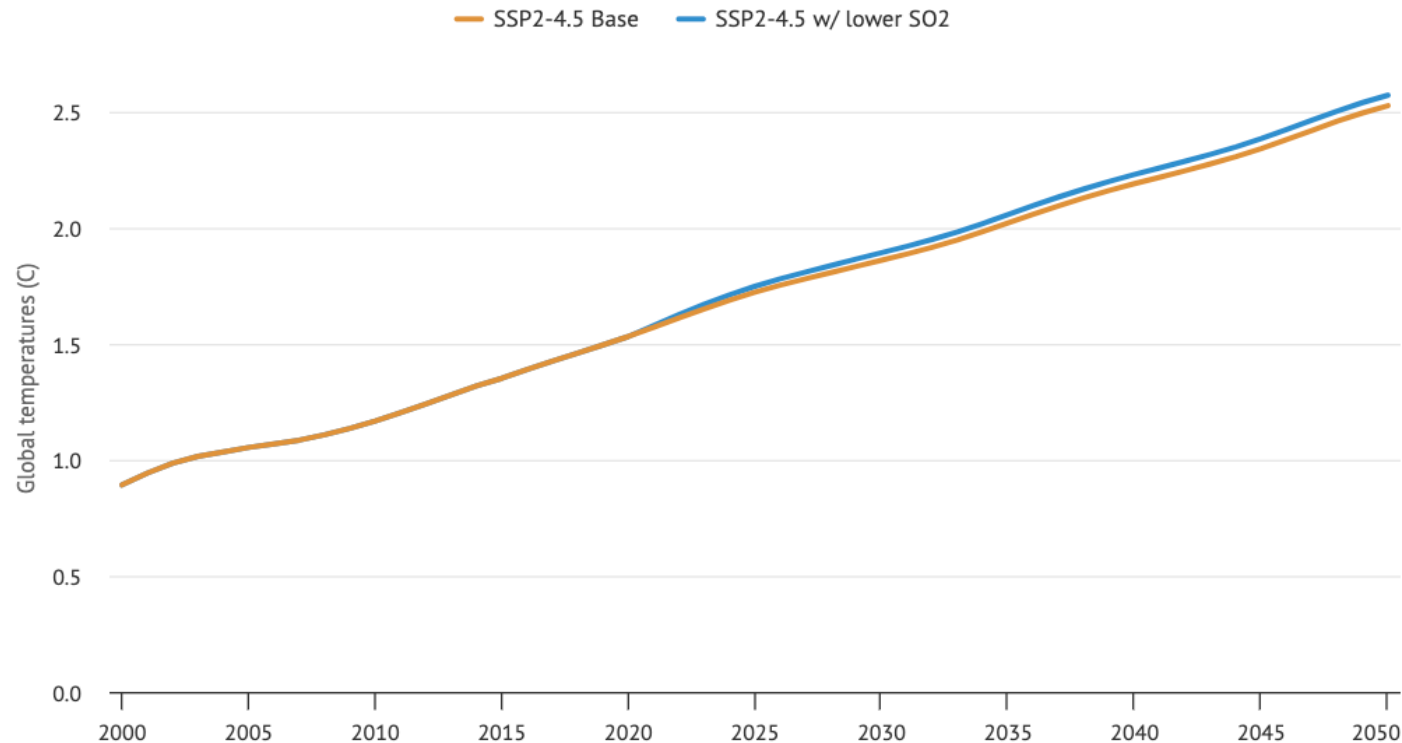
ORGANIZACIÓN
MARÍTIMA
INTERNACIONAL

De nouvelles réglementations ont été décrétées en 2020, par l'Organisation maritime internationale : **les émissions de soufre ont été réduites de 80 %** en l'espace de 3 ans dans les océans.

Une baisse massive de la pollution issue du transport maritime

Global surface temperatures in the SSP2-4.5 scenario

With and without the additional effects of marine SO₂ reductions.



Source: Carbon Brief / FaIR model.

CarbonBrief
CLEAR ON CLIMATE

Global mean temperature change from the [FaIR model](#) for SSP2-4.5, both with the 8.5 MtSO₂ reduction implied by 2020 IMO regulations (blue) and without (orange). Chart by Zeke Hausfather for Carbon Brief, using [Highcharts](#).

Moins de pollution
=
+ de réchauffement

Oui mais...

Les aérosols: une des causes possibles



Aerosols are small particles or droplets that float in the air. They are emitted by both natural events and human activities. Some aerosols cool the climate, and others have a warming effect. Image credits, left to right: Saiho/Pixabay, olegkamenskij20120/Pixabay, USGS. Image design: NASA/JPL-Caltech

Mais:

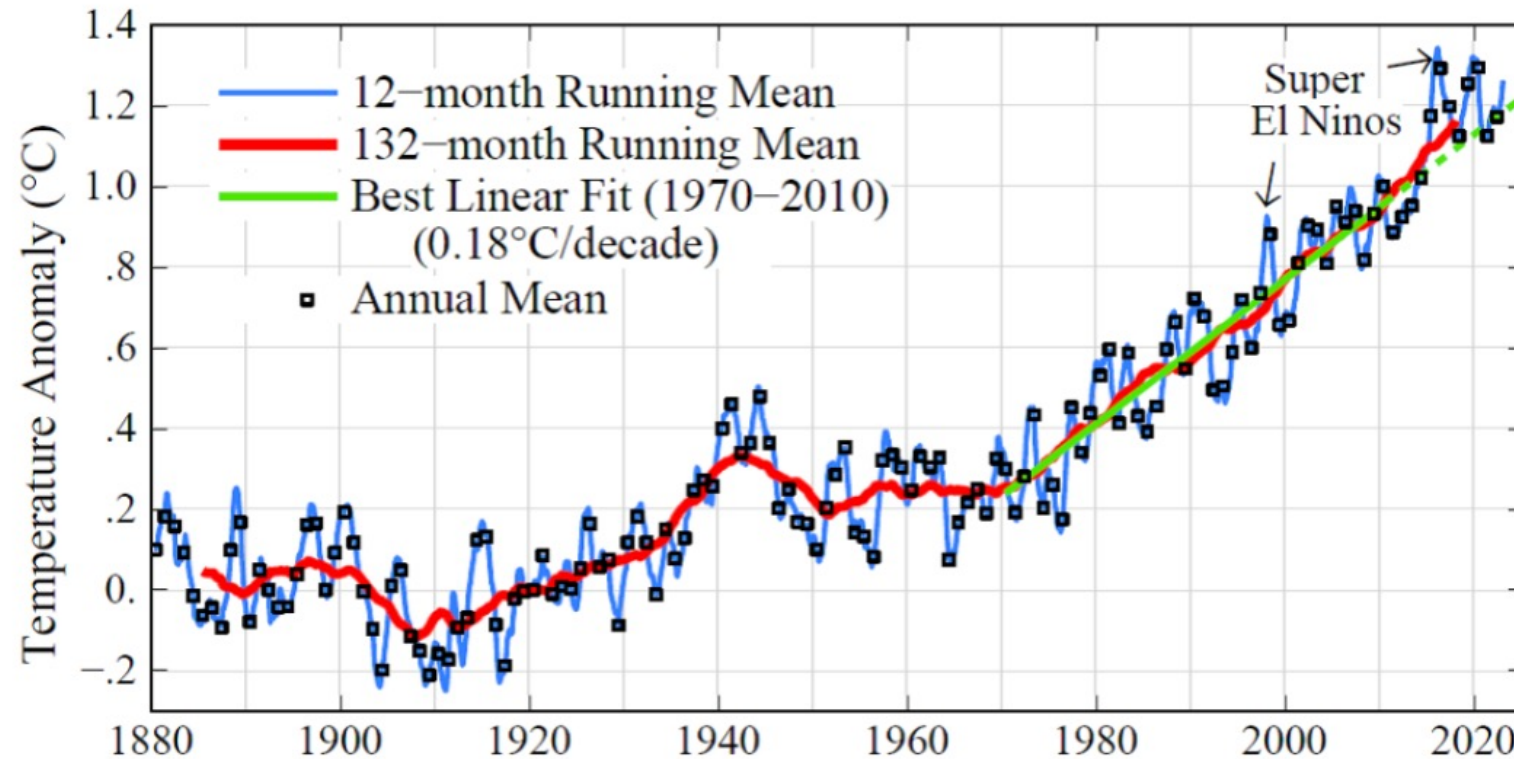
Effets locaux là où sont émis les aérosols

Interaction avec les nuages et la pluie
(nuages plus brillants, moins de pluies)

Diversité des sources d'aérosols (feux,
volcans, érosion des sols, fioul des bateaux)

Difficile de mesurer l'impact global sur une courte période

Le réchauffement global n'est pas linéaire



Depuis 1850, la température a augmenté continuellement mais est passée par des **phases successives de stabilisation** (50-60s, 2000s) et **d'accélération** (1910 et surtout 1970)

Fig. 2. Global temperature relative to 1880-1920 based on the GISS analysis.[1],[2]

Températures planétaire mensuelles en moyenne glissante sur 12 mois (en bleu) et sur 132 mois (en rouge) en écart à la moyenne calculée sur la période 1880 à 1920. Les carrés noirs sont les moyennes annuelles.

Le réchauffement global n'est pas linéaire

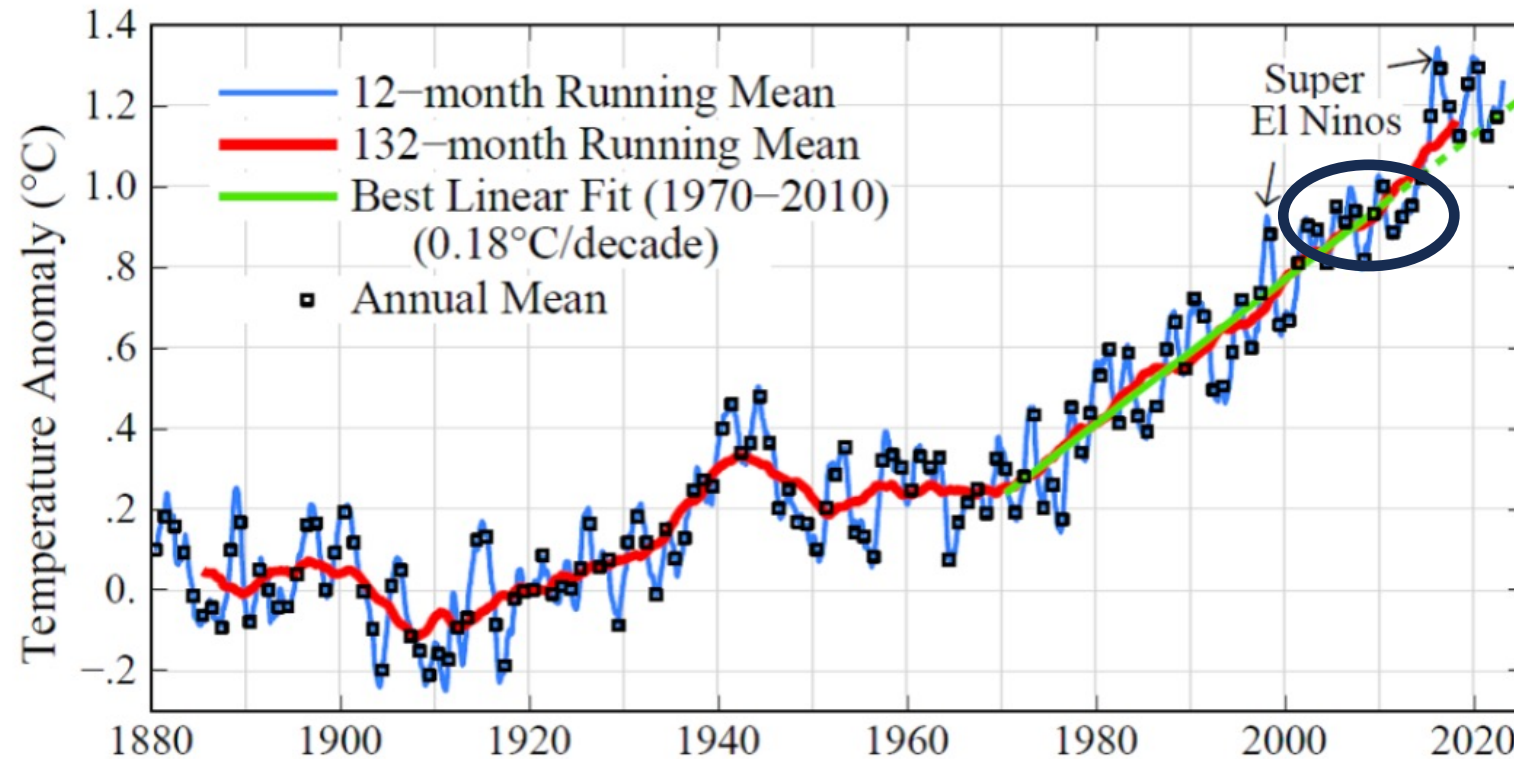


Fig. 2. Global temperature relative to 1880-1920 based on the GISS analysis.[1],[2]

Températures planétaire mensuelles en moyenne glissante sur 12 mois (en bleu) et sur 132 mois (en rouge) en écart à la moyenne calculée sur la période 1880 à 1920. Les carrés noirs sont les moyennes annuelles.

Depuis 1850, la température a augmenté continuellement mais est passée par des **phases successives de stabilisation** (50-60s, 2000s) et **d'accélération** (1910 et surtout 1970)

Le réchauffement global n'est pas linéaire

PUBLISHED: 16:09 GMT, 2 September 2014

[Privacy Policy](#) | [Feedback](#)

[f Follow 22.5M](#)

Friday, Oct 1

Daily Mail .com

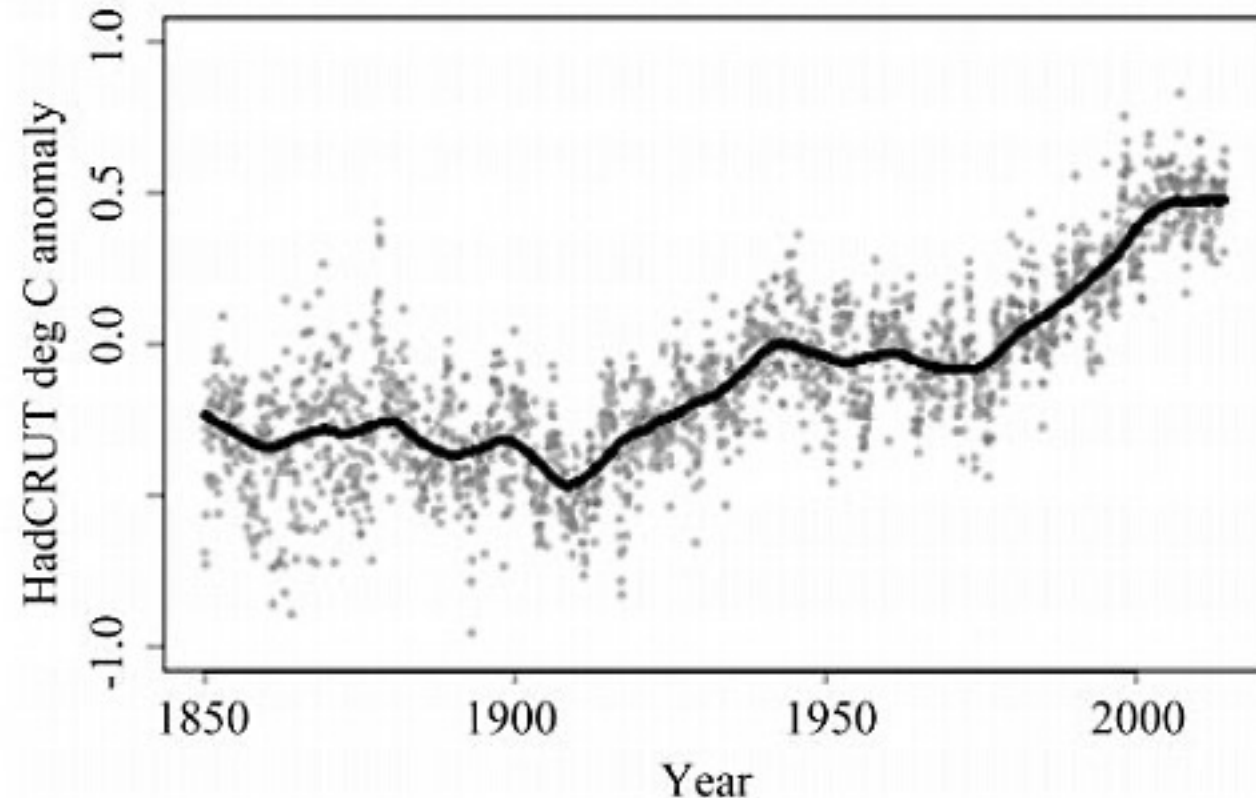
[Home](#) | [Showbiz](#) | [Femail](#) | [Royals](#) | [Health](#) | **[Science](#)** | [Sports](#) | [Politics](#) | [Money](#) | [U.K.](#) | [V](#)

[Latest Headlines](#) | [NASA](#) | [Apple](#) | [Twitter](#) | [Games](#)

Global warming stopped 16 years ago, reveals Met Office report quietly released... and here is the chart to prove it

- The figures reveal that from the beginning of 1997 until August 2012 there was no discernible rise in aggregate global temperatures
- This means that the 'pause' in global warming has now lasted for about the same time as the previous period when temperatures rose, 1980 to 1996

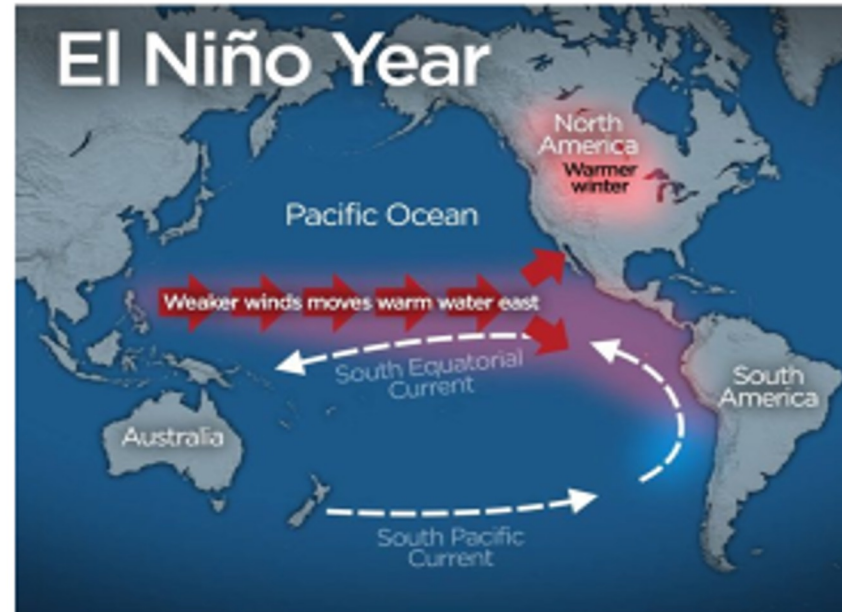
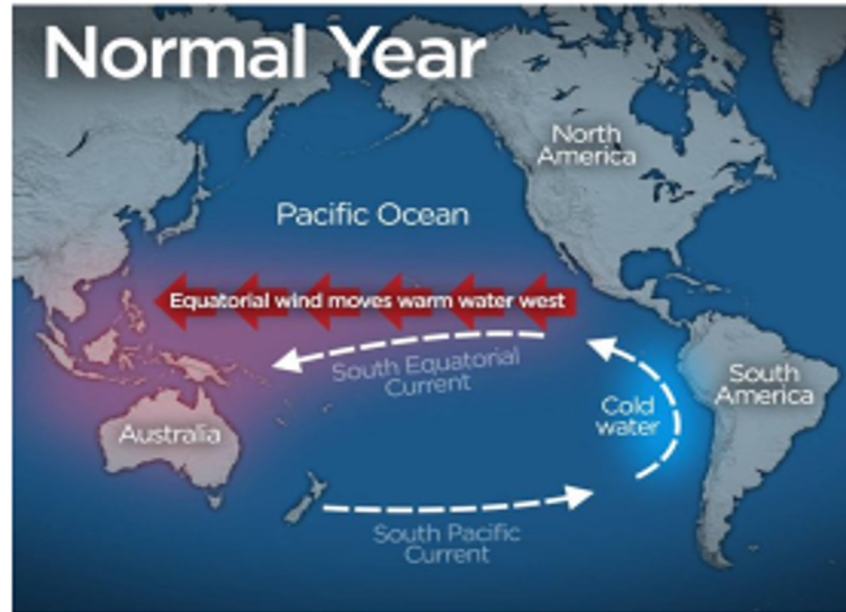
Une pause du réchauffement climatique dans les années 2000?



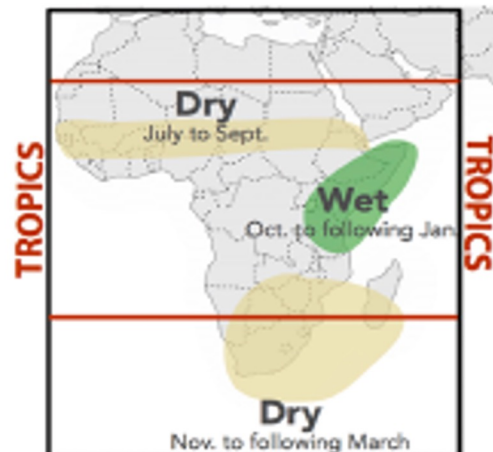
Influence de la variabilité naturelle du climat

El Niño

Cyclic (~ every 3 - 5 years)



Ocean currents and winds change from their normal patterns, affecting weather in tropical and sub-tropical regions



Thomson et al. 2017

Past El Niño events

1982 – 1983

1997 – 1998

2014 – 2016

2023 -2024

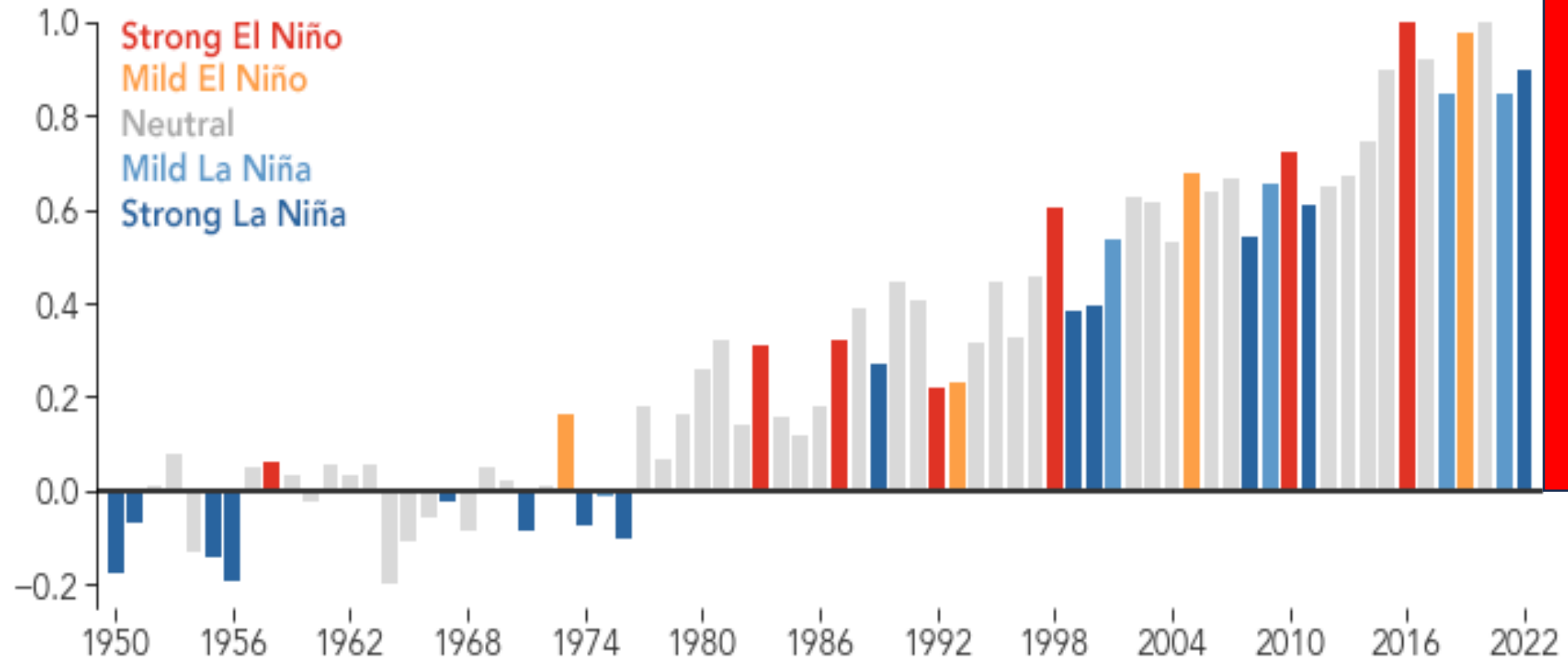
In Zimbabwe: ***“delayed onset of rainfall and prolonged dry spells***, affecting southern parts of the country (Matabeleland North, Matabeleland South, Midlands, Masvingo and Manicaland).

<https://factcheck.cite.org.zw>

La température du globe sous l'influence d'El Niño et de la Niña

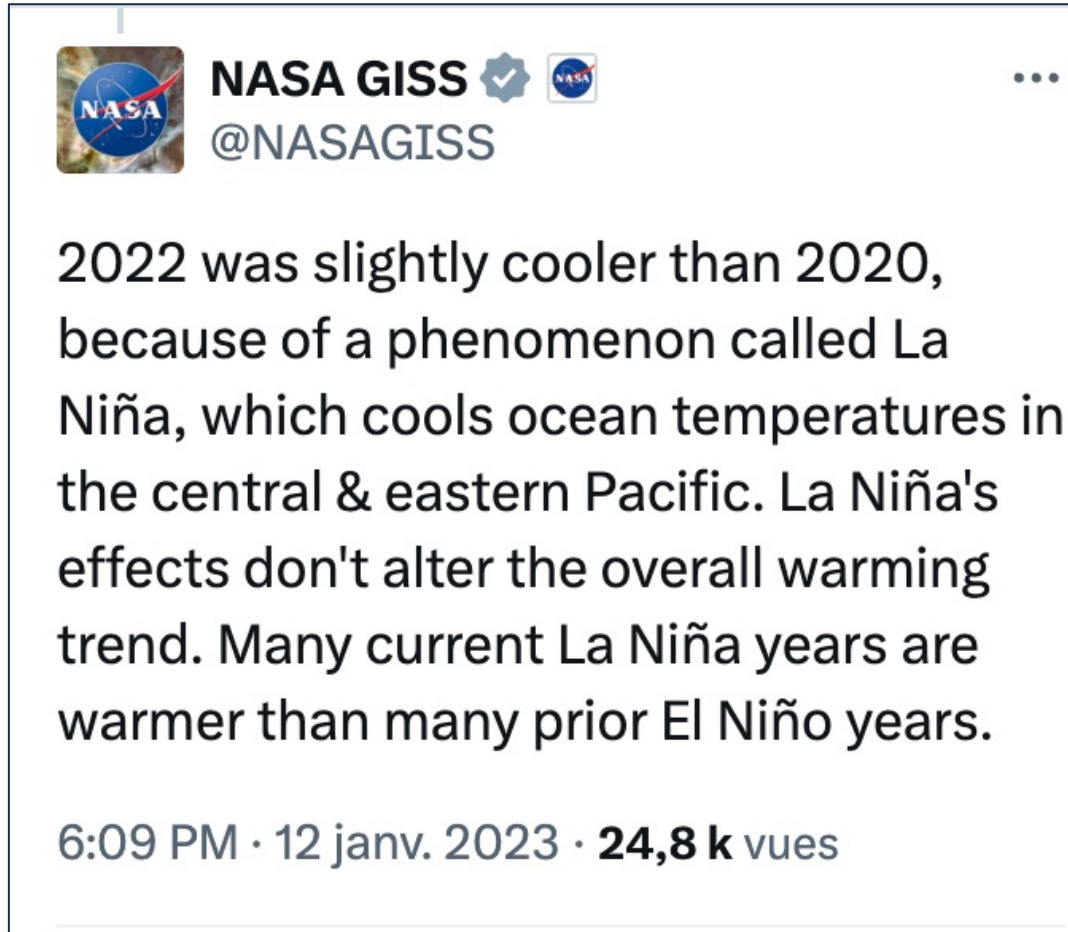
A Warming Earth: La Niña and El Niño Events

Global Temperature Anomaly (°C compared to the 1951-1980 average)



Les eaux très chaudes d'**El Niño** contribuent à restituer plus de chaleur à l'atmosphère et à générer un air plus chaud et humide.

La température du globe sous l'influence d'El Niño et de la Niña



Les températures du globe ont été relativement « *fraîches* » en 2021-22 à cause de la persistance d'un événement **La Niña**.



Euh... 2022, c'était pas l'année la plus chaude en France???

L'influence de l'éruption du Tonga



Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcanic eruption captured at December 30, 2021. Image credit: Tonga Geological Services.

**Eruption exceptionnelle du volcan sous-marin
Hund Tonga (Polynésie) en janvier 2022**

Peu d'émissions d'aérosols mais un
exceptionnel volume d'eau de mer sous forme
de vapeur d'eau

Cette vapeur d'eau est un gaz à effet de serre
qui a pu contribué aux records de
températures observés depuis début 2023

Brief Communication | Published: 12 January 2023

Tonga eruption increases chance of temporary surface temperature anomaly above 1.5 °C

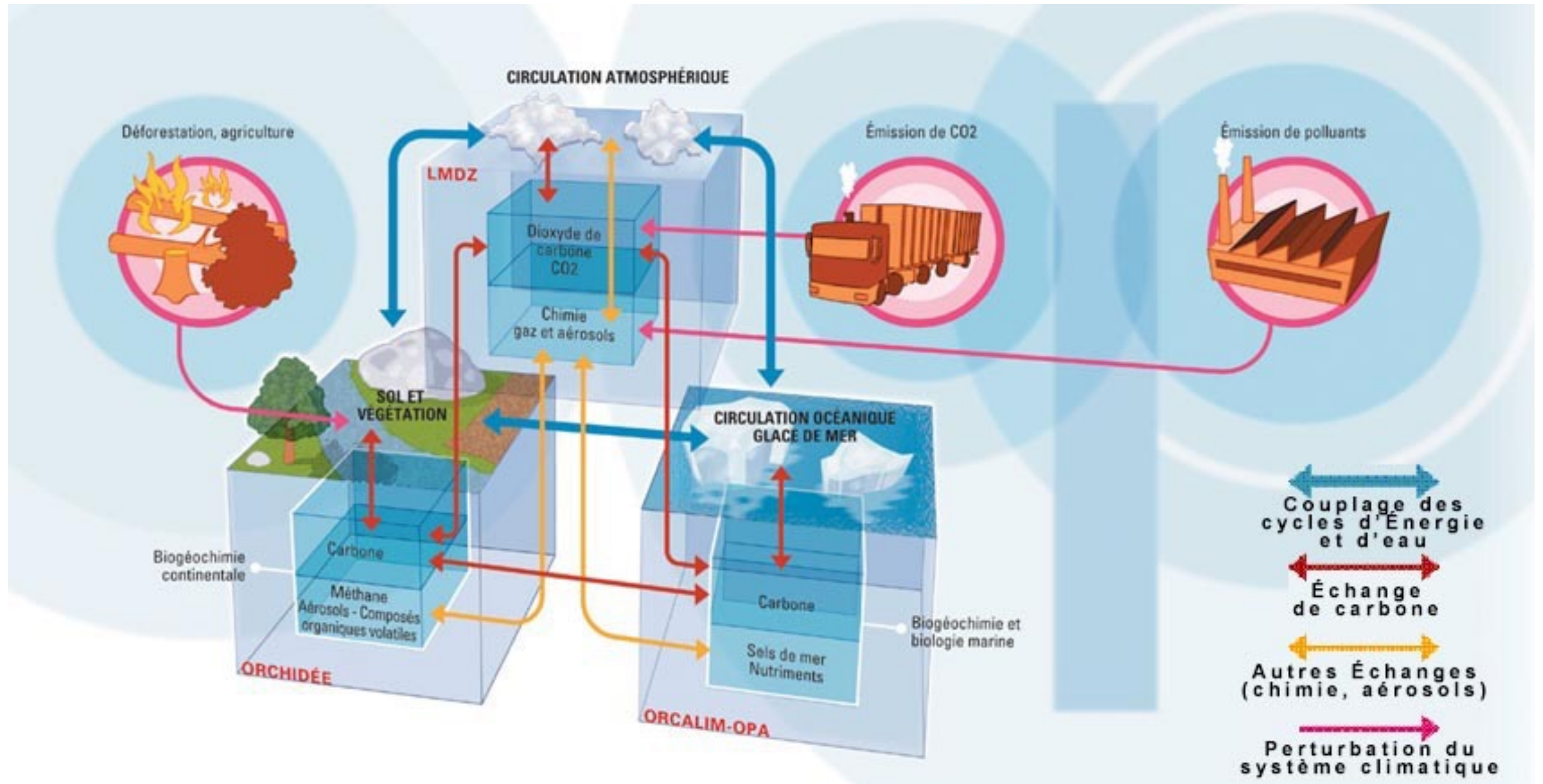
[Stuart Jenkins](#) , [Chris Smith](#), [Myles Allen](#) & [Roy Grainger](#)

[Nature Climate Change](#) **13**, 127–129 (2023) | [Cite this article](#)

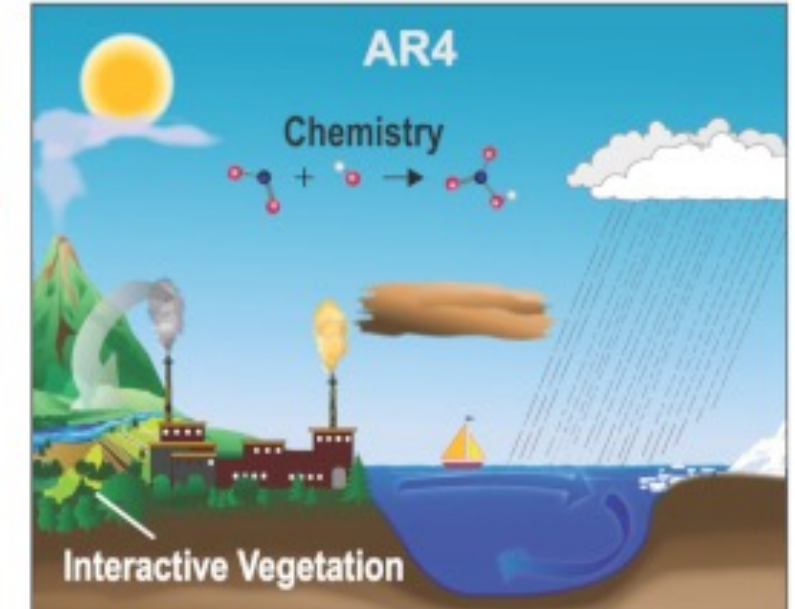
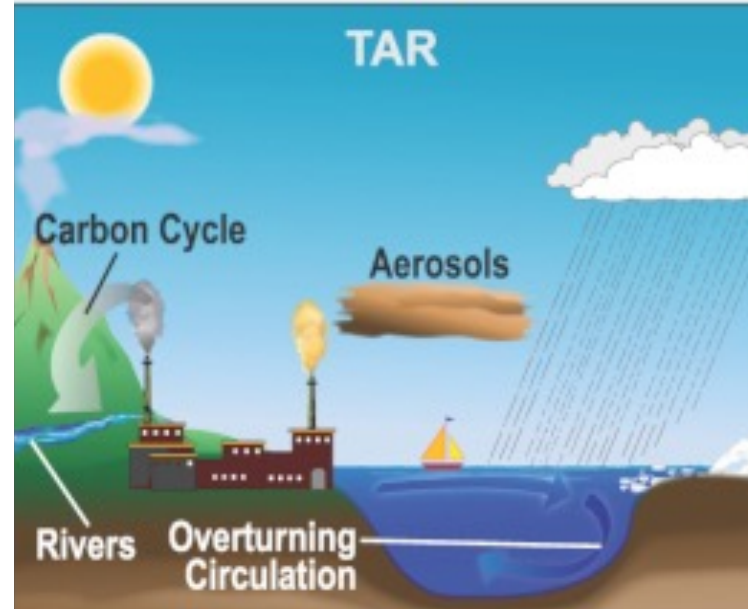
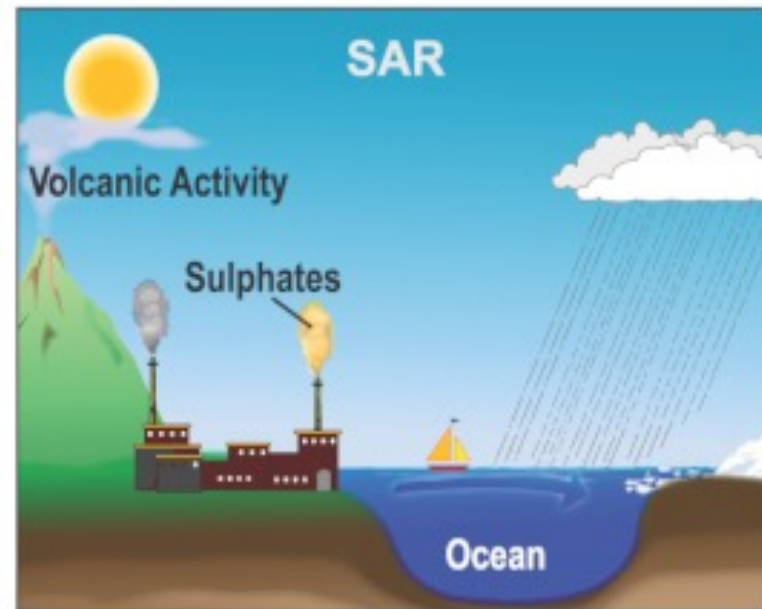
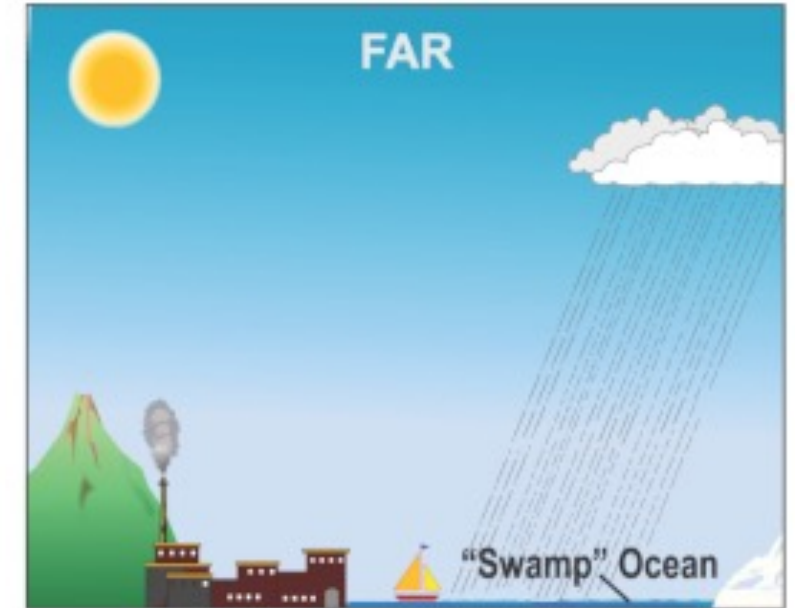
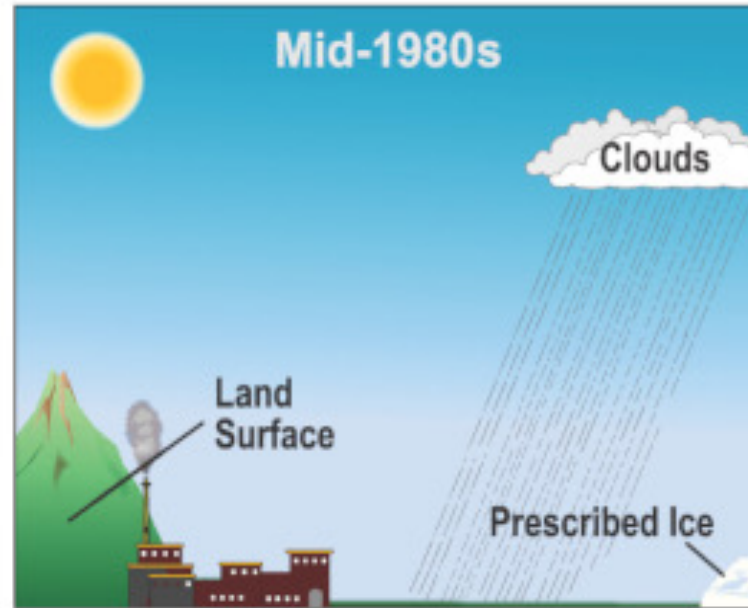
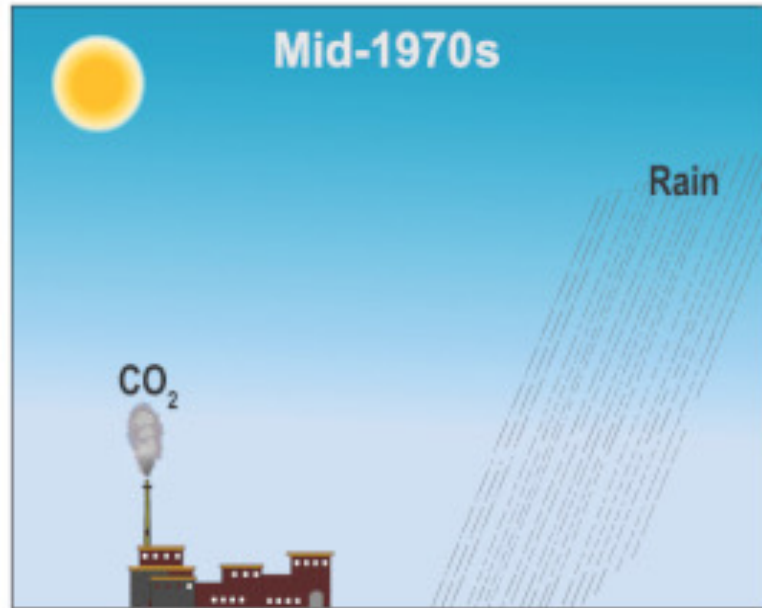
nature climate change

Que disent les modèles ?

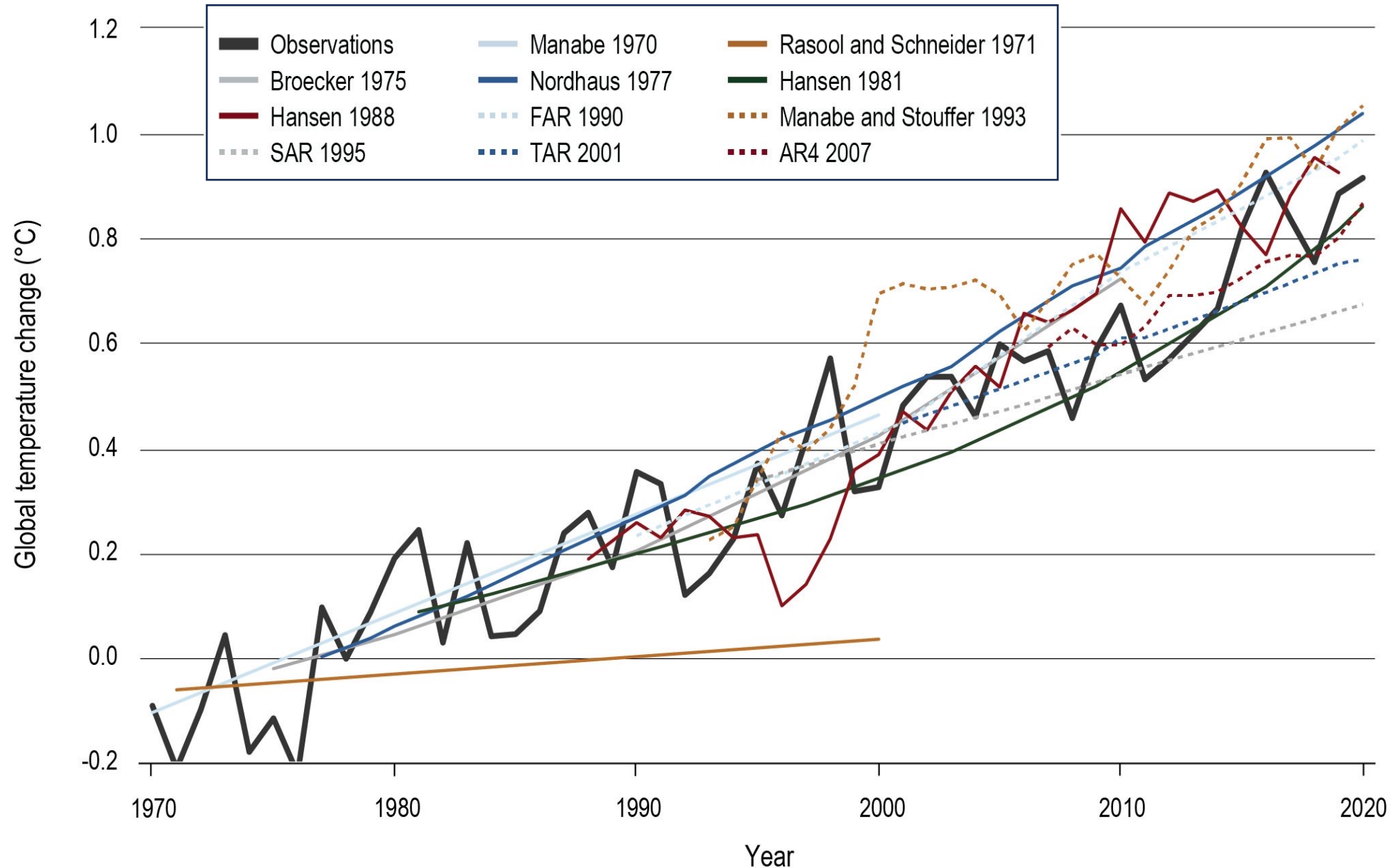
Les modèles du climat



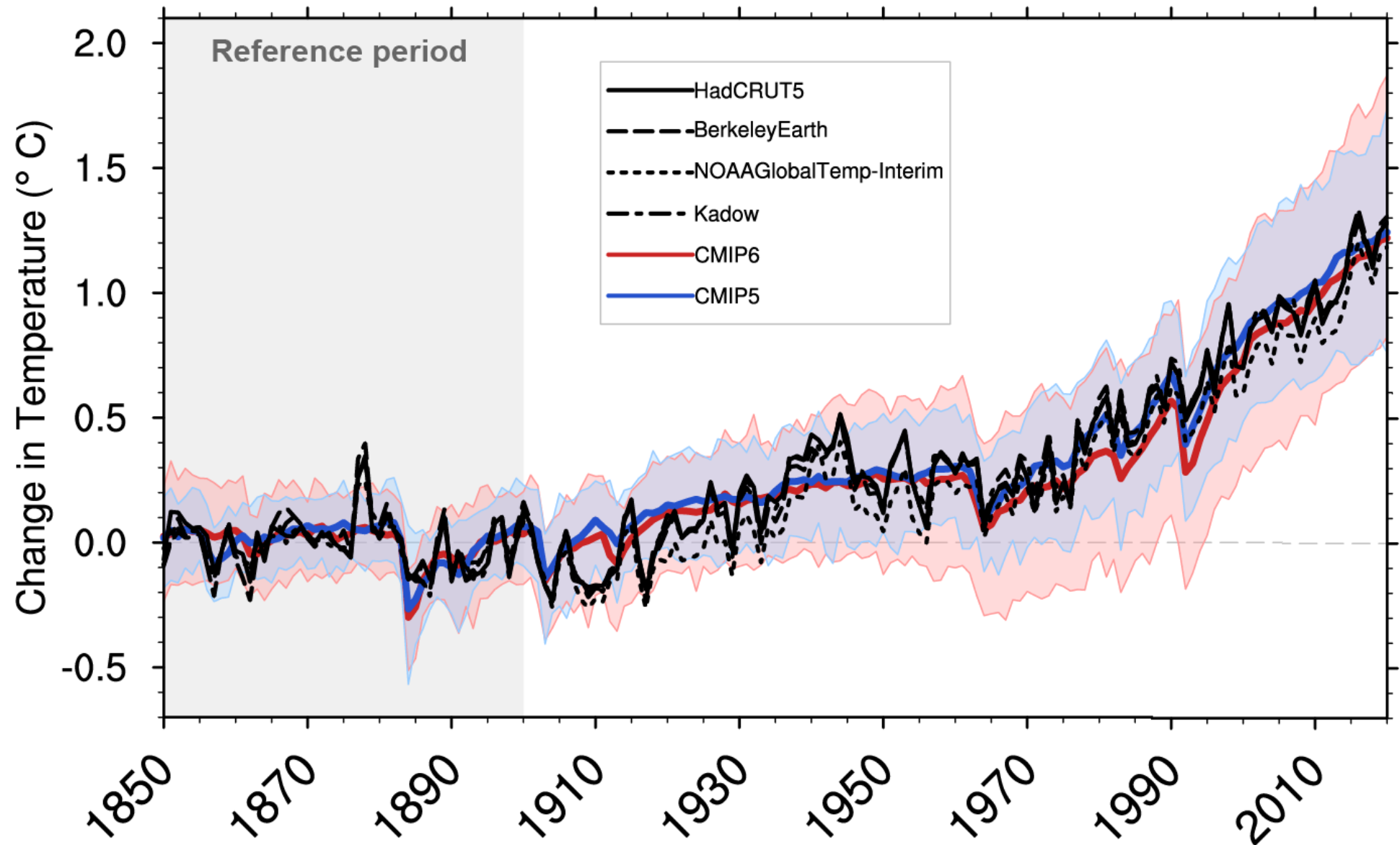
Le monde vu par les modèles



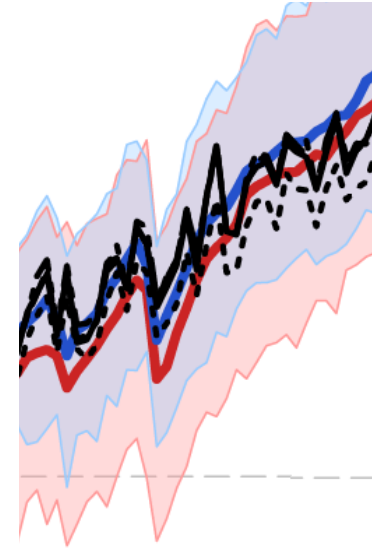
Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



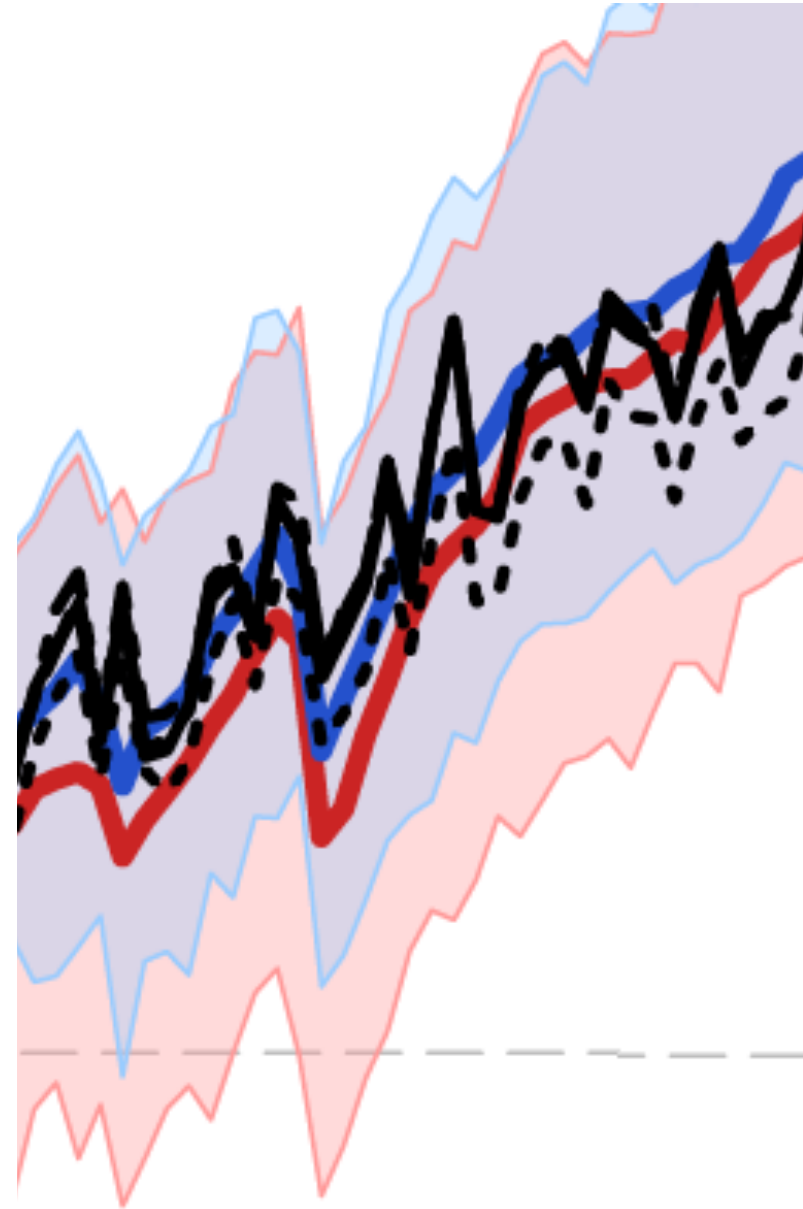
Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



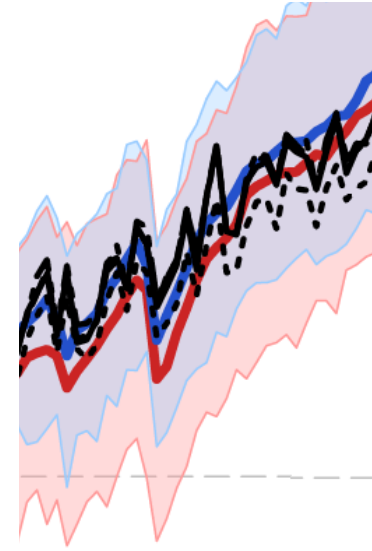
Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



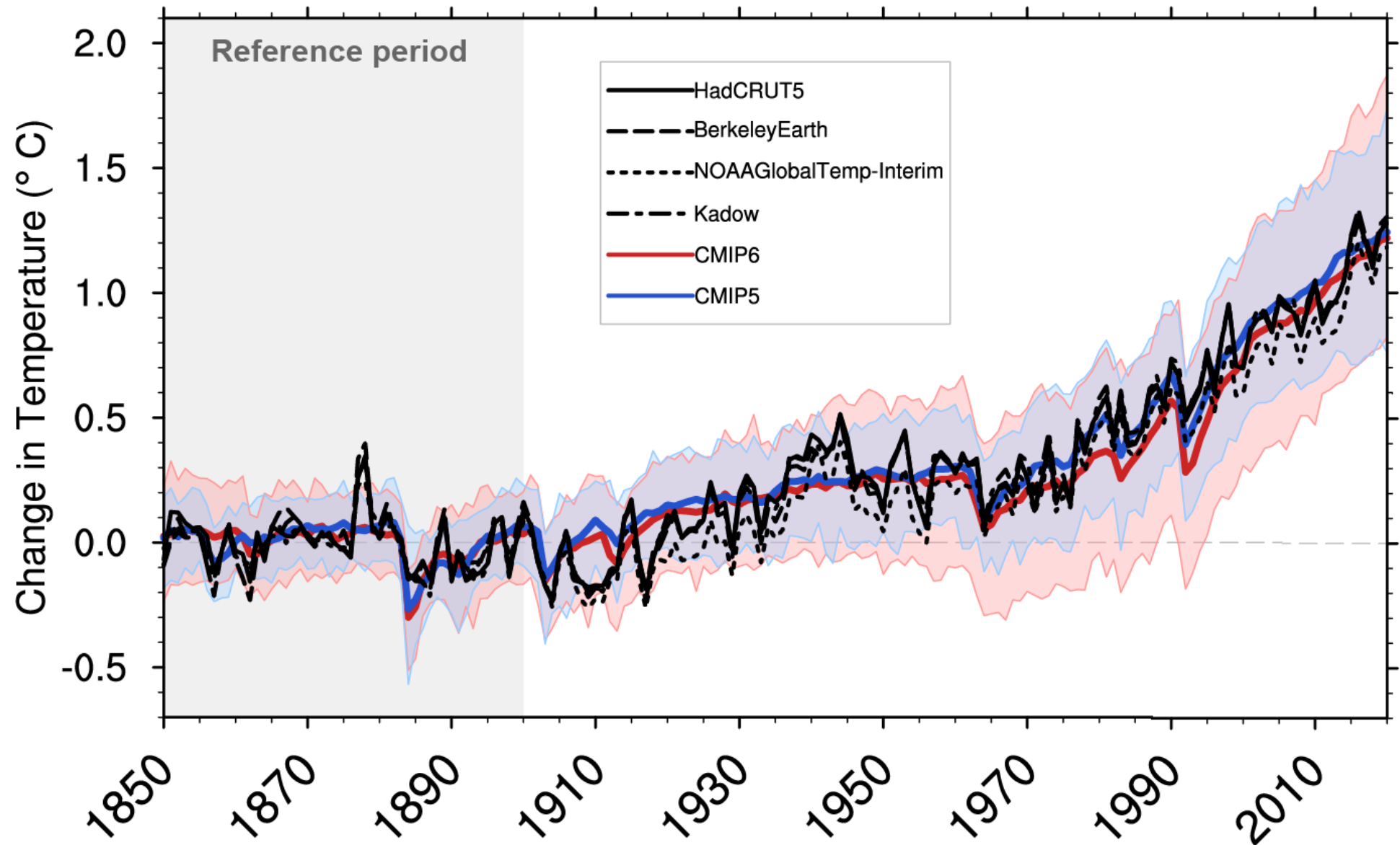
Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



Les modèles avaient-ils anticipé ce qui se passe aujourd'hui?



Les modèles avaient prévu une période plus chaude dès 2022



L'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) avait annoncé en 2022 à partir des prévisions décennales qu'il y avait 48% de chance que la température globale dépasse 1.5°C par rapport au niveau pré-industriel au moins une année entre 2022 et 2026. Début 2023, cette probabilité était passée à 66% pour la période 2023-2027.

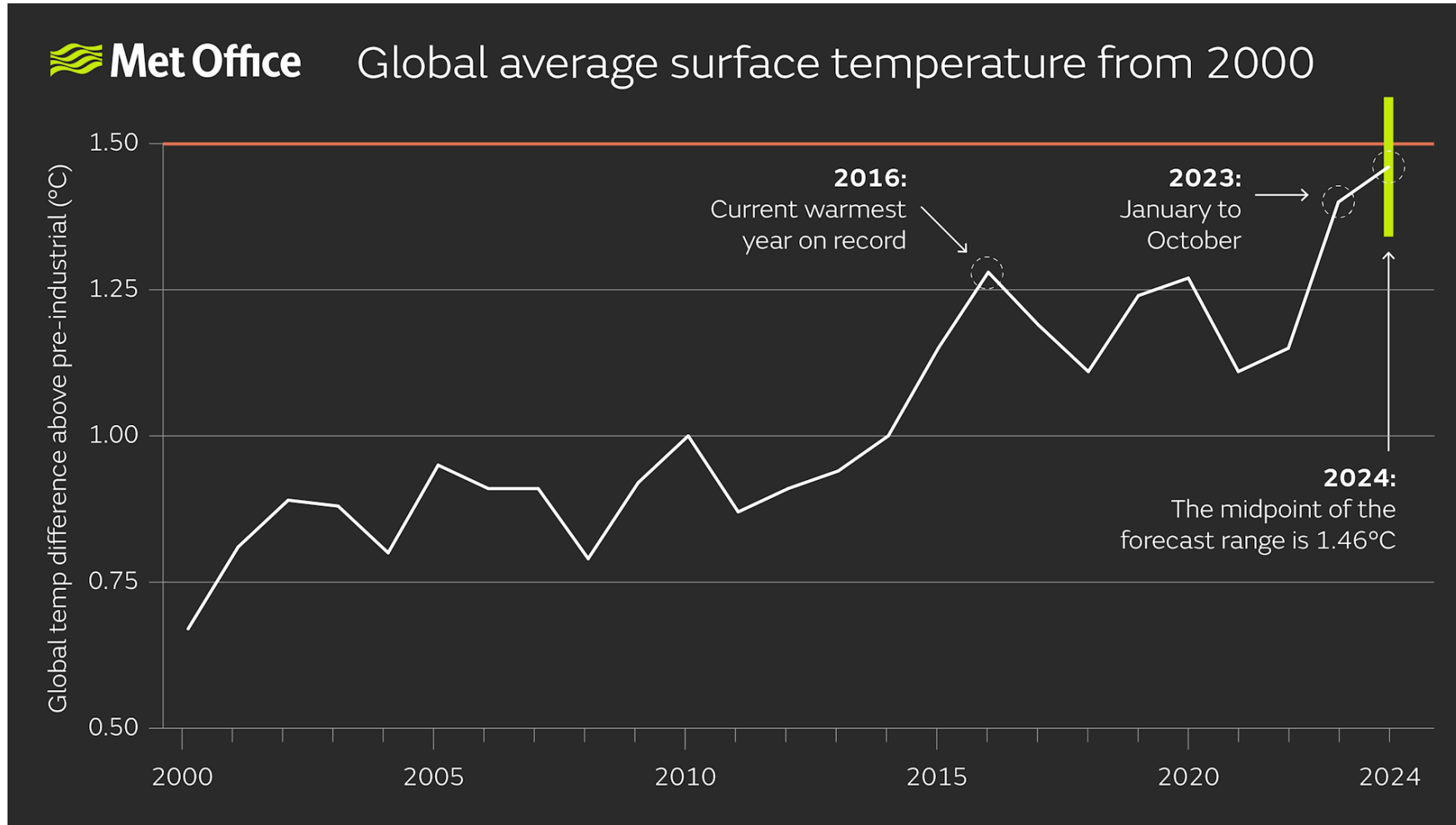


« Si un épisode El Niño (...) survenait dans le Pacifique tropical, 2023 pourrait même atteindre ou s'approcher d'un niveau record. Et 2024 pourrait établir un nouveau record mondial. »

Met Office Janvier 2023

A quoi faut-il s'attendre
pour la suite?

L'année 2024 risque d'être encore plus chaude que 2023

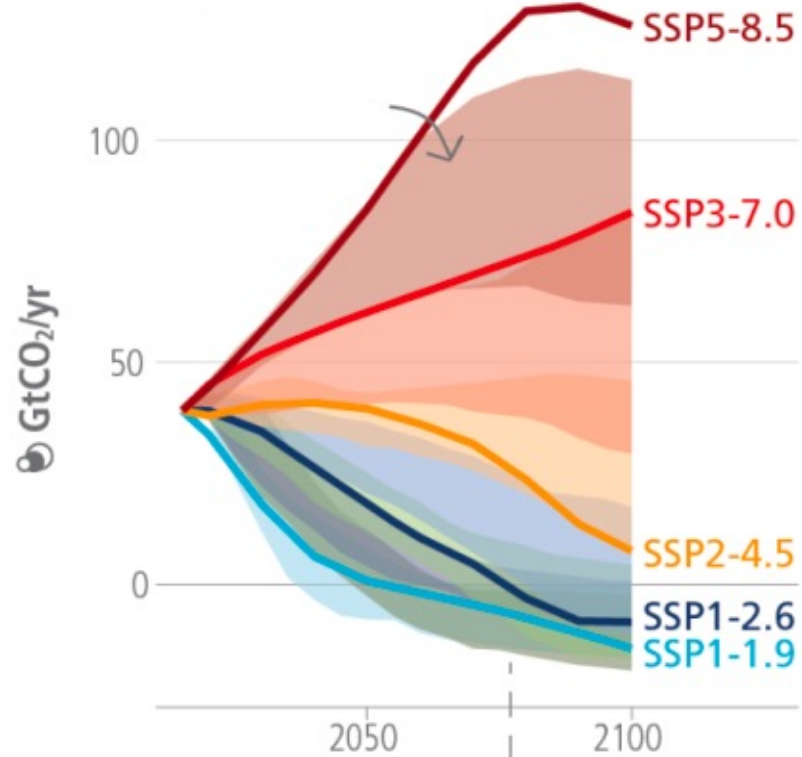


La température moyenne globale pour 2024 est prévue **entre 1.34°C et 1.58°C** (estimation centrale de 1.46°C) au dessus de la période préindustrielle (1850-1900)

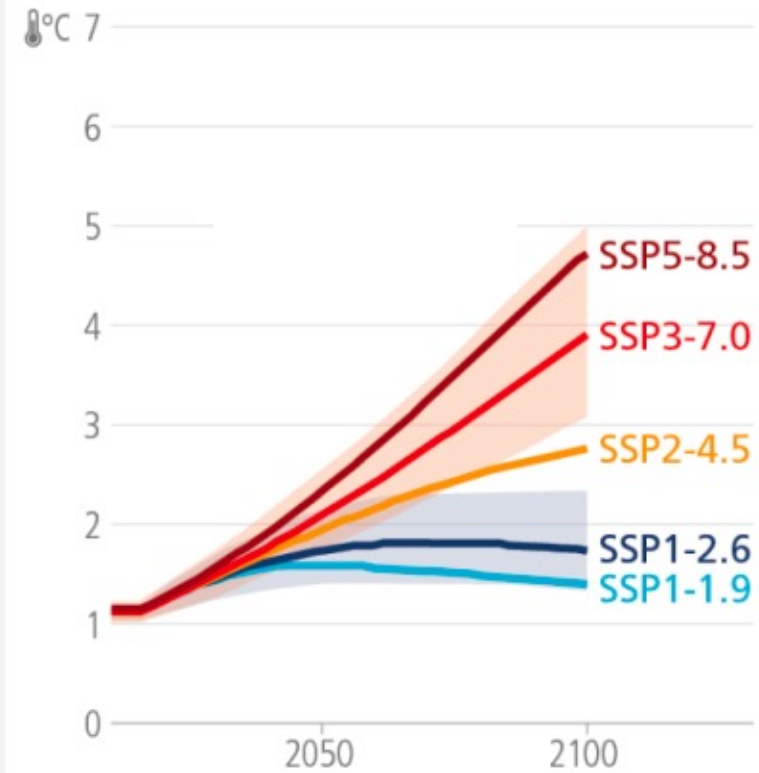
La prévision du MetOffice suggère que 2024 sera encore une année record pour la température globale, **sans doute pire que 2023.**

« La poursuite des émissions va amplifier le réchauffement »

Emissions
scénarios et trajectoires

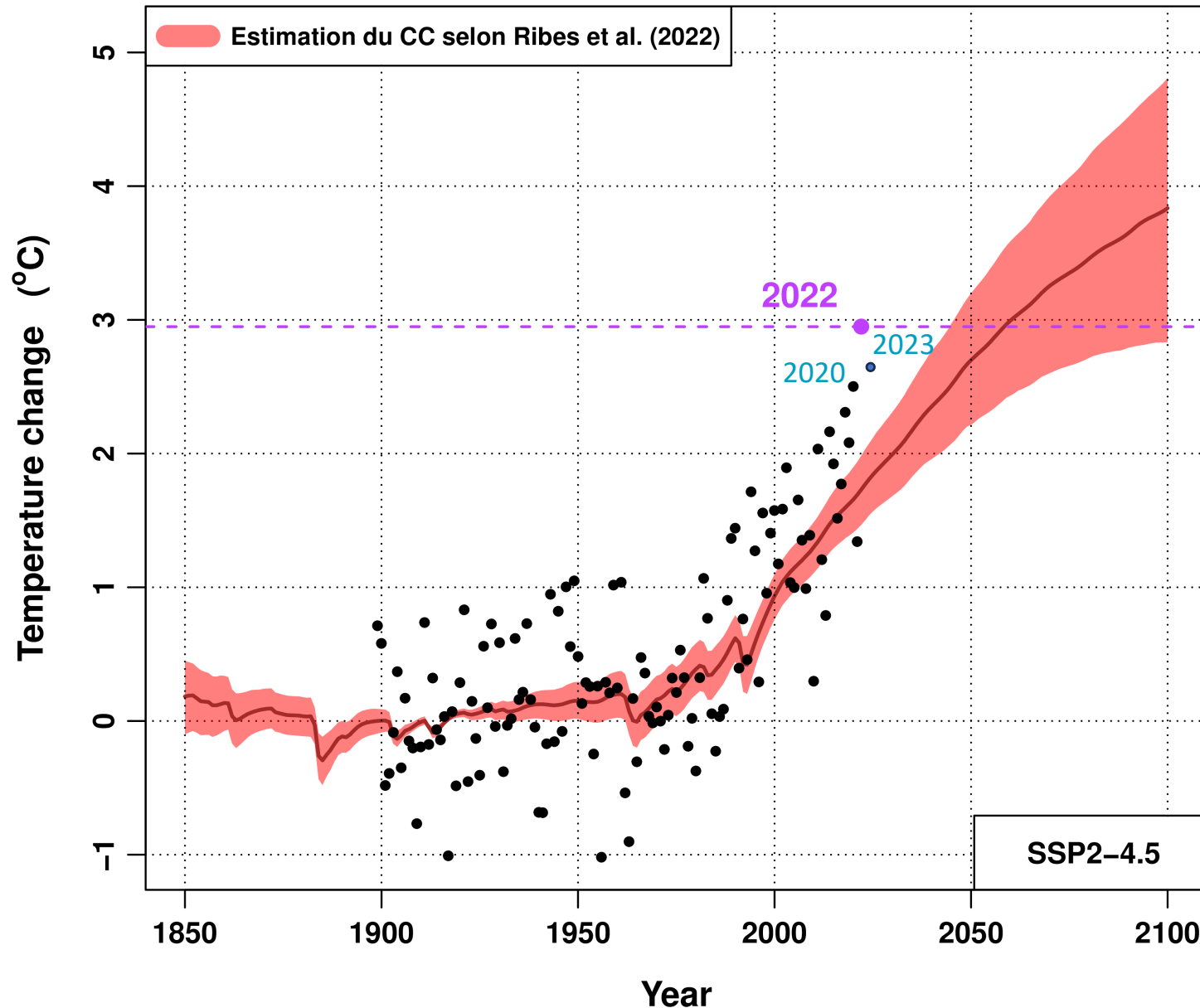


Changement de température
de surface planétaire



en cas de forte baisse
des émissions,
des effets discernables
d'ici environ 20 ans
sur la température
planétaire

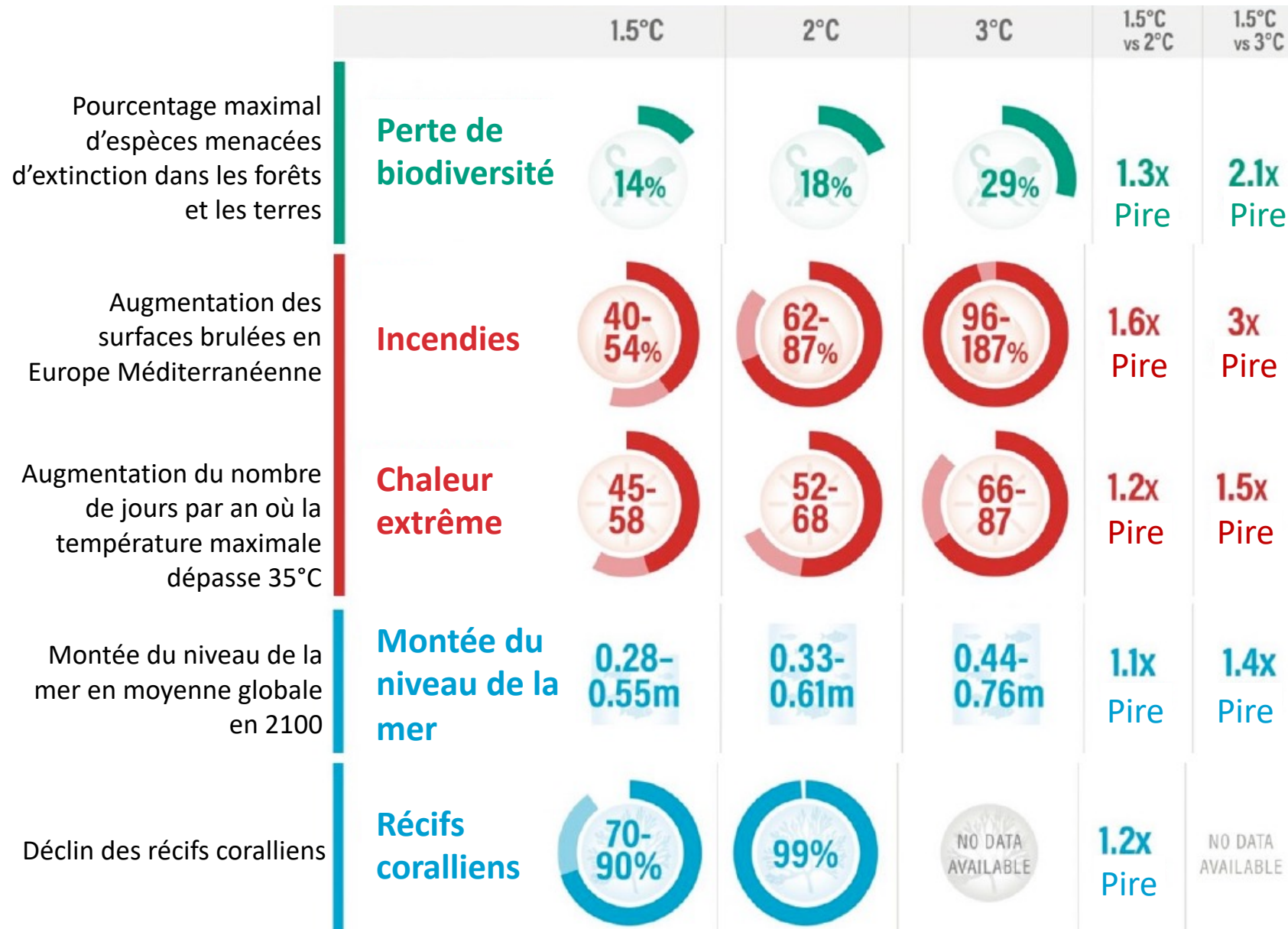
L'augmentation des températures en France



2022 et 2023

Des années habituelles en 2050 et exceptionnellement froides en 2100!

« Les risques augmentent avec le réchauffement »



Quelles solutions ?

« Il faut s'adapter à un climat qui change »

L'adaptation est possible et sera même indispensable



Mais elle a des limites...

Coûte cher, parfois plus que l'atténuation

Est possible que pour les niveaux de réchauffement à +1.5 et +2°C

Peut être parfois pire que de ne rien faire (maladaptation)

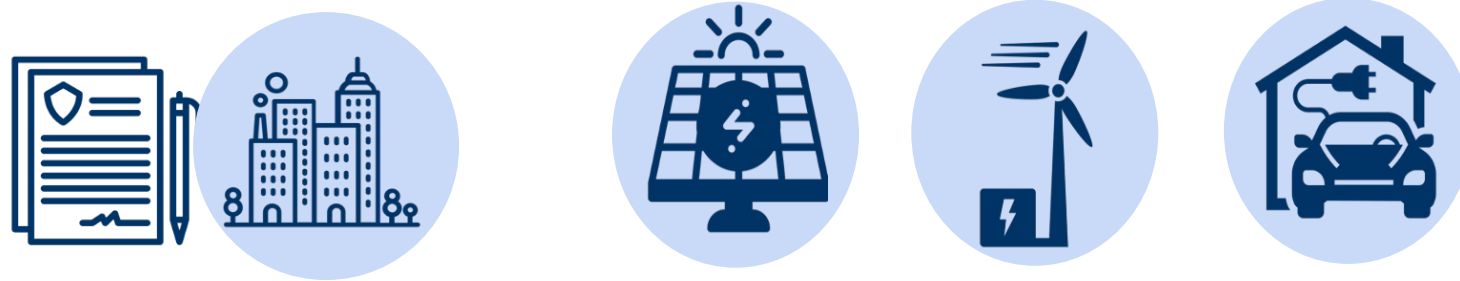
Peut rencontrer des freins socioculturels ou politiques

« Art. 2: contenir le réchauffement nettement en dessous de 2 °C, et si possible 1,5 °C »

Accord de Paris approuvé par 195 pays



« Une action pour le climat qui monte en puissance »



Baisse régulière des émissions de gaz à effet de serre
dans plus de 18 pays

Plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre dans le monde
dans le périmètre de politiques publiques

Progrès de la planification de l'adaptation et de sa mise en oeuvre,
mais des réponses fragmentées, incrémentielles, des limites,
un décalage croissant par rapport aux besoins, et des maladaptations

Flux financiers insuffisants

Les politiques publiques ont permis d'éviter d'émettre chaque année
plusieurs milliards de tonnes d'émissions de CO₂-équivalent

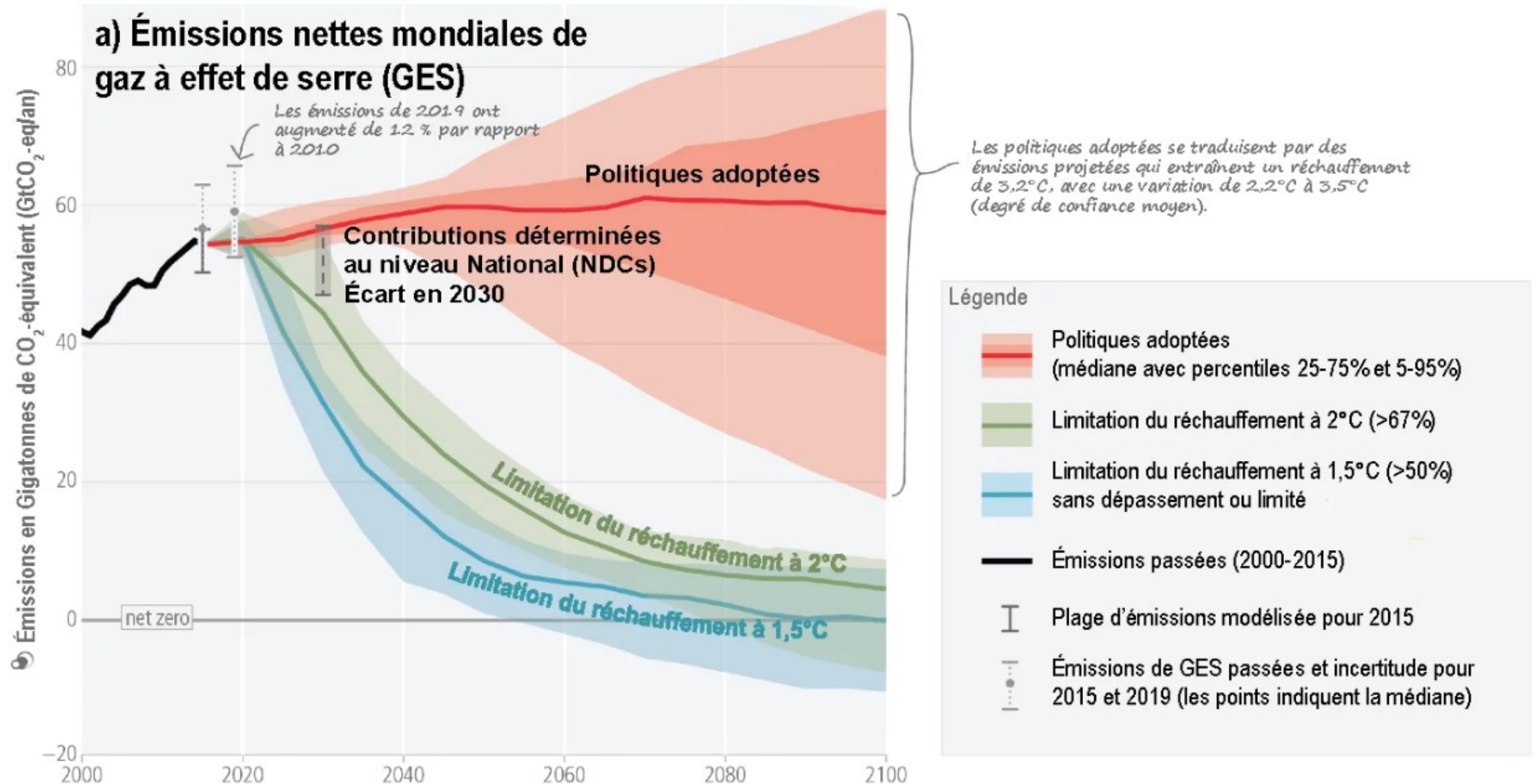
Energies renouvelables, batteries :
baisse des coûts et augmentation des capacités installées

Efficacité énergétique, maîtrise de la demande,
réduction du gaspillage alimentaire : abordables, acceptabilité forte

Verdissement des villes, ralentissement de la déforestation nette

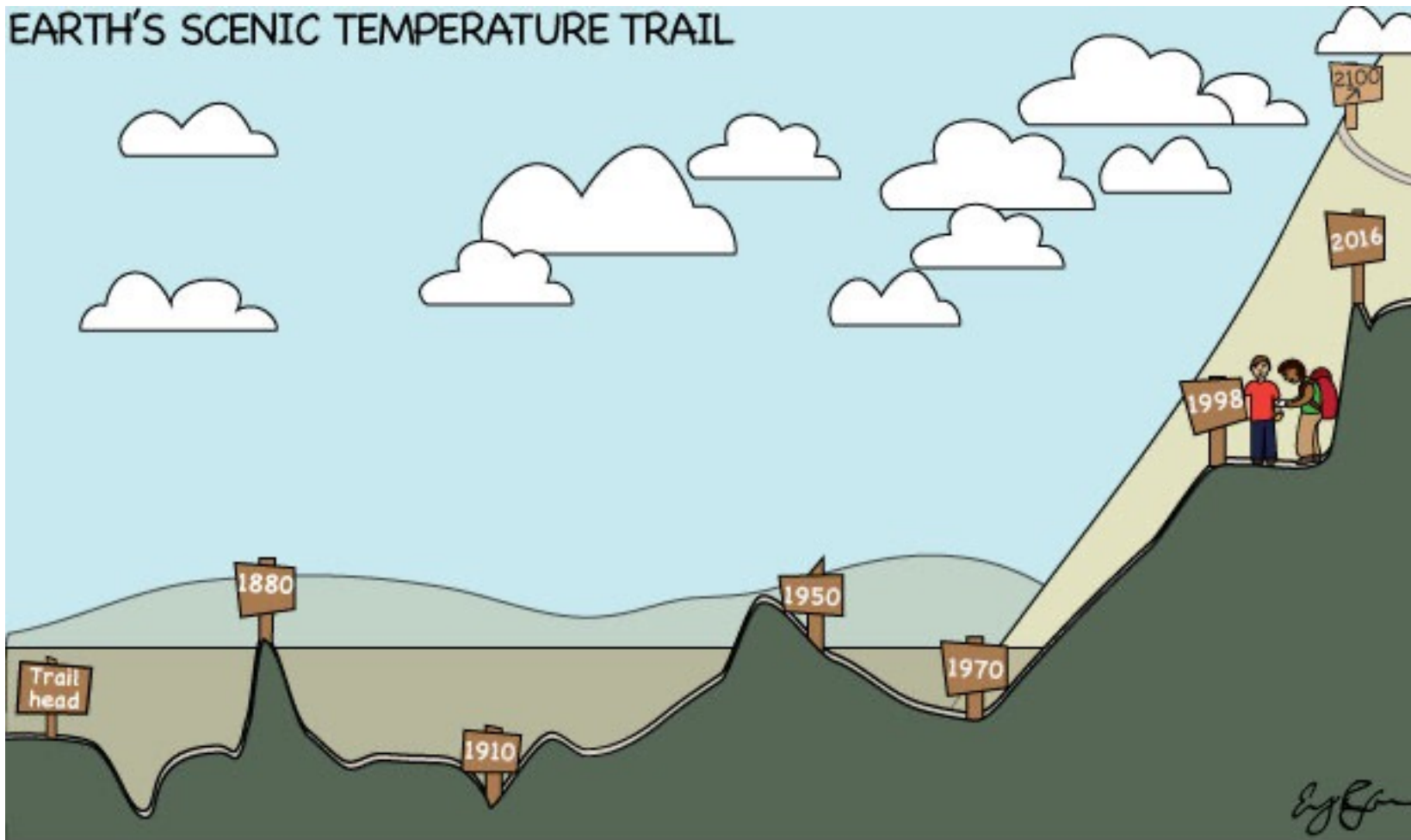
**...mais le rythme et l'ampleur des actions mises en œuvre et des
engagements actuels sont insuffisants pour limiter les risques
liés au changement climatique**

« Nous ne sommes pas encore sur la bonne trajectoire »



Conclusion

- Il n'y a plus aucun doute : l'homme réchauffe l'atmosphère, les océans et les terres. Ces changements sont généralisés et rapides.
- Ces changements ne sont pas linéaires et sont modulés par plusieurs facteurs (variabilité naturelle du climat, émissions d'aérosols...) pouvant renforcer le réchauffement ou le réduire.
- L'adaptation est inévitable dès aujourd'hui quel que soit le scénario vers lequel on se dirige
- Atténuer aujourd'hui le réchauffement est essentiel pour réduire les risques



"No, we aren't there yet."

Merci de votre attention
Benjamin.Sultan@ird.fr