

*11ème colloque de l'Association Française des Biotechnologies Végétales
11 octobre 2022, Paris*

Evolution du climat : des causes aux manifestations attendues en France

Agnès Ducharne

DR CNRS à l'UMR METIS, IPSL
Hydroclimatologue
agnes.ducharne@upmc.fr



Plan de l'exposé

1. Climat, changement climatique naturel et anthropique
2. Principales manifestations depuis 150 ans
3. Que nous réserve le futur ?
4. Quelques éléments de conclusion

Qu'est-ce que le climat ?

Le terme **CLIMAT** désigne les caractéristiques physiques de l'atmosphère et de l'océan **d'un point de vue statistique**

→ **Moyenne et variabilité du « temps météorologique » sur les périodes longues (en général 30 ans)**

Implique des variables, des compartiments et des échelles variés



Atmosphère
Biosphère
Océans
Continents
Cryosphère

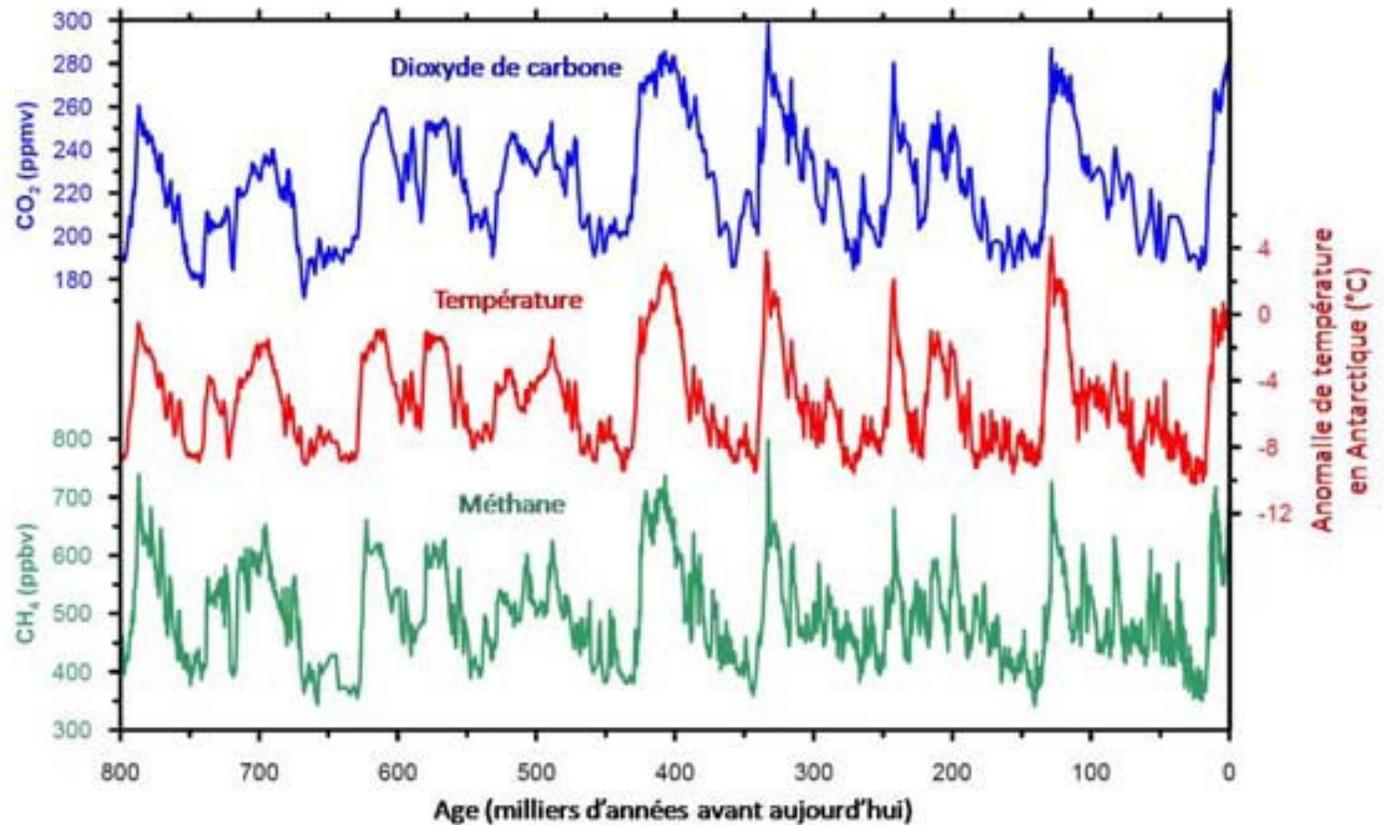
Le climat change naturellement

Périodicité ~ 100 ky

Amplitudes :

- Température ~ 8°C
- Niveau de la mer ~ 100 m
- CO₂ ~ 100 ppm

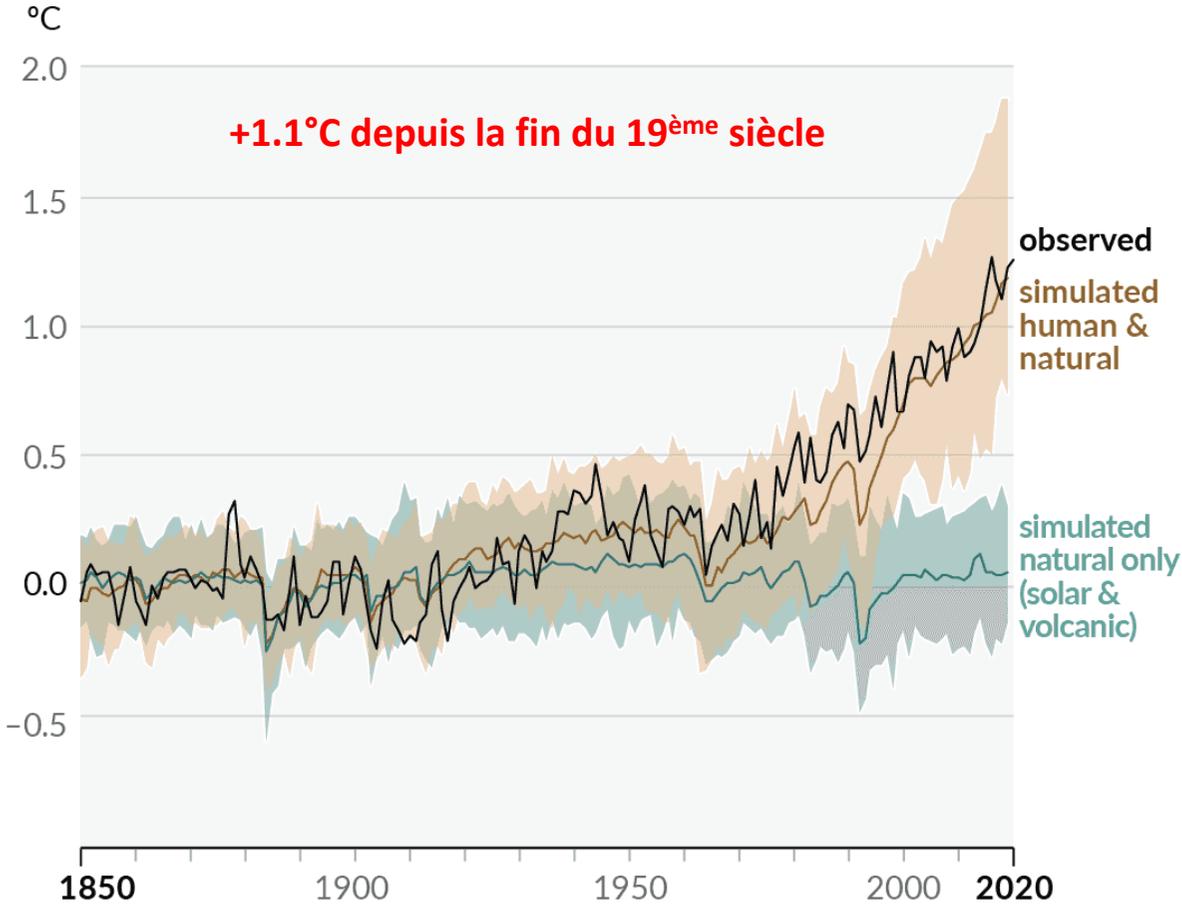
Ici, les augmentations de température précèdent celles du CO₂ et CH₄ → le climat influence la biosphère et le taux de CO₂, qui amplifie les variations astronomiques



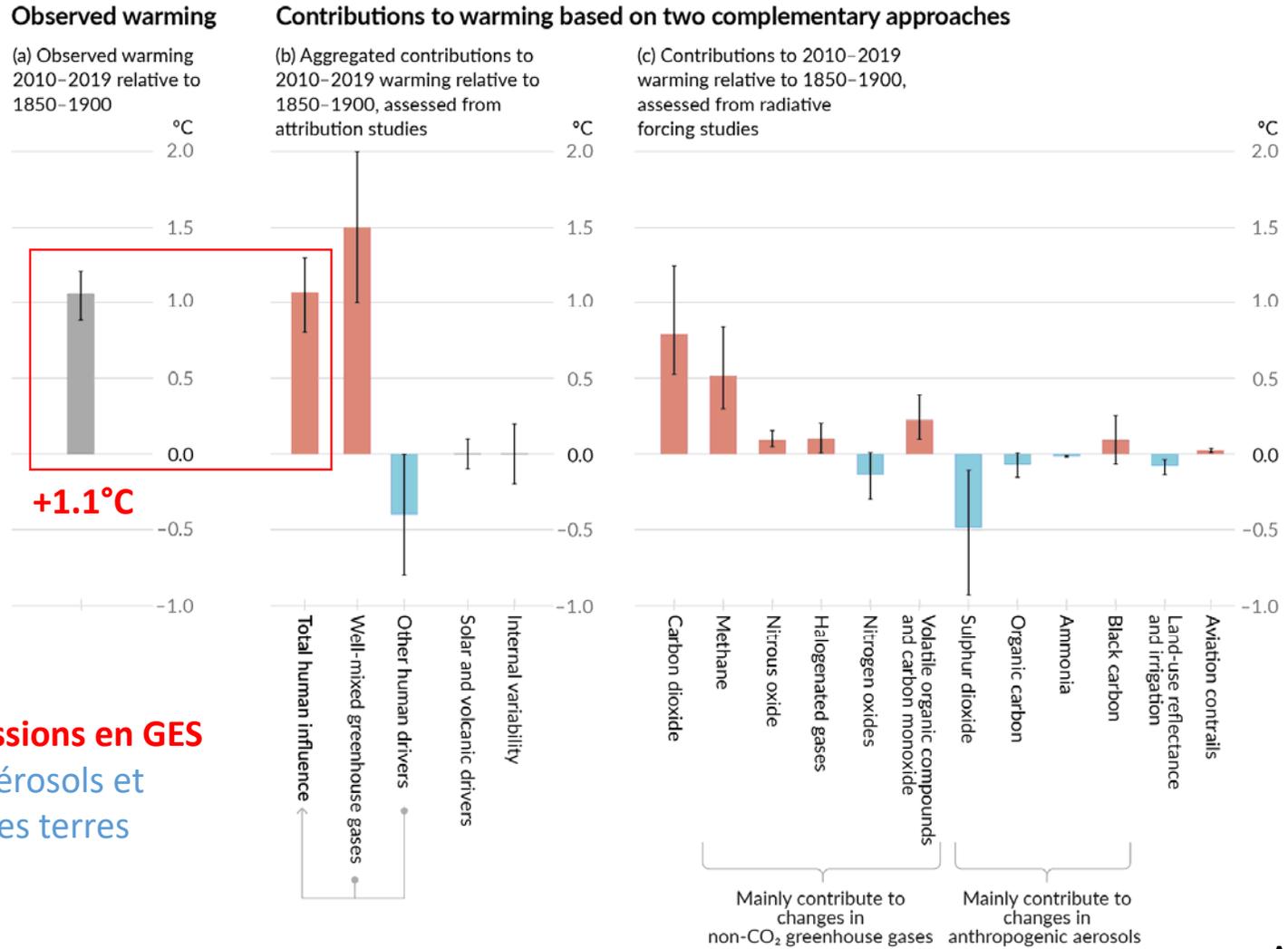
D'après Lüthi et al., 2008, Nature, Collab Université de Berne, LGGE, LSCE.

Mais depuis 150 ans le climat change à cause des activités humaines

(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)

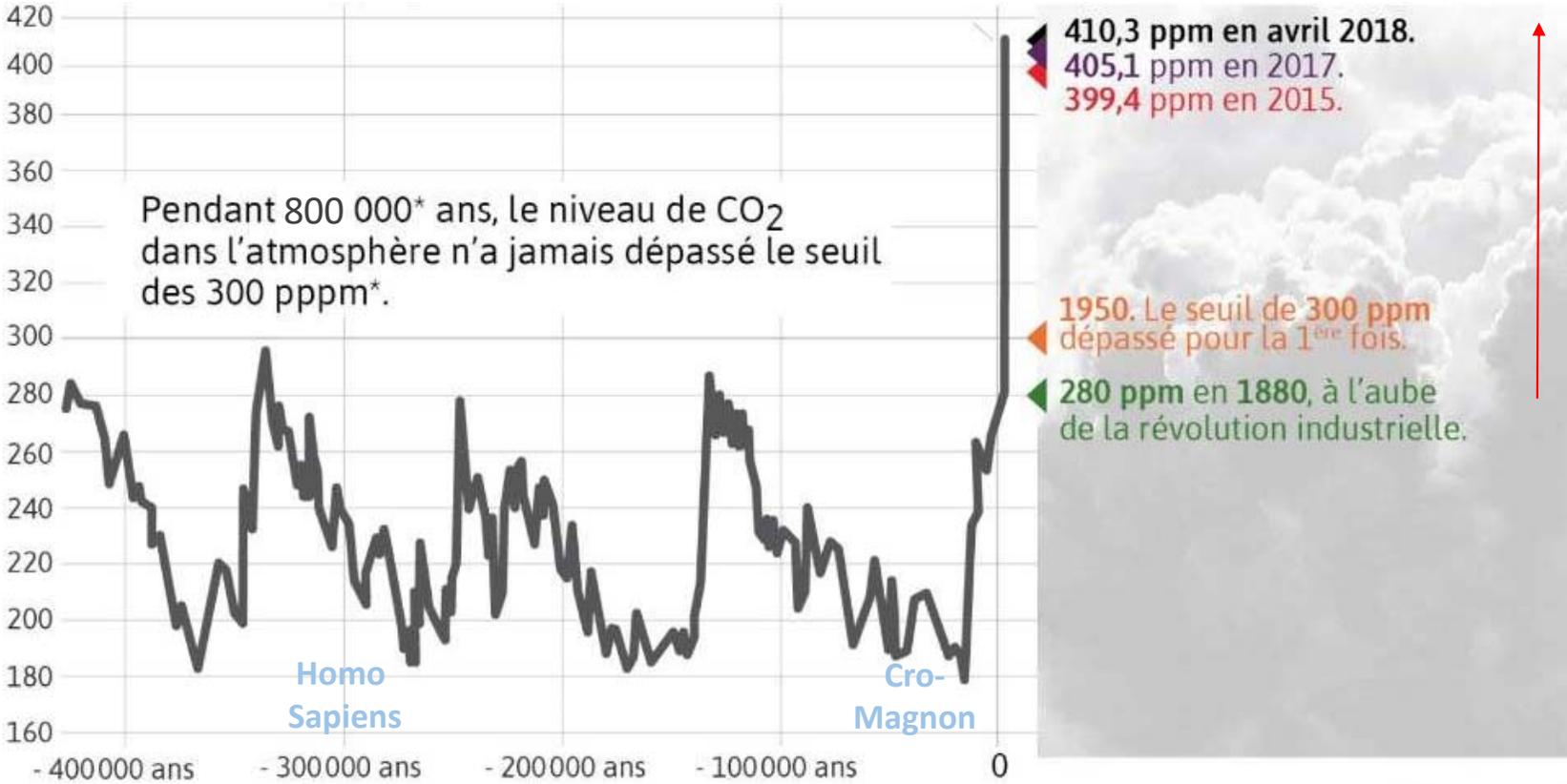


Mais depuis 150 ans le climat change à cause des activités humaines



Réchauffement dû aux émissions en GES
 Partiellement masqué par aérosols et changement d'occupation des terres

Mais depuis 150 ans le climat change à cause des activités humaines



+ 140 ppm
i.e. + 50 %
en 150 ans

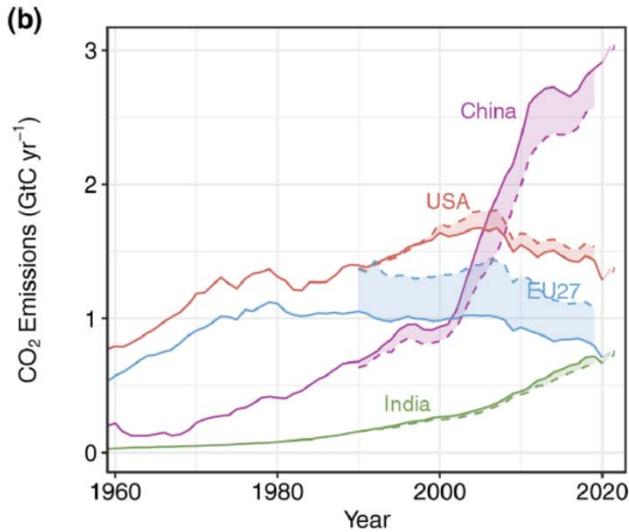
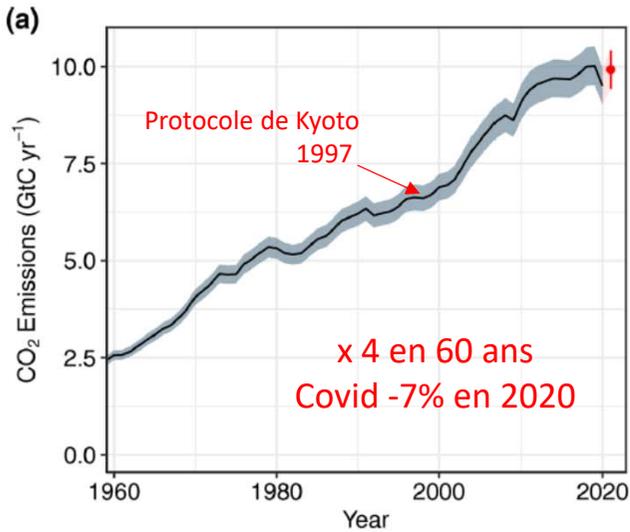
*données recueillies à partir d'analyses de glace issue de forages aux pôles.

Sources : Rapport de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), NOAA, NASA et Mauna Loa Observatory (Hawaï).

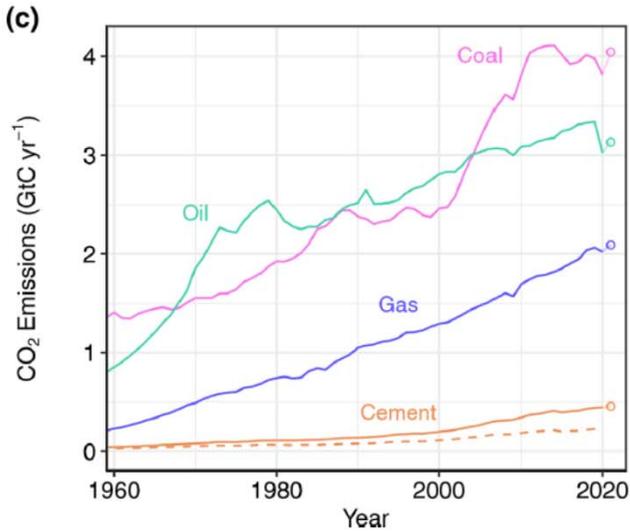


Mais depuis 150 ans le climat change à cause des activités humaines

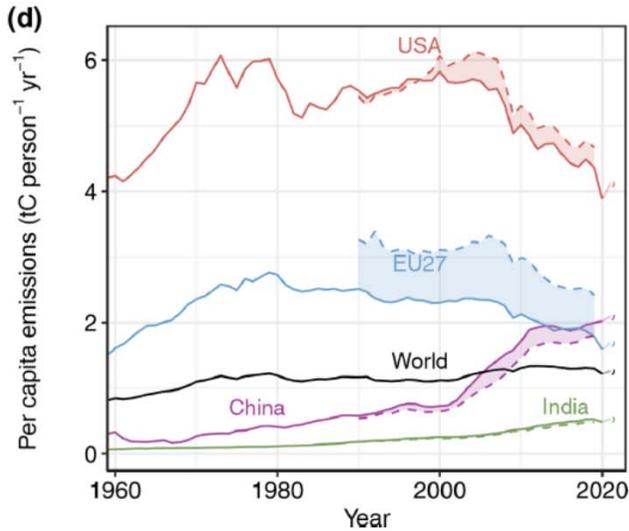
Global Carbon Project 2021
Friedlingstein et al. (2022)



— Emissions territoriales
- - - Emissions territoriales + importations - exportations



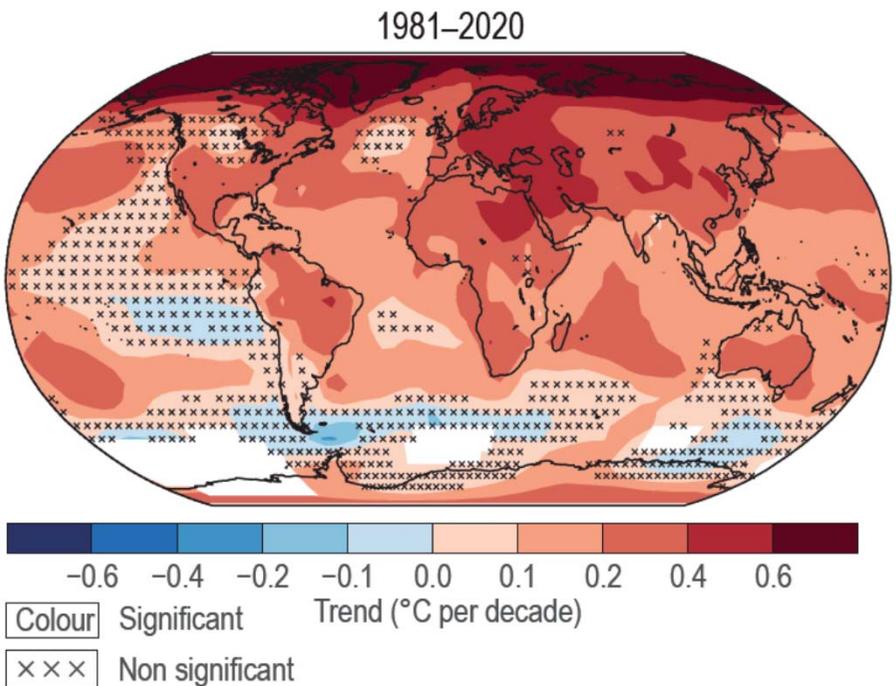
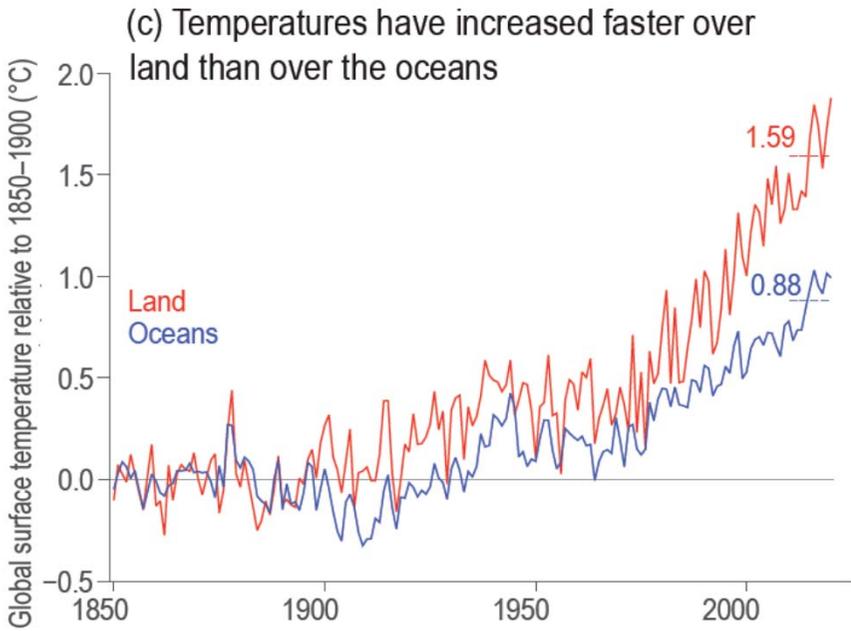
x 3.7
pour convertir les
tC en tCO2



En tenant compte des importations, un français moyen émet 2 fois plus qu'un citoyen du monde moyen

Principales manifestations du changement climatique depuis 150 ans

Le réchauffement n'est pas uniforme



Principales manifestations du changement climatique depuis 150 ans

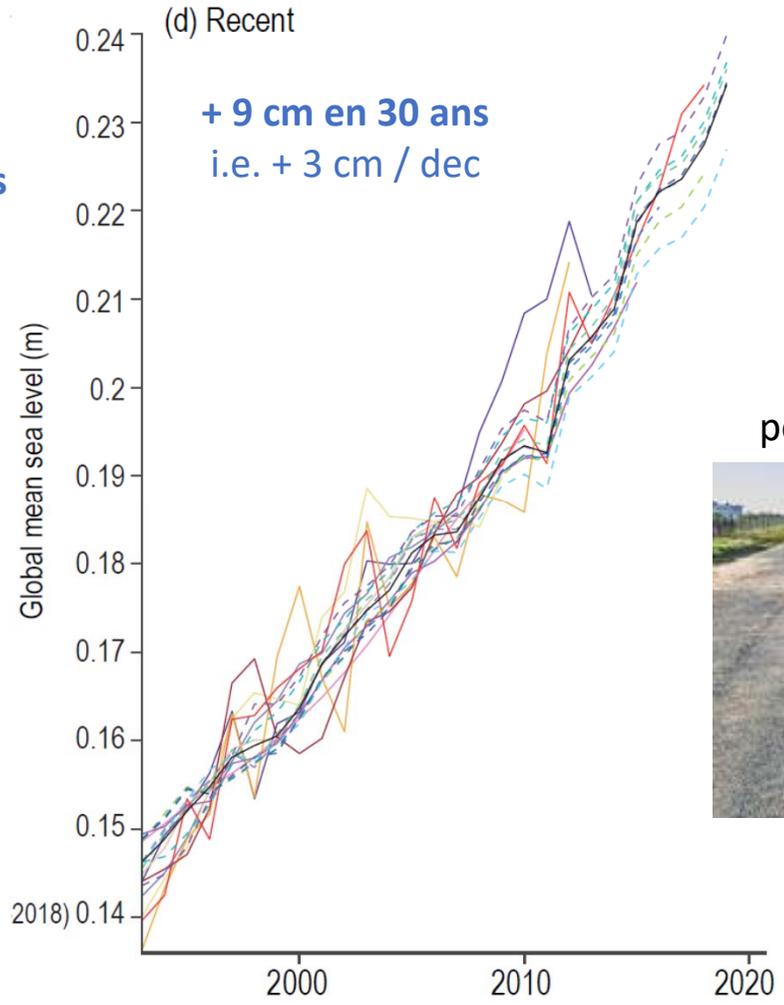
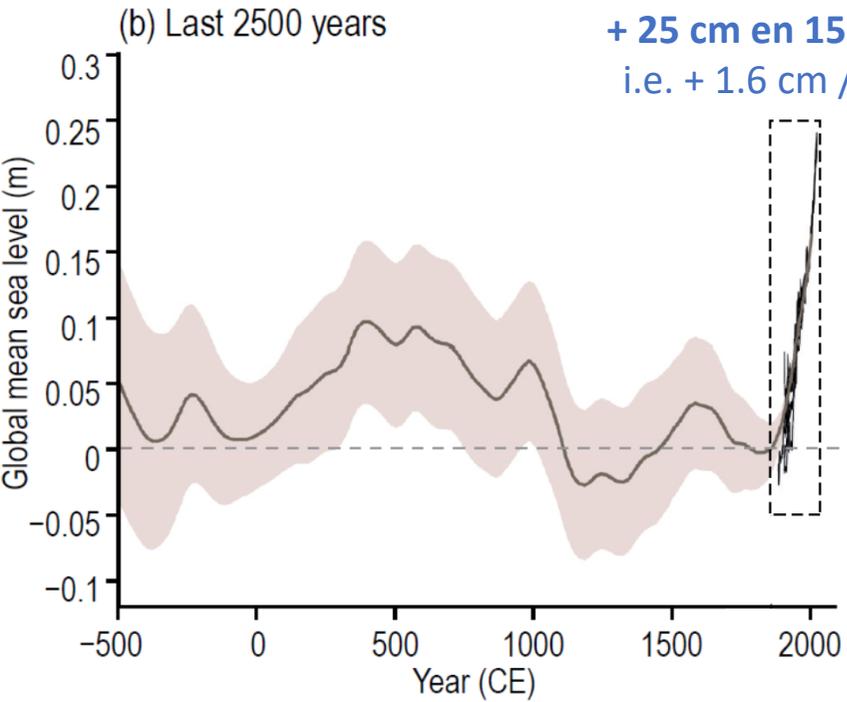


La fonte de la cryosphère
est une des principales sources d'incertitude
sur l'évolution du climat futur



Principales manifestations du changement climatique depuis 150 ans

Le niveau moyen de la mer augmente



En France :
perte de 30 km² en 50 ans



Principales manifestations du changement climatique depuis 150 ans

Faible augmentation des précipitations sur les continents

Augmentation moyenne < 1% depuis 1980
AR6, WG1, Chap 2

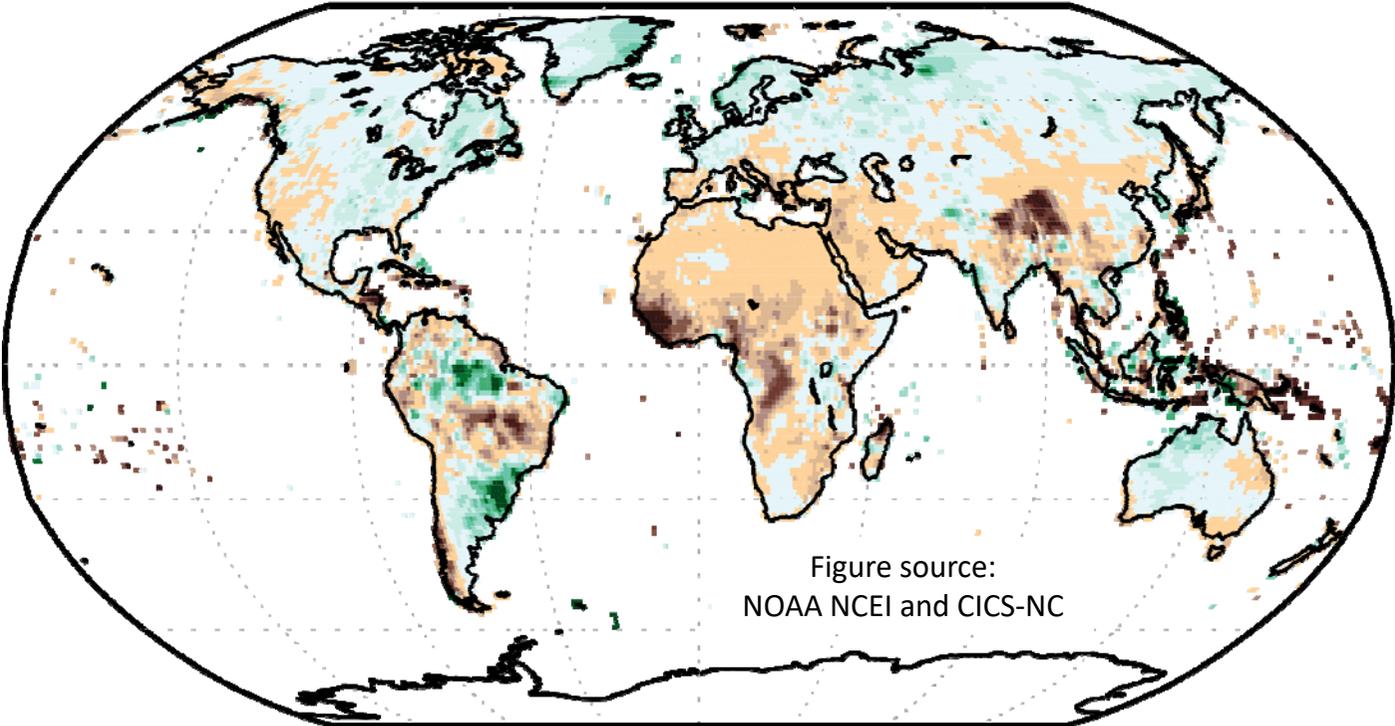
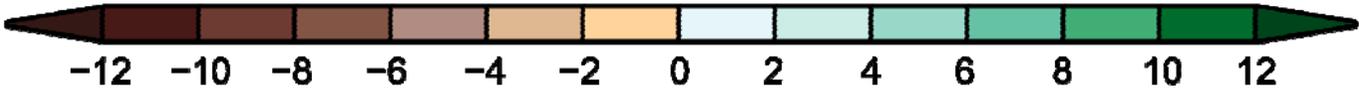


Figure source: NOAA NCEI and CICS-NC

Mais bcp de baisses dans les zones sèches et/ou déforestées

La plupart des changements locaux ne sont pas significatifs

Change in Precipitation (inches)

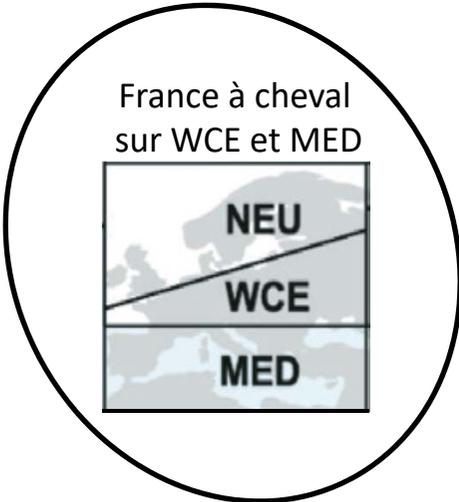
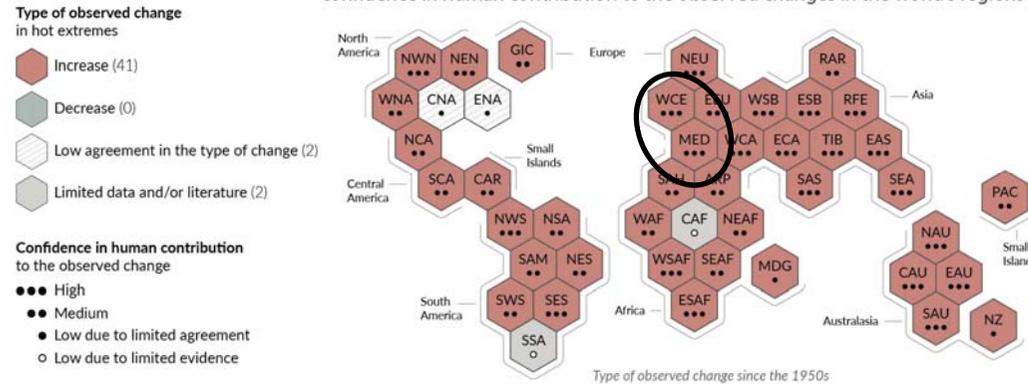


Changements de précipitation moyenne annuelle entre 1986-2015 et 1901-1960 à partir des observations de stations long-terme (donc sur continents)

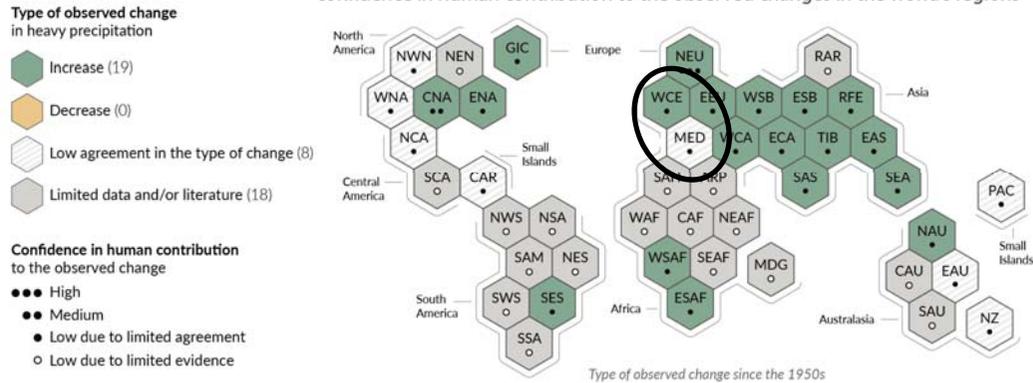
Principales manifestations du changement climatique depuis 150 ans

Augmentation des évènements extrêmes

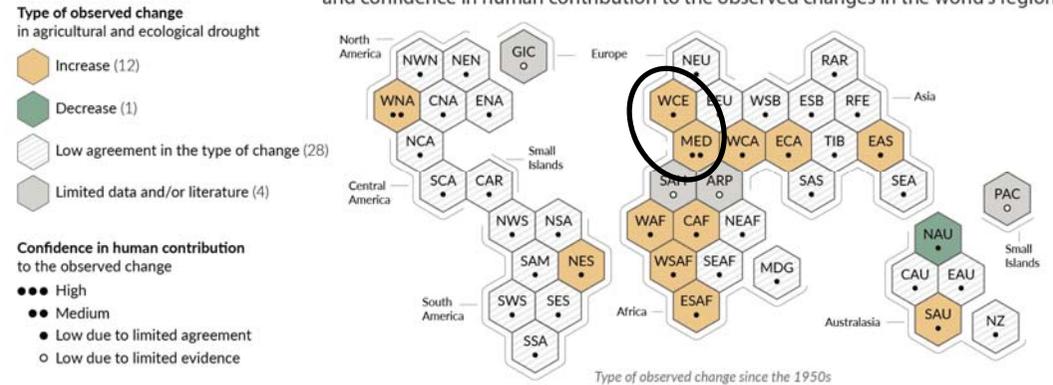
(a) Synthesis of assessment of observed change in **hot extremes** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



(b) Synthesis of assessment of observed change in **heavy precipitation** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



(c) Synthesis of assessment of observed change in **agricultural and ecological drought** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

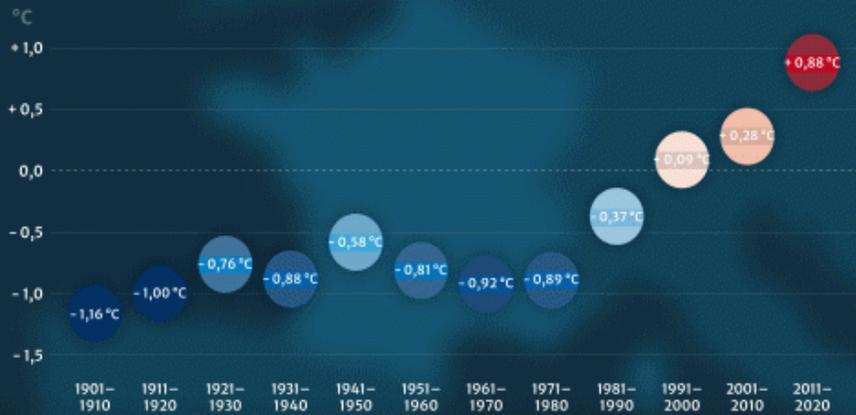


AR6, WG1, SPM

On retrouve les mêmes tendances en France

TEMPÉRATURES DÉCENNALES EN FRANCE

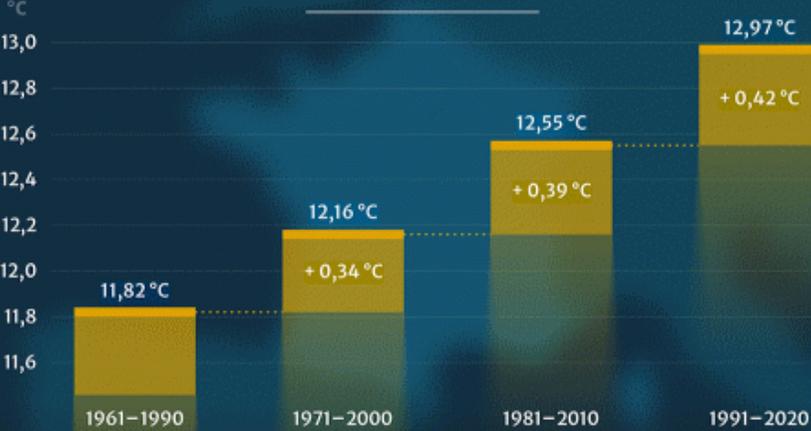
écart à la normale 1981–2010



METEO FRANCE

ÉVOLUTION DES NORMALES EN FRANCE

température annuelle moyenne



METEO FRANCE

Réchauffement > 2°C depuis le début du 20^{ème} siècle (températures moyennes annuelles)

On retrouve les mêmes tendances en France

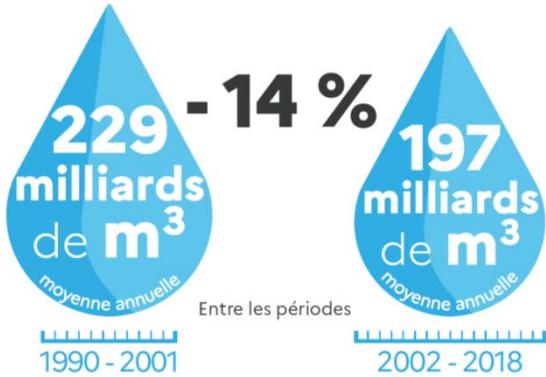
Ressources en eau moyennes en France (1990-2018)

Précipitations = 930 mm/an

Evaporation = 550 mm/an (60 % de P)

Ressources renouvelables = 380 mm/an (40% de P)

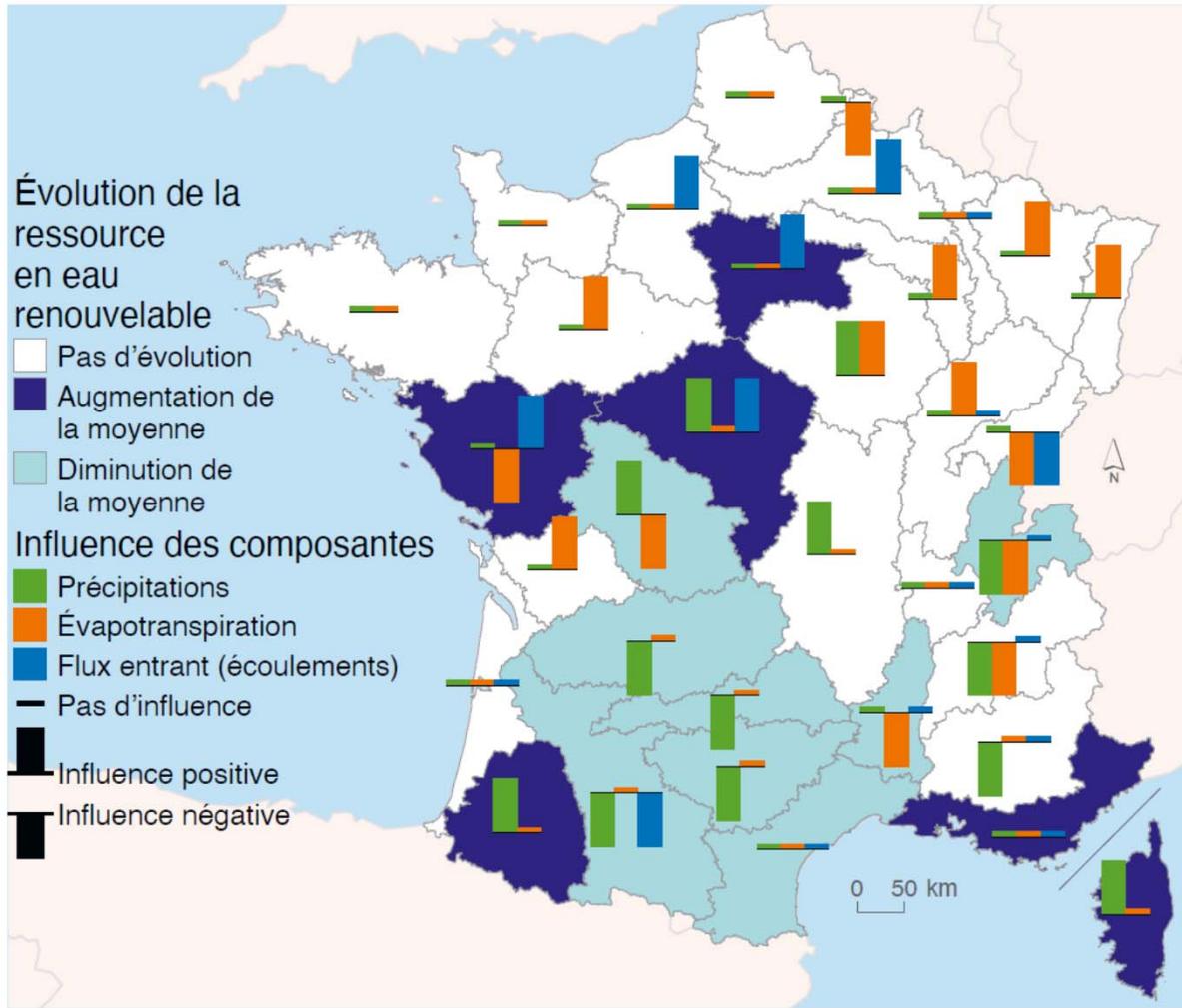
La **ressource en eau renouvelable a diminué.**



Évolutions de la ressource en eau renouvelable en France métropolitaine de 1990 à 2018

JUIN 2022

Carte 4 : évolution de la ressource en eau renouvelable annuelle et influence de chaque composante, par sous-bassin DCE* administratif, de 1990 à 2018



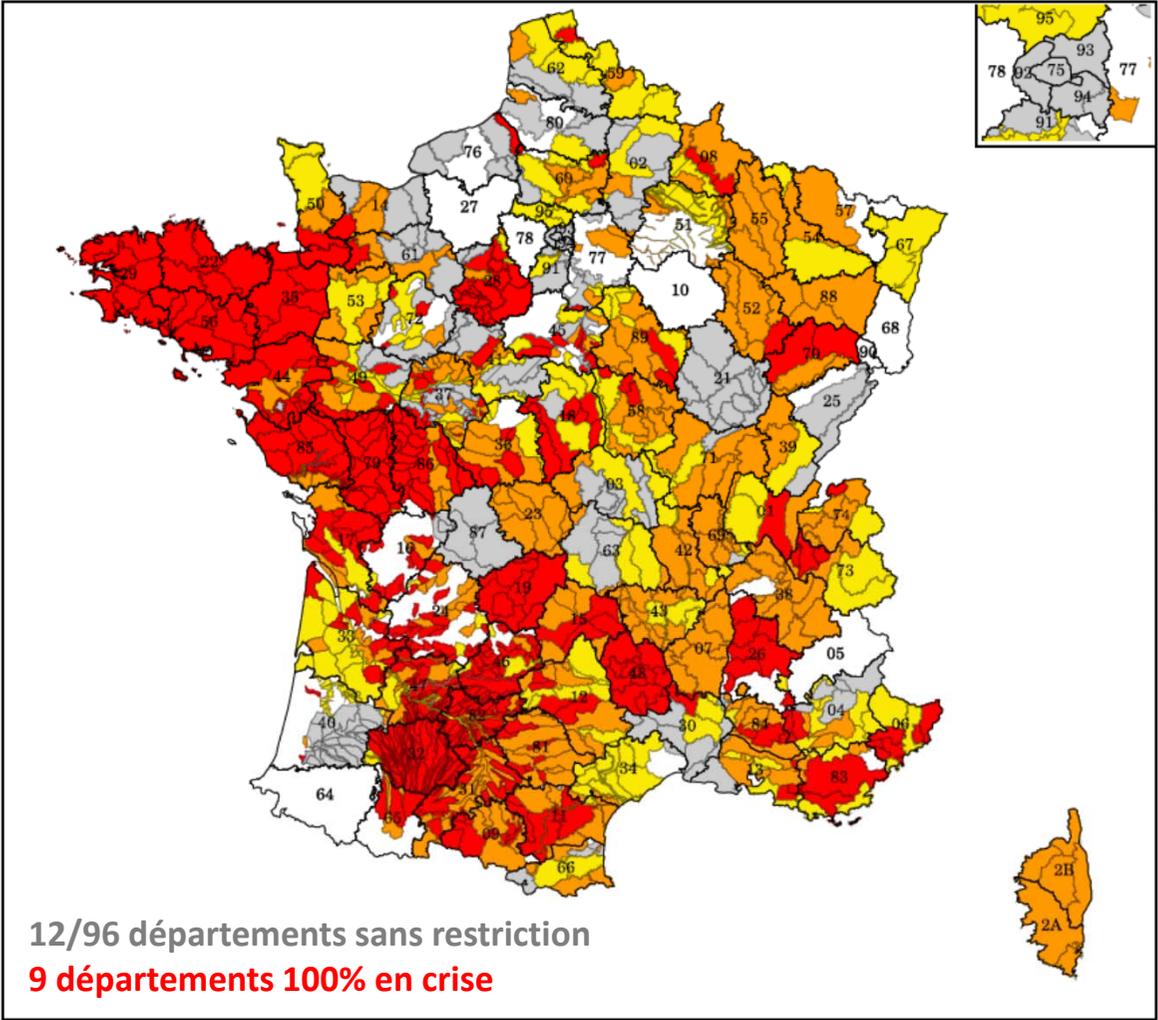
On retrouve les mêmes tendances en France

Carte des arrêtés de restriction au 09/10/22

Restrictions d'eau



Plus de **30 %** est touché du territoire **chaque année** par des restrictions d'usages de l'eau entre **2017 et 2020**.



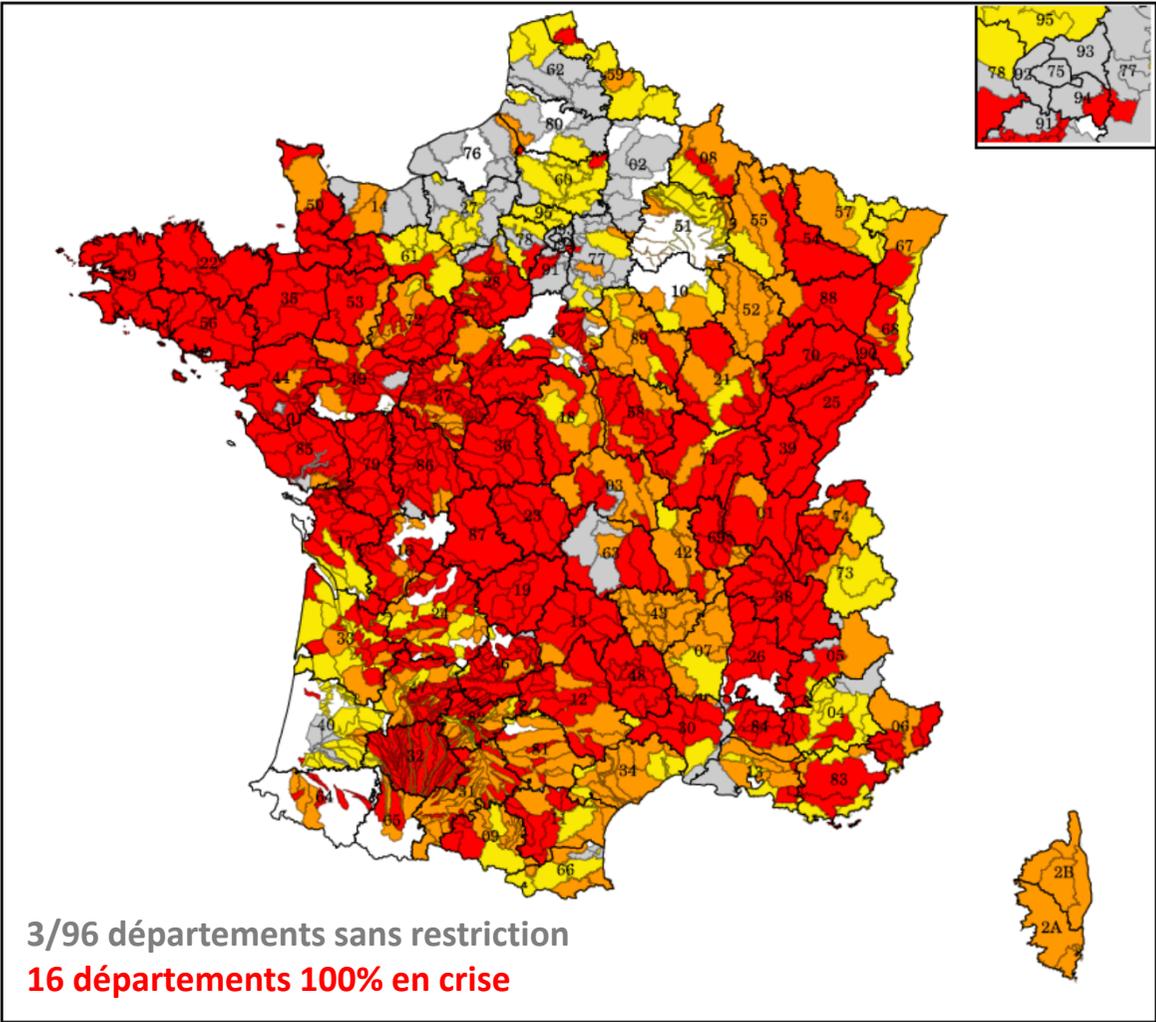
On retrouve les mêmes tendances en France

Carte des arrêtés de restriction du 25/08 au 15/09 2022

Restrictions d'eau



Plus de **30 %** est touché du territoire **chaque année** par des **restrictions d'usages de l'eau** entre **2017** et **2020**.



On retrouve les mêmes tendances en France



Xynthia, La Faute sur mer, 2010



Vignes dans l'Hérault, juin 2019

Edition France



1,20 € Mercredi 20 juillet 2022

Service clients : westcompte.ouest-france.fr
Tél. 02 99 32 66 66
Fondateur du Comité éditorial : François Pélissier-Hulin
N°23929www.ouest-france.fr

Justice et Liberté

Finistère : les flammes ravagent les monts d'Arrée

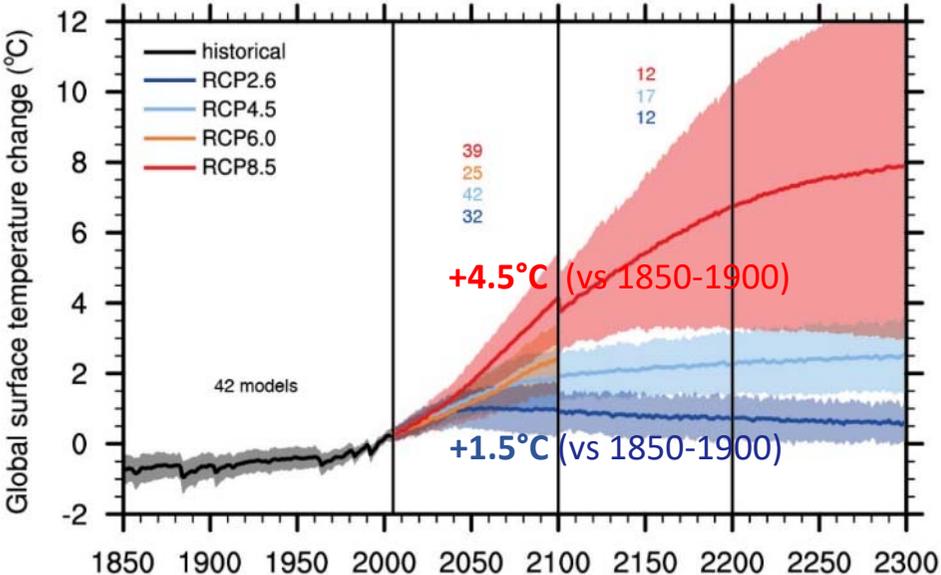
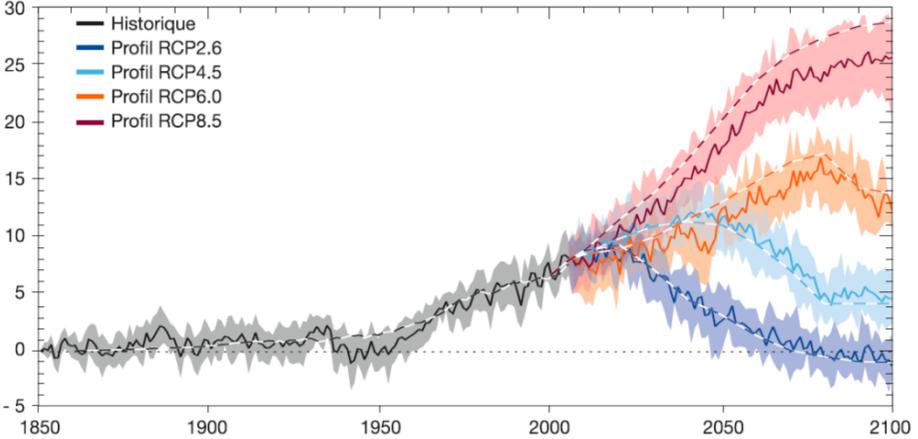
2022



Là où s'étalait un magnifique parterre de verdure il y a quarante-huit heures, il ne reste presque plus rien. Plus de 1 700 ha de végétation ont brûlé. L'incendie s'est déclaré, lundi, au mont Saint-Michel de Brasparts (Finistère). Les pompiers, nombreux, étaient toujours à pied d'œuvre hier. Page 3

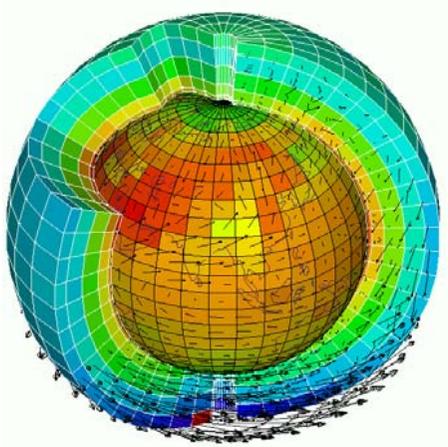
Que nous réserve le futur ?

Scénarios d'émissions futures (en GtC/an)

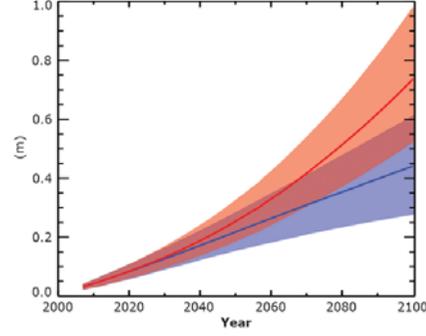


Avec aussi des scénarios d'aérosols et occupation des terres

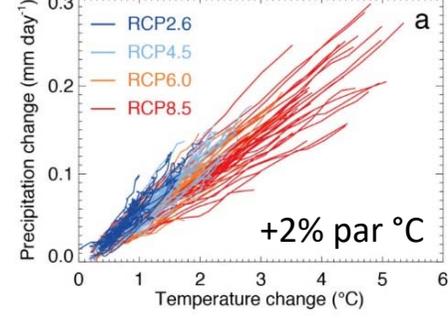
Modèles climatique



Niveau de la mer



Précipitations



Basé sur AR5 WG1

Que nous réserve le futur ?

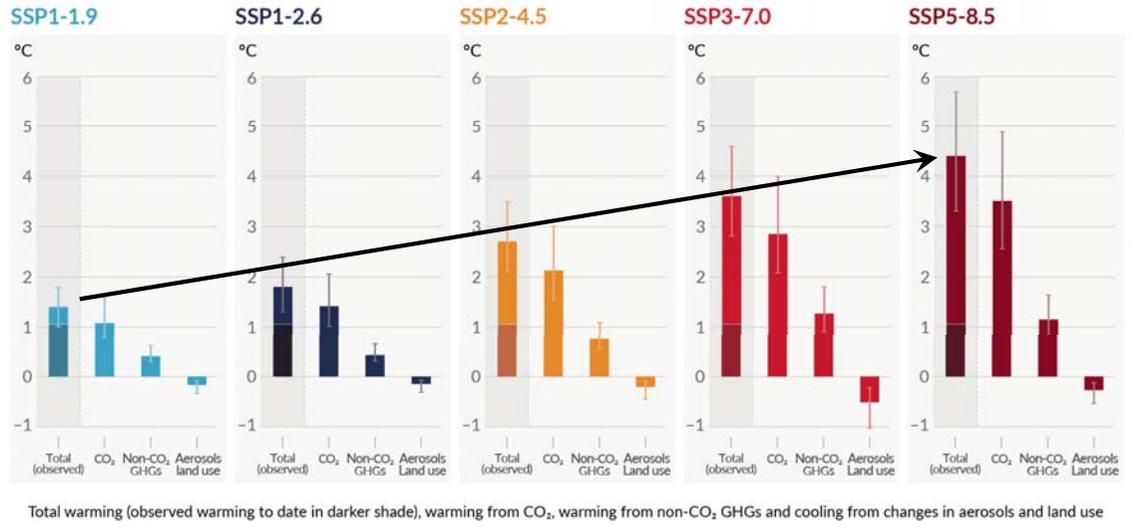
Les nouveautés du dernier rapport du GIEC (AR6)

Nouveaux scénarios SSP (Shared Socioeconomic Pathways)

Analyses par degrés de réchauffement moyen

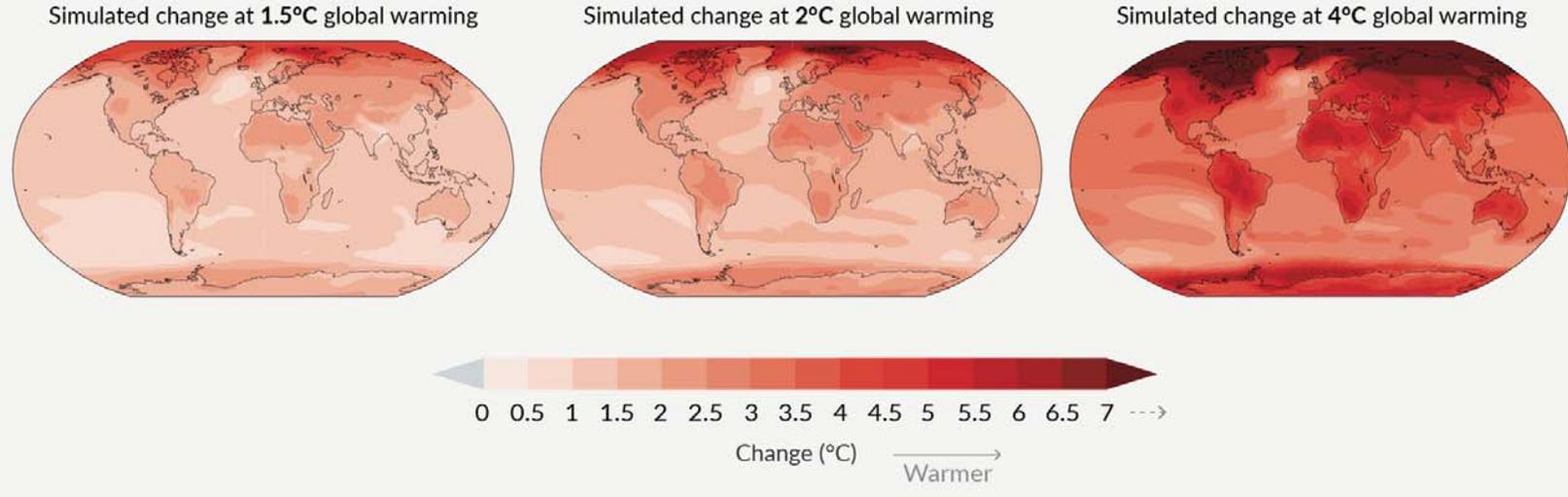
(b) Contribution to global surface temperature increase from different emissions, with a dominant role of CO₂ emissions

Change in global surface temperature in 2081–2100 relative to 1850–1900 (°C)



(b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850–1900

Across warming levels, land areas warm more than ocean areas, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.



Que nous réserve le futur ?

Accroissement des inégalités de précipitation

Attention, fortes incertitudes sur l'évolution des précipitations :

- dispersion importante entre modèles climatiques
- ces modèles ne capturent pas parfaitement les précipitations actuelles

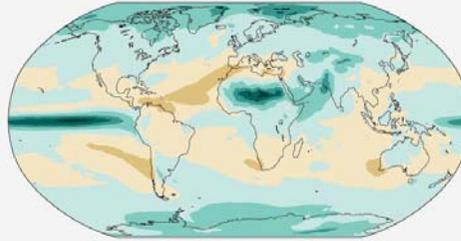
La quantification reste difficile !

Mais nombreuses régions continentales marquées par l'aridification

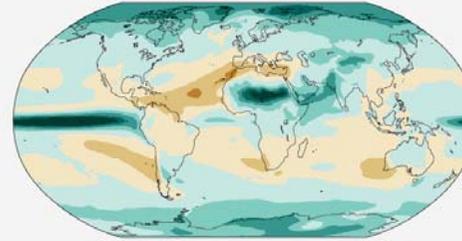
(c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

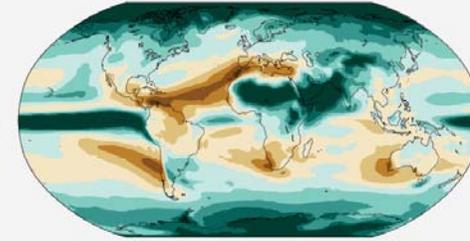
Simulated change at 1.5°C global warming



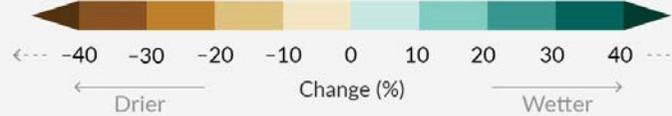
Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



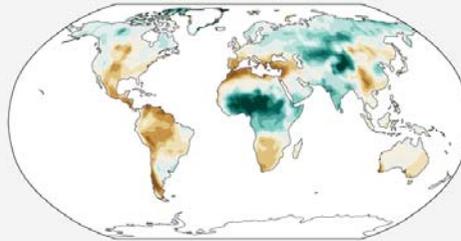
Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



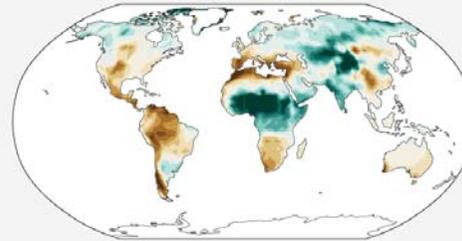
(d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.

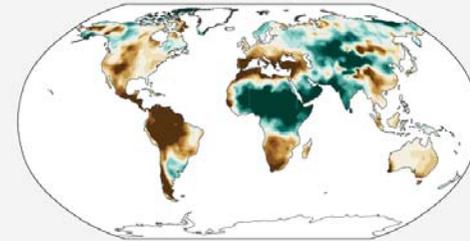
Simulated change at 1.5°C global warming



Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



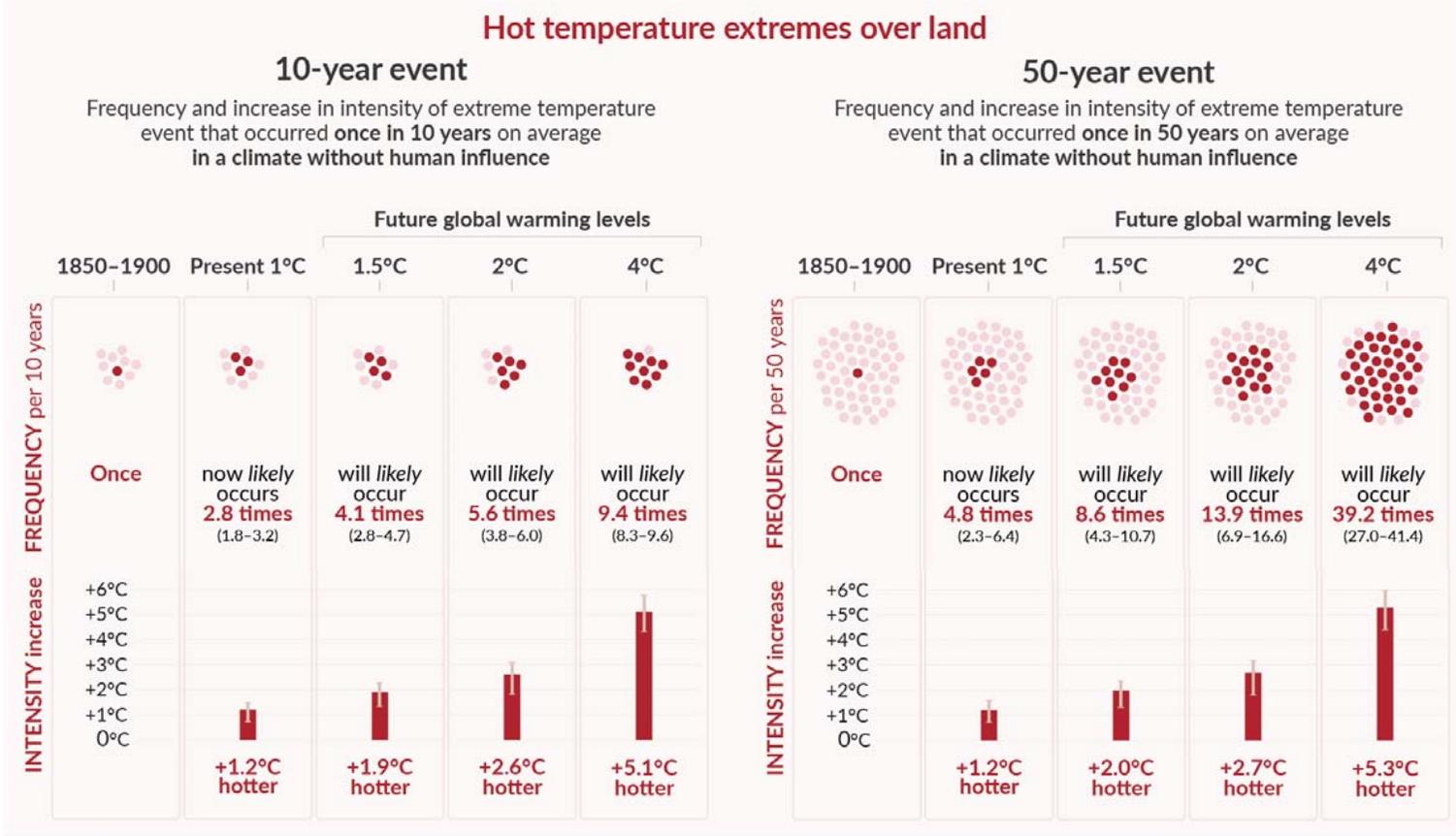
Relatively small absolute changes may appear large when expressed in units of standard deviation in dry regions with little interannual variability in baseline conditions



Que nous réserve le futur ?

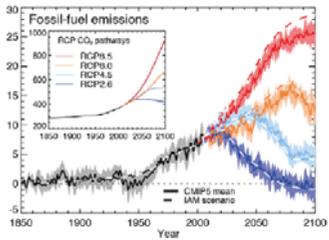
Intensification des évènements extrêmes

Et ce d'autant plus que le réchauffement moyen est prononcé



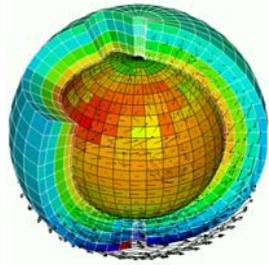
Et en France ?

Scénarios d'émissions

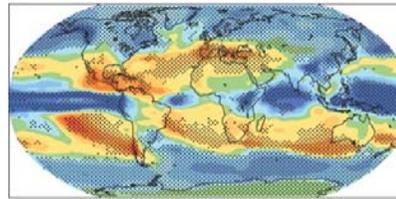


+ scénarios d'OS

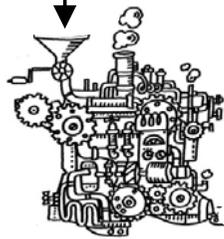
Modèles climatique globaux



Projections climatiques de grande échelle

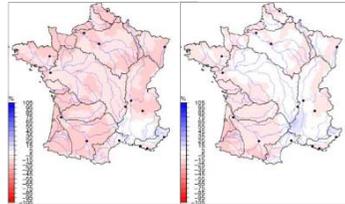


CMIP6 & GIEC
avec atlas interactif



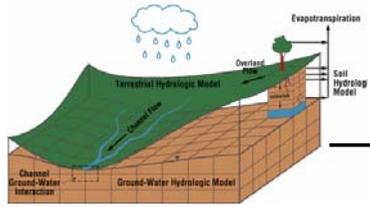
Descente d'échelle
+ correction de biais

Projections climatiques régionalisées

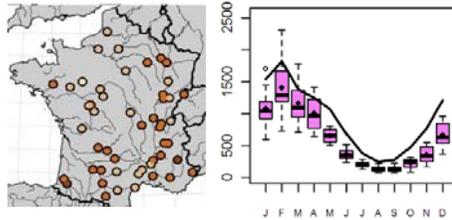


Exemple :
site DRIAS

Projections hydrologiques ou... régionalisées



Modèles d'impact



Besoin d'indicateurs spécialisés pour les impacts

Mais attention

- aux incertitudes (partout)
- aux indicateurs à seuil (surtout si projections biaisées)

Et en France ?

<http://www.drias-climat.fr/decouverte>



DRIAS les futurs du climat

Fr En

ACCUEIL ACCOMPAGNEMENT **DÉCOUVERTE** DONNÉES ET PRODUITS

Espace Découverte

Vous pouvez depuis cet espace explorer de façon interactive l'information mise à disposition dans Drias^{les futurs du climat}, en visualisant, sous forme de cartes, les différentes évolutions climatiques simulées pour le siècle en cours sur la France. Plusieurs axes d'exploration sont proposés en combinant les modèles climatiques, les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et indicateurs climatiques.

Dans les étapes suivantes, toutes les rubriques ont été initialisées par défaut et vous pouvez vous contenter de 'valider' les pré-sélections pour afficher des premiers produits.

Thème de la modélisation

Atmosphère

- Atmosphère ---
- Atmosphère
- Impact ---
- Agriculture
- Tourisme hivernal en montagne – Enneigement
- Risques naturels – Feux de forêt
- Ressource en eau - Sécheresse
- Ancien jeu ---
- Atmosphère (2014)

Domaine géographique

Métropole

et massifs, outre-mer

Famille de paramètres

Température

et P, vent, humidité

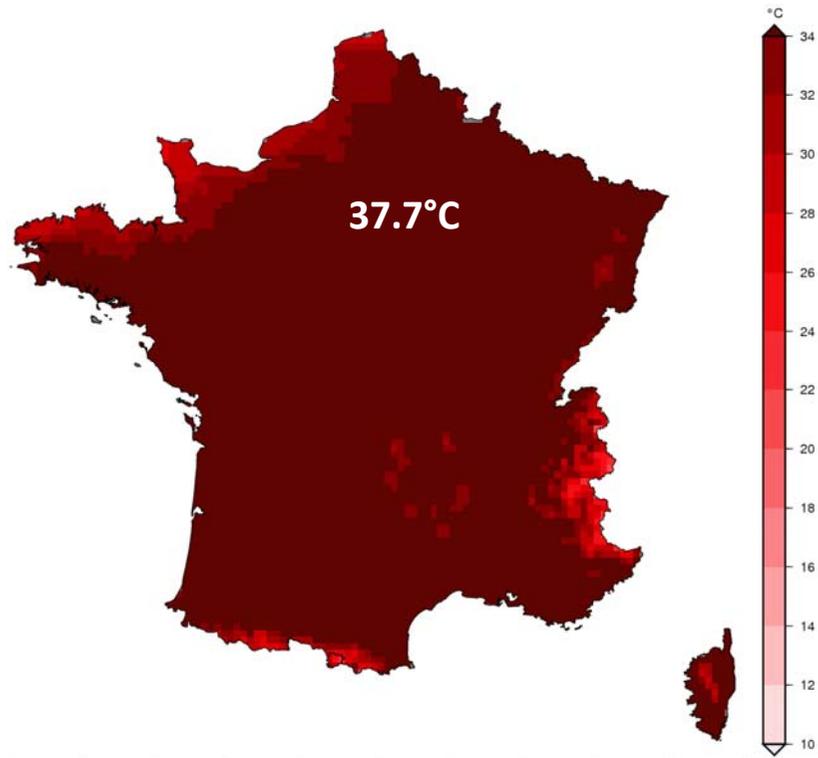
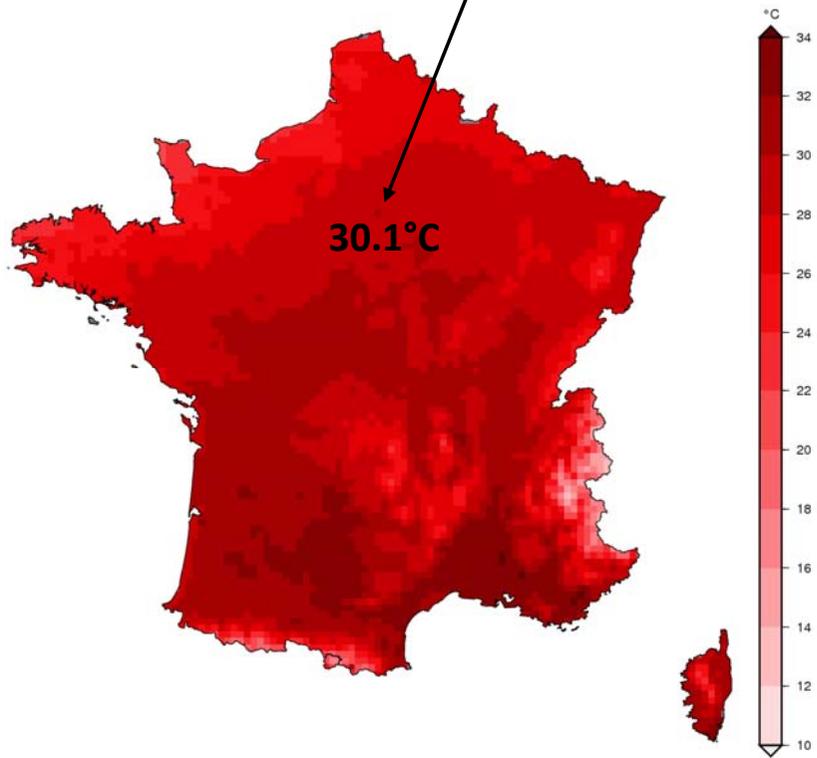
Valider

A partir de 30 projections climatiques régionalisées RCP4.5 et RCP8.5

Et en France ?

Canicules sous scénario pessimiste (RCP8.5)

REF 1976-2005
A Paris, 5% des Tmax
simulées en Aout sont
> 30.1°C

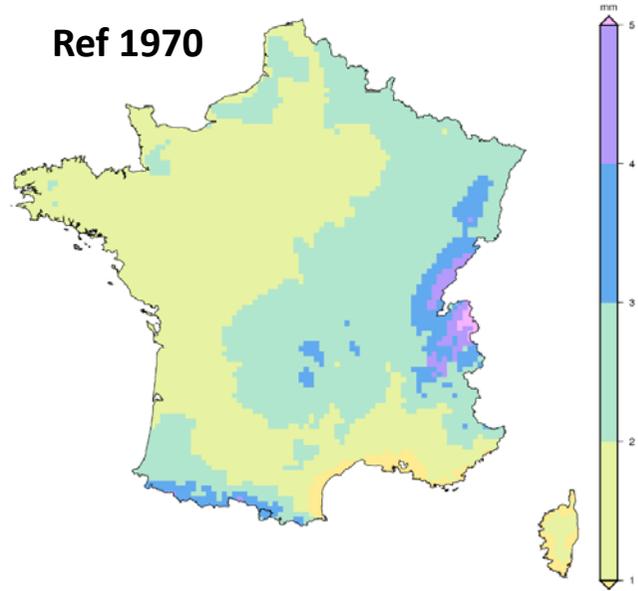


Période 2070-2100,
si on ne réduit pas les
émissions en GES (RCP8.5)
A Paris, 5% des Tmax
simulées en Aout sont
> 37.7°C

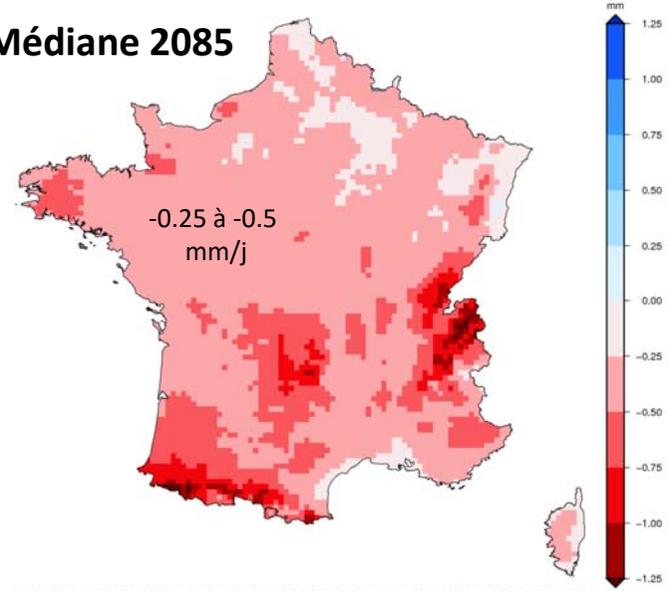
Et en France ?

**Précipitations estivales
RCP8.5**

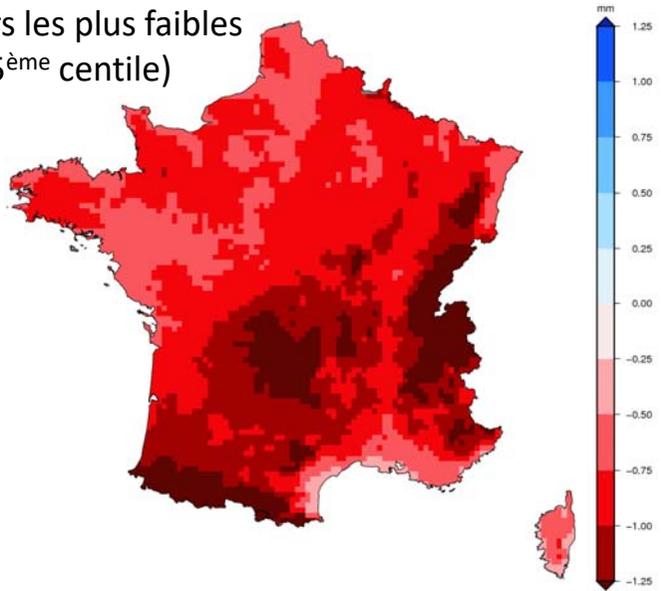
Ref 1970



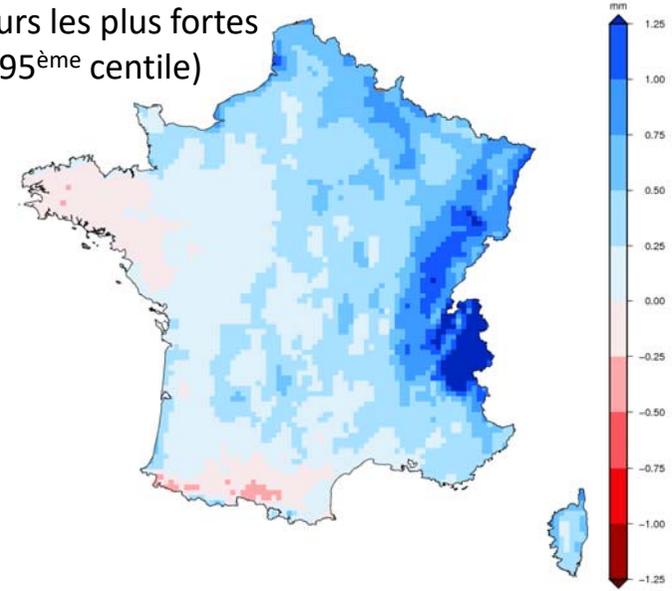
Médiane 2085



2085
Valeurs les plus faibles
(5^{ème} centile)

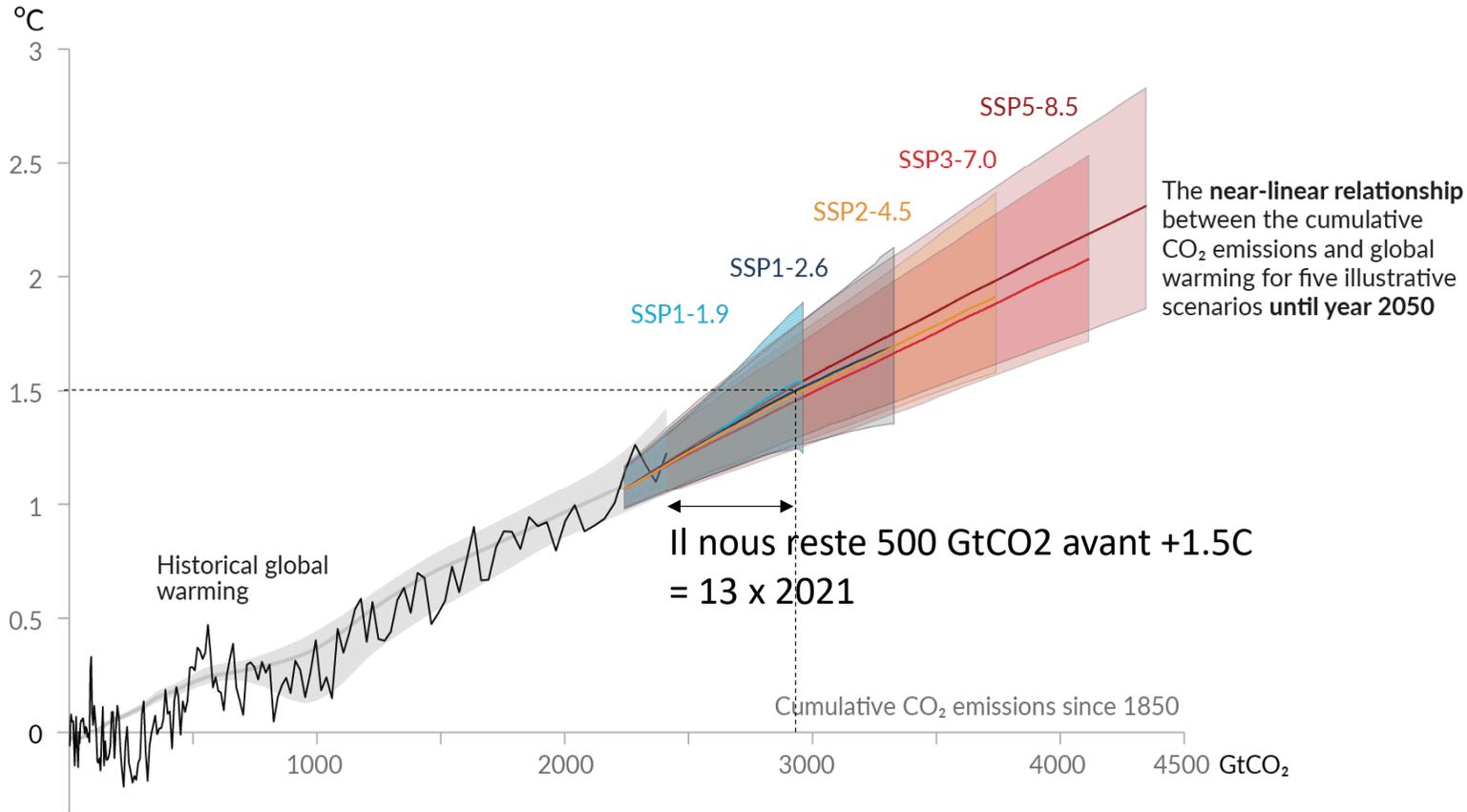


2085
Valeurs les plus fortes
(95^{ème} centile)



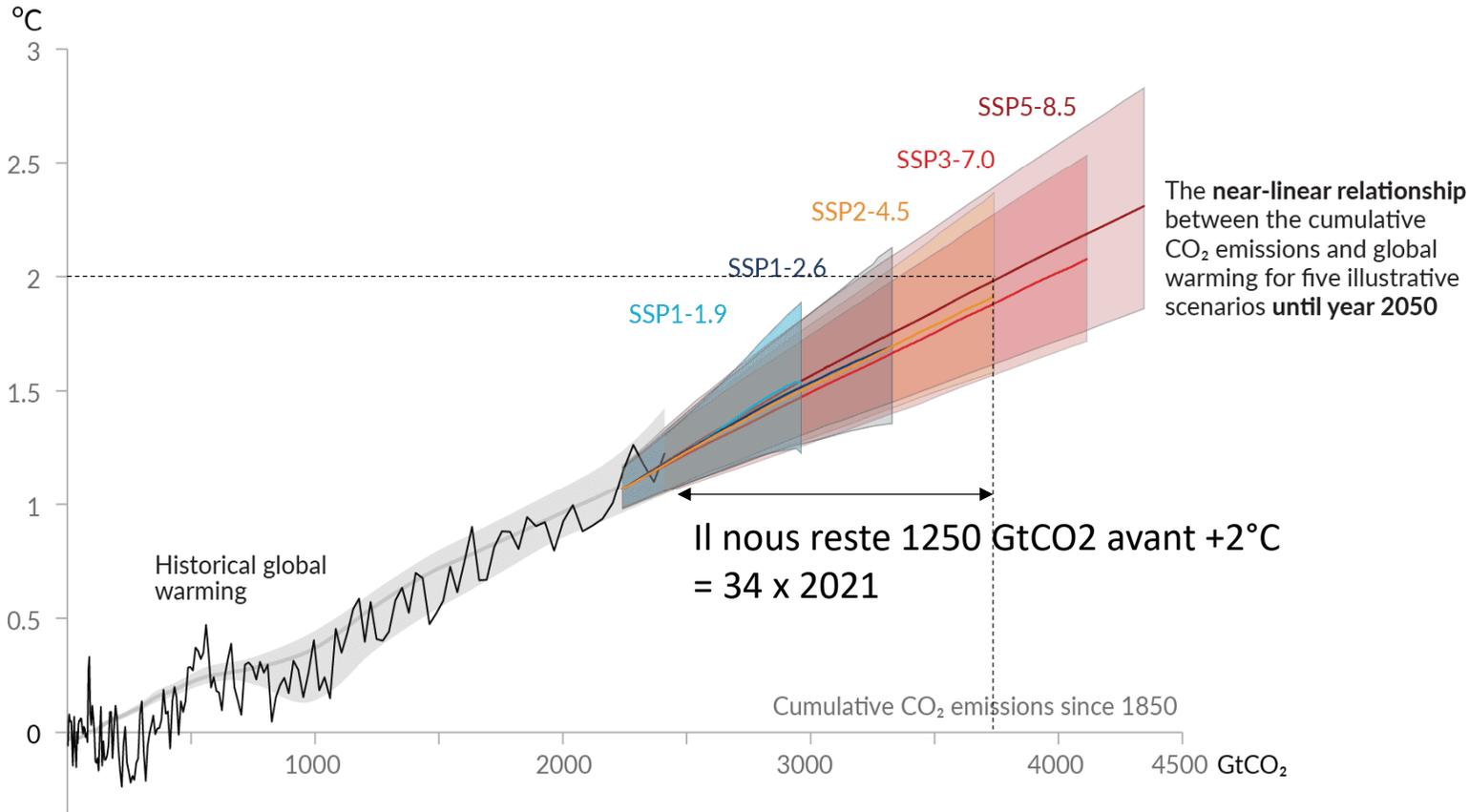
Every tonne of CO₂ emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



Every tonne of CO₂ emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



Éléments de conclusion

- Il est crucial de réduire nos émissions = **atténuer**
- Il faut aussi **s'adapter** au réchauffement qui est certain pour les prochaines décennies
- Il faut enfin préparer l'adaptation à des modifications moins certaines (cycle de l'eau, écosystèmes, biodiversité, etc.)
- **Et le changement climatique n'est pas le seul de nos problèmes !**

Beaucoup de place pour les biotechnologies végétales

