

Changement climatique: Consensus, Etat des lieux et Projections

Climate stripes
Ed Hawkins – 1880-2022
Global temperature

10 Juin 2024 – Lycée Hoche – Laurent Bopp, ENS & CNRS

Un été 2023 prémonitoire ?

ACTUALITÉS MÉTÉO

Canicule en Espagne : jusqu'à 46,8°C à Valence jeudi



La canicule se poursuit en Espagne © La Chaîne Météo

Un été 2023 prémonitoire ?

ACTUALITÉS MÉTÉO

Canicule en Espagne : ju

"Toutes les maisons inondées s'écroulent" : des villages entiers détruits par les inondations en Grèce

L'armée est mobilisée dans le centre du pays pour venir en aides aux habitants submergés et 190 touristes ont pu être évacués du Mont Pelion, également lourdement touché par la tempête.



La canicule se poursuit en Espagne © La Chaîne Météo

Un été 2023 prémonitoire ?

ACTUALITÉS MÉTÉO

Canicule en Espagne : jusqu'à 46,8 °C

"Toutes les m
entiers détrui

L'armée est mobil
habitants submer
également lourde

PLANÈTE · INCENDIES AU CANADA

Cerné par les feux de forêt, le Grand Nord canadien sous ordre d'évacuation

Alors que le feu se rapproche dangereusement de la ville de Yellowknife, les habitants partent par avion ou par la route.



France Info
Radio France

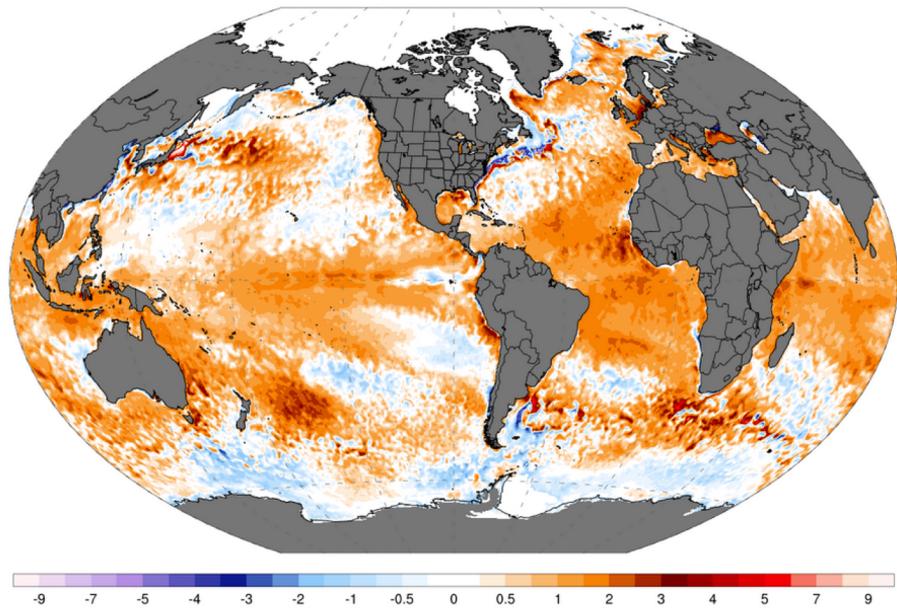
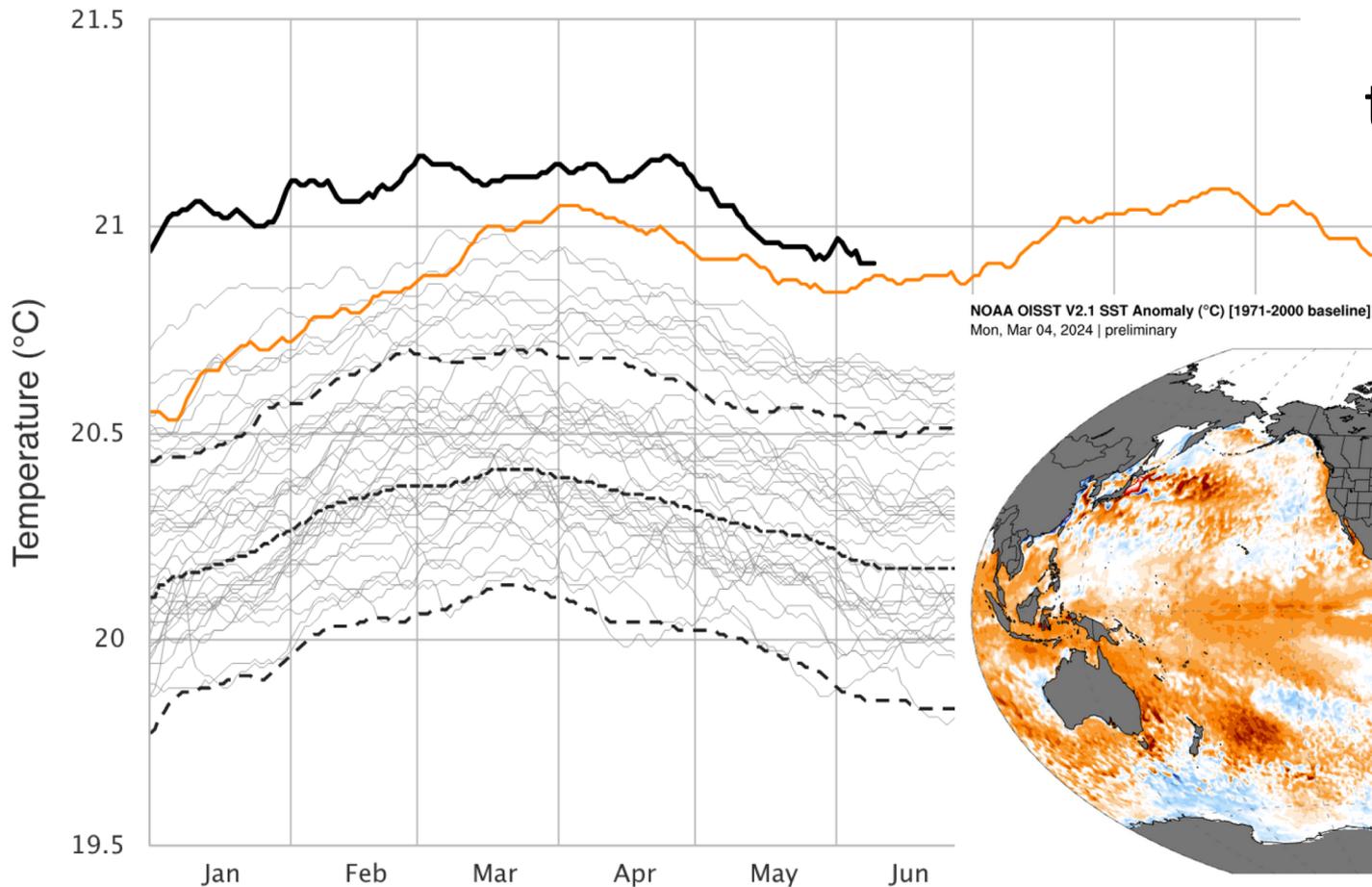


La canicule se poursuit en Espagne © La Chaîne Météo

Daily Sea Surface Temperature, World (60°S–60°N, 0–360°E)

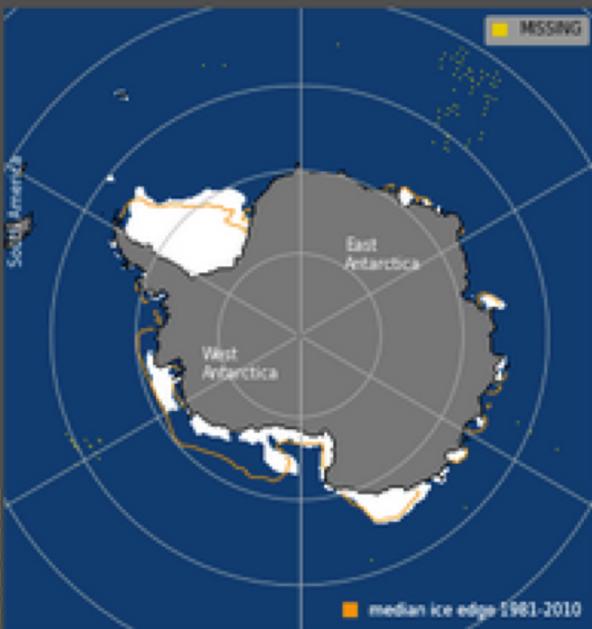
Dataset: NOAA OISST V2.1 | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine

Des canicules marines dans tous les bassins

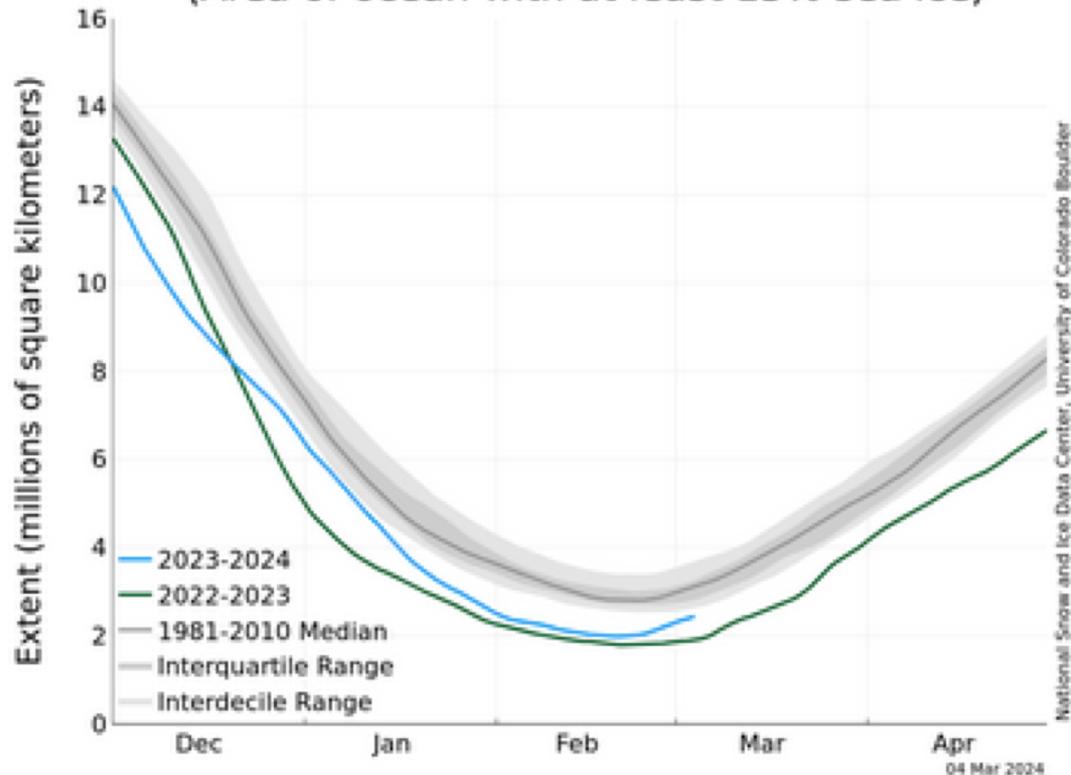


Une banquise antarctique réduite

Sea Ice Extent, 04 Mar 2024



Antarctic Sea Ice Extent
(Area of ocean with at least 15% sea ice)



Quelques éléments pour réfléchir

-  Méthodologie et rapports du GIEC – émergence du consensus
→ expérience d'un auteur du GIEC
-  Le changement climatique – la température et au-delà
→ l'année 2023 signe d'un emballement ?
-  Emissions anthropiques et CO₂ atmosphérique
→ de l'importance des puits de carbone
-  Projections climatiques, Impacts et trajectoires d'émissions
→ Budget carbone « restant » et émissions nettes zéro

De la naissance des sciences du climat...

... aux premières alertes



1824: Fourier et la
« découverte » de
l'effet de serre



1859 : Eunice Foote et
identification du CO₂
comme gaz à effet de
serre



1896 : S. Arrhenius et estimation
du réchauffement pour une
augmentation du CO₂

De la naissance des sciences du climat...

... aux premières alertes



1824: Fourier et la « découverte » de l'effet de serre



1859 : Eunice Foote et identification du CO₂ comme gaz à effet de serre



1896 : S. Arrhenius et estimation du réchauffement pour une augmentation du CO₂

De nombreux scientifiques à partir des années 1970...

Keeling 1970 :

If the human race survives into the twenty-first century (...) the people living then, along with their other troubles, may also **face the threat of climatic change** brought about by an **uncontrolled increase** in atmospheric CO₂ from fossil fuel

De la naissance des sciences du climat...

... aux premières alertes



1824: Fourier et la « découverte » de l'effet de serre



1859 : Eunice Foote et identification du CO₂ comme gaz à effet de serre



1896 : S. Arrhenius et estimation du réchauffement pour une augmentation du CO₂

De nombreux scientifiques à partir des années 1970...

Et le rapport Charney, 1979 :

We estimate the most probable global warming for a doubling of CO₂ to be near **3°C with a probable error of ± 1.5°C.**

It appears that the warming will eventually occur, and the **associated regional climatic changes so important to the assessment of socioeconomic consequences** may well be significant



Méthodologie et rapports du GIEC

Création du GIEC en 1988 – 6 cycles depuis 1990

Activité principale :

Rédaction de rapports d'évaluation / rapports spéciaux

Organisé en 3 groupes de travail

Méthodologie et rapports du GIEC

Création du GIEC en 1988 – 6 cycles depuis 1990

Activité principale :

Rédaction de rapports d'évaluation / rapports spéciaux

Organisé en 3 groupes de travail

WG1 : Physical Sciences Basis

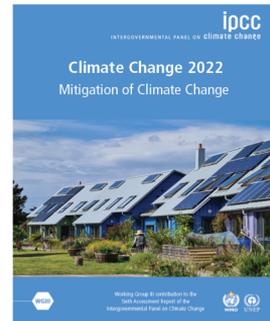
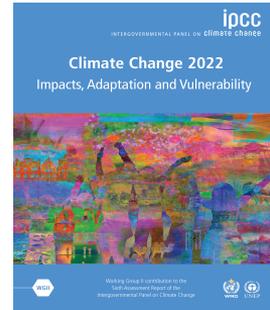
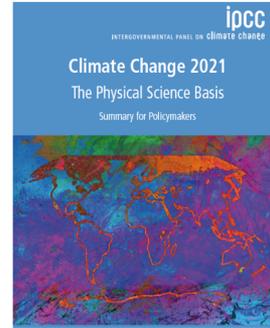
(Chair : V. Masson-Delmotte and P. Zhai)

WG2 : Impacts, Adaptation and Vulnerabilities

(Chair : H-O. Portner and D. Roberts)

WG3 : Mitigation of Climate Change

(Chair : P. Shukla and J. Skea)



Méthodologie et rapports du GIEC

Choix des auteurs
(ici pour le rapport du Groupe 2) :



270 auteurs



67 pays



41 % femmes
/ 59 % hommes



675 auteurs
contributeurs

Méthodologie et rapports du GIEC

Choix des auteurs
(ici pour le rapport du Groupe 2) :

Un travail principalement mené
pendant 3 ans
au sein de chapitres distincts

Coordinating Lead Authors: Sarah R. Cooley (USA) and David S. Schoeman (Australia)

Lead Authors: Laurent Bopp (France), Philip Boyd (Australia/UK), Simon Donner (Canada), Shin-ichi Ito (Japan), Wolfgang Kiessling (Germany), Paulina Martinetto (Argentina), Elena Ojea (Spain), Marie-Fanny Racault (UK/France), Björn Rost (Germany), Mette Skern-Mauritzen (Norway), Dawit Yemane Ghebrehiwet (South Africa/Eritrea)



270 auteurs



67 pays



10 femmes
16 hommes



675 auteurs
contributeurs

→ Diversité des expertises, diversité des origines



Méthodologie et rapports du GIEC

Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'**information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat.

→ Toutes les informations sont sélectionnées parmi les études **publiées dans des revues scientifiques**

Méthodologie et rapports du GIEC

Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'**information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat.

→ Toutes les informations sont sélectionnées parmi les études **publiées dans des revues scientifiques**

Extrait du
Chapitre 3 du
WG2 – AR6

“Global mean sea level (GMSL) has risen by about 0.20 m since 1901 and continues to accelerate (WGI AR6 Section 2.3.3.3; Church and White, 2011; Jevrejeva et al., 2014; Hay et al., 2015; Kopp et al., 2016; Dangendorf et al., 2017; WCRP Global Sea Level Budget Group, 2018; Kemp et al., 2018; Ablain et al., 2019; Gulev et al., 2021).”



Plus de 34 000 publications scientifiques
sont citées dans le rapport du groupe 2

Méthodologie et rapports du GIEC

Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'**information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat.

- Toutes les informations sont sélectionnées parmi les études **publiées dans des revues scientifiques**
- Le rapport identifie les limites d'interprétation des résultats et **indique un degré de confiance**

Extraits du
Chapitre 3 du
WG2 – AR6

Sea level rise is driving a global increase in the frequency of extreme sea levels (**high confidence**)

Under high-emission scenarios, ice sheet processes in which there is **low confidence** (...) might contribute more than one additional metre to global mean sea level rise by 2100



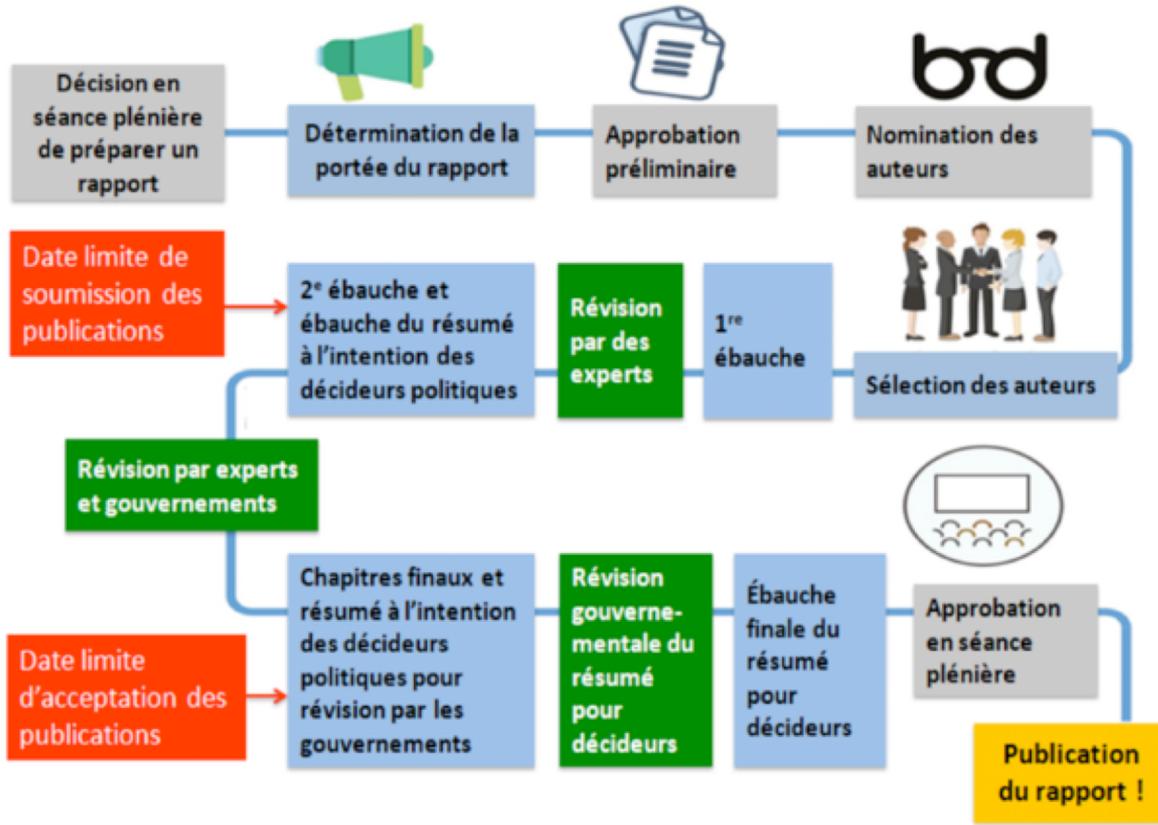
Méthodologie et rapports du GIEC

Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'**information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat.

- Toutes les informations sont sélectionnées parmi les études **publiées dans des revues scientifiques**
- Le rapport identifie les limites d'interprétation des résultats et **indique un degré de confiance**
- Les auteurs travaillent à dégager clairement les éléments qui relèvent d'un **consensus de la communauté scientifique**

Méthodologie et rapports du GIEC

Etapas de préparation d'un rapport



270 auteurs
675 auteurs contributeurs

3 étapes de revue par des experts



62 418 commentaires

Transparence du Processus



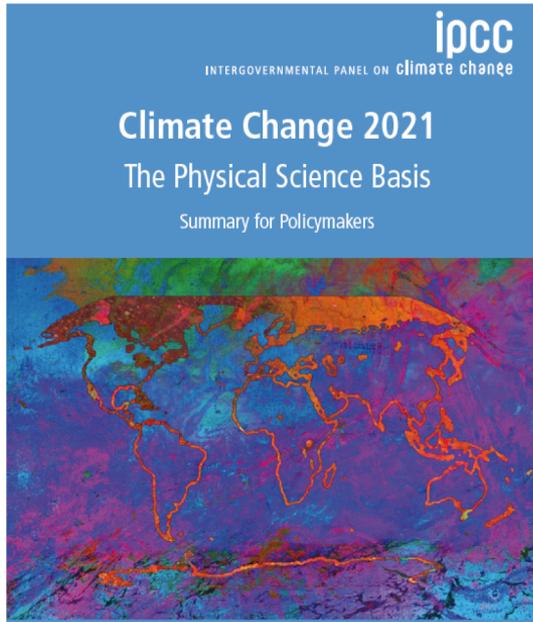
Méthodologie et rapports du GIEC

Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'**information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat.

- Toutes les informations sont sélectionnées parmi les études **publiées dans des revues scientifiques**
 - Le rapport identifie les limites d'interprétation des résultats et **indique un degré de confiance**
 - Les auteurs travaillent à dégager clairement les éléments qui relèvent d'un **consensus de la communauté scientifique**
- Une co-construction – scientifiques, auteurs, relecteurs

Le GIEC : le dernier rapport

Depuis 1990, tous les rapports du GIEC confirment l'origine anthropique du changement climatique (avec une confiance croissante), présentent des projections du changement climatique futur et discutent des solutions d'adaptation et d'atténuation...

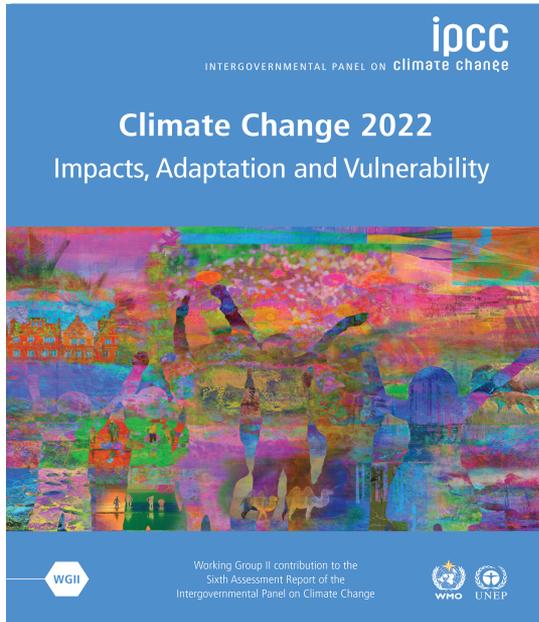


Le premier volume du 6e rapport d'évaluation du GIEC a été approuvé le 9 Aout 2021

" Il est sans équivoque que l'influence humaine a réchauffé l'atmosphère, l'océan et les terres. "

Le GIEC : le dernier rapport

Depuis 1990, tous les rapports du GIEC confirment l'origine anthropique du changement climatique (avec une confiance croissante), présentent des projections du changement climatique futur et discutent des solutions d'adaptation et d'atténuation...

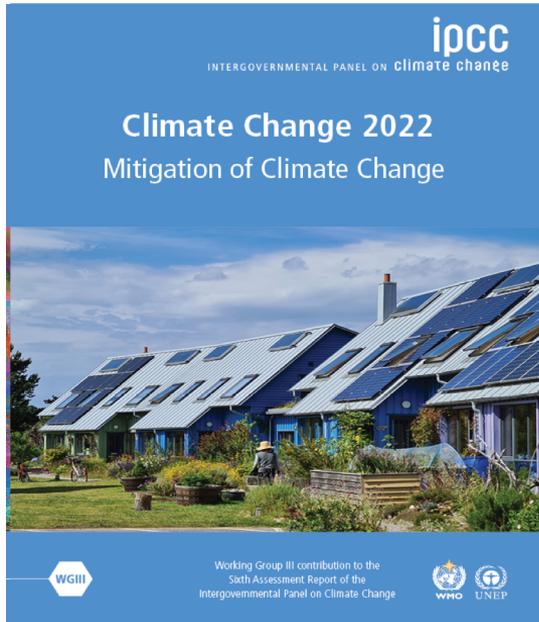


Le deuxième volume du 6e rapport d'évaluation du GIEC a été approuvé le 28 Février 2022

“ Le changement climatique est une menace pour le bien-être humain et la santé planétaire ”

Le GIEC : le dernier rapport

Depuis 1990, tous les rapports du GIEC confirment l'origine anthropique du changement climatique (avec une confiance croissante), présentent des projections du changement climatique futur et discutent des solutions d'adaptation et d'atténuation...

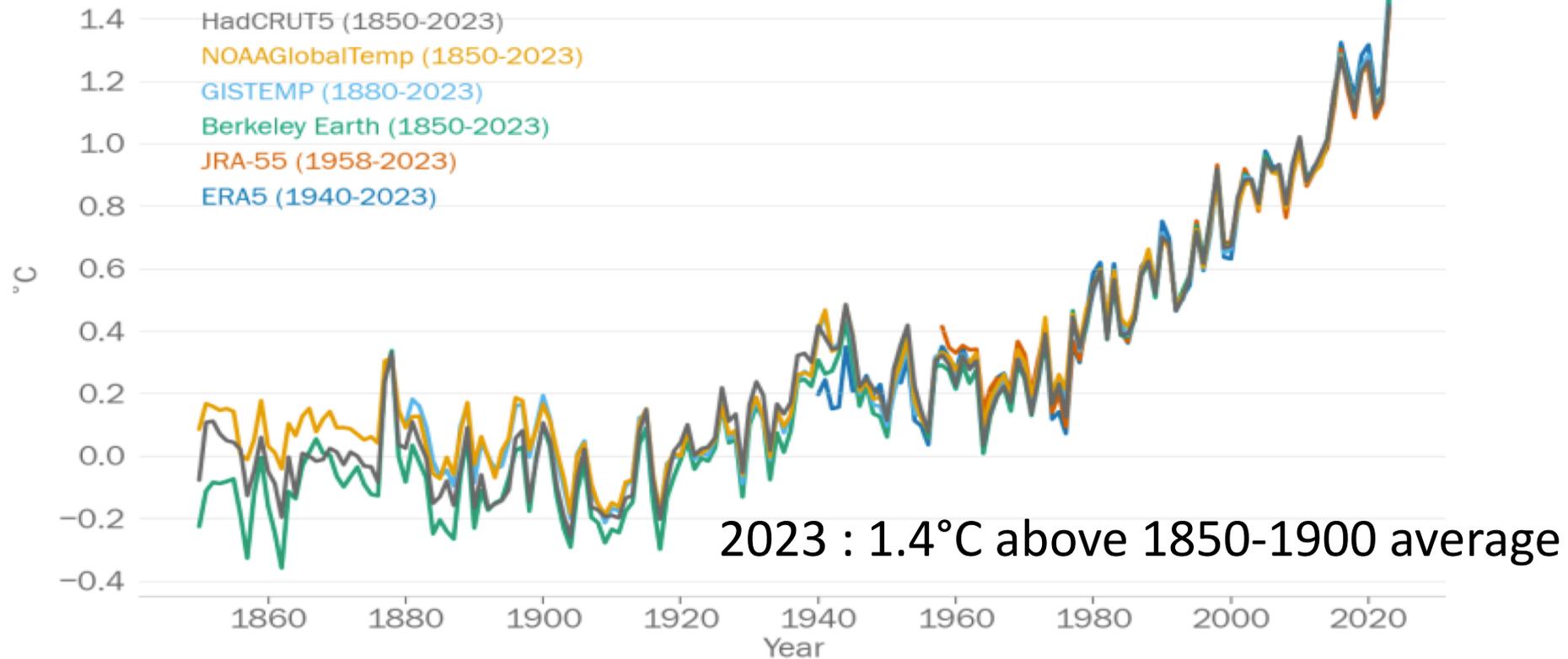


Le troisième volume du 6e rapport d'évaluation du GIEC a été approuvé le 4 Avril 2022

" A moins de réductions immédiates et massives des émissions dans tous les secteurs, limiter le réchauffement à 1,5°C sera hors de portée. "

Augmentation des températures

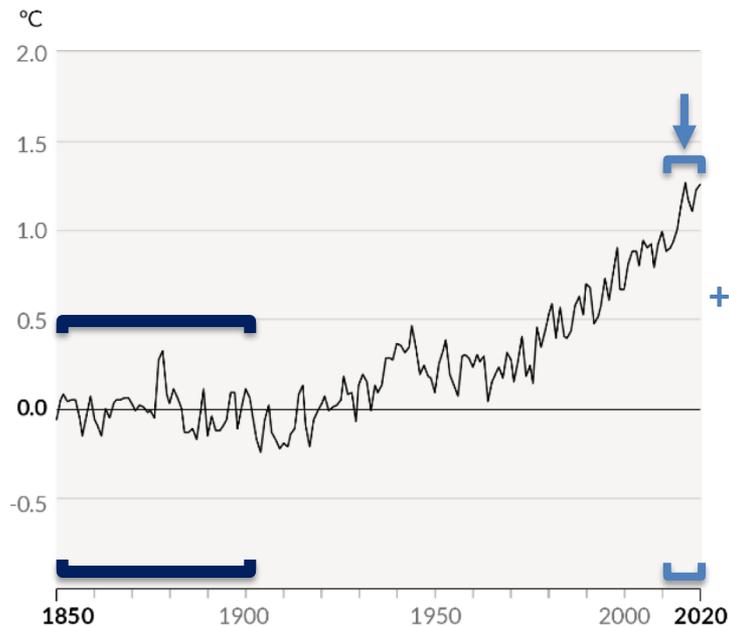
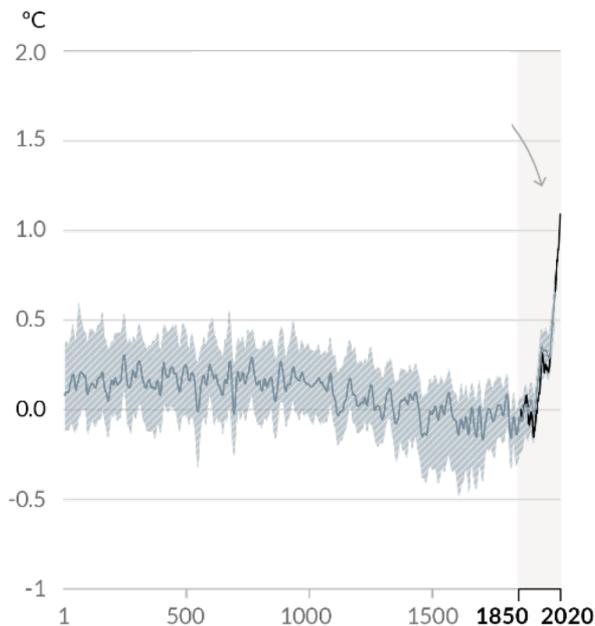
Anomalies des températures de surface



Augmentation des températures

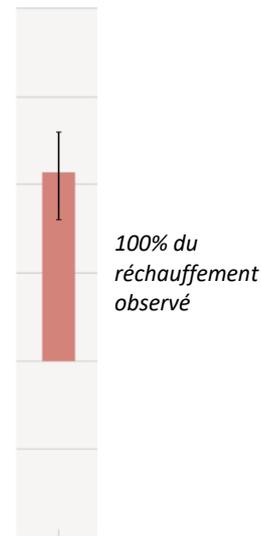
Le réchauffement planétaire atteint $1,1^{\circ}\text{C}$ – inédit depuis plus de 2 000 ans

Changement **observé** de température de surface planétaire depuis 1850-1900



Réchauffement dû à l'influence humaine

+1,1°C



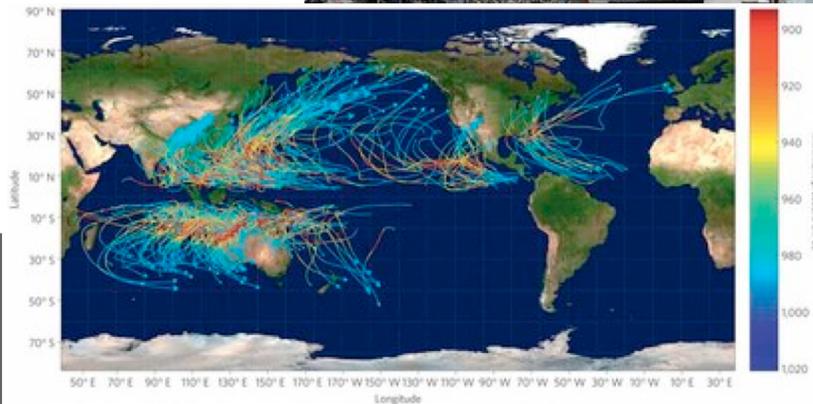
(GIEC, 2021)

Et au delà ?

Cyclones tropicaux

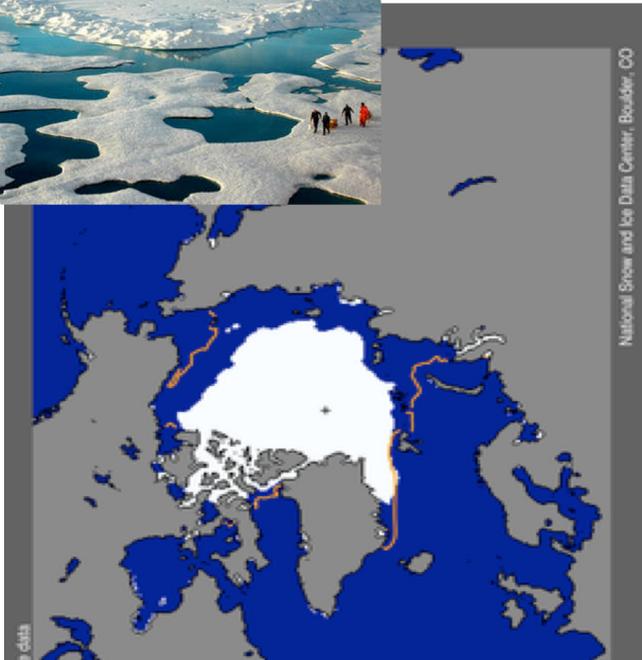
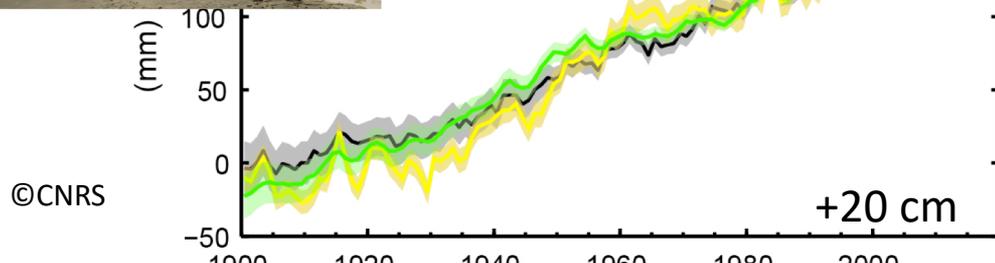


Banquise



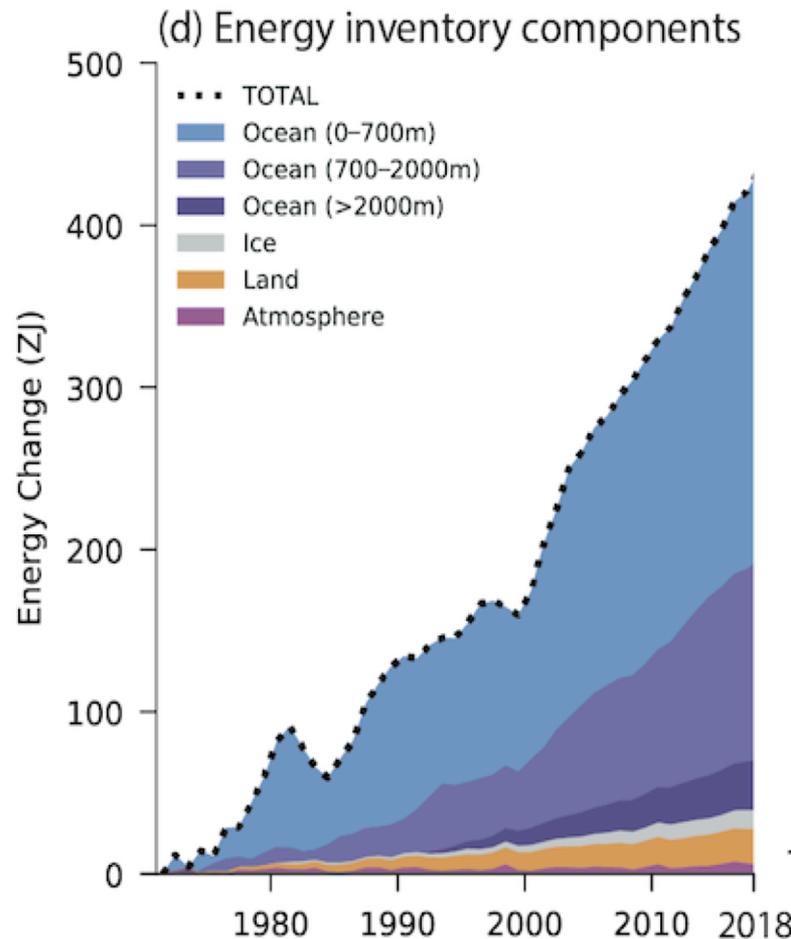
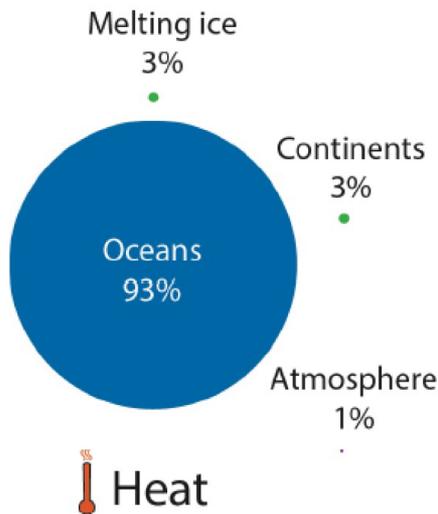
©Le Monde

Niveaux des mers

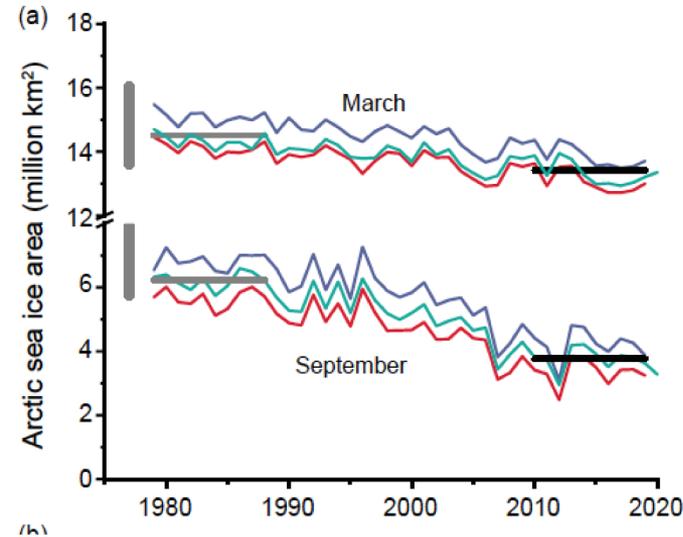


Et au delà : l'océan

Le réchauffement des océans est responsable de la majeure partie de l'augmentation de la quantité d'énergie stockée dans le système climatique et représente plus de 90 % de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010.



Et au delà : les zones englacées

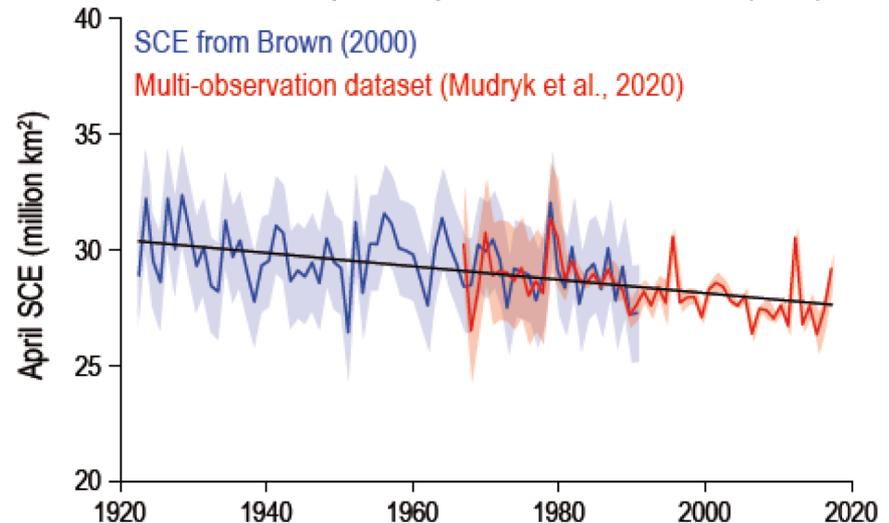


Diminution de la surface de banquise de près de 50% pour l'été Arctique

IPCC, AR6, WG1

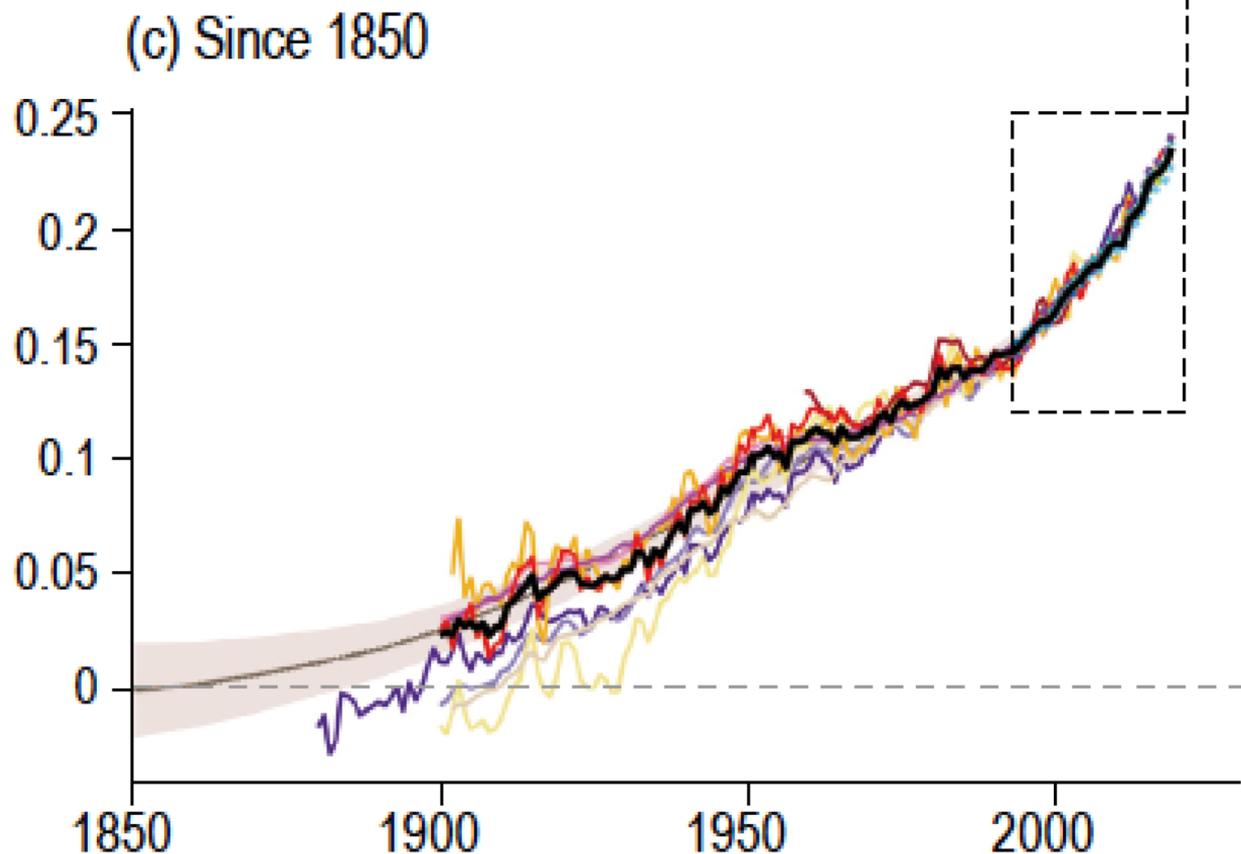
Diminution de la surface enneigée de l'hémisphère nord

Northern Hemisphere April Snow Cover Extent (SCE)



Et au delà : le niveau des mers

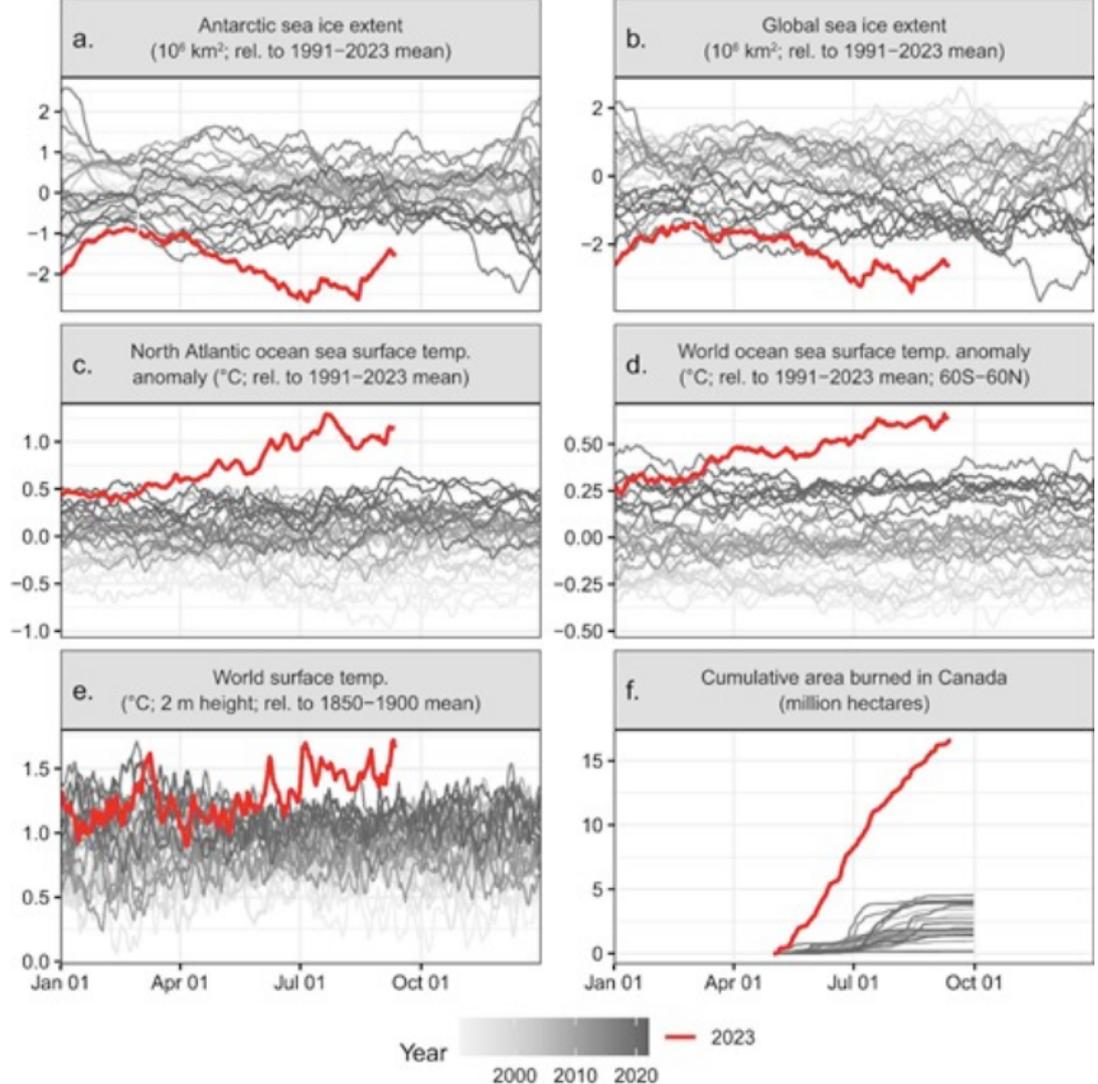
Depuis 1901, le niveau moyen des mers s'est élevé de 0,20 [0,15 à 0,25] m, et le rythme d'élévation s'accélère.



Et 2023 ?

Une année
exceptionnelle à plus
d'un titre

(glace de mer,
température de
l'océan, incendies, ...)



Et 2023 ? – un débat vif entre scientifiques...



Prof Michael E. Mann
@MichaelEMann

...

It is no more defensible to argue that warming is accelerating (or exceeding model projections) today than it was for climate deniers to argue that global warming had stopped a decade ago.

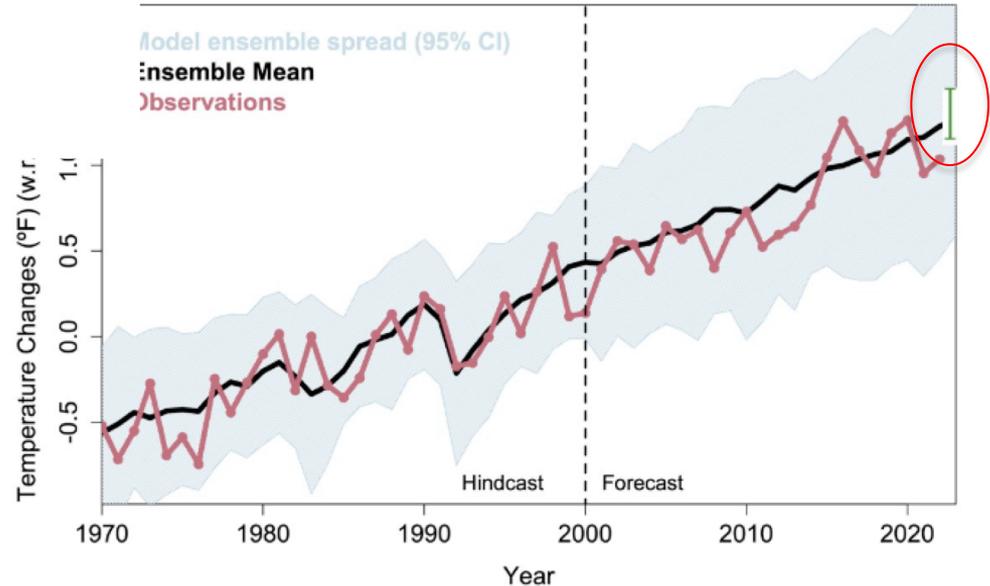
The truth is bad enough. There's no need to exaggerate. Be better than climate deniers!

[Traduire le post](#)

2:46 AM · 25 oct. 2023 · 10,1 k vues

@MichaelEMann

Forecast evaluation for models run in 2004



Quelques éléments pour réfléchir

 Méthodologie et rapports du GIEC – émergence du consensus
→ expérience d'un auteur du GIEC

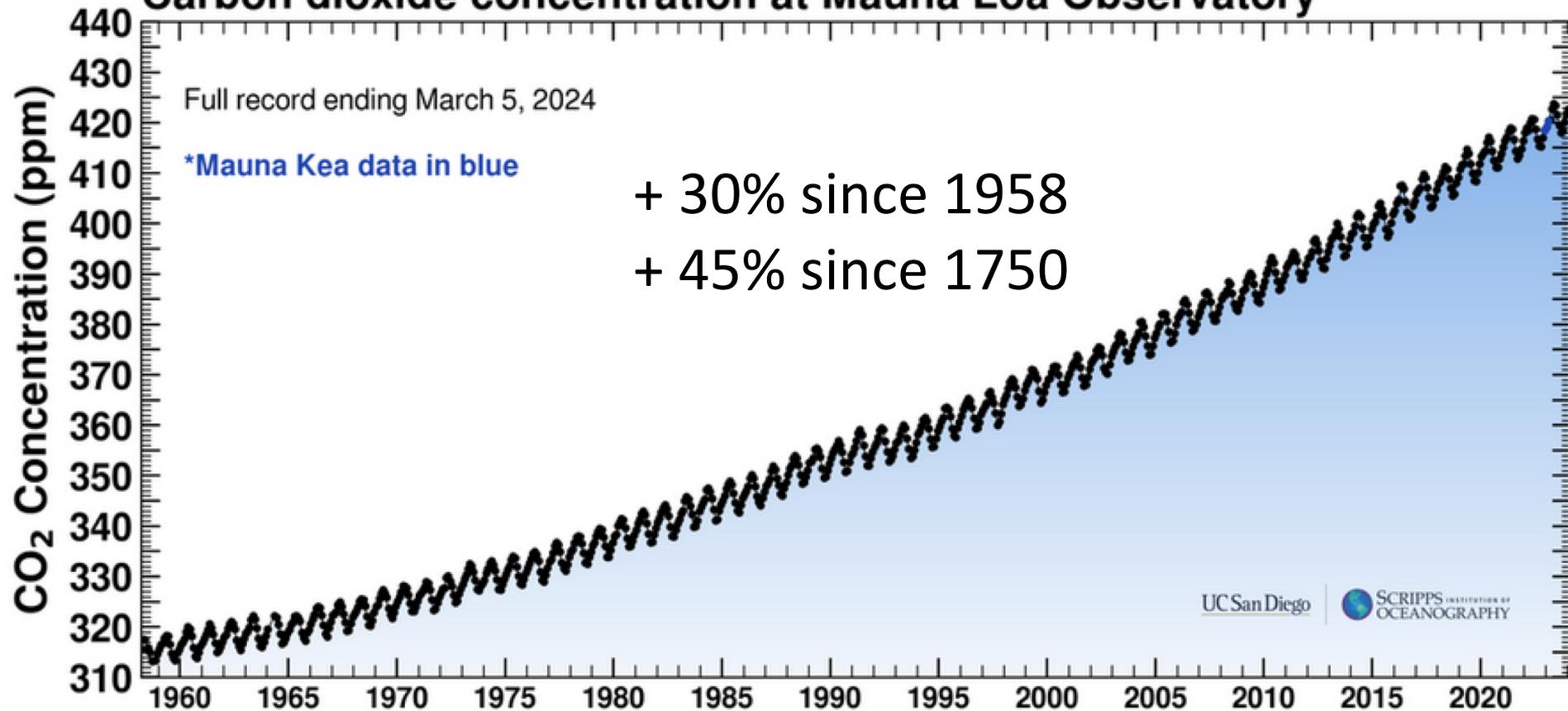
 Le changement climatique – la température et au-delà
→ l'année 2023 signe d'un emballement ?

 Emissions anthropiques et CO₂ atmosphérique
→ de l'importance des puits de carbone

 Projections climatiques et trajectoires d'émissions
→ Budget carbone « restant » et émissions nettes zéro

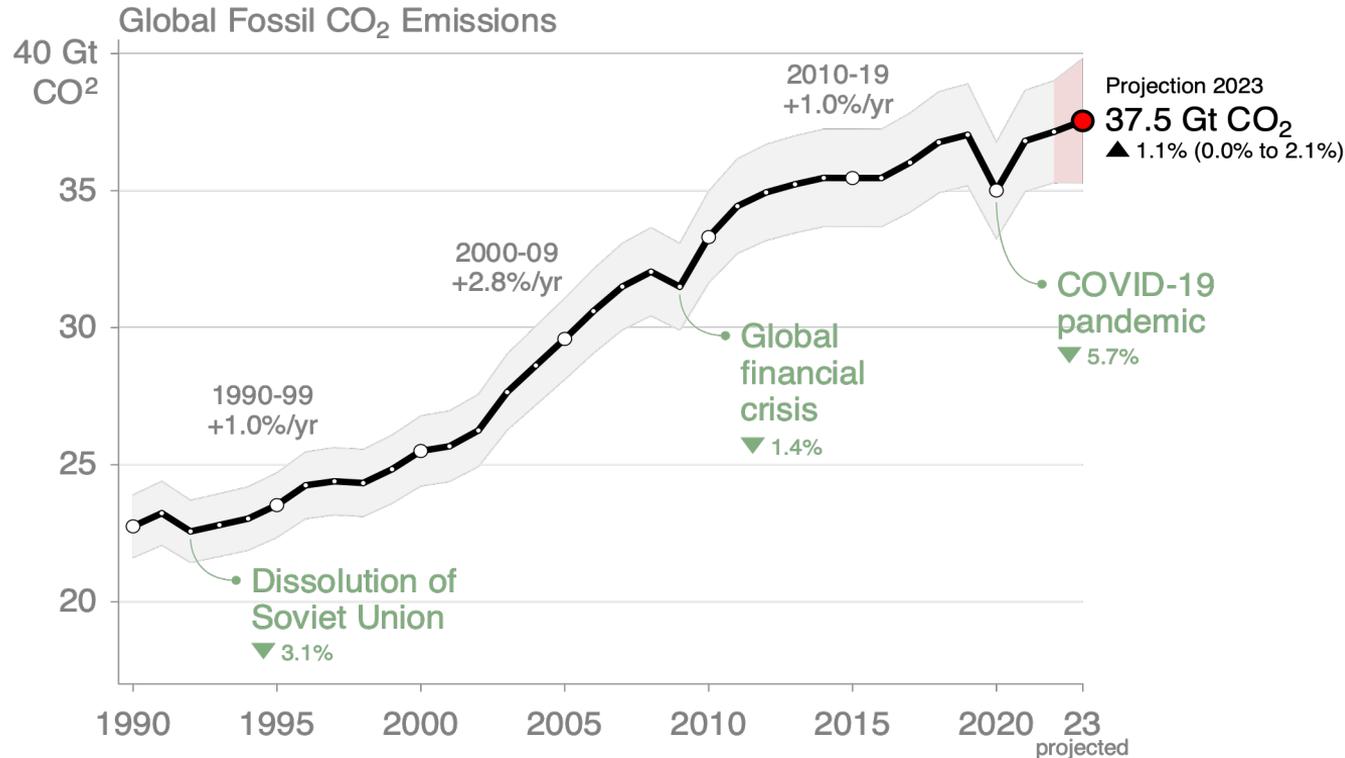
Emissions et CO₂ atmosphérique

Carbon dioxide concentration at Mauna Loa Observatory*



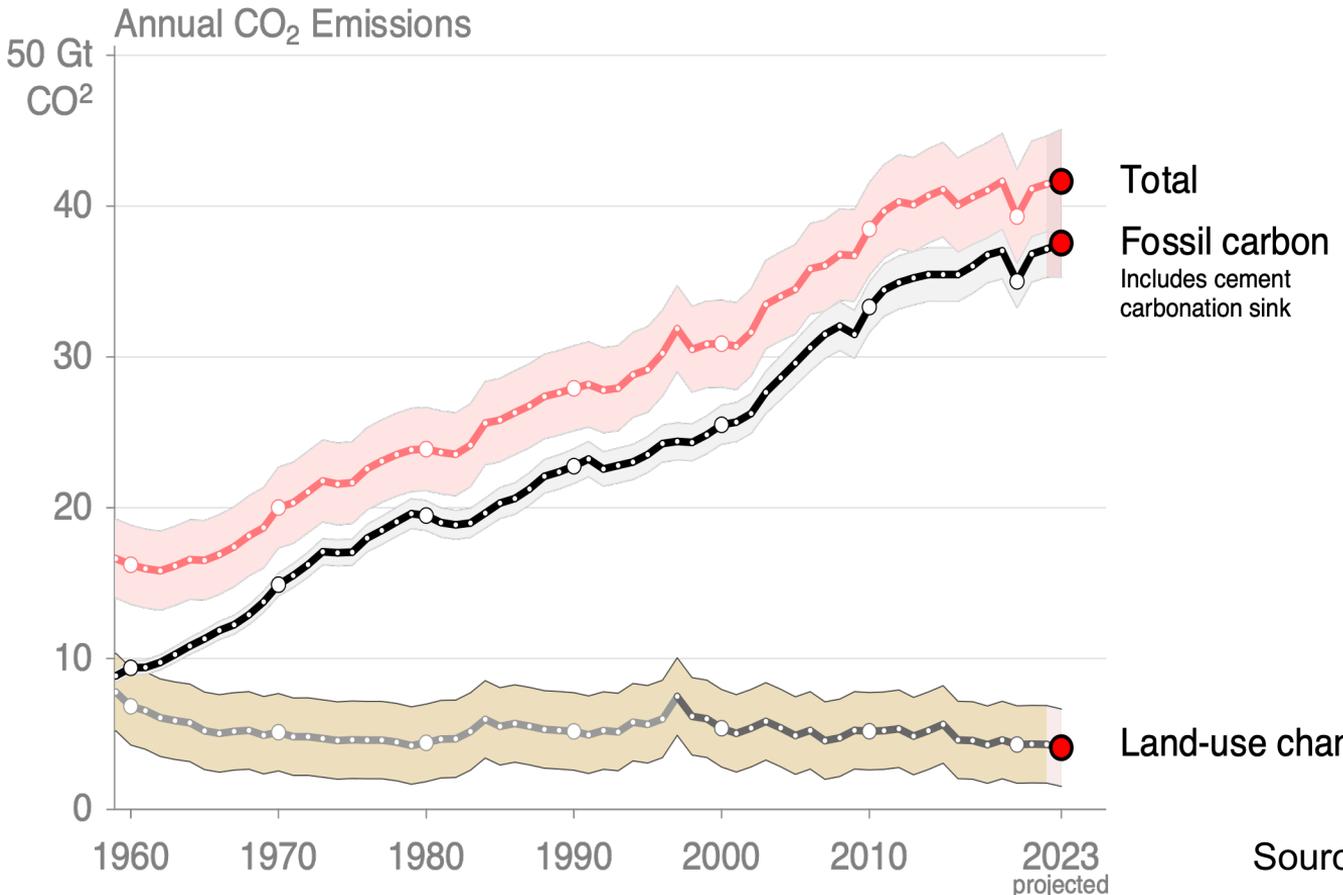
Le cycle du Carbone : les émissions anthropiques

Combustibles Fossiles et Production de Ciment



Source: Friedlingstein et al. 2023 ; Global Carbon Budget 2023

Le cycle du Carbone : Combustibles Fossiles et changement d'utilisation des terres



Current LUC emissions
~10% of total CO₂ emissions



HIGHLIGHT

Territorial

MtCO₂

Territorial

tCO₂/person

Consumption

tCO₂/person

China X

USA X

India X

Russian Fed. X

Japan X

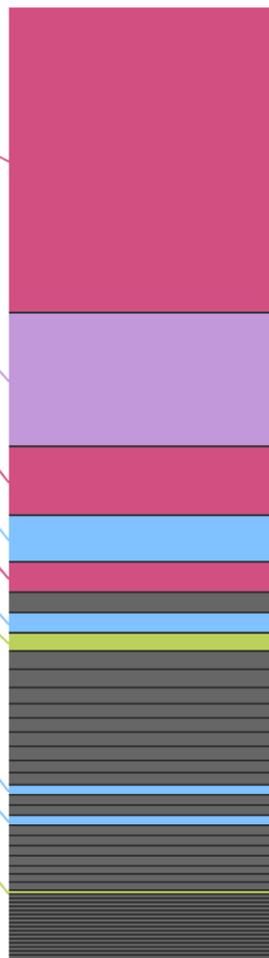
Germany X

Saudi Arabia X

United Kingdom X

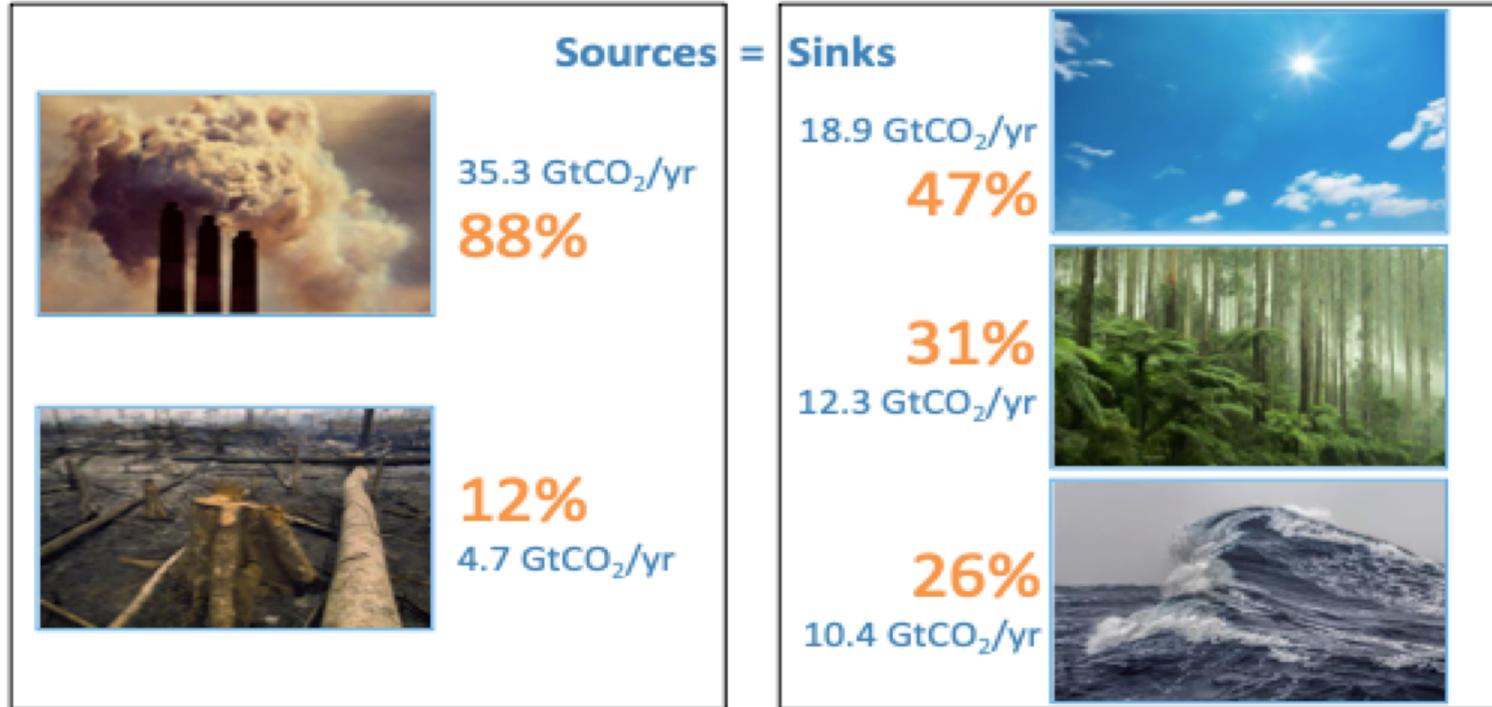
France X

Qatar X



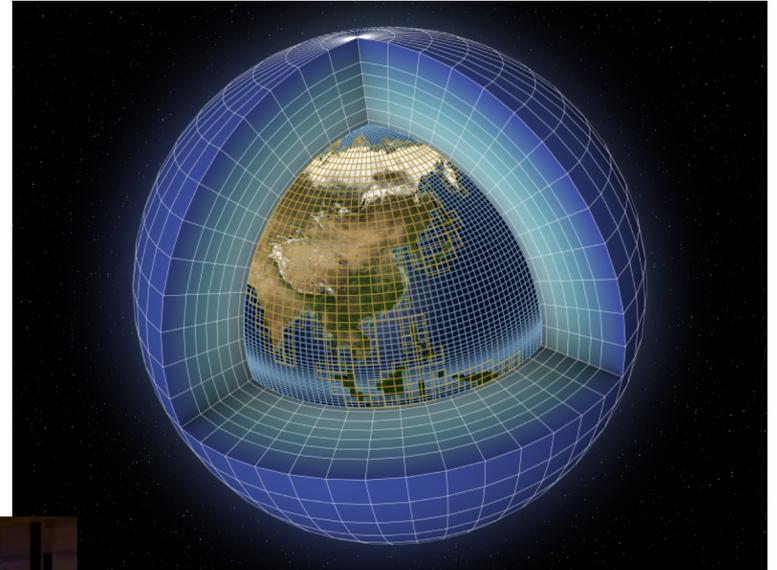
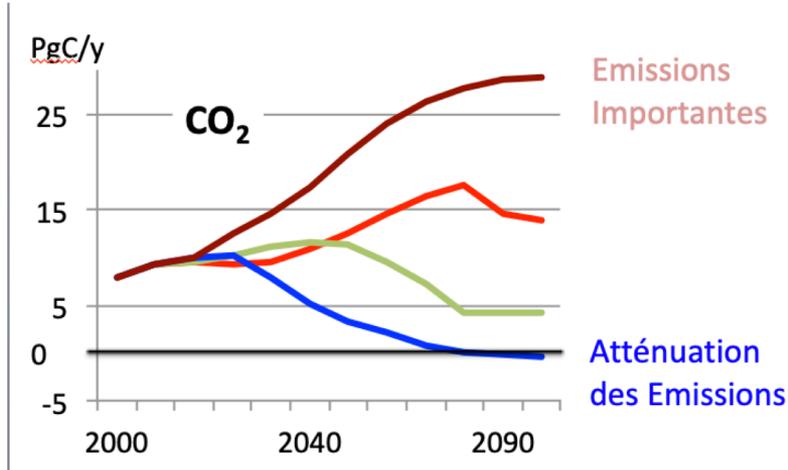
Le cycle du carbone : heureusement, il y a des puits !

(Bilan Carbone – 2013-2022)



Budget Imbalance: **4%**
(the difference between estimated sources & sinks) **-1.6 GtCO₂/yr**

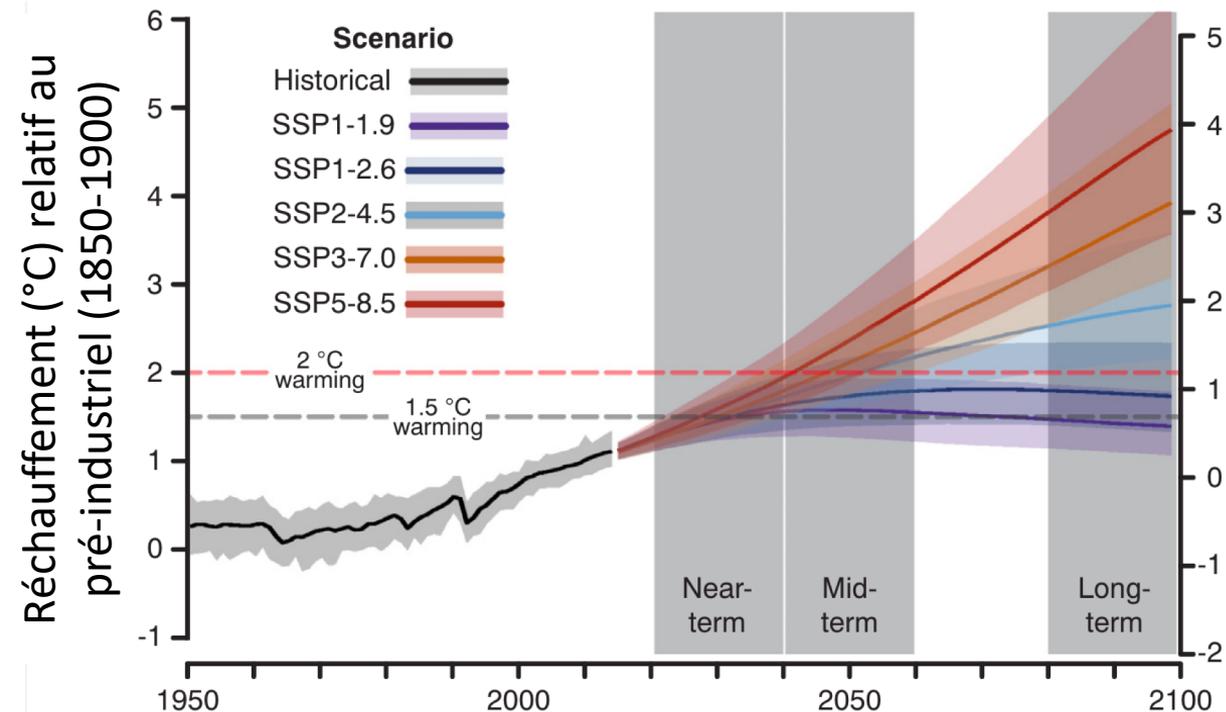
Méthodologie – Scénarios, Modèles climatiques....



... et super-calculateurs

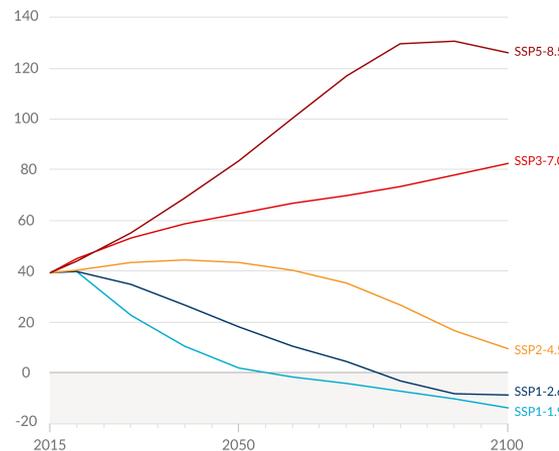
Projections en fonction des scénarios

Les émissions à venir vont déterminer le niveau de réchauffement

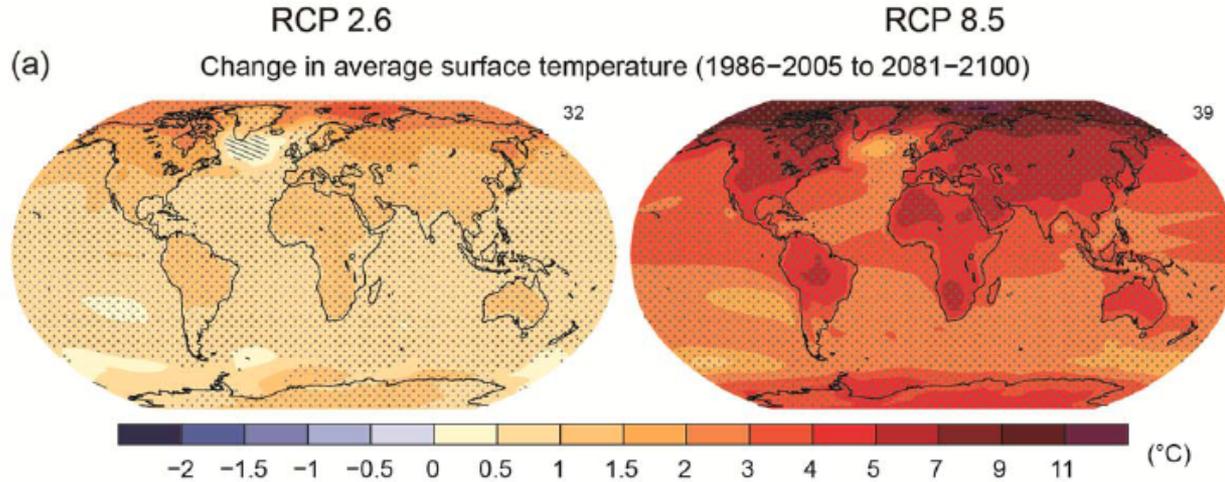


Réchauffement (°C) relatif à 1995-2014

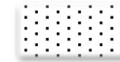
Emissions de CO₂ (Gt/an)



Projections en fonction des scénarios



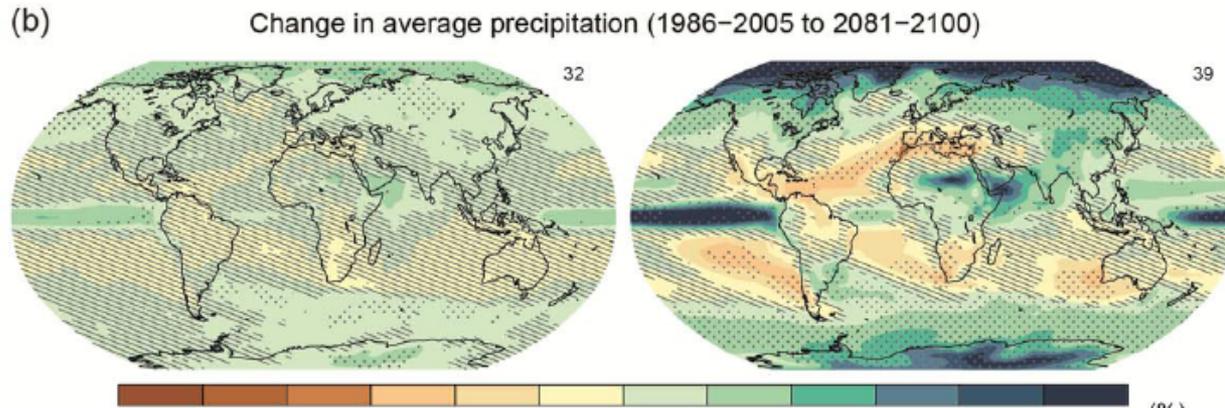
Température



Signal/bruit élevé



Signal/bruit faible



Précipitation

Projections : Principaux Risques Climatiques

Principaux Risques Climatiques Futurs à l'échelle de la planète



Stress thermique

L'exposition aux vagues de chaleur continuera à augmenter avec le réchauffement supplémentaire.



Pénurie d'eau

À +2 °C, les régions tributaires de la fonte des neiges pourraient voir leur disponibilité en eau pour l'agriculture diminuer de 20 %



Sécurité alimentaire

Le changement climatique compromettra de + en + la sécurité alimentaire.



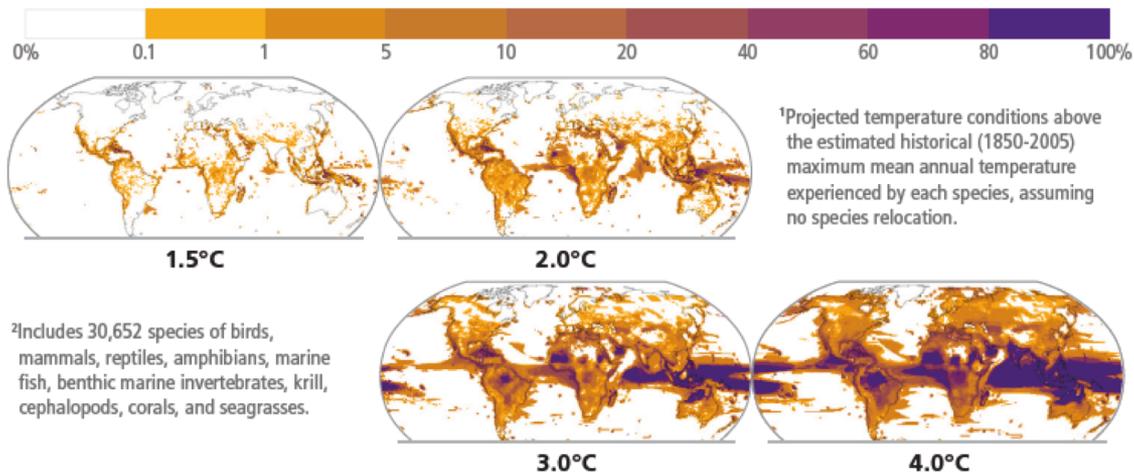
Risque d'inondation

D'ici le milieu du siècle, environ 1 milliard de personnes vivant dans les basses terres des villes littorales et les petites îles seront exposés aux risques liés à la montée de la mer

Future climate change is projected to increase the severity of impacts across natural and human systems and will increase regional differences

Examples of impacts without additional adaptation

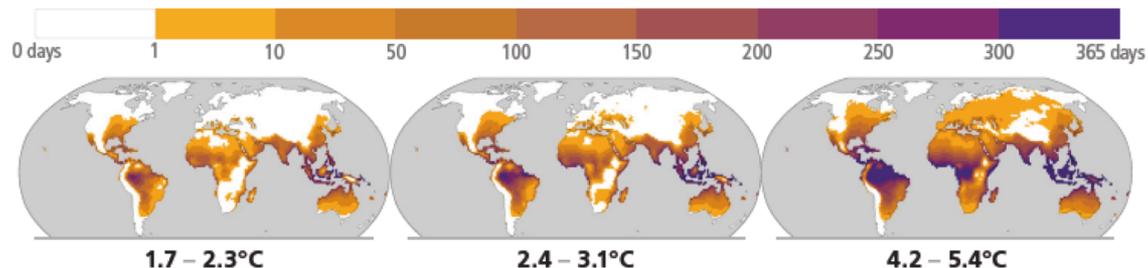
a) **Risk of species losses**
 Percentage of animal species and seagrasses exposed to potentially dangerous temperature conditions^{1,2}



b) **Heat-humidity risks to human health**



Days per year where combined temperature and humidity conditions pose a risk of mortality to individuals³

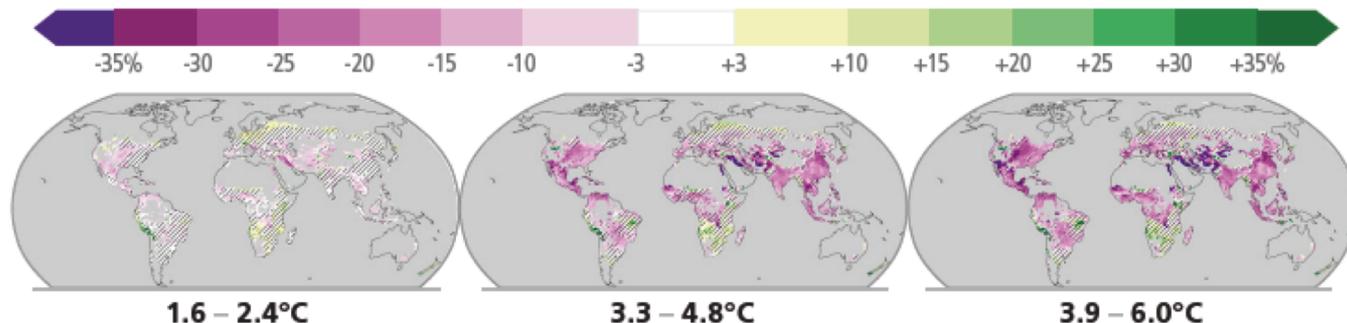


c) Food production impacts



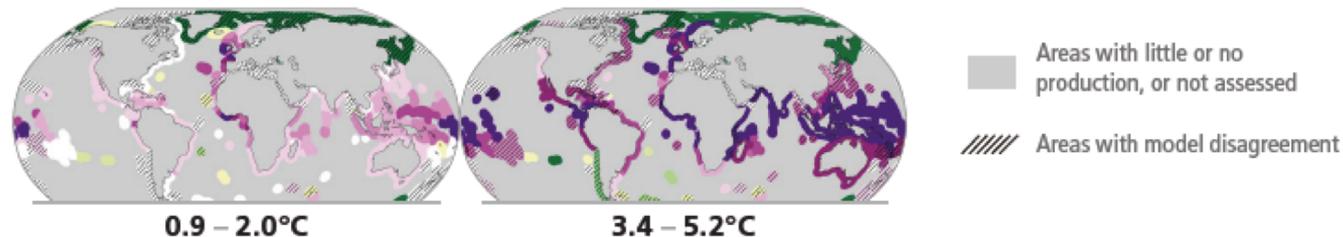
c1) Maize yield⁴

Changes (%) in yield



c2) Fisheries yield⁵

Changes (%) in maximum catch potential



⁴Projected regional impacts reflect biophysical responses to changing temperature, precipitation, solar radiation, humidity, wind, and CO₂ enhancement of growth and water retention in currently cultivated areas. Models assume that irrigated areas are not water-limited. Models do not represent pests, diseases, future agro-technological changes and some extreme climate responses.

⁵Projected regional impacts reflect fisheries and marine ecosystem responses to ocean physical and biogeochemical conditions such as temperature, oxygen level and net primary production. Models do not represent changes in fishing activities and some extreme climatic conditions. Projected changes in the Arctic regions have low confidence due to uncertainties associated with modelling multiple interacting drivers and ecosystem responses.

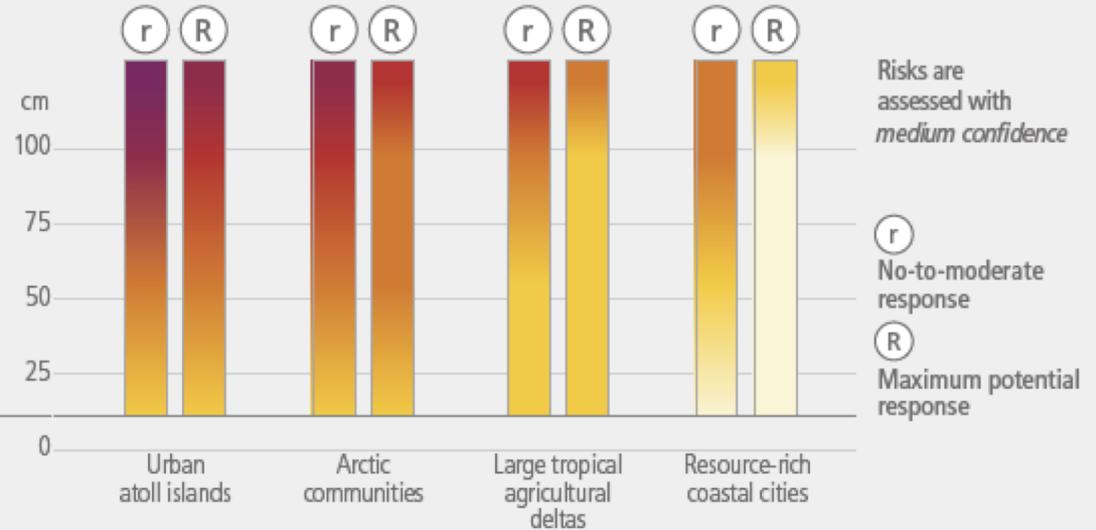
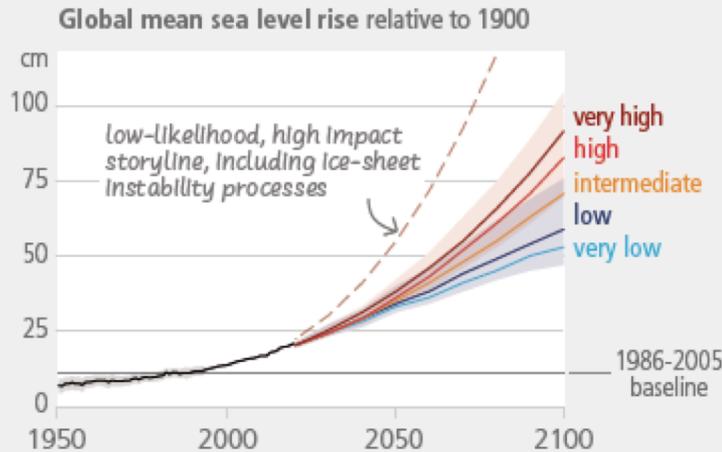
Projections : Risques liées à la montée du niveau des mers

risk is the potential for adverse consequences

Risk/impact

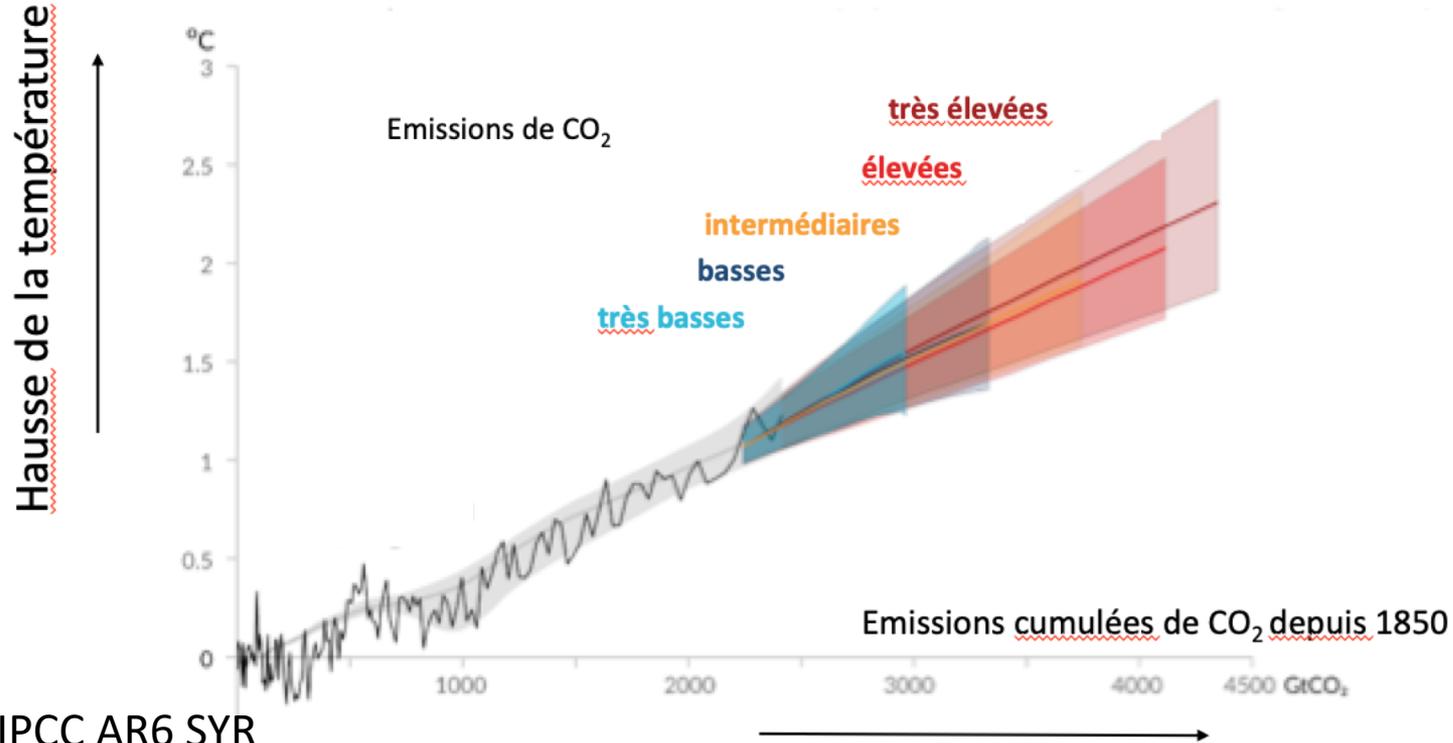
- Very high
- High
- Moderate
- Undetectable

c) Risks to coastal geographies increase with sea level rise and depend on responses



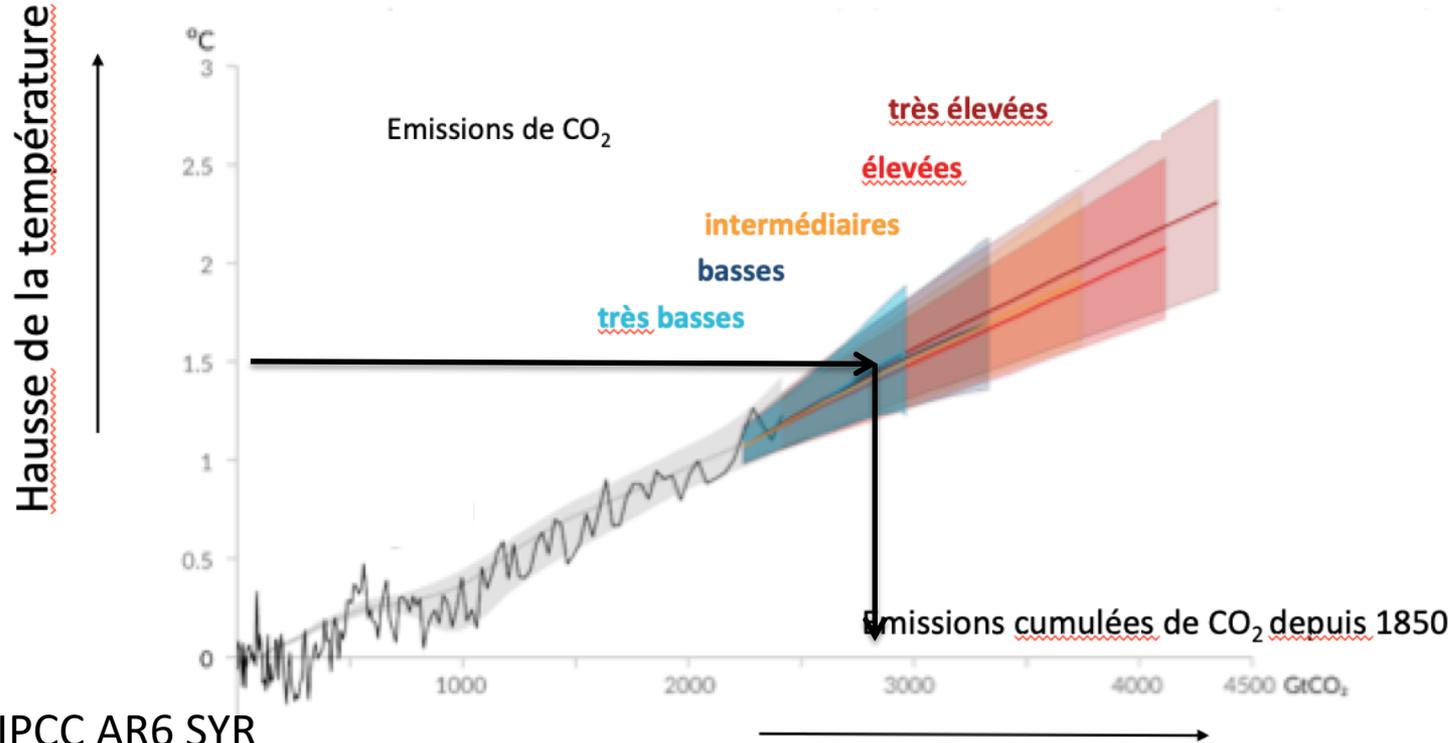
Réchauffement et Emissions Cumulées

Chaque tonne d'émissions de CO₂ contribue au réchauffement planétaire



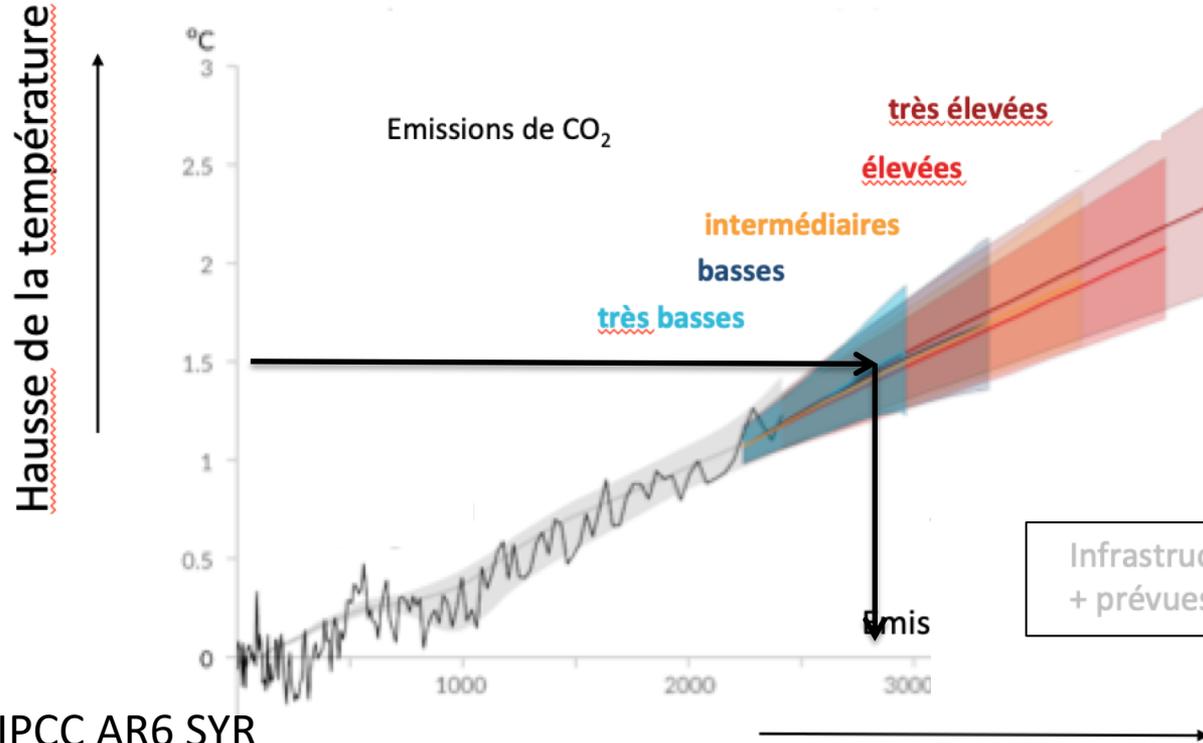
Réchauffement et Emissions Cumulées

Le budget carbone restant pour limiter le réchauffement à 1.5°C est de 500 GtCO₂.



Réchauffement et Emissions Cumulées

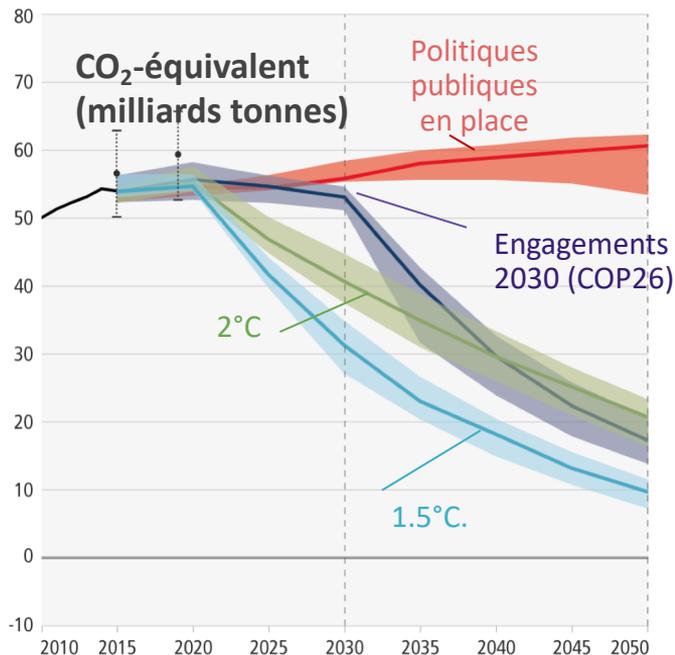
Le budget carbone restant pour limiter le réchauffement à 1.5°C est de 500 GtCO₂.



Les émissions de CO₂ projetées à partir des infrastructures existantes de combustibles fossiles, dépasse ce budget carbone (degré de confiance élevé).

Infrastructures fossiles existantes : 660 GtCO₂
+ prévues : 880 GtCO₂

Trajectoire des Emissions Compatibles d'ici 2030



sous 2°C

↓ CO₂-équivalent : 27% d'ici 2030

vers 1,5 °C

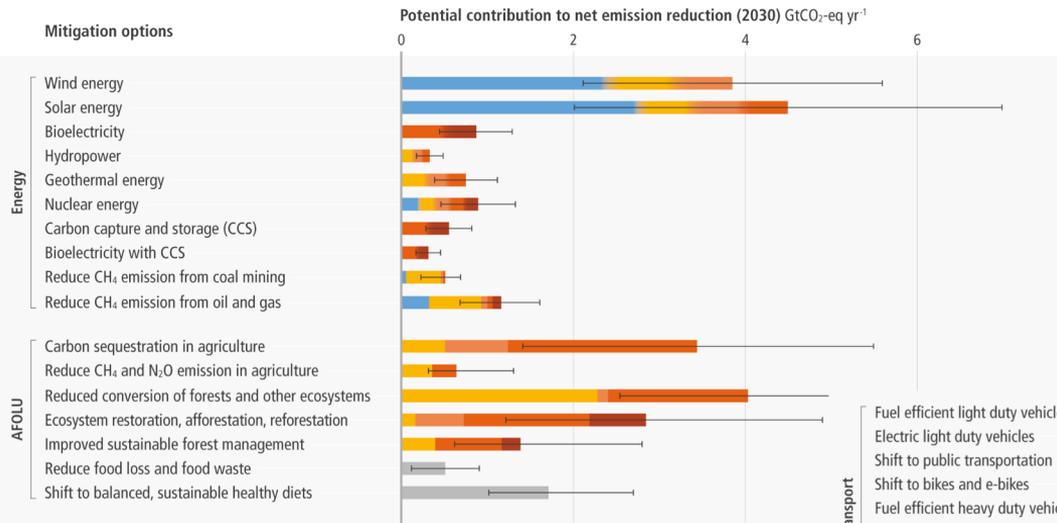
↓ CO₂-équivalent : 43% entre 2019 et 2030

↓ méthane : 34%

GIEC, rapport de synthèse

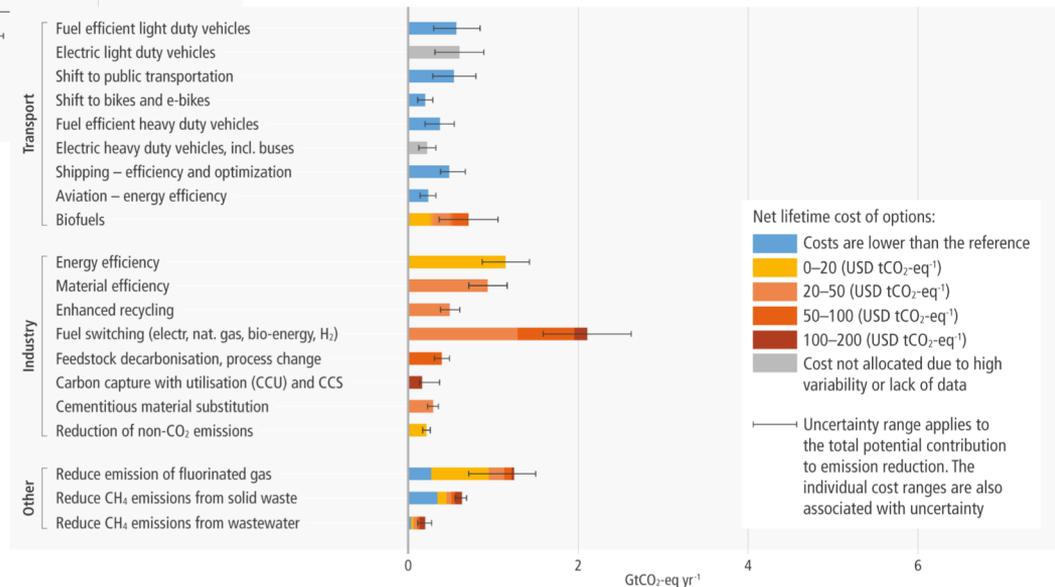
Pour parvenir à des émissions nettes nulles, il faut avant tout réduire fortement les émissions de CO₂, de méthane et autres GES.

Many options available now in all sectors are estimated to offer substantial potential to reduce net emissions by 2030. Relative potentials and costs will vary across countries and in the longer term compared to 2030.



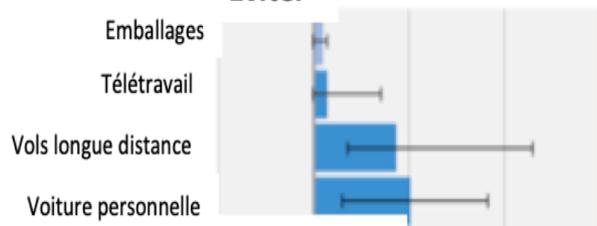
Les options et technologies sont disponibles pour parvenir à ces réductions

Et le coût pour bcp d'entres elles a fortement baissé

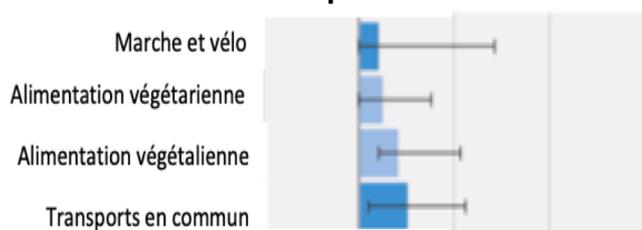


Transport Logement Alimentation

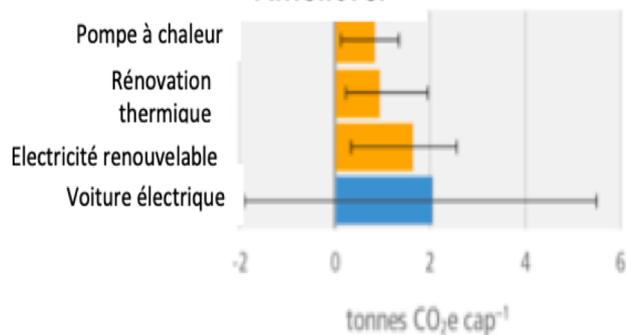
Eviter



Remplacer



Améliorer

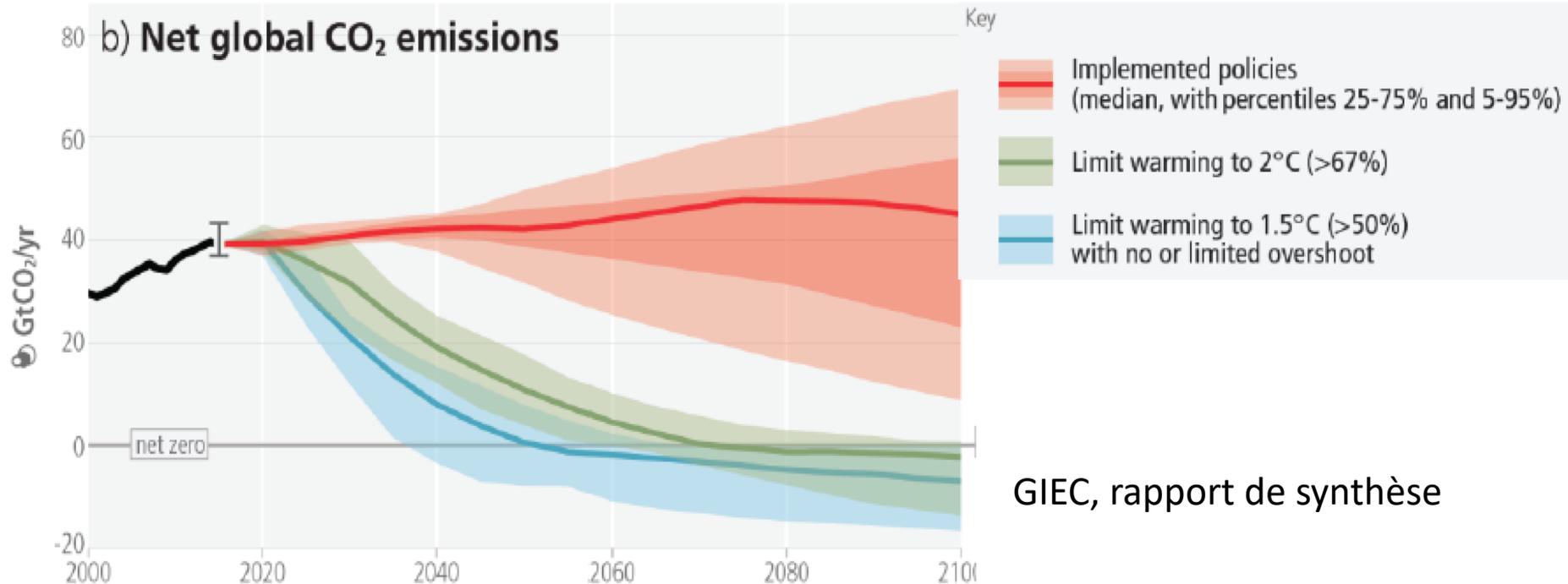


Demande et services

- Potentiel de diminution des émissions de gaz à effet de serre de **40-70% d'ici 2050**
- Marche et vélo, transports électrifiés, diminution des voyages en avion, adaptation des logements, changement d'alimentation constituent les plus grandes contributions
- Les changements de modes de vie demandent des changements systémiques dans l'ensemble des sociétés
- Besoin de logements, énergie, ressources supplémentaires pour assurer le bien-être de certaines personnes

Sobriété (« sufficiency ») : ensemble de mesures et de pratiques quotidiennes qui permettent d'éviter une demande en énergie, matériaux, usage des terres et eau tout en assurant le bien-être de tous dans le respect des limites planétaires.

Trajectoire des Emissions Compatibles → 2100



GIEC, rapport de synthèse

L'élimination du dioxyde de carbone (CDR) sera nécessaire pour parvenir à des émissions de CO₂ nettes et négatives post-2050.