



Louv'Sciences, Café des Sciences
06/04/2023, Louveciennes

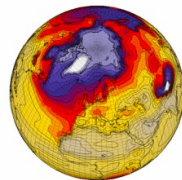
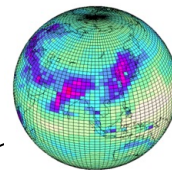
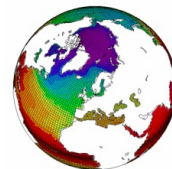
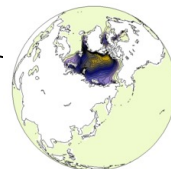


Modéliser le climat pour comprendre et prévoir

Sylvie Joussaume

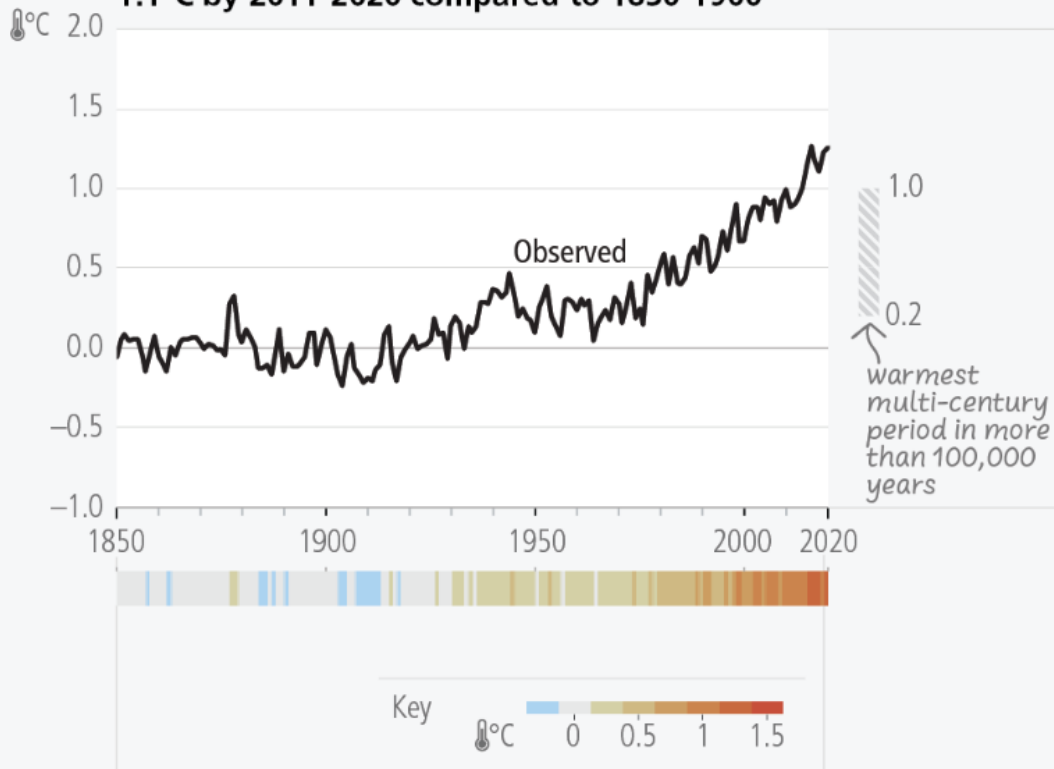
Directrice de recherche CNRS

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement,
Institut Pierre Simon Laplace



Le réchauffement du climat est sans équivoque

Global surface temperature has increased by 1.1°C by 2011-2020 compared to 1850-1900



GIEC 6^{ème} rapport (2021, 2023)

Global :

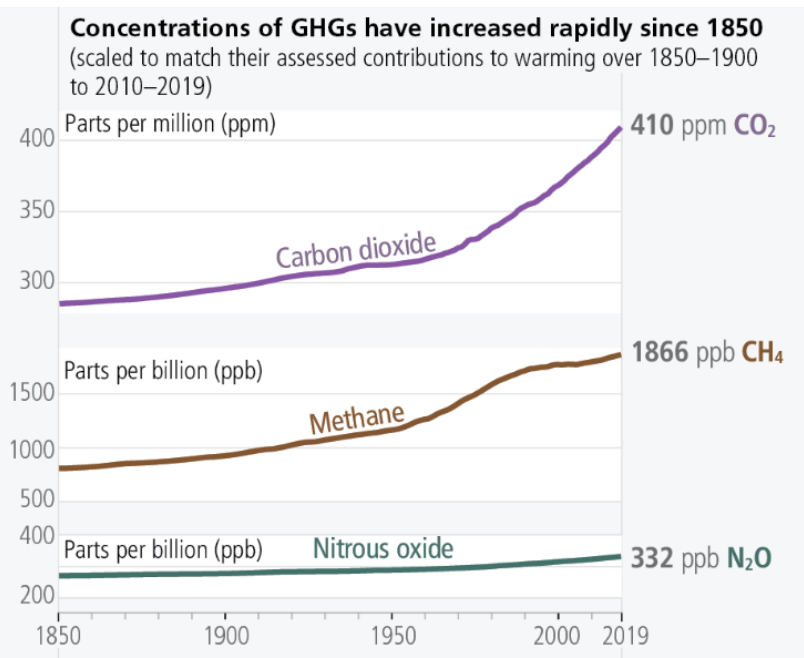
Décennie 2011-2020: +1.1 C

Plus chaude que 1850-1900

Chacune des 4 dernières décennies est plus chaude que toutes celles qui ont précédé depuis 1850

France: 2022 année la plus chaude jamais observée (météo France)

Augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère



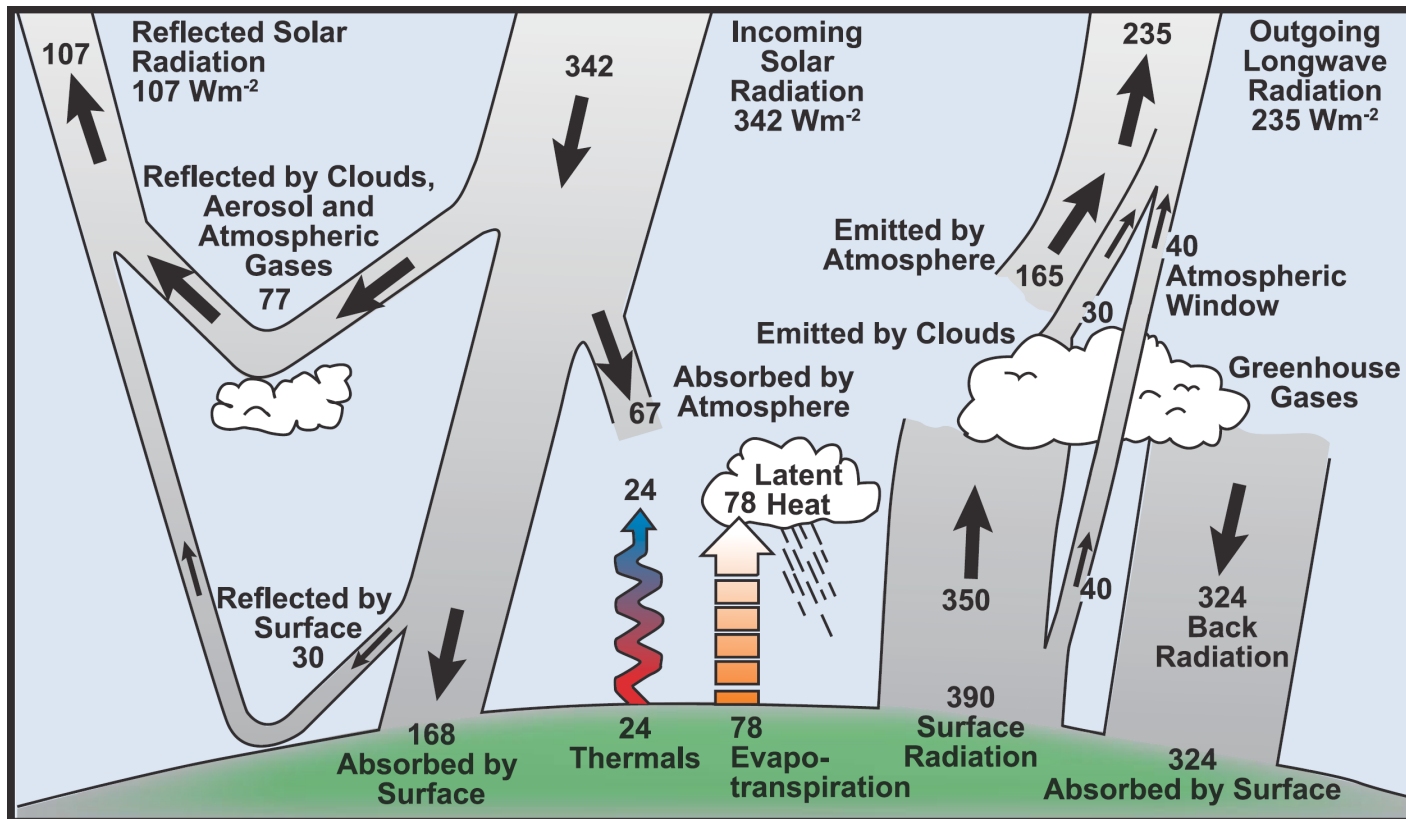
CO₂: 417.2 ppm en 2022

+51% par rapport à 1750

(277 ppm en 1750)

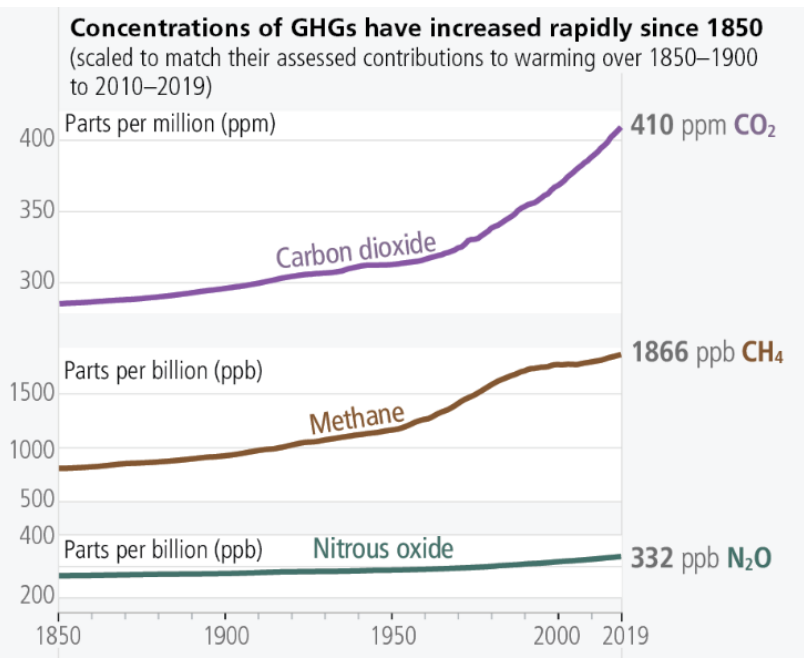
Sans précédent depuis 800 000 ans

Le bilan radiatif de la Terre : l'effet de serre

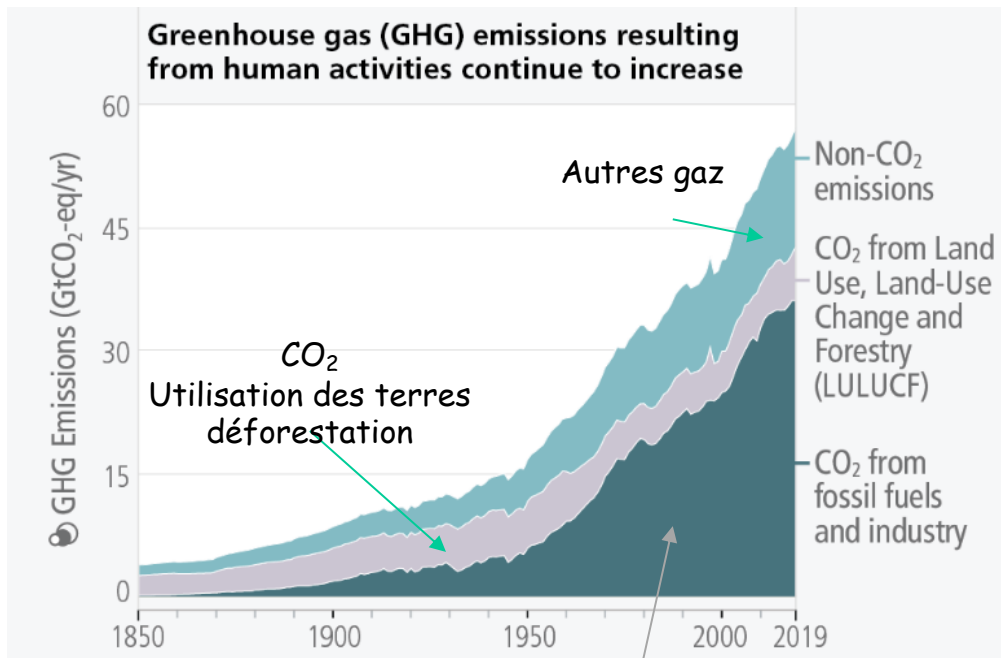


GIEC, 2007)

Augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère






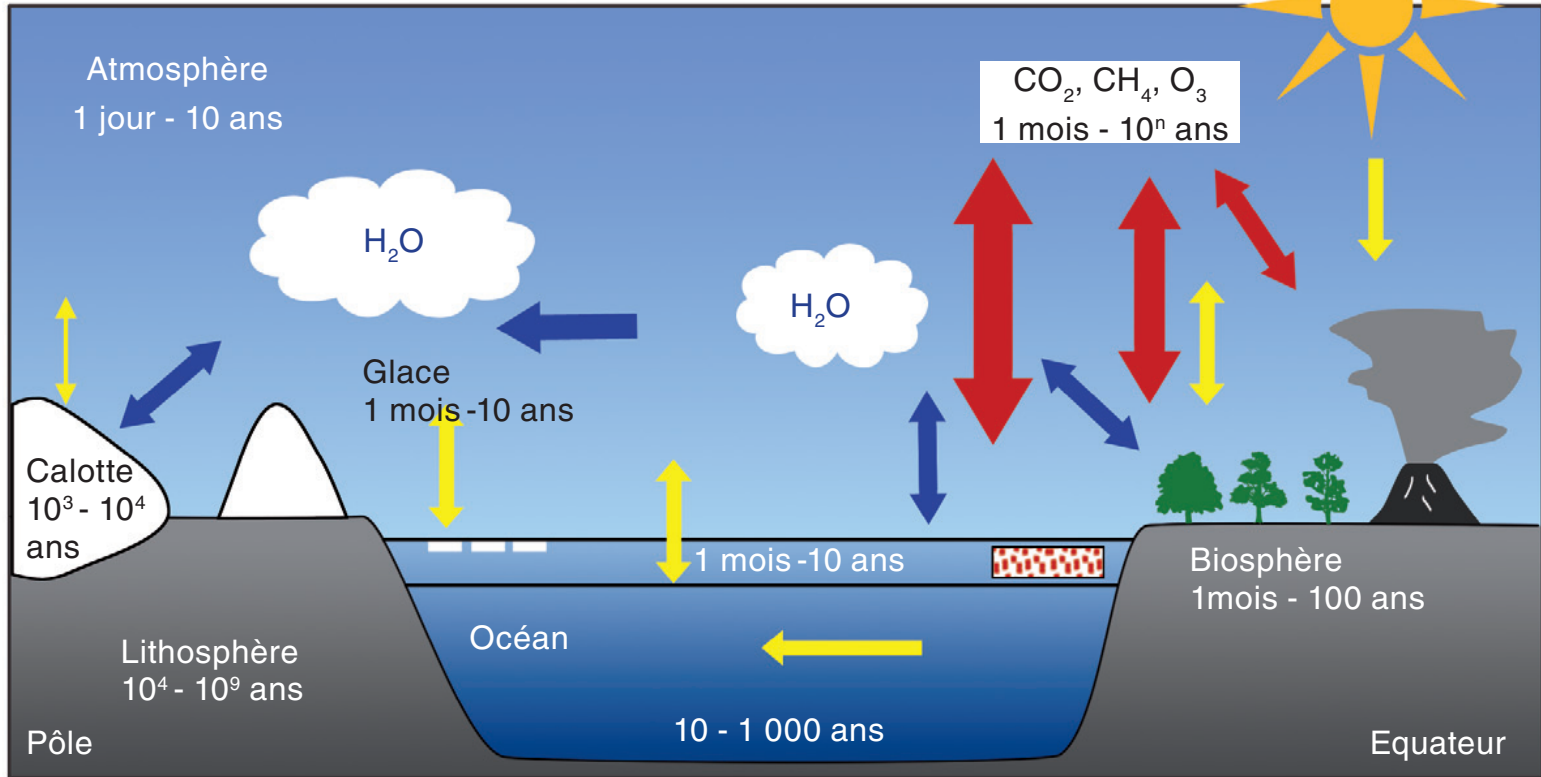
CO₂: 417.2 ppm en 2022
+51% par rapport à 1750
(277 ppm en 1750)
Sans précédent depuis 800 000 ans



CO₂
Combustion d'énergie fossile
Charbon, gaz, pétrole

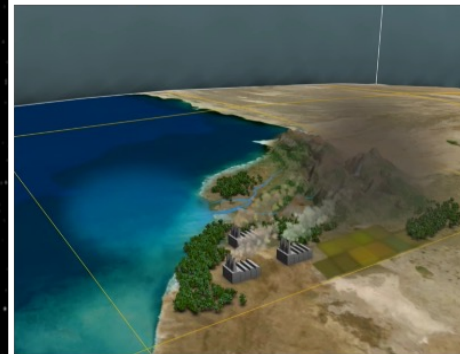
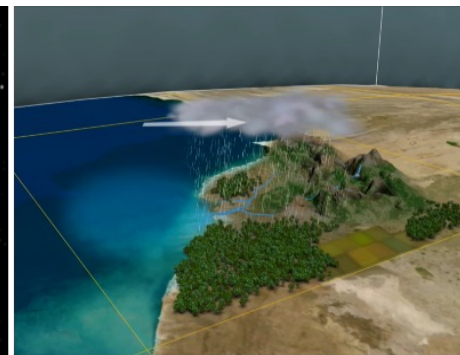
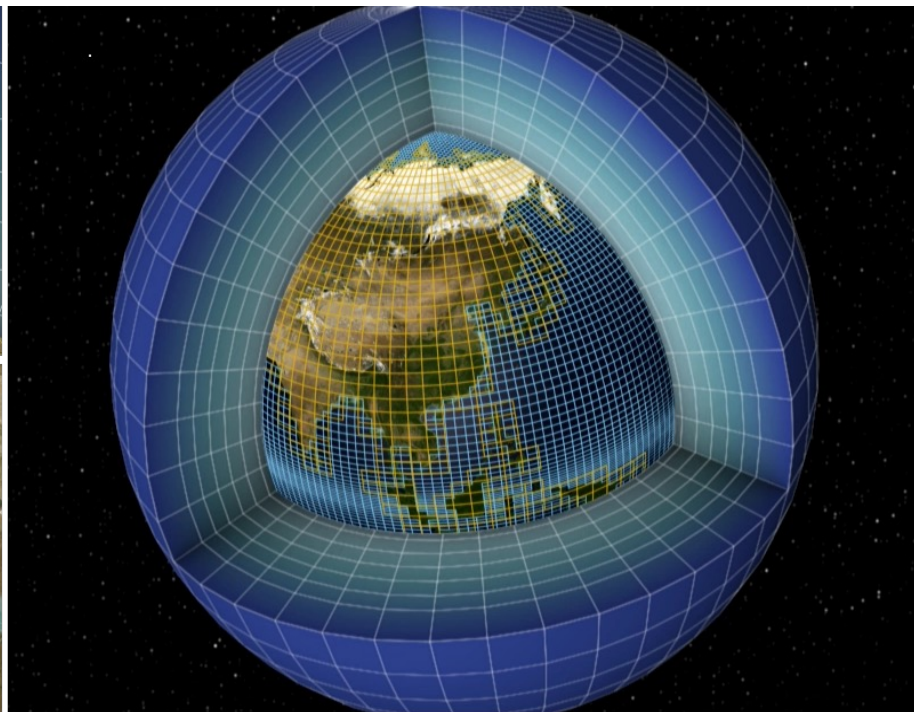
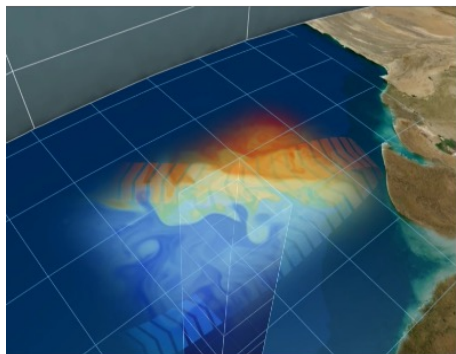
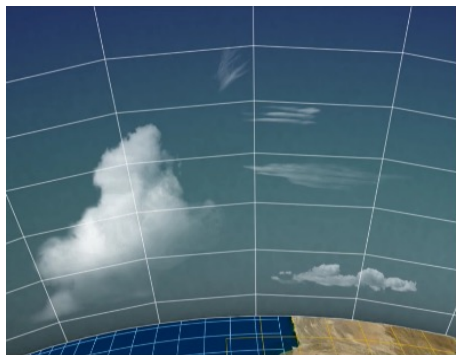
Le système climatique de la Terre

-  Echanges d'énergie
-  Echanges d'eau
-  Echanges de carbone



La modélisation du climat

Comprendre et prévoir les variations du climat



[Lien vers le film sur la modélisation du climat](#)



INSTITUT PIERRE SIMON LAPLACE

LABORATOIRE DES SCIENCES
DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT

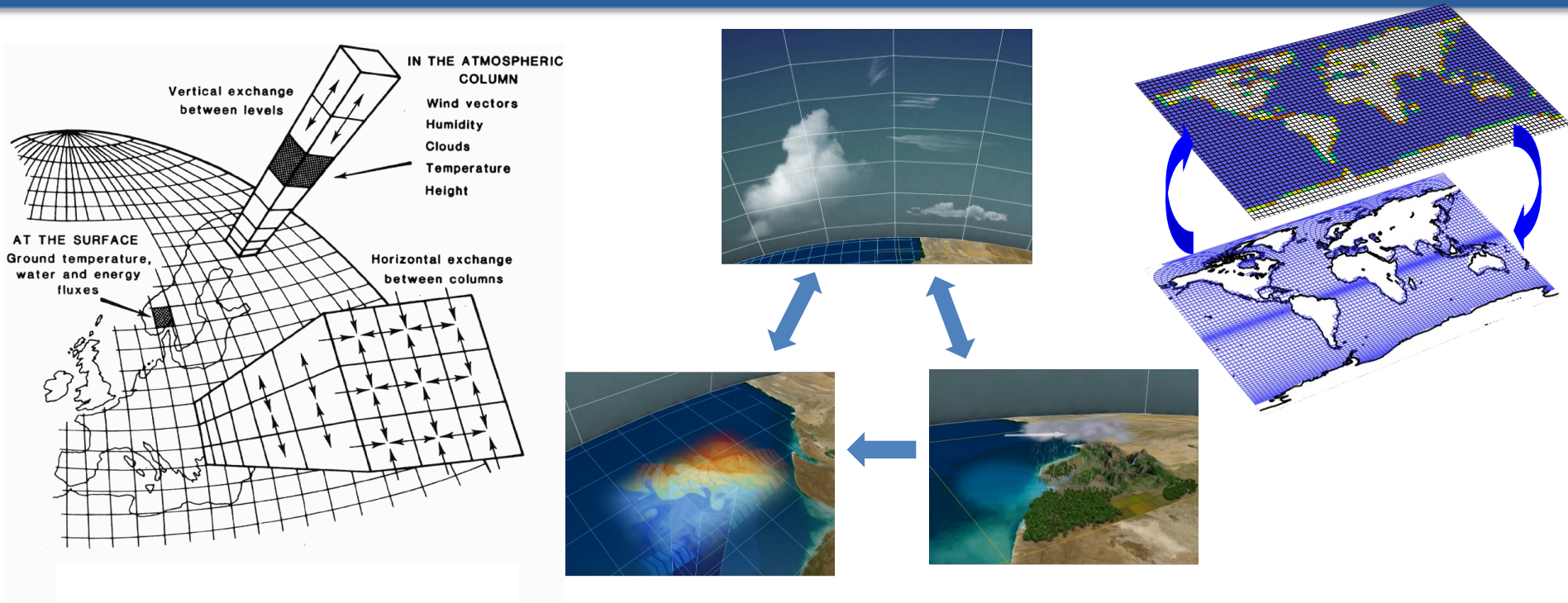
LABORATOIRE DE MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE ET DU CLIMAT:
EXPÉRIMENTATION ET APPROCHES NUMÉRIQUES



DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

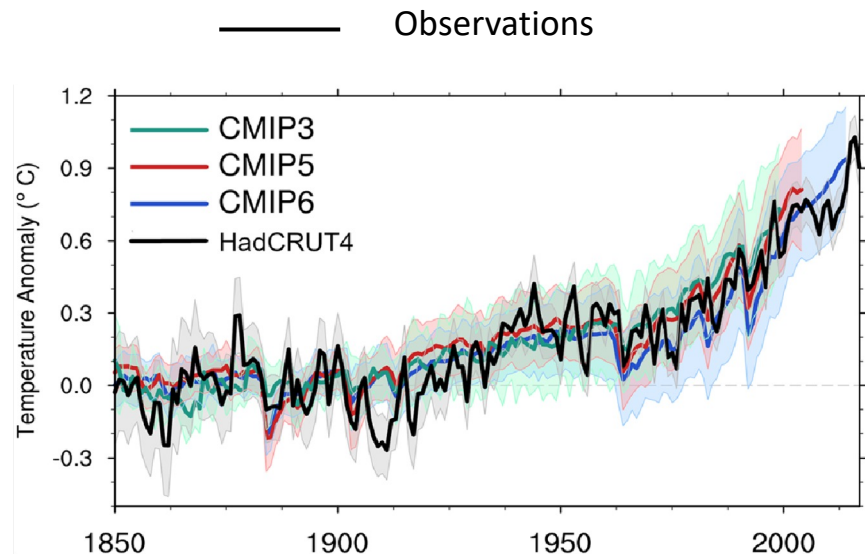
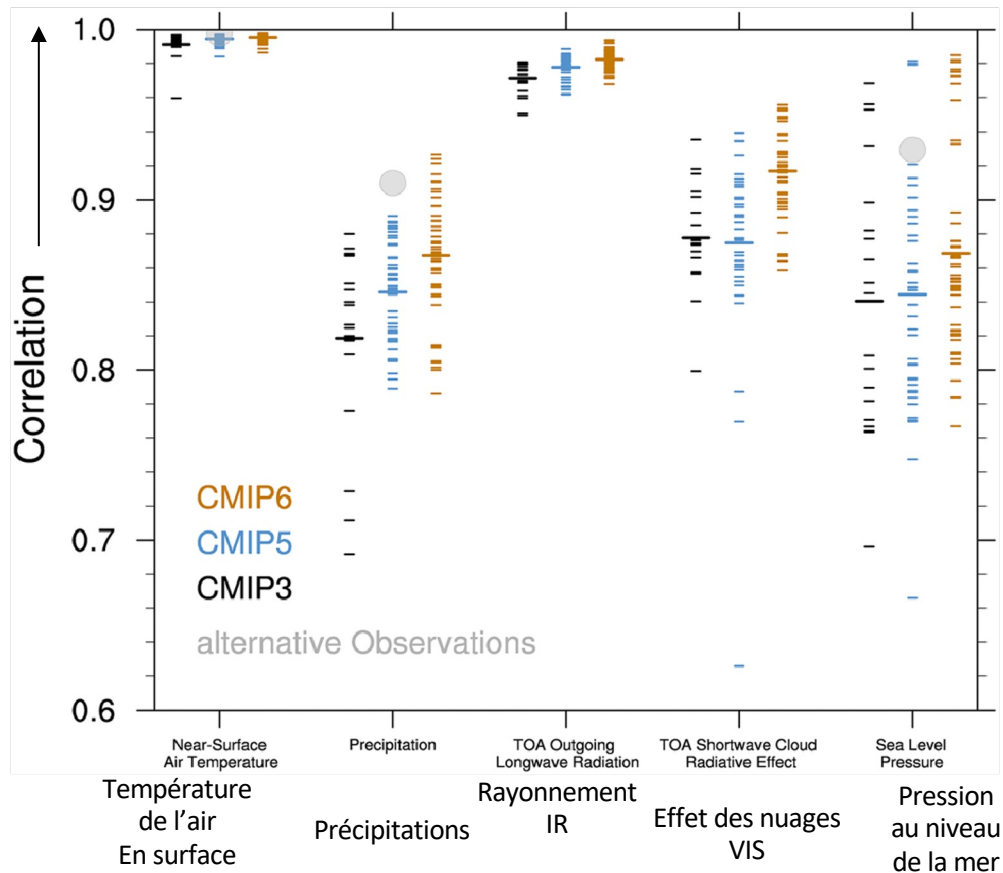
Modèles de climat



Lois de la physique (navier-stokes, lois de conservation)
& **Paramétrisations** (nuages, rayonnement, processus sous mailles, chimie, biologie)

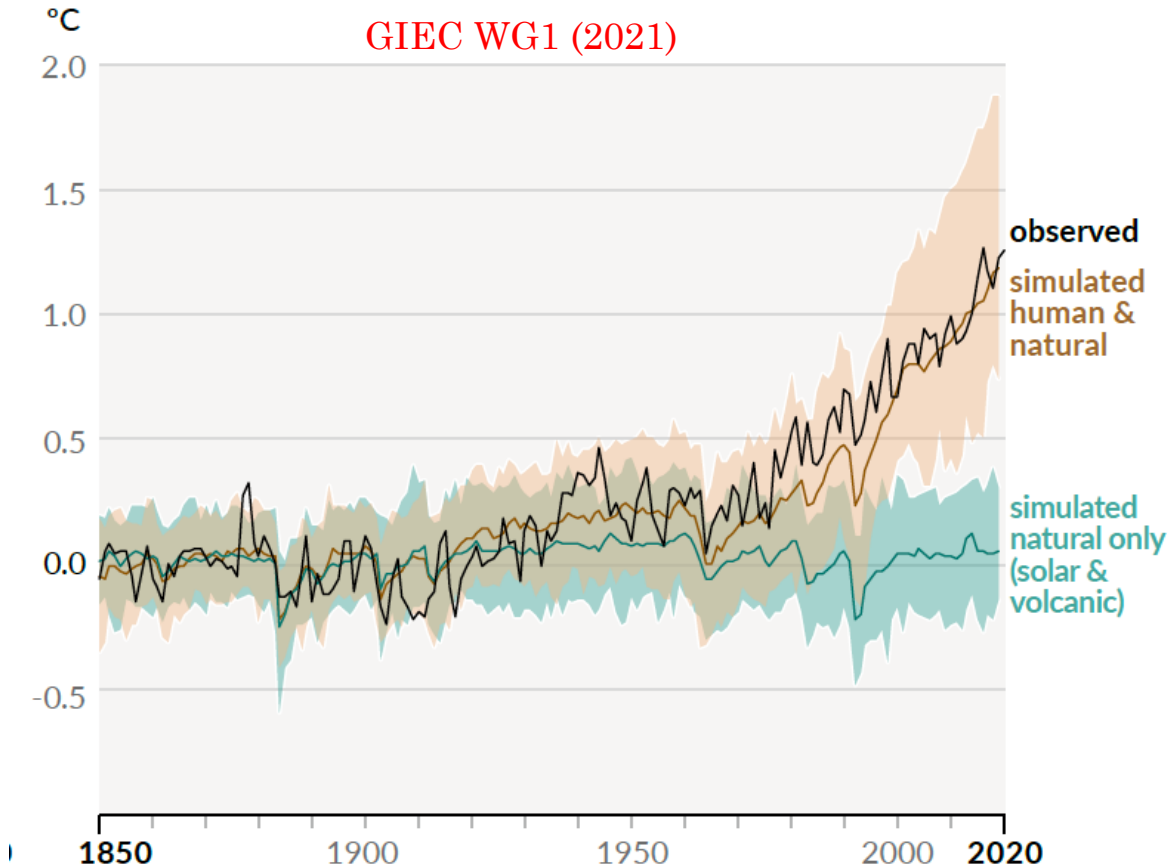
Evaluation des modèles de climat - Comparaison aux observations

Meilleur accord aux observations



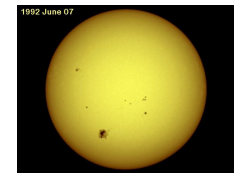
Bock et al., JGR (2020)

L'influence humaine est sans équivoque et a réchauffé l'atmosphère, les océans et les continents



**Facteurs naturels
&
Activités humaines**
Gaz à effet de serre
et aérosols

Facteurs naturels

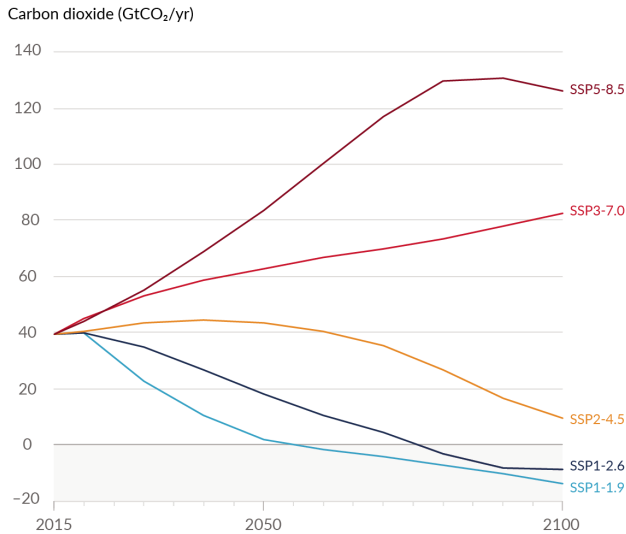


Eruption du mont Saint Helens en 1980.

Simulations de l'évolution future du climat sous différents scénarios

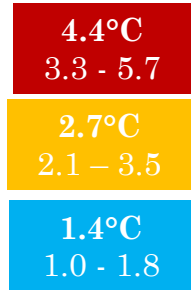
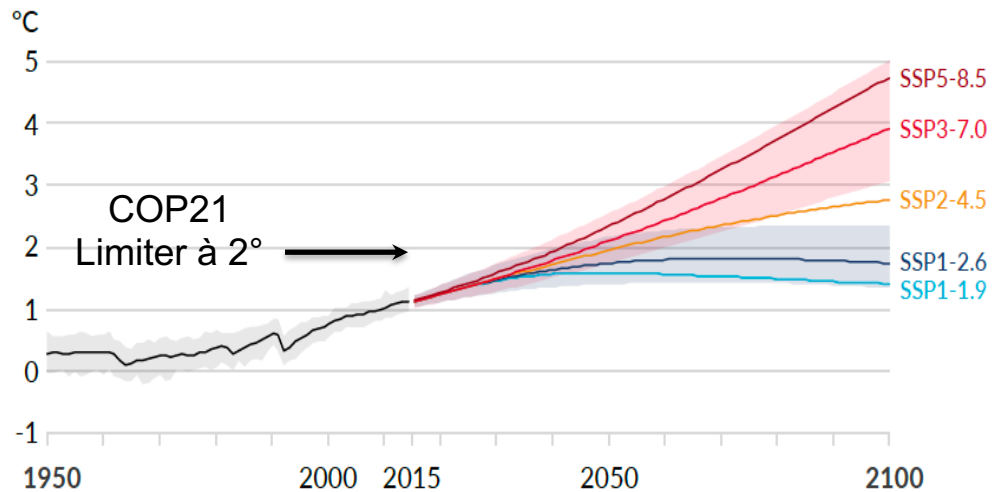
IPCC AR6 WG1 SPM (2021)

Scénarios d'émissions de CO₂

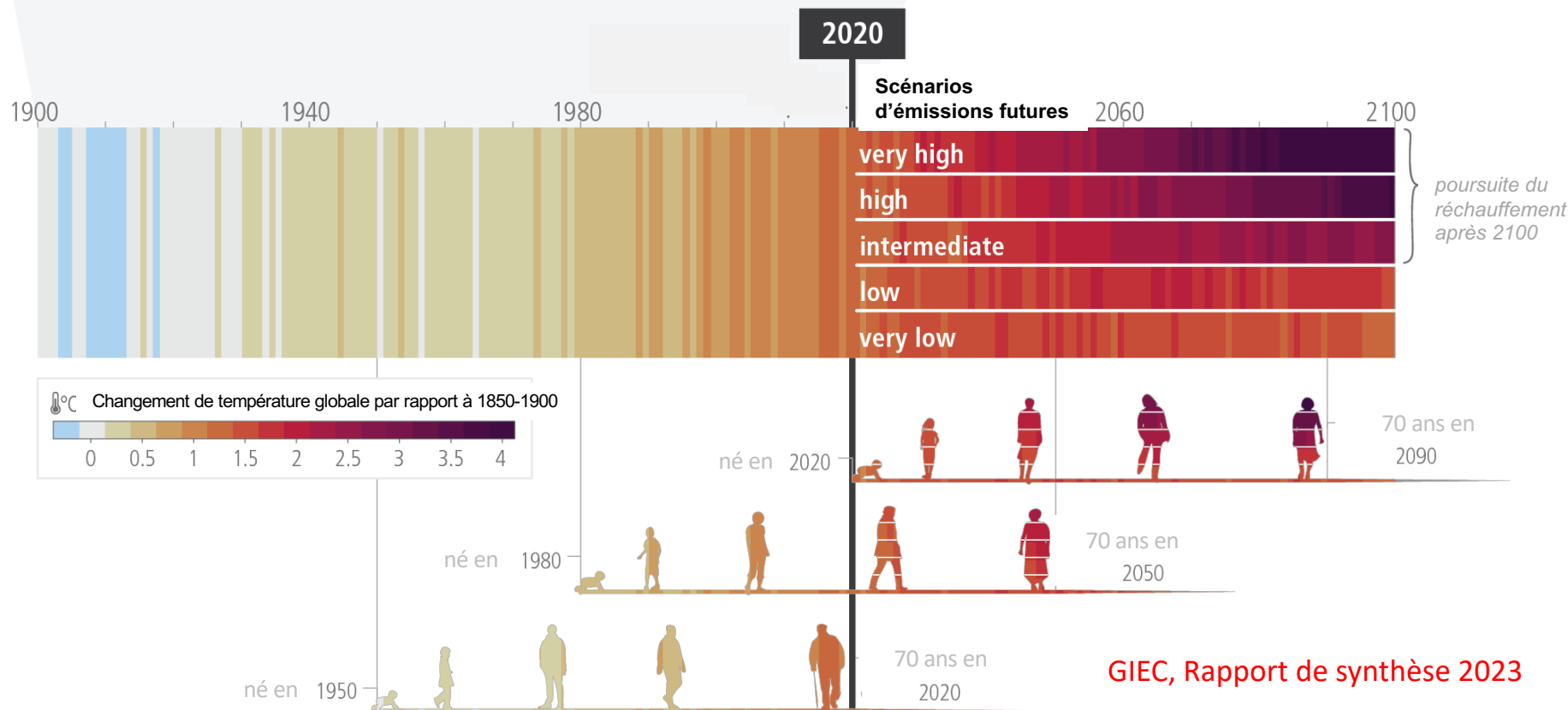


Evolution de la température globale

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900

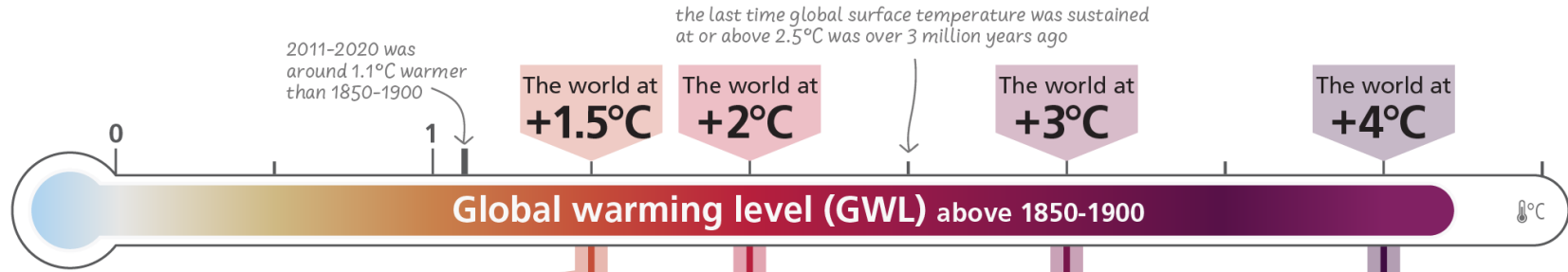


Le monde plus chaud, différent, que connaîtront les générations actuelles et futures dépend des choix effectués maintenant et à court terme

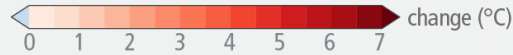


Pour chaque incrément de réchauffement supplémentaire, les changements régionaux de climat moyen et d'extrêmes deviennent plus généralisés et plus prononcés

Niveau de réchauffement planétaire par rapport à 1850-1900

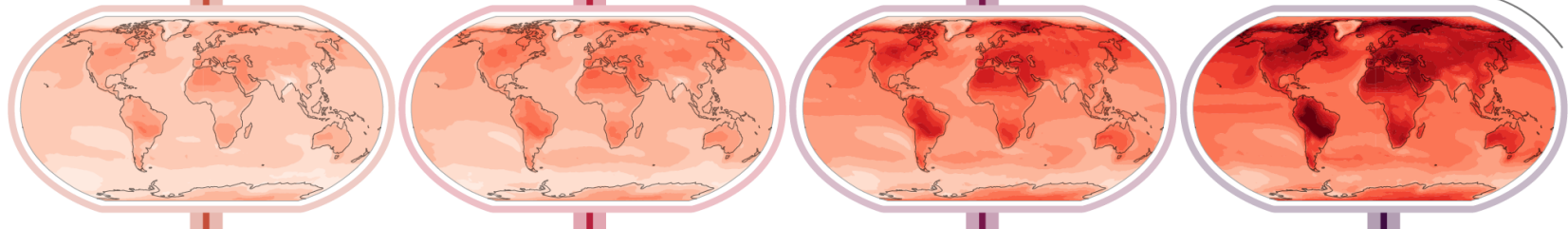


a) Annual hottest-day temperature change



Annual hottest day temperature is projected to increase most (1.5-2 times the GWL) in some mid-latitude and semi-arid regions, and in the South American Monsoon region.

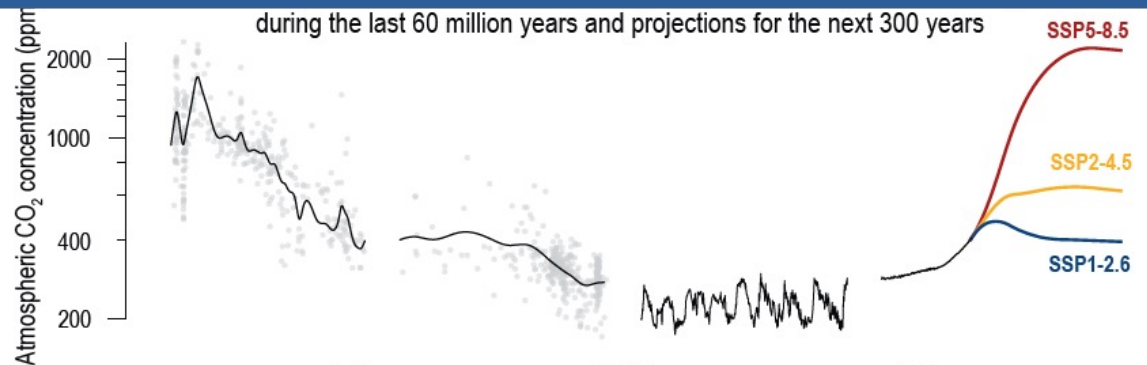
urbanisation further intensifies heat extremes



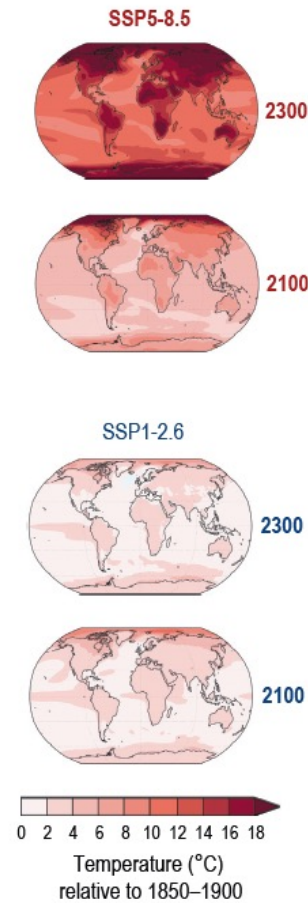
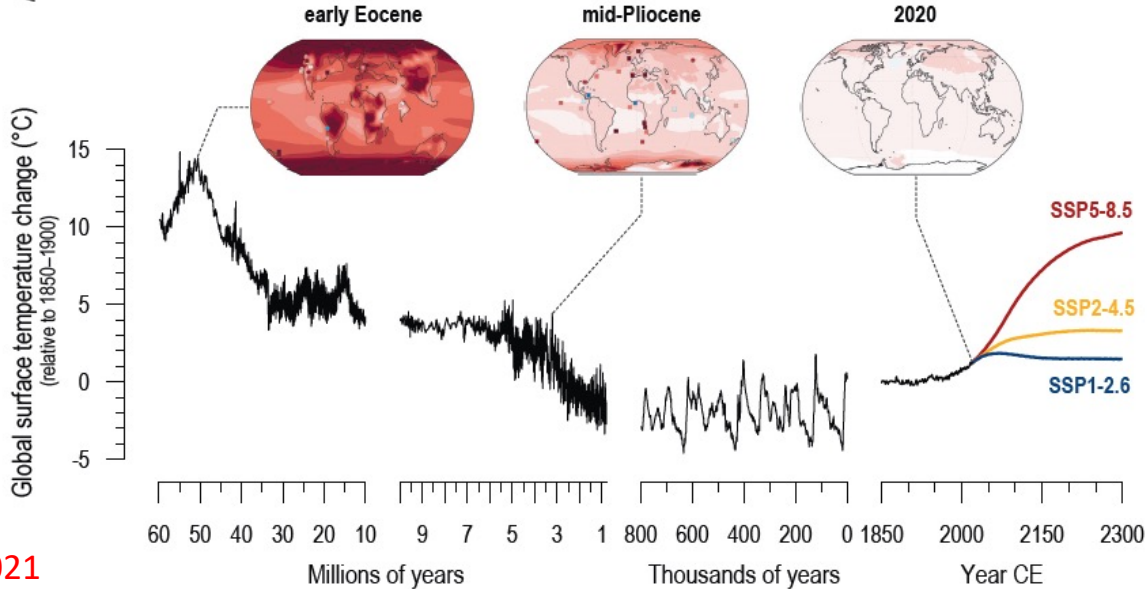
Changement de la température du jour le plus chaud de l'année

Le climat à travers les âges

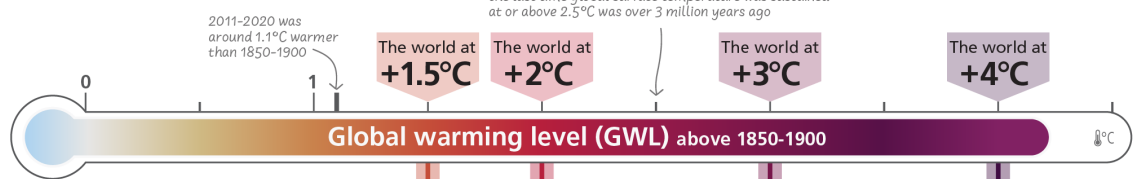
CO₂
ppm



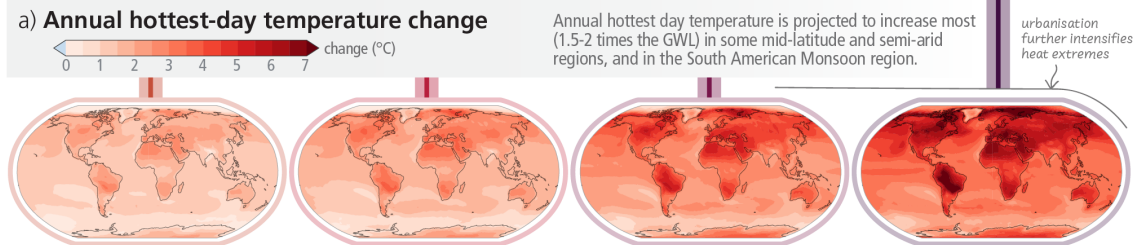
Température
globale



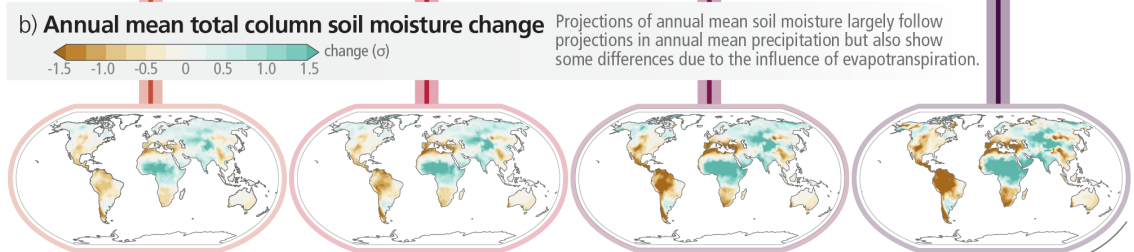
Niveau de réchauffement planétaire par rapport à 1850-1900



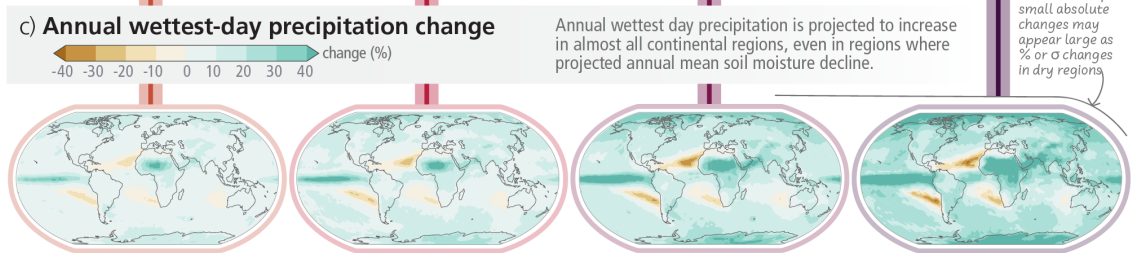
Changement de la température du jour le plus chaud



Changement de l'humidité des sols (moyenne annuelle)

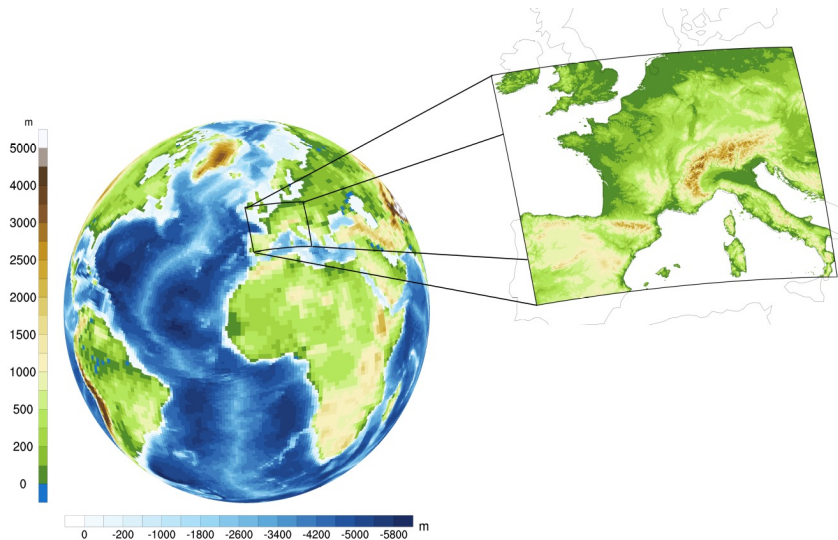


Changement de précipitations pour le jour le plus pluvieux



Au niveau de la France

Modèles de climat planétaires Modèles de climat régionaux

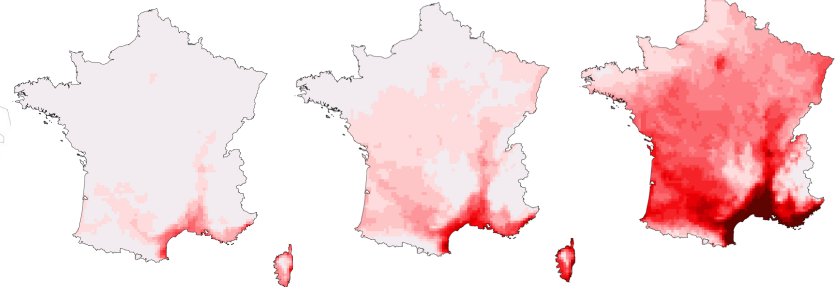


*Nombre de nuits tropicales (# annuel, RCP8.5)
Médiane de l'ensemble DRIAS-2020*

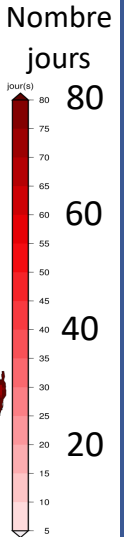
1976-2005

2021-2050

2071-2100



Nuit tropicale : $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$

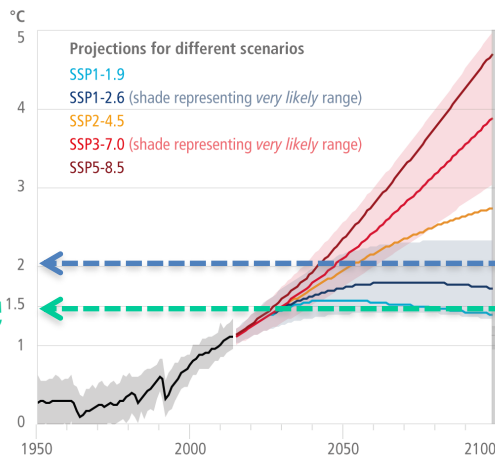


*Source : DRIAS-2020, Euro-CORDEX,
ADAMONT, SAFRAN, 12 simulations GCM/RCM*

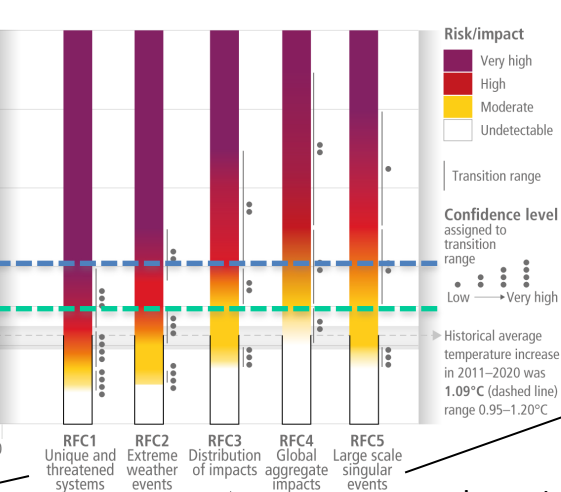
De nombreux impacts Chaque ½° compte

2° C
1.5° C

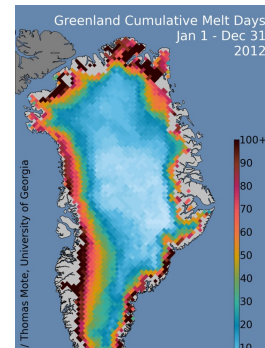
(a) Global surface temperature change
Increase relative to the period 1850–1900



(b) Reasons for Concern (RFC)
Impact and risk assessments assuming low to no adaptation



GIEC WG2 (2022)



Des risques particuliers de grande échelle

Systèmes uniques menacés

Événements extrêmes

Impacts globaux Cumulés Biodiversité/économie

Répartition des incidences



« Last Hero » Cagnat, Le Monde 02/12/2013



Crédits photo : Soriano/Le Figaro



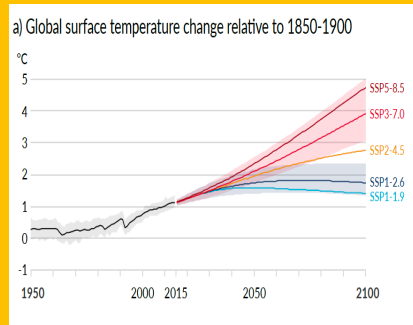
WHO/Marko Kocik



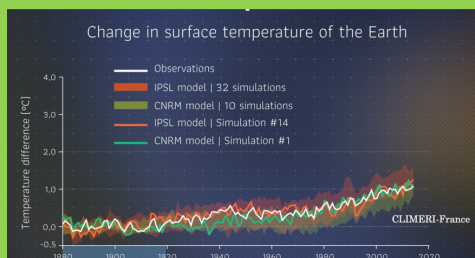
Unplash/Boudhayan Bardhan

Modèles des projections futures: différents niveaux d'incertitudes

Scénarios « Nos choix »



Variabilité du système

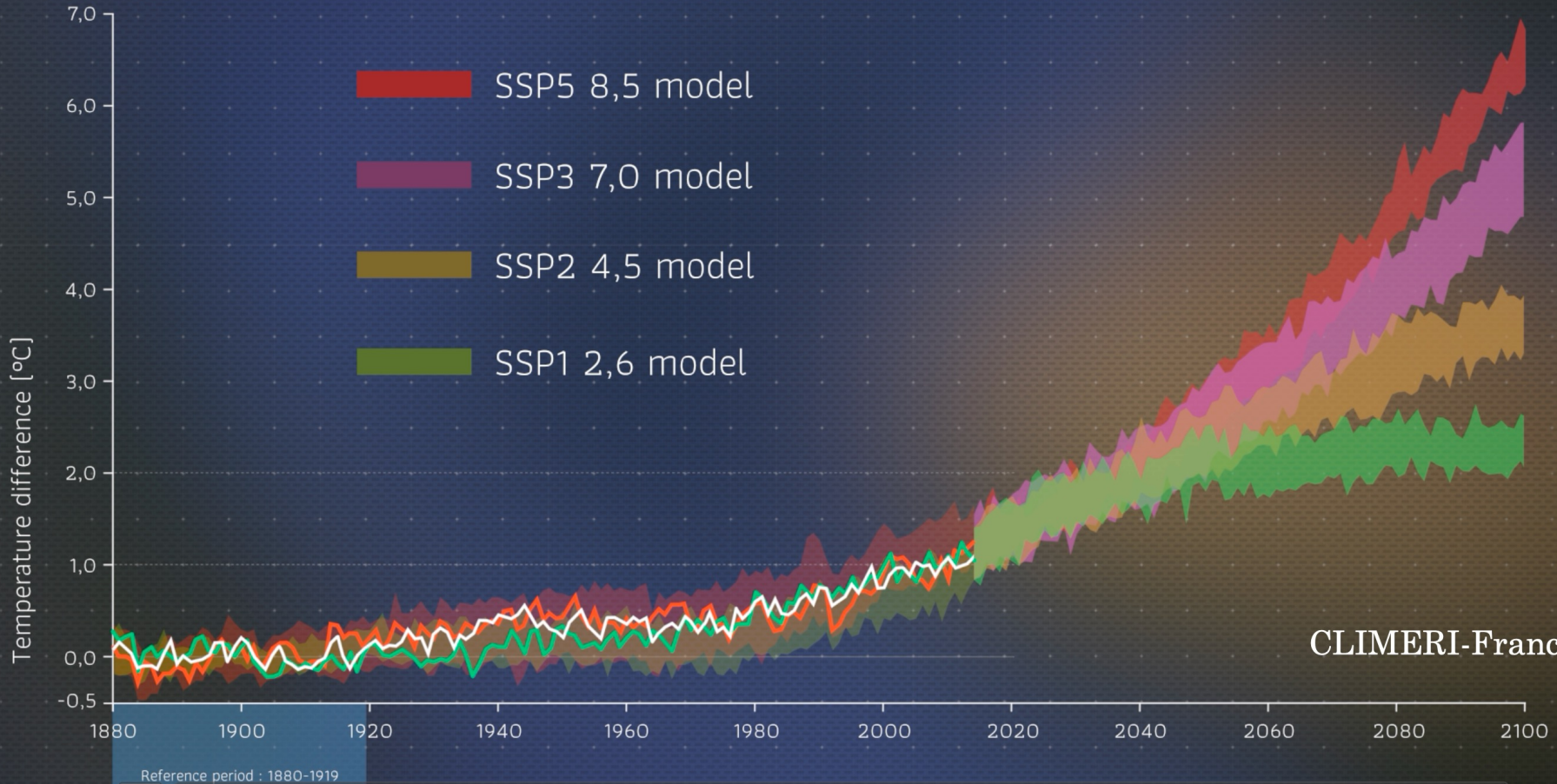


Incertainces des modèles

Résolution spatiale,
choix des paramétrisations,
choix des paramètres

Mais aussi
des processus manquants

Change in surface temperature of the Earth



CLIMERI-France

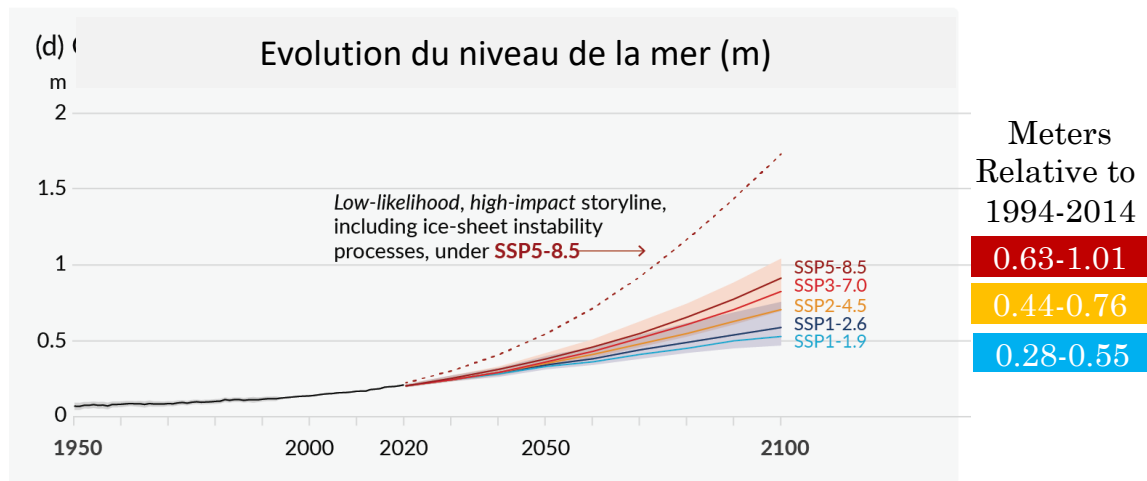
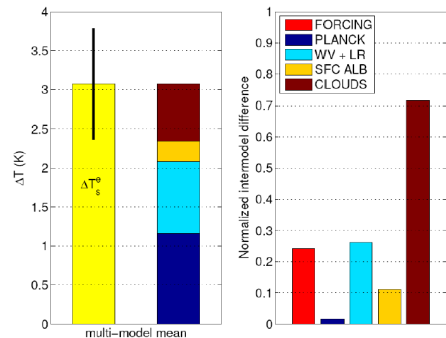
Incertitudes des modèles de climat



Des processus encore mal connus:
La réponse des calottes de glace



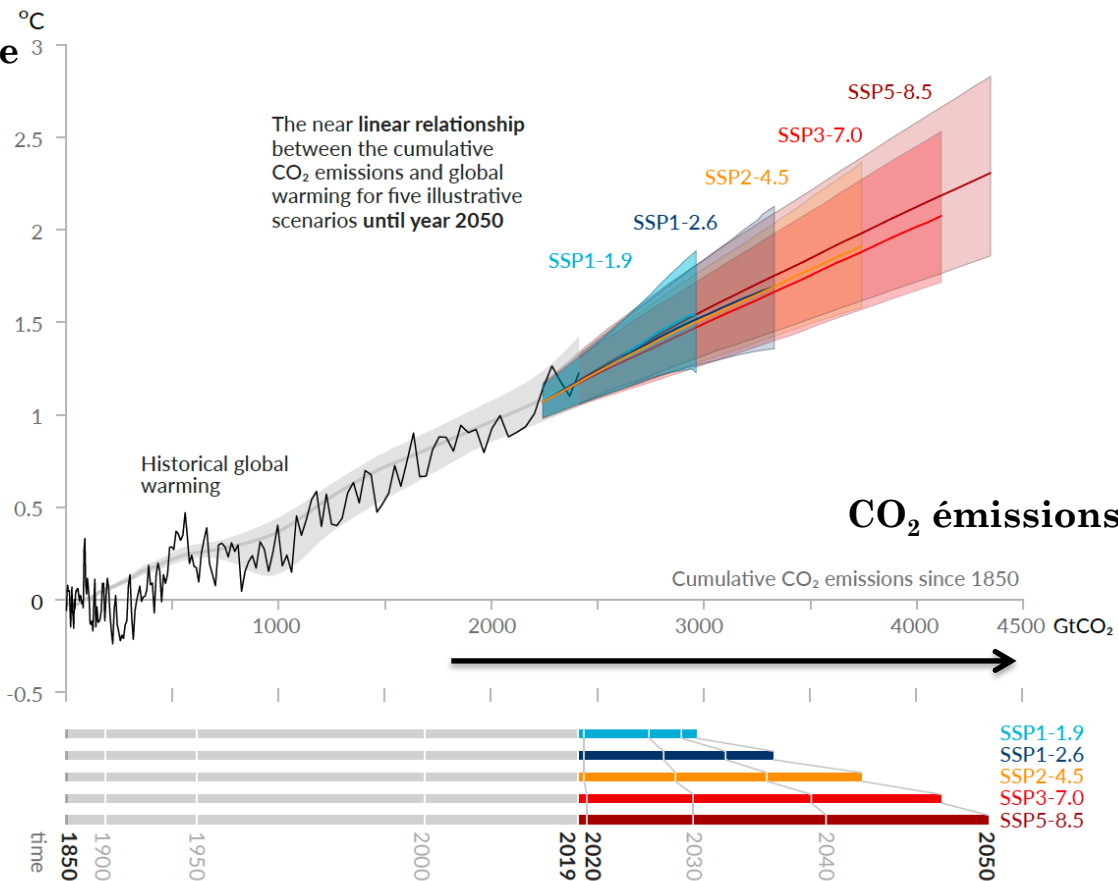
Le rôle clé des nuages dans
la réponse des modèles



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)

Changement de
Température



GIEC WG1 (2021)

CO₂ émissions cumulées (GtCO₂)

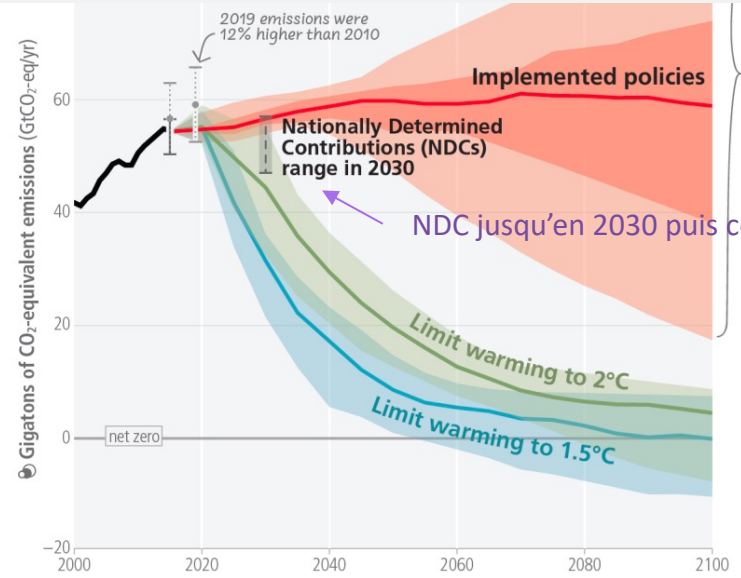
2019
2390 GtCO₂
émis

Future cumulative CO₂ emissions differ across scenarios, and determine how much warming we will experience

HISTORICAL
Cumulative CO₂ emissions between 1850 and 2019

PROJECTIONS
Cumulative CO₂ emissions between 2020 and 2050

Emissions globales de gaz à effet de serre (tous gaz)

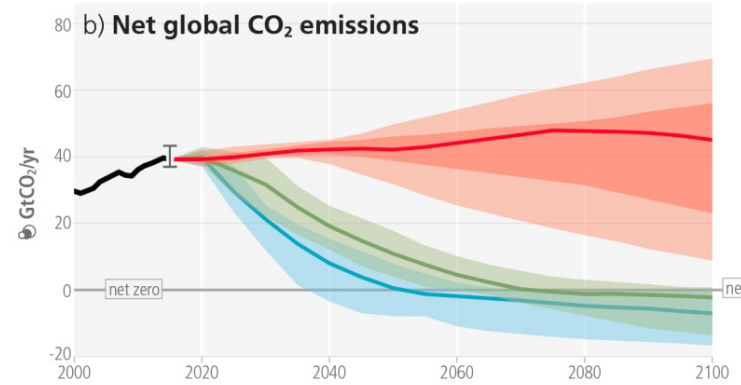


3.2°



GIEC SYR (2023)

Limiter à 2°
Limiter à 1,5°



Zéro émissions de CO₂ en 2050



Aléas climatiques



Exposition aux aléas

Vulnérabilité

Human systems

GIEC WG2 (2022)

**Les modèles de climat au cœur de la connaissance
du changement climatique**

Mais un système complexe, en interaction avec la société

Le changement climatique

un enjeu qui nécessite

des politiques d'atténuation globales avec des actions à tous les niveaux
et des adaptations locales