

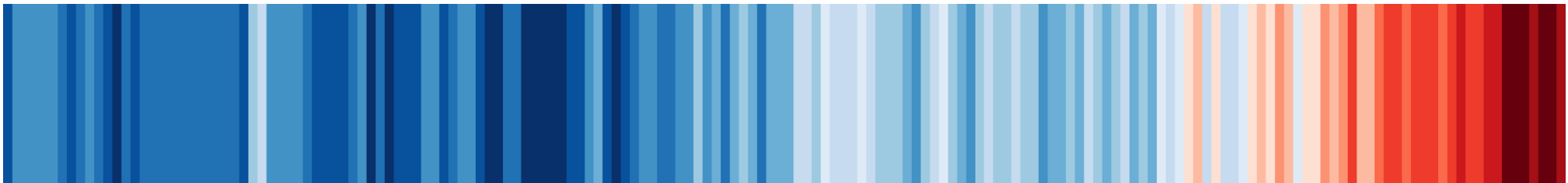


Changement climatique: où en sommes-nous ? Vers où allons-nous ?

Françoise Vimeux

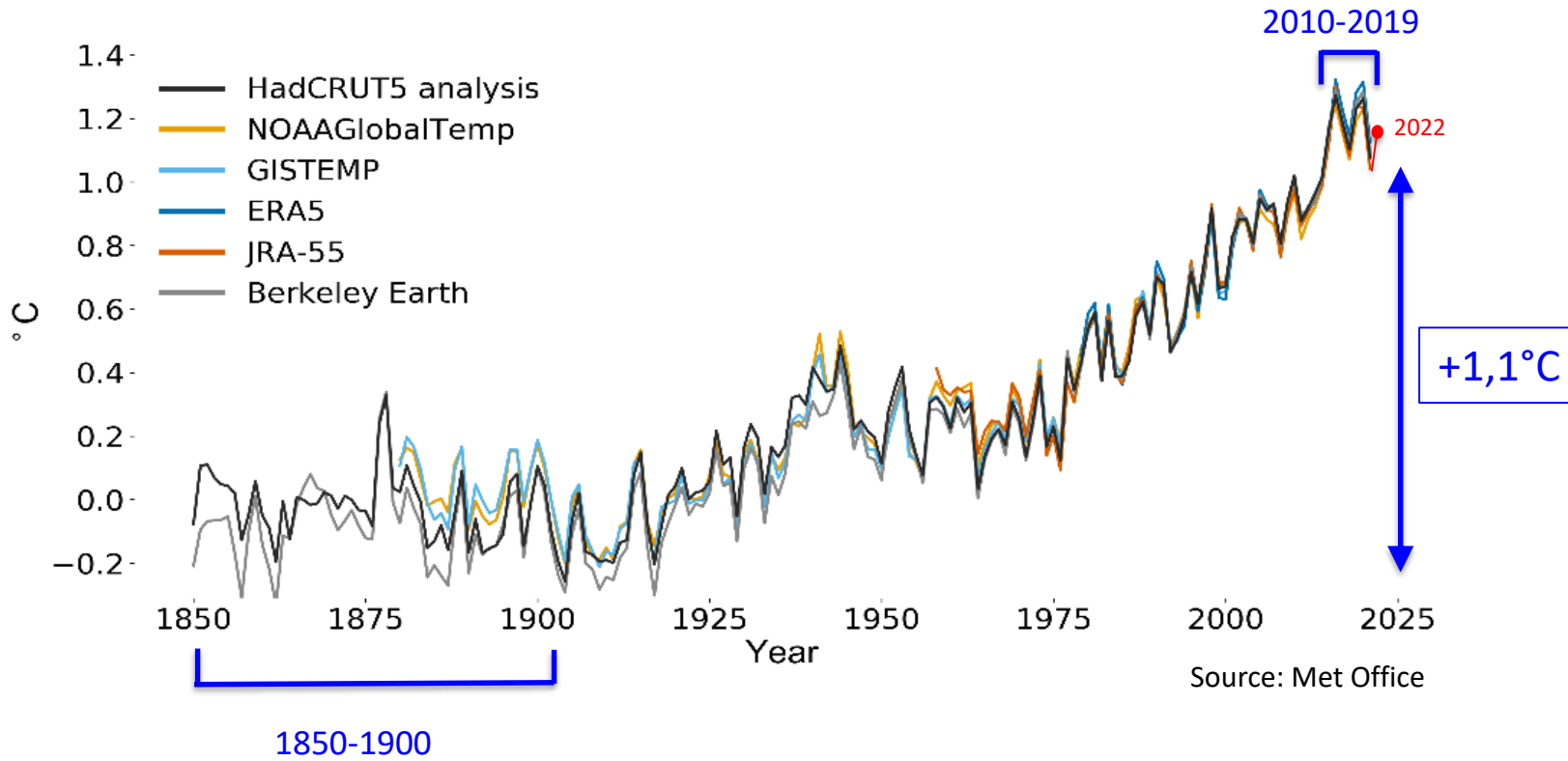
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

Laboratoire HydroSciences Montpellier (HSM) & Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)



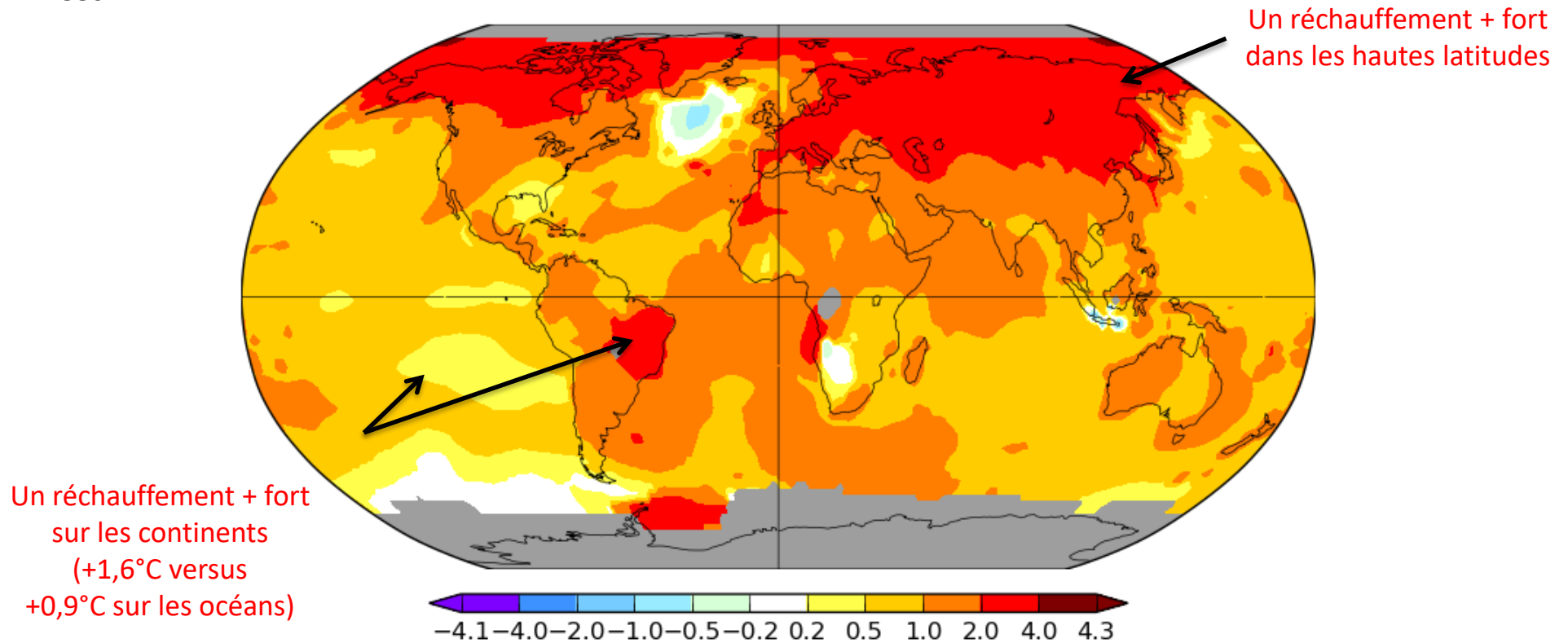
La Terre se réchauffe... Où en est-on ?

Evolution de la température (°C) à la surface de la Terre depuis le milieu du 19^{ème} siècle relativement à la période 1850-1900



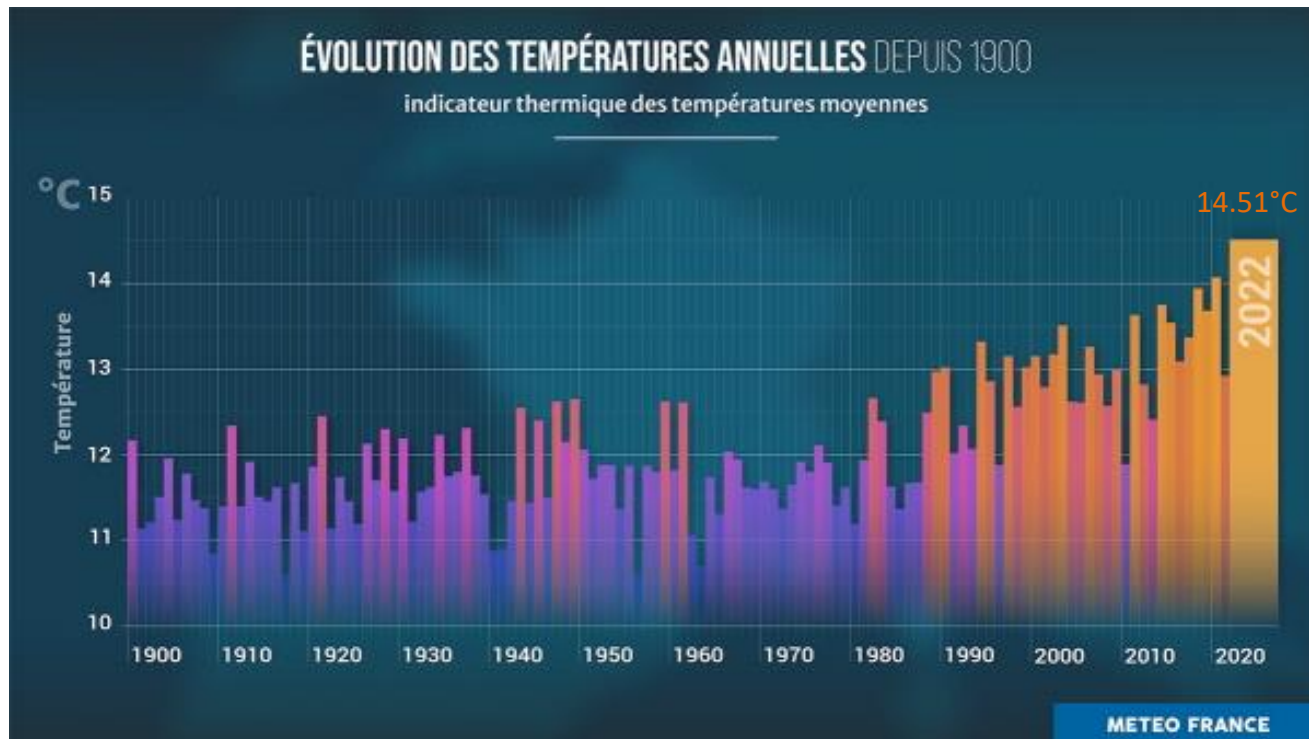
La Terre se réchauffe... Avec des disparités spatiales

Changement de température en moyenne annuelle à la surface de la Terre (°C) **en 2022** depuis 1880



Source: NASA GISS

La France métropolitaine se réchauffe plus vite que la moyenne mondiale



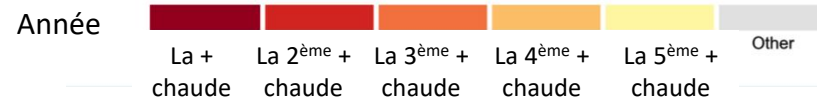
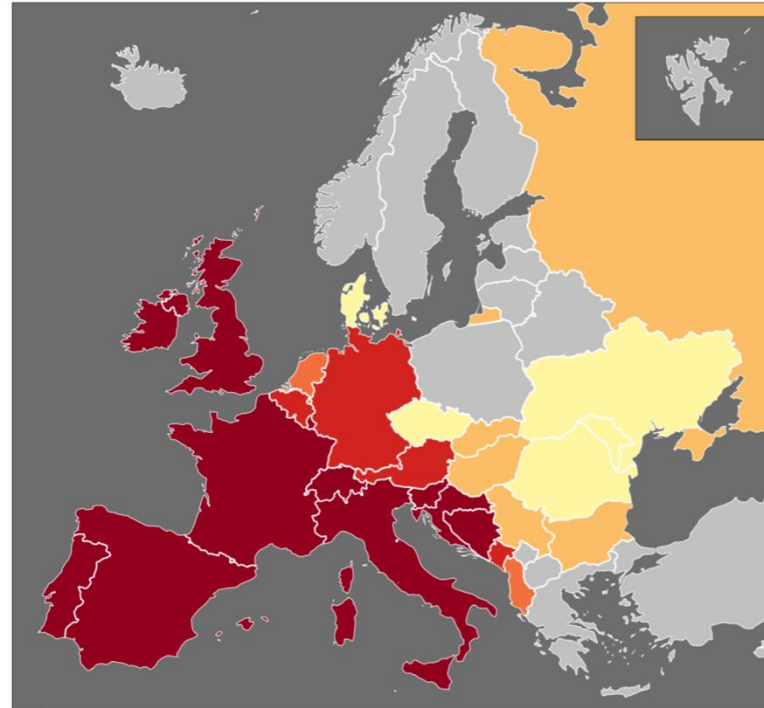
2022:
année la plus chaude jamais
enregistrée
précédent record en 2020
(14,07°C)

+1,7°C

←—————→
Jusqu'en 1980, une grande partie du réchauffement
est masquée par les émissions d'aérosols

L'année 2022 en Europe

Rang de classement de l'année 2022 selon sa température



Source: European Copernicus programme

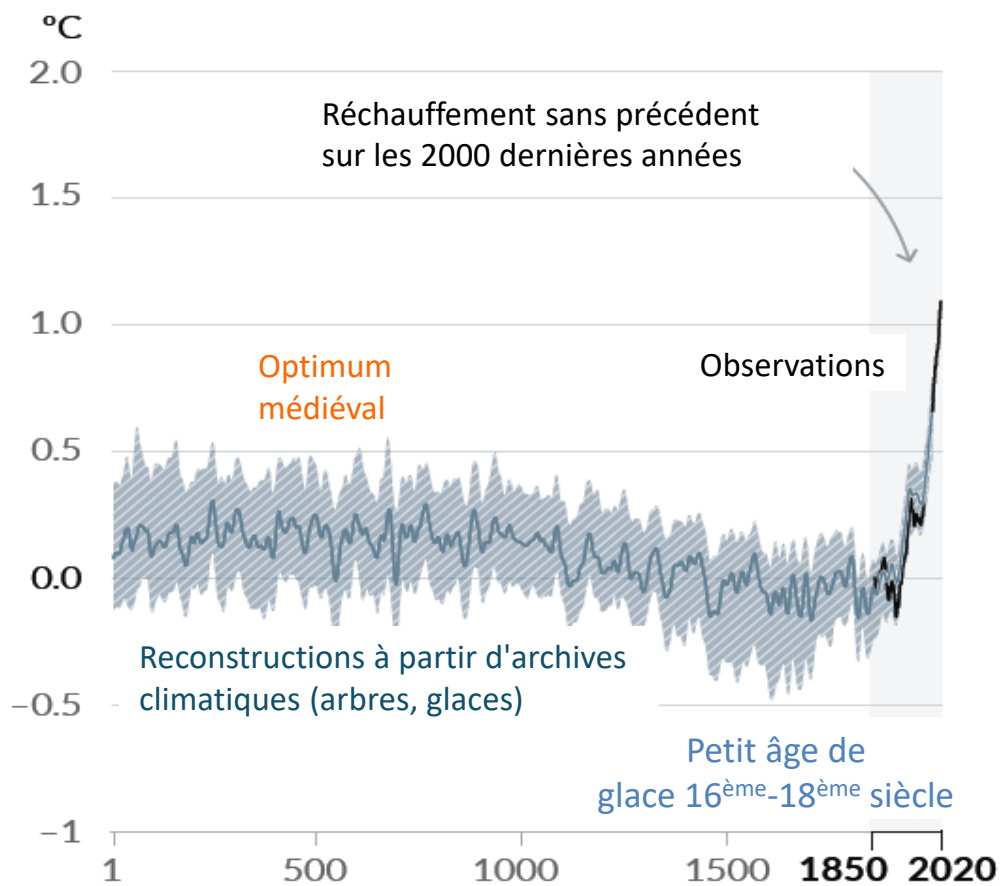
2022

- Année la plus chaude dans plusieurs pays de l'Ouest et du Sud de l'Europe
- 2^{ème} année la plus chaude en moyenne sur toute Europe (5^{ème} au niveau mondial)

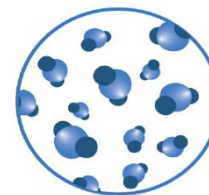
Depuis 30 ans, l'Europe subit un réchauffement plus de 2 fois supérieur à la moyenne globale

Ce réchauffement (et d'autres changements) sont sans précédent

Température (°C) en surface relativement à 1850-1900



concentration CO_2



la plus élevée
depuis au moins
2 millions d'années

montée du niveau des mers



la plus rapide
depuis au moins
3000 ans

surface de la banquise arctique



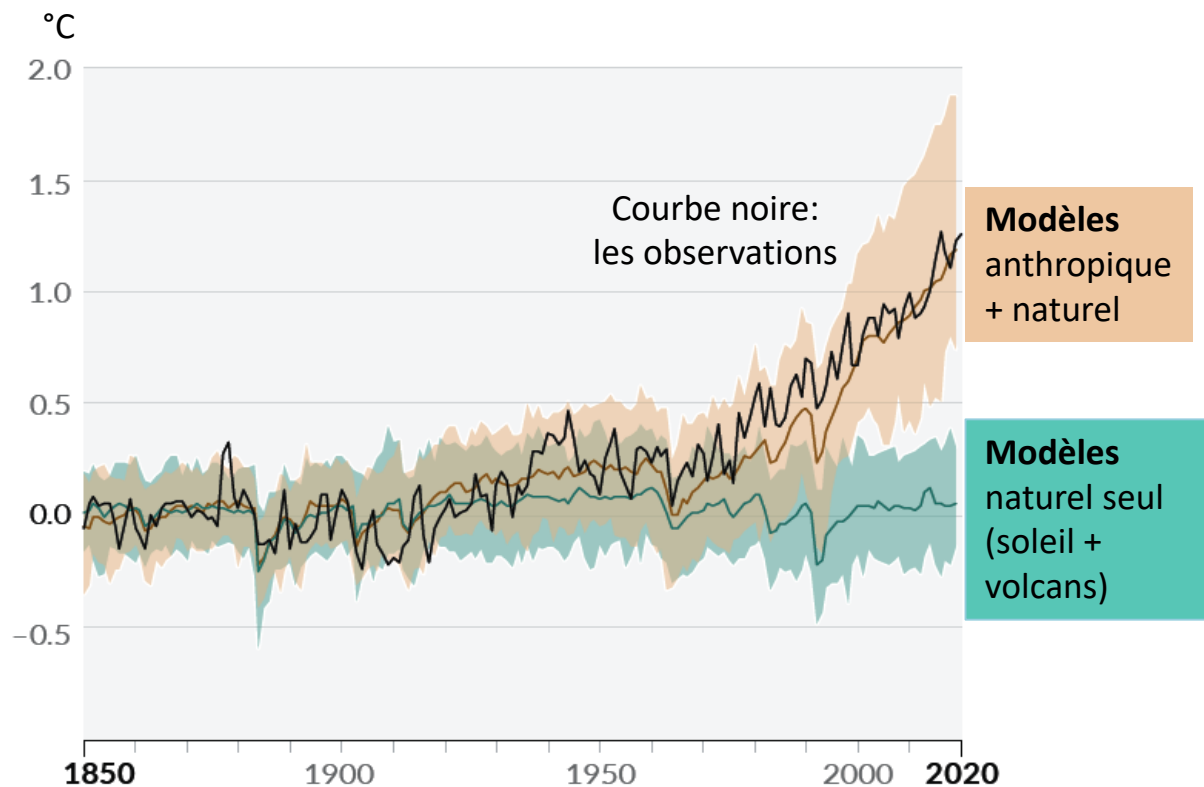
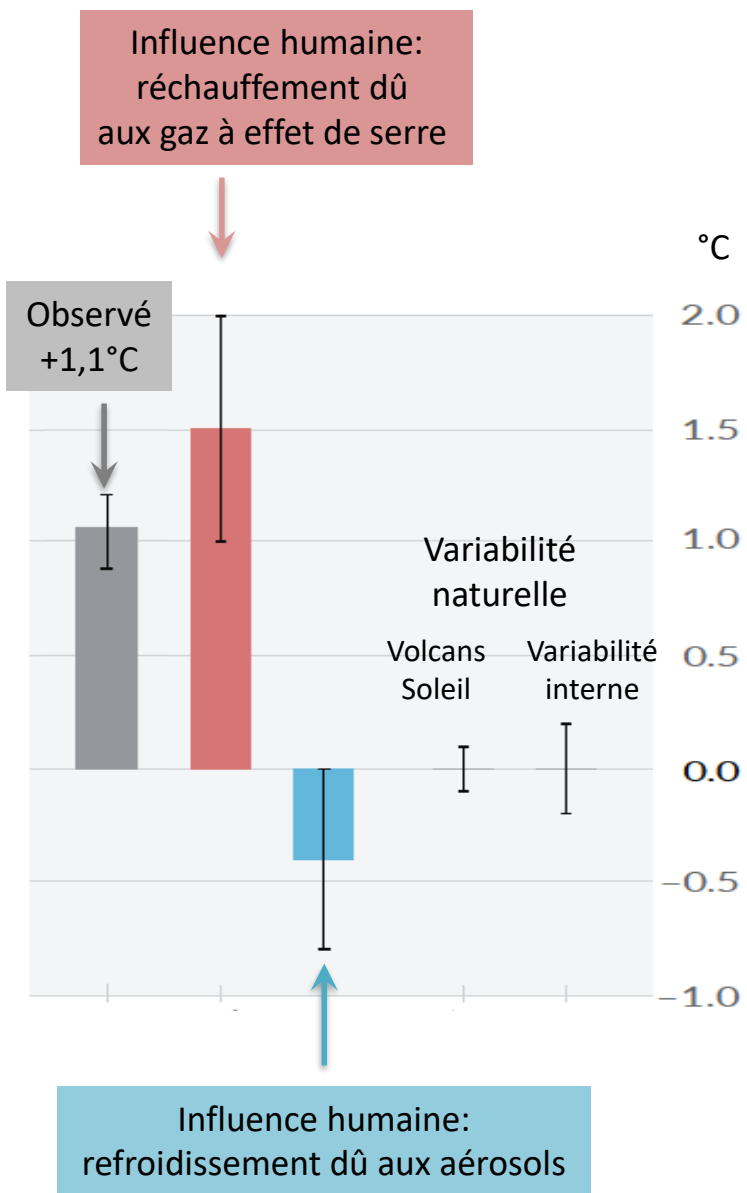
la plus réduite
depuis au moins
1000 ans

recul des glaciers



sans précédent
depuis au moins
2000 ans

Le réchauffement depuis l'ère pré-industrielle est entièrement causé par les activités humaines



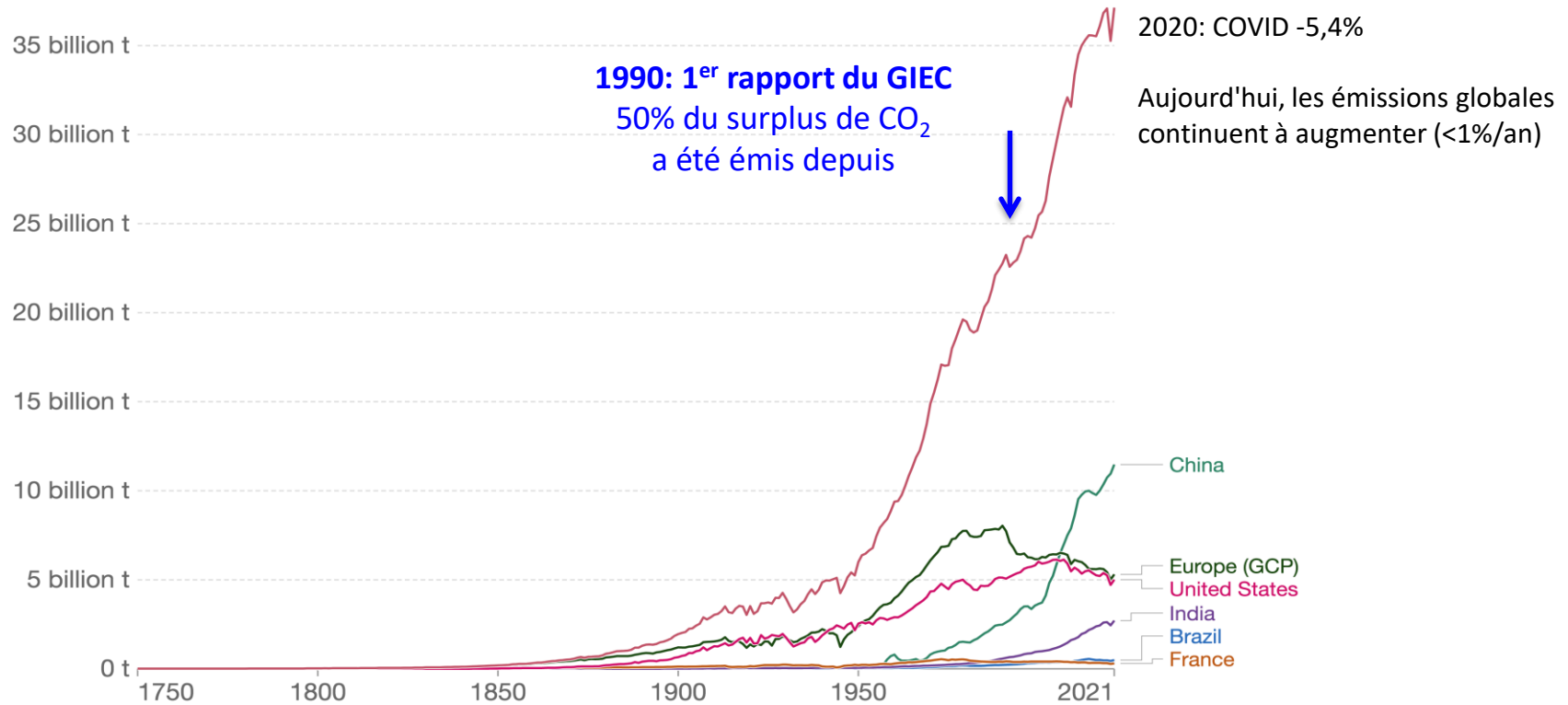
→ Nous sommes capables de reproduire le réchauffement observé **seulement si nous prenons en compte les activités humaines**

→ Les facteurs naturels seuls (soleil, volcan, variabilité interne) ne sont pas responsables du réchauffement depuis 1850

Les émissions globales de CO₂ depuis 1750

Emissions annuelles de CO₂ depuis 1750 (en milliard de tonnes)

Combustion des énergies fossiles et industries



Source: global carbon project

Emission globale de CO₂ aujourd'hui: ~85% la combustion d'énergie fossile et ~15% usages des sols

Que devient le CO₂ que nous rejetons ?

→ 59% a été absorbé par les océans, la végétation et les sols

→ Le reste se retrouve dans l'atmosphère et s'accumule année après année

Les émissions globales de CO₂ par pays en 2021

Emissions globales de CO₂ en 2021 par pays
Combustion des énergies fossiles et industries

Our World
in Data

Europe-28, 3^{ème} émetteur: 8,5%

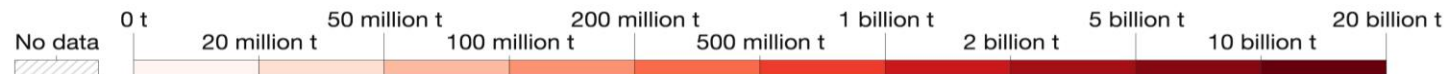
Amérique du Nord:
2nd émetteur: 16,5%

Chine, 1^{er} émetteur: 31%

Inde
4^{ème} émetteur:
7,3%

Afrique: 3,9%

En million de tonnes

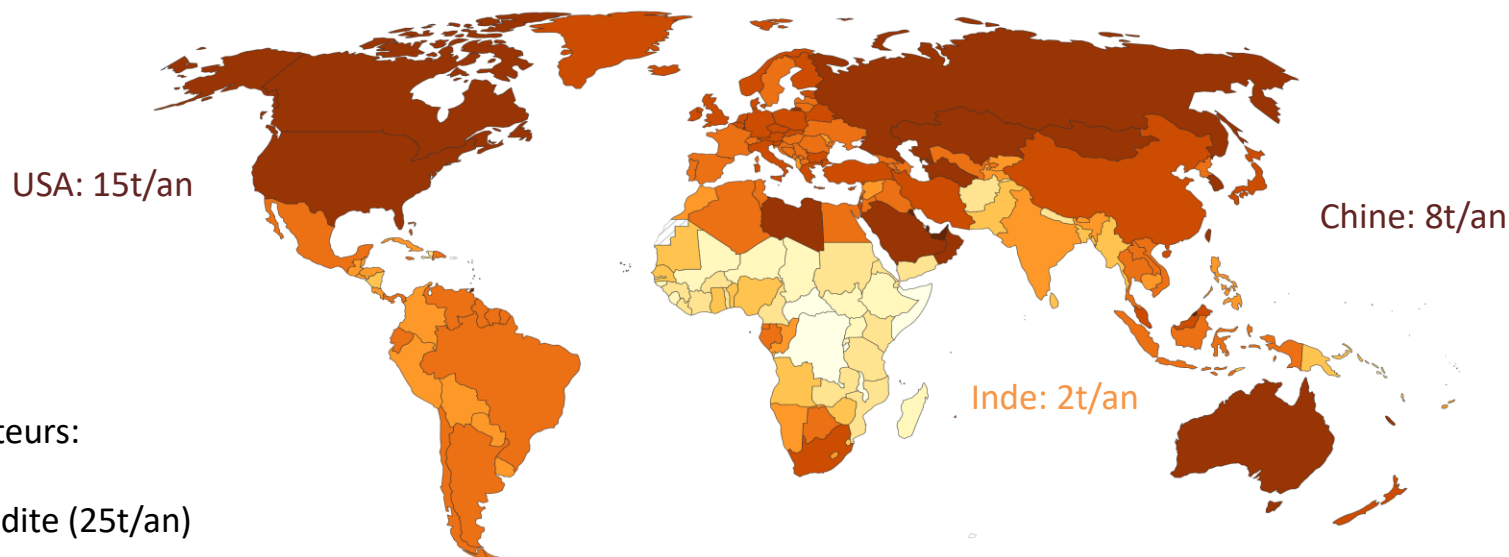


Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022) OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Source: global carbon project

Les émissions globales par pays en 2021 ramenées au nombre d'habitant

Emissions globales de CO₂ en 2021 par pays et **par habitant** (moyenne globale ~5t/an)
Combustion des énergies fossiles et industries

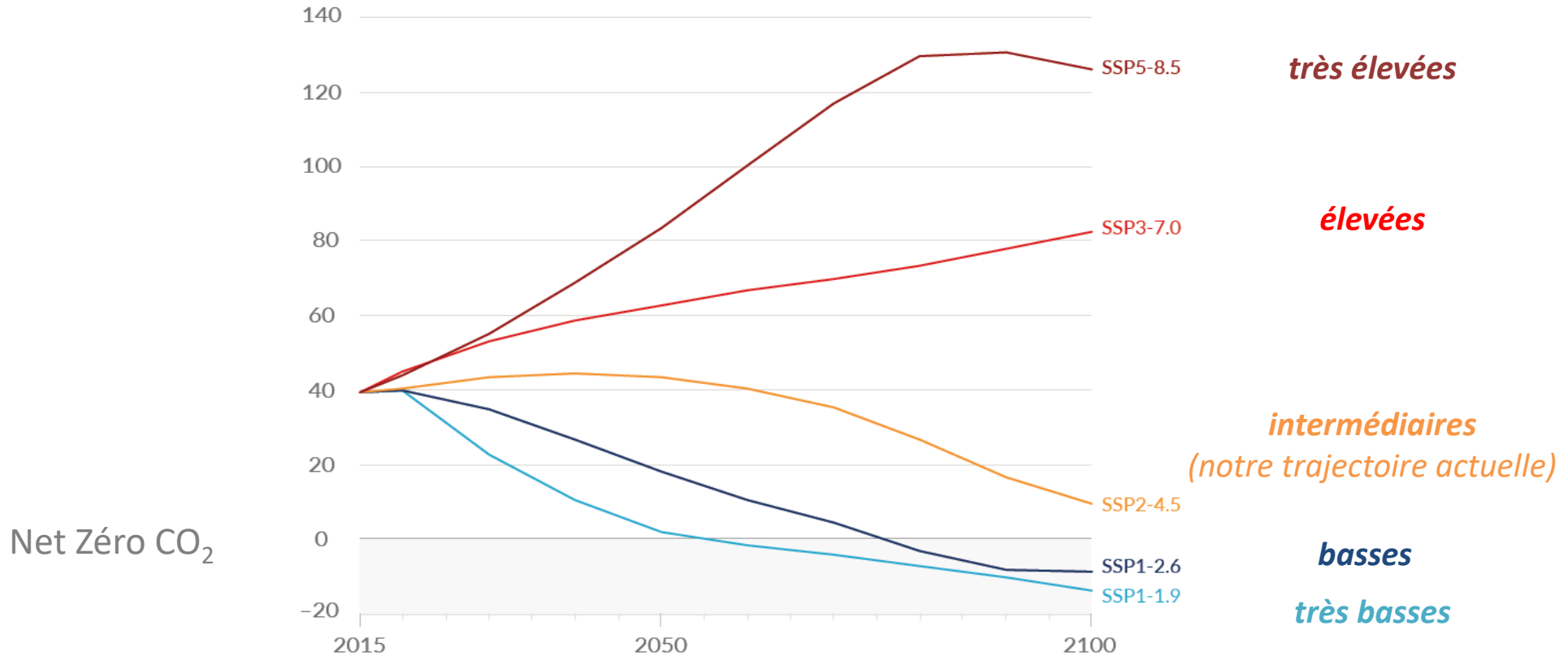


Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022) OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Source: global carbon project

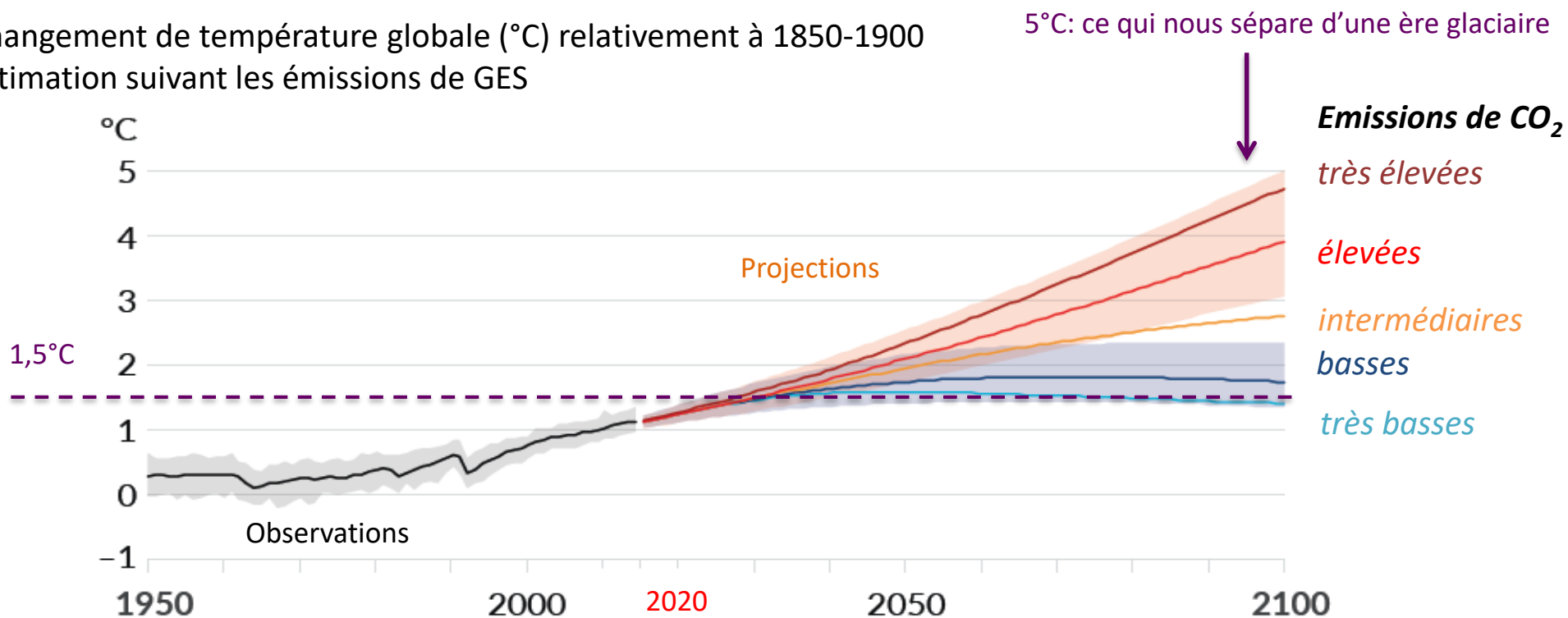
Et demain ? Vers où allons-nous ?

Les 5 scénarios pour les émissions futures de CO₂ (Gt/an)



Le réchauffement au 21^{ème} siècle va dépendre des émissions à venir

Changement de température globale (°C) relativement à 1850-1900
Estimation suivant les émissions de GES



Amplification des changements de température selon le degré de réchauffement

Changement de température à la surface du globe pour un réchauffement global de...

Les émissions actuelles
si elles se poursuivent nous conduisent

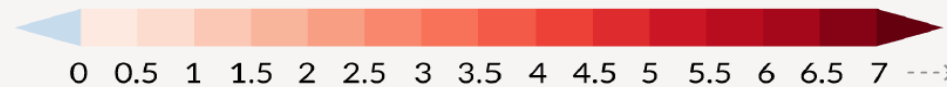
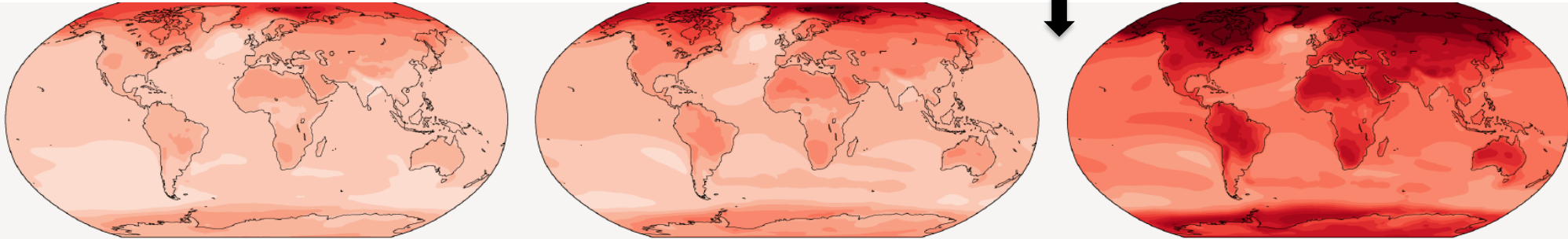
ici pour 2050

entre ces 2 panels pour 2100 (~3°C)

+1,5°C

+2°C

+4°C



changement (°C)

plus chaud

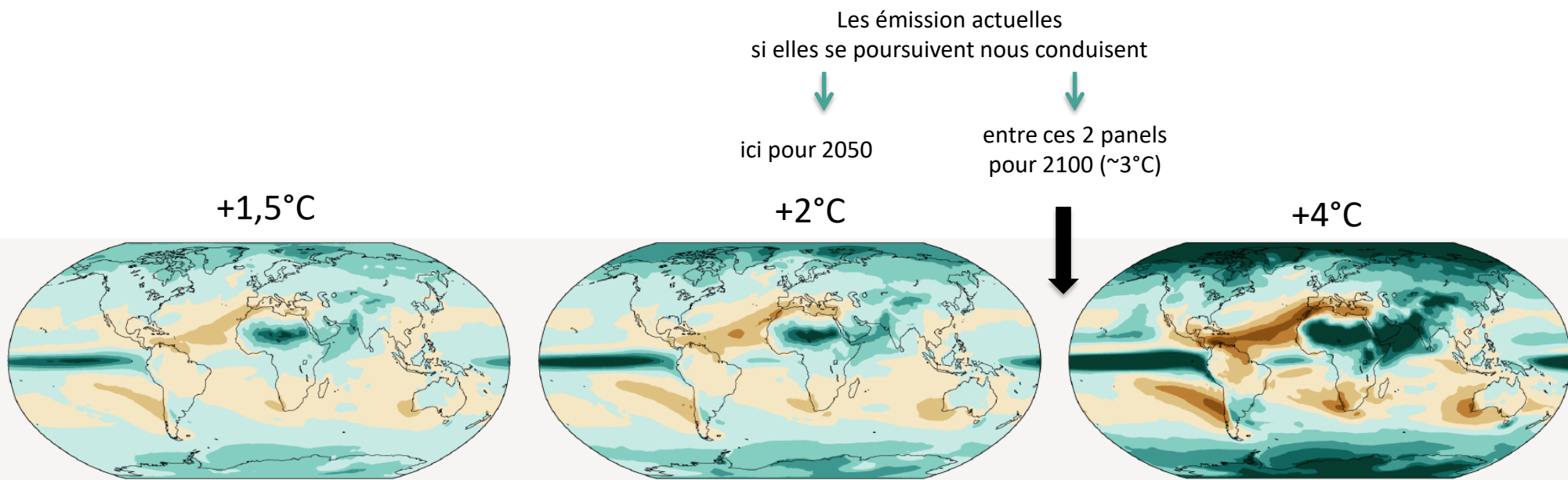
GIEC, Groupe 1, 2021

En France:
+3,8°C (jusque +5°C l'été)
Un réchauffement + fort en été (30%) qu'en hiver (+15%)

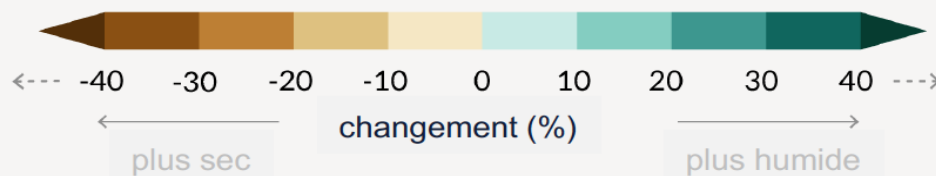
Ribes et al., 2022

Amplification des changements de pluie selon le degré de réchauffement

Changement de pluie pour un réchauffement global de...



Certains changements sont faibles en valeur absolue mais apparaissent larges en % dans les régions sèches



GIEC, Groupe 1, 2021

En France:

Légère augmentation des pluies en hiver sur les 2/3 Nord (10%)
Moins de pluie partout l'été, marquée dans le Sud jusque -30%
→ Assèchement global du territoire

Les composantes "lentes" du système climatique et leur inertie

“ Il n'y a pas de retours en arrière possible à l'échelle de plusieurs siècles à plusieurs millénaires pour certains changements dans le système climatique...” ”

Rapport du Groupe 1 du GIEC, 2021



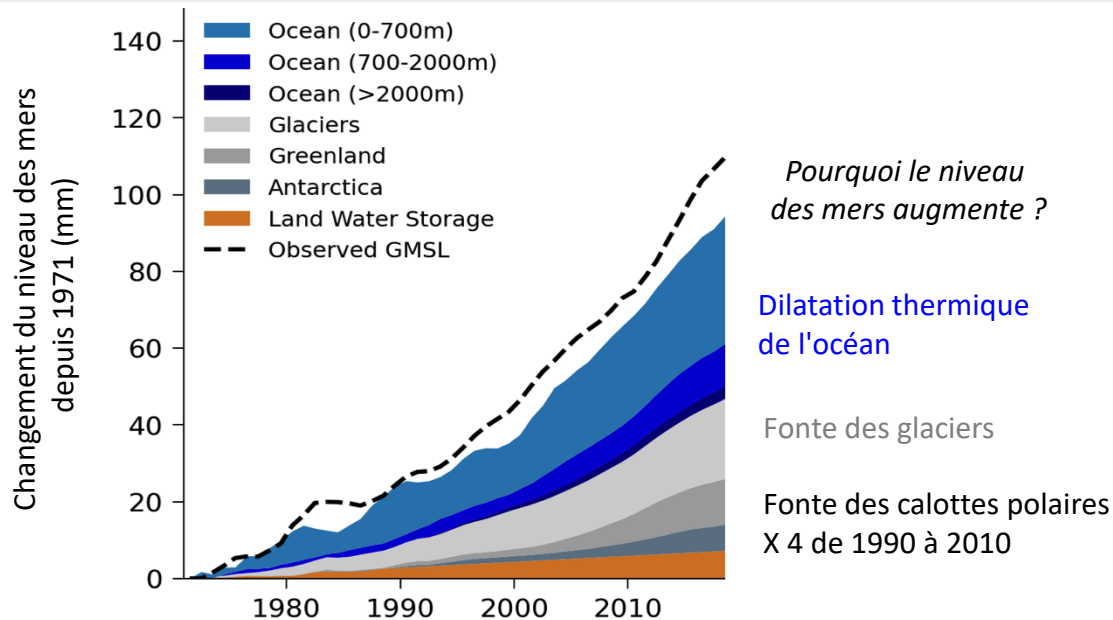
Océan

Augmentation de la température
Hausse du niveau marin
Modification des courants
Acidification



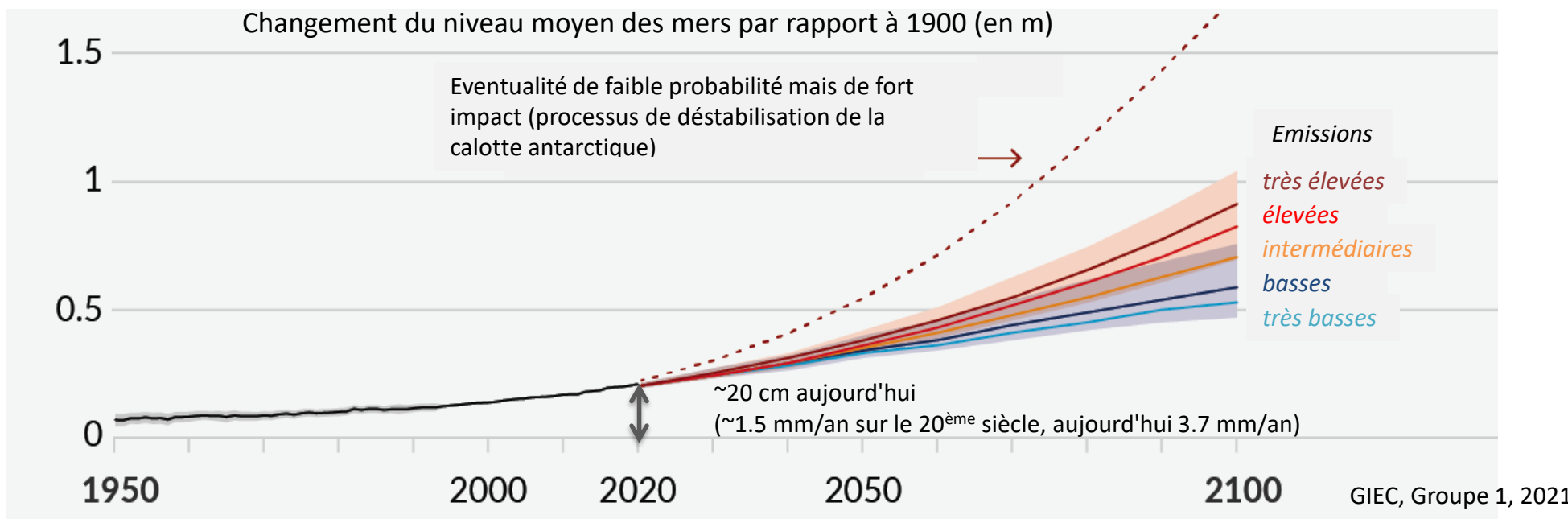
Fonte des calotte polaires

La montée du niveau marin



1 milliard de personnes d'ici 2050 vont être affectées par l'augmentation du niveau des mers (territoires d'altitude < 10m).

GIEC, Groupe 2, 2022





Les sécheresses

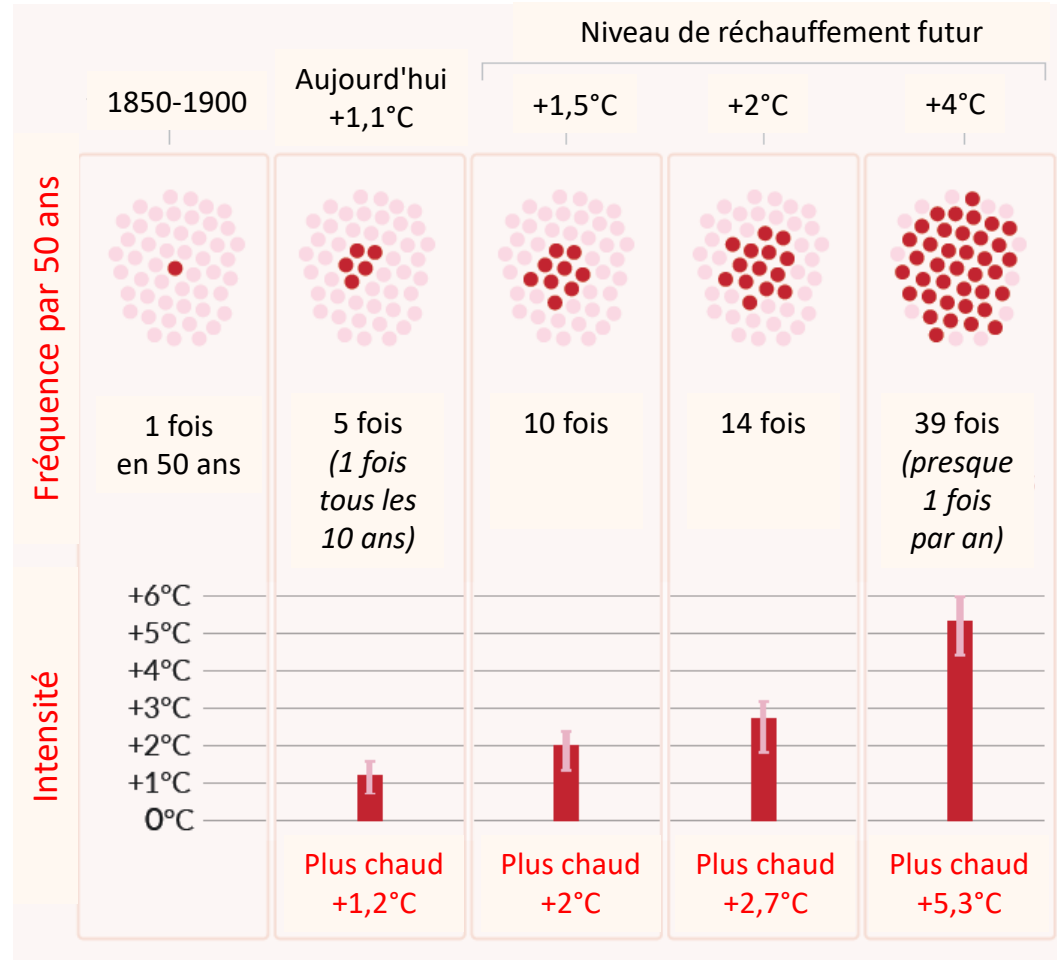


**Les vagues
de chaleur**

Les pluies torrentielles



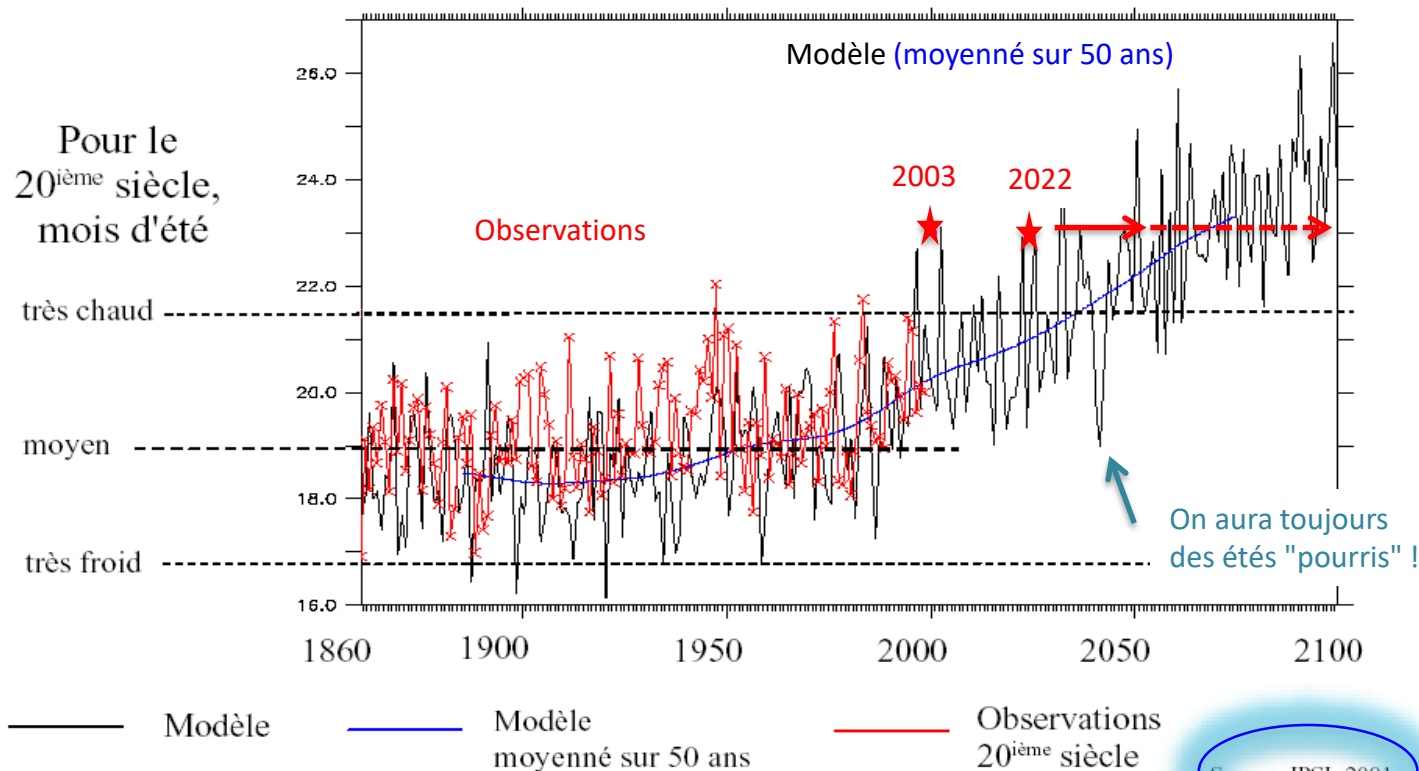
Projections au niveau global de l'évolution des vagues de chaleur



GIEC, Groupe 1, 2021

- Augmentation de la fréquence, de l'intensité, de la durée et de la plage d'occurrence des vagues de chaleur
- Dans le plupart des régions du monde, les vagues de chaleur sont déjà attribuables au changement climatique

Evolution des températures d'été en France de 1860 à 2100, scénario intermédiaire (+3° C en 2100 en global)



2003: +2,7°C (vs 1991-2020)
(1 chance /600 de se produire à l'époque donc exceptionnel; aujourd'hui 1/50)

2022: +2,3°C (vs 1991-2020)
(1 chance/10 de se produire donc possible)

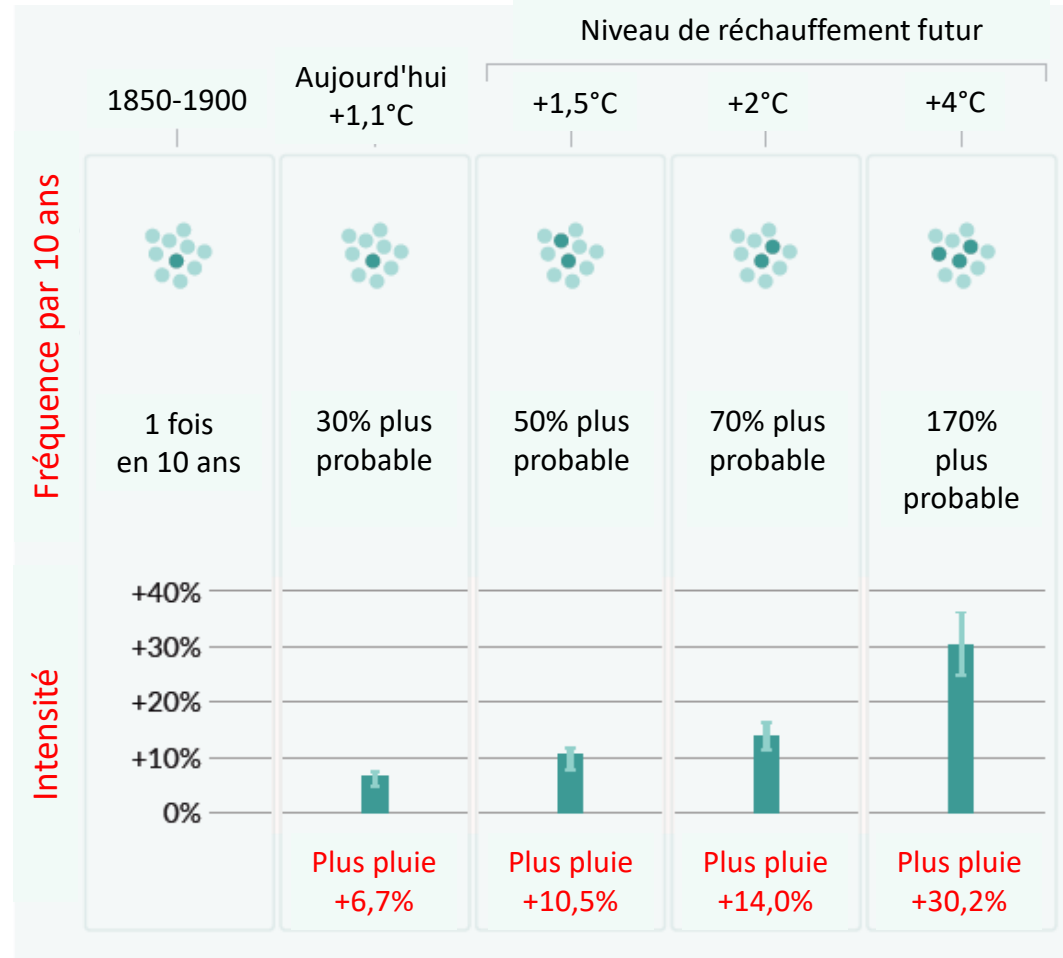
Météo-France
C. Cassou et collègues

Le changement climatique impacte déjà l'intensité et la fréquence des vagues de chaleur sur notre territoire

L'été 2022, prévisible, deviendra la norme d'ici à 2050-2060 et sera frais en 2100

→ Ce qui était exceptionnel, devient la norme

Projections au niveau global de l'évolution des pluies torrentielles



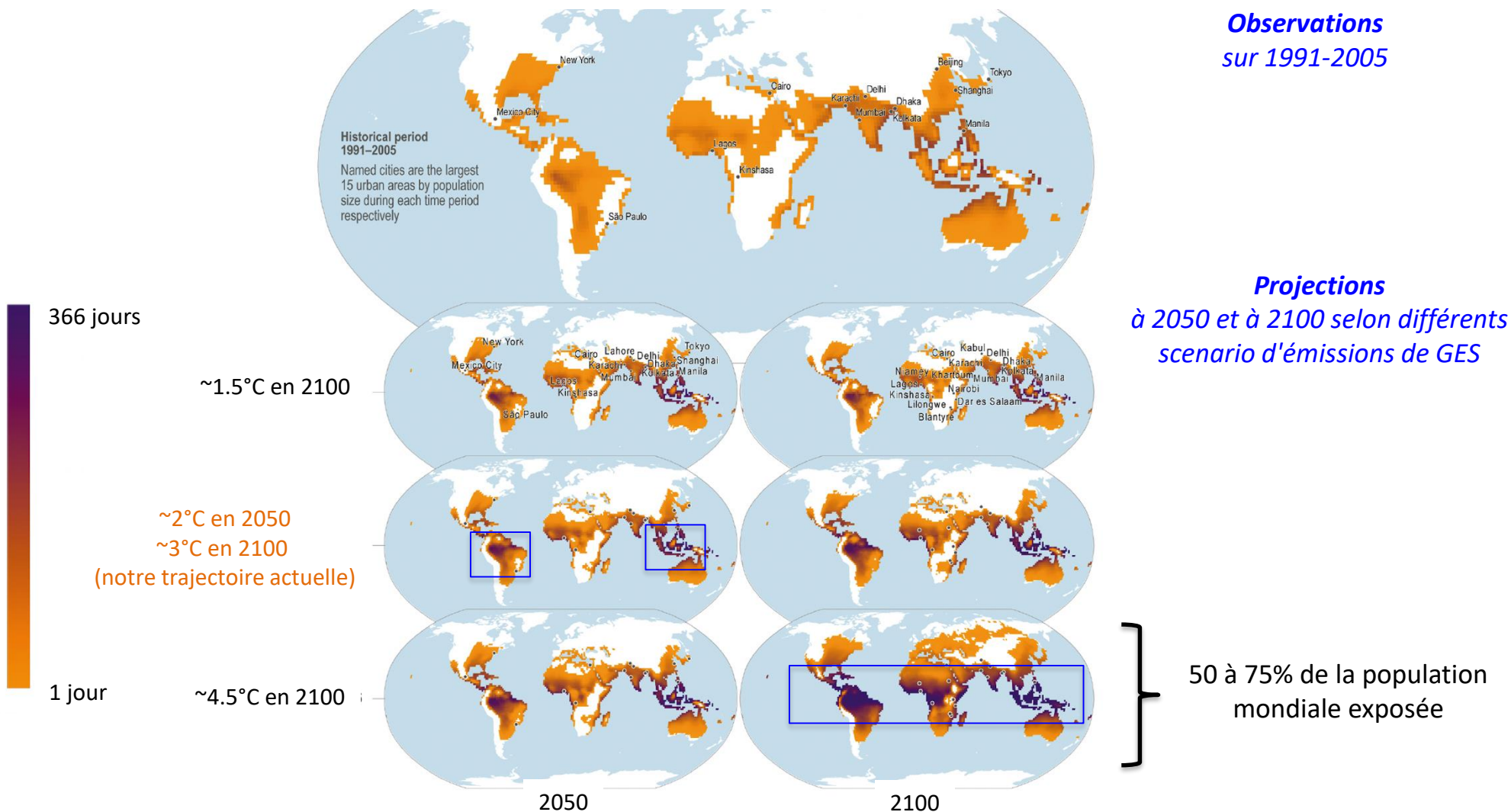
GIEC, Groupe 1, 2021

→ Augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies torrentielles sur tous les continents

→ Une région peut être en moyenne plus sèche mais être soumise à des événements de pluies torrentielles plus intenses et plus fréquents (Europe de l'Ouest et du Sud, Brésil, Afrique du Sud)

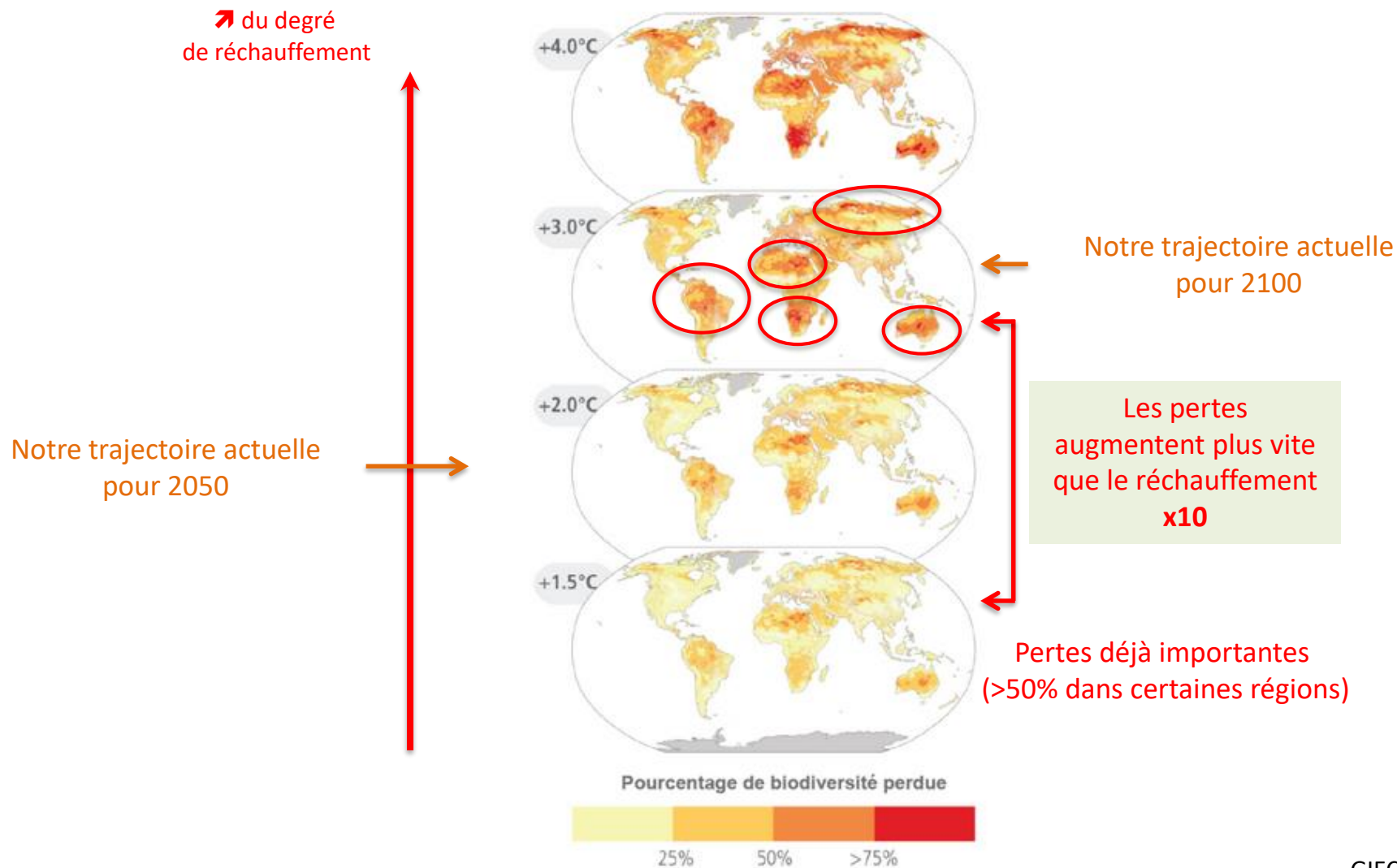
Impacts observés et à venir de conditions météorologiques extrêmes sur la santé

Nombre de jours par an d'exposition de la population à des extrêmes de chaleur et d'humidité potentiellement mortels



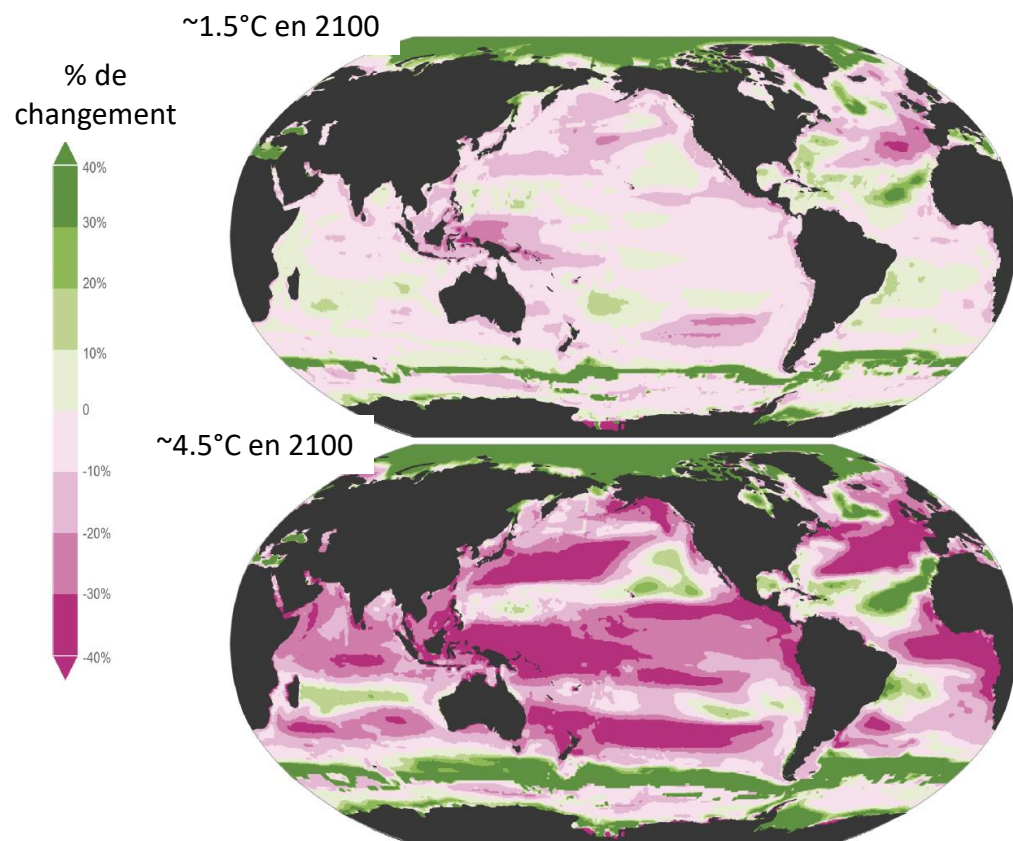
Impacts sur la biodiversité selon le degré de réchauffement

Perte de biodiversité terrestre et d'eau douce pour différents degrés de réchauffement comparée à la période pré-industrielle



Perte de biomasse marine selon le degré de réchauffement et impacts nutritionnels

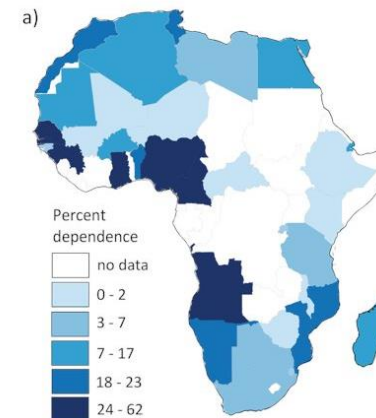
Changement de biomasse marine (poissons) 2090-2099 versus 1990-1999



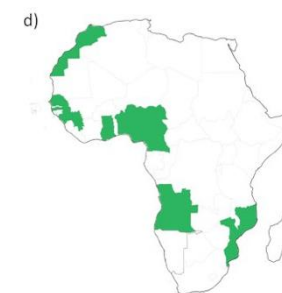
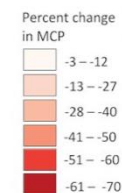
GIEC, Groupe 2, 2022

Avec des enjeux nutritionnels
Exemple de l'Afrique

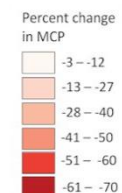
Dépendance à la nourriture marine (%)



+1,6°C
(2081-2100 versus 1986-2005)



+4°C
(2081-2100 versus 1986-2005)

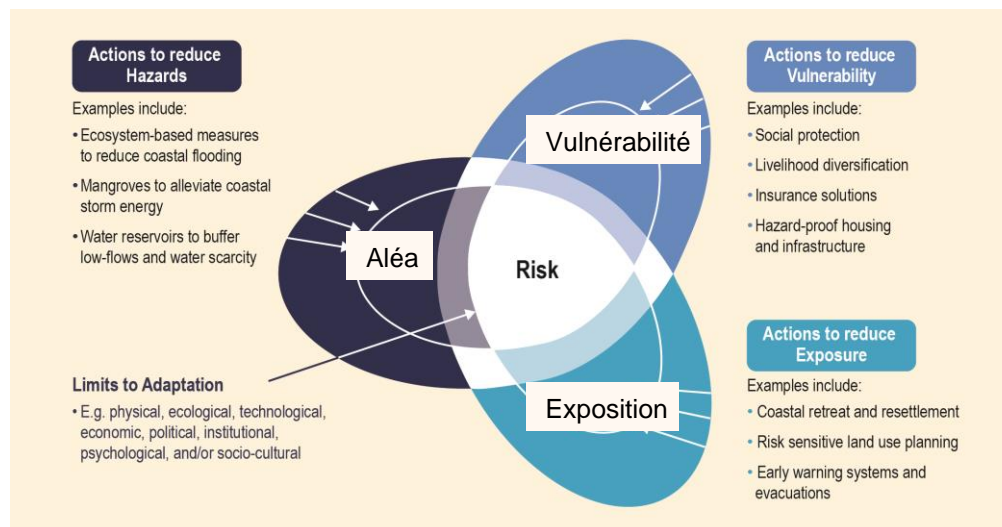


Changement dans les prises de pêche potentielles (%)

Pays hautement vulnérables aux menaces sur la pêche dûes au CC

Pourquoi l'adaptation est-elle nécessaire ?

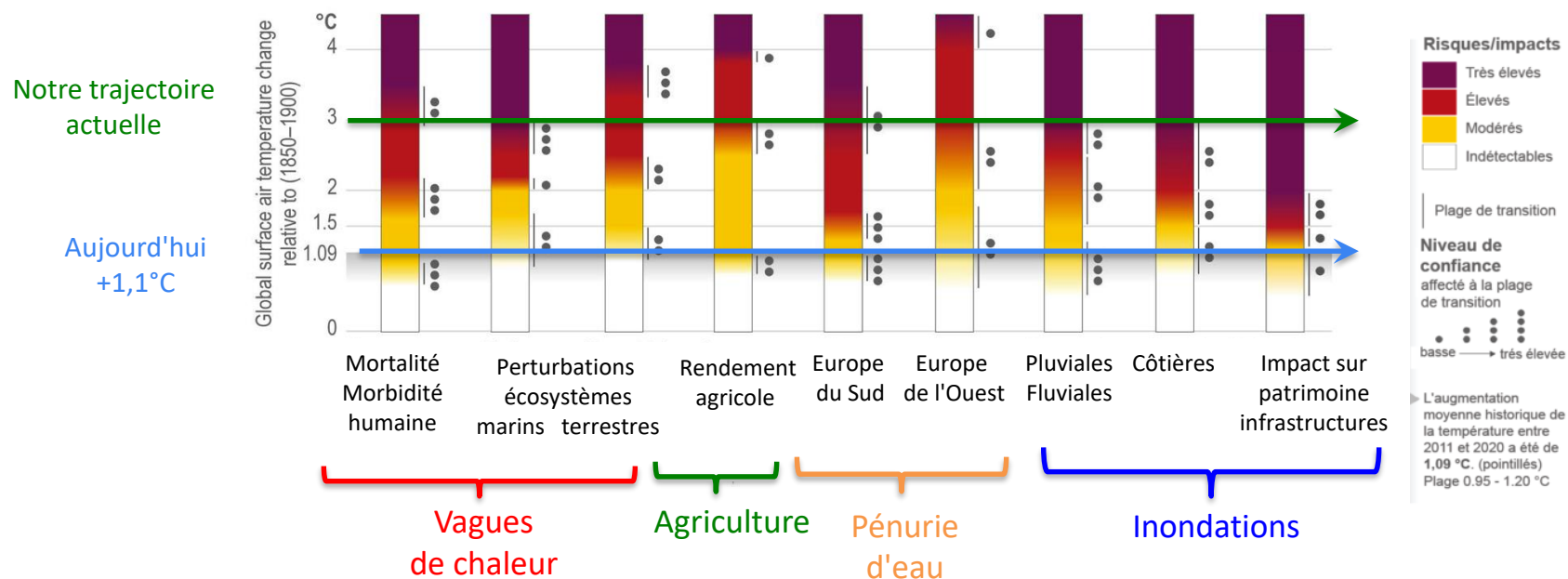
- 3,3 à 3,6 milliards de personnes vivent aujourd'hui dans des régions ultra-vulnérables au changement climatique
- Même dans les scénarios de réduction drastique des émissions de GES, au mieux la température se stabilise mais les composantes lentes continuent de réagir (montée du niveau marin)



Sommes-nous concernés ?

Et oui...

Les risques clés pour l'Europe avec une adaptation faible



Un chiffre clé à avoir en tête:

Un incrément de +0.5°C de réchauffement global augmente d'environ 1/3 le risque climatique mondial



Des mesures d'adaptation sont prises dans toutes les régions et dans tous les secteurs
MAIS

- pas assez rapides versus un climat qui change vite
- fragmentées
- à l'échelle locale
- prennent en compte les risques sur le court terme seulement (quantification du risque trop basse)
- surtout sociales (comportement, éducation, information) et pas assez **structurelles** (technique, ingénierie, solution basée sur la nature) et **institutionnelles** (loi, régulation économique, programme politique)



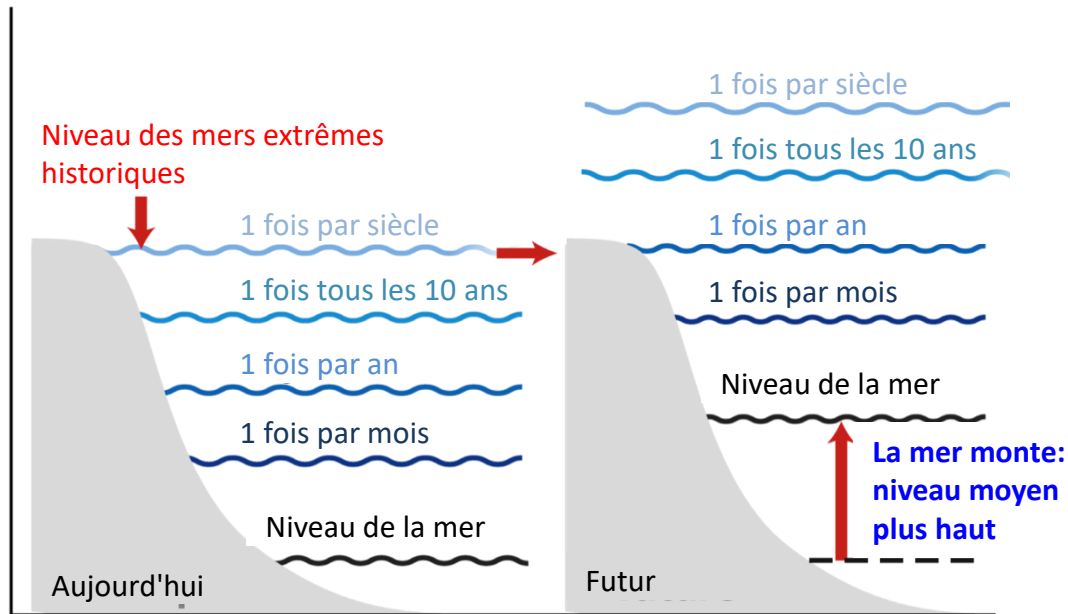
Rapport du Groupe 2 du GIEC, 2022

Adaptations relatives à la gestion de l'eau avec des bénéfices documentés:
lente montée en puissance avec des progrès inégaux et des régions sous étudiées



Risque face à l'élévation graduelle du niveau des mers

Pourquoi les dégâts seront plus importants à l'avenir pour une tempête de même intensité qu'aujourd'hui ?



Place St Marc, Venise, le 15/11/2019
(marée extrême
+ forte pluie
+ 20 cm de niveau des mers)

GIEC, rapport spécial, SROCC, 2019

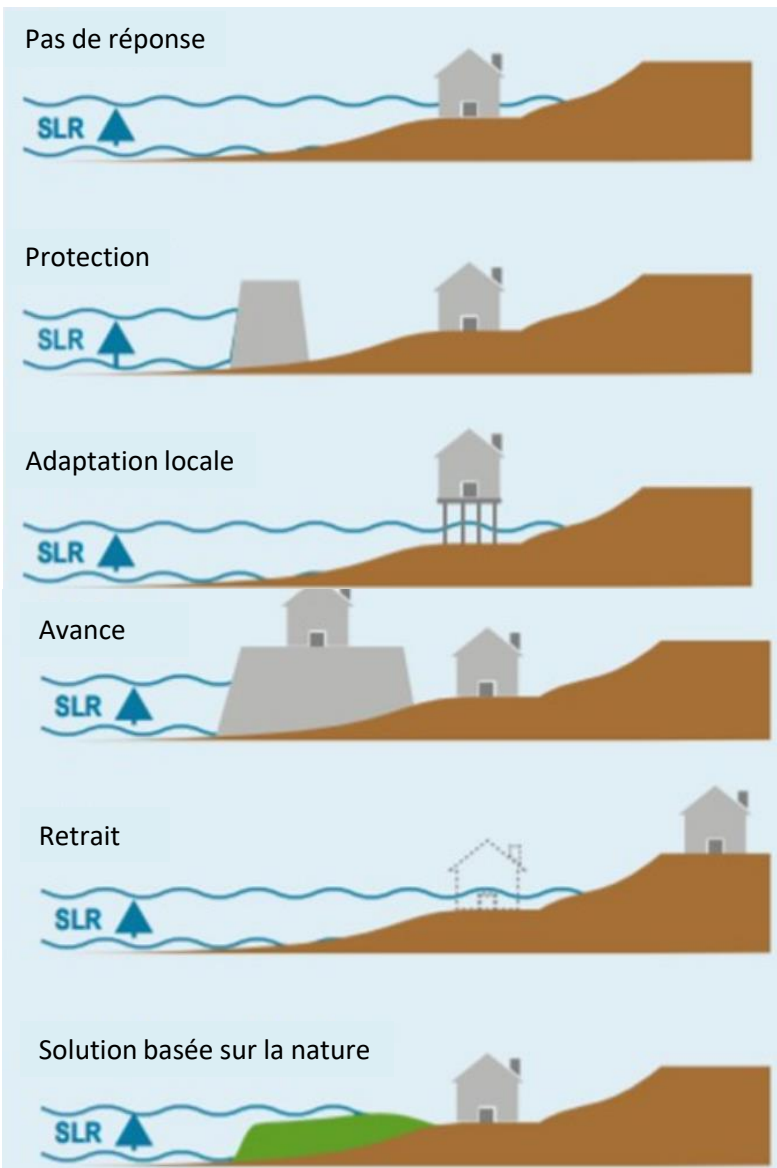
→ Des risques de submersions marines augmentés pendant les cyclones et les tempêtes

→ Des risques de submersions marines chroniques (forte marée)

→ Salinisation des estuaires et des aquifères côtiers

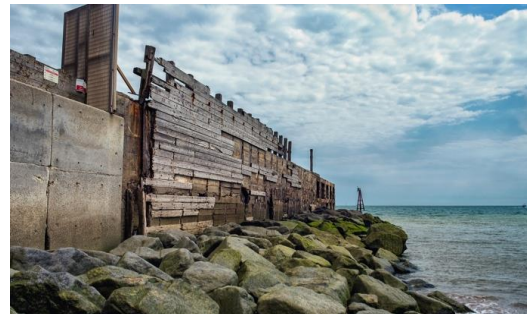
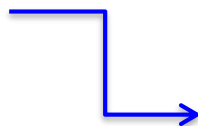
→ Recul du trait de côte (20% en France, jusque 50% dans certains départements) et disparition de territoire

Adaptations, maladaptations et co-bénéfices: exemple sur l'élévation du niveau des mers



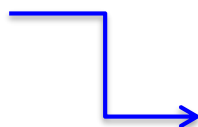
Maladaptation ?

Une adaptation qui entraîne des effets indésirables à court et/ou long terme



- Un sentiment de sécurité
- Un ouvrage bien dimensionné sur le long terme ?
- Effets délétères sur certaines petites îles

Co-bénéfices selon les ODD



- Apport des écosystèmes à la protection du littoral
- Restauration des écosystèmes (plage, dune, récif, mangrove, herbier)

ODD 14 & 15:

biodiversité aquatique et terrestre

“ L'adaptation ne peut répondre à toutes les pertes et dommages

L'adaptation est possible, pourvu que le changement climatique soit limité à 1,5 ou 2°C

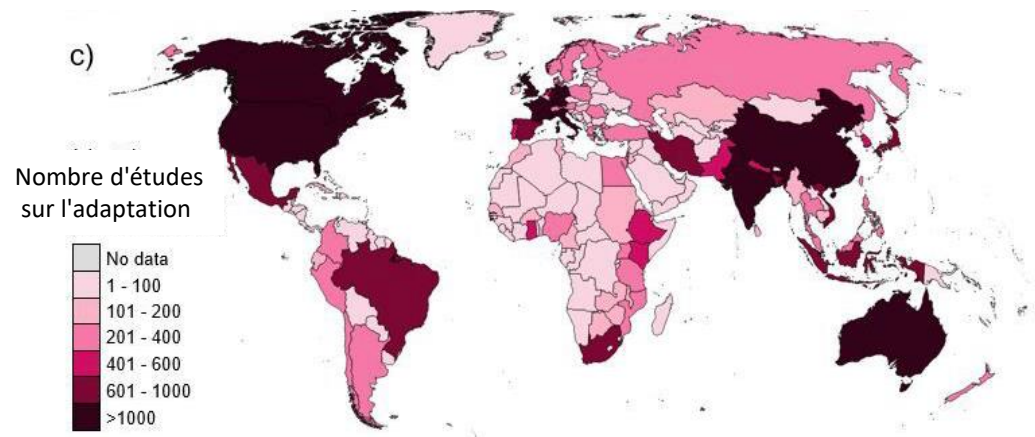
Au-delà, l'adaptation est complexe, voir impossible (*des solutions basées sur la nature ne fonctionnent plus et l'adaptation n'est plus possible dans certaines régions*)

Tout délai supplémentaire pour atténuer le changement climatique et s'y adapter compromet l'avenir ”

Rapport du Groupe 2 du GIEC, 2022

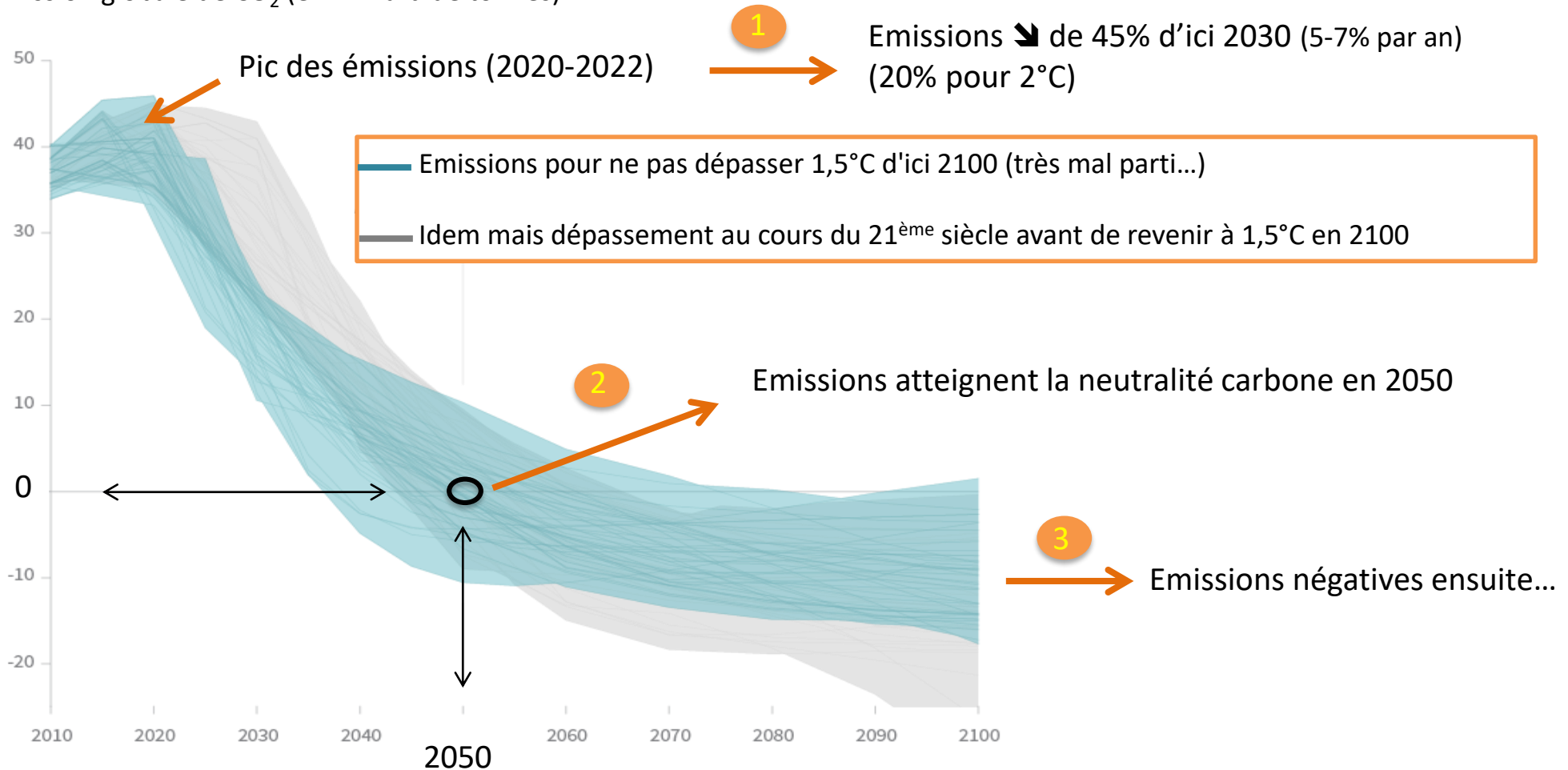
Les Freins

- Perception du risque (de l'urgence) faussé et faiblement ressenti (ressenti faussé sur les effets graduels versus événements extrêmes, désinformation)
- Manque de volonté politique
- Ressources financières et humaines limitées
- Les limites de la technique
- **La recherche sur l'adaptation est inégale**



Comment ne pas dépasser 1,5°C (ou 2°C) à l'horizon 2100 ?

Emission globale de CO₂ (en milliard de tonnes)

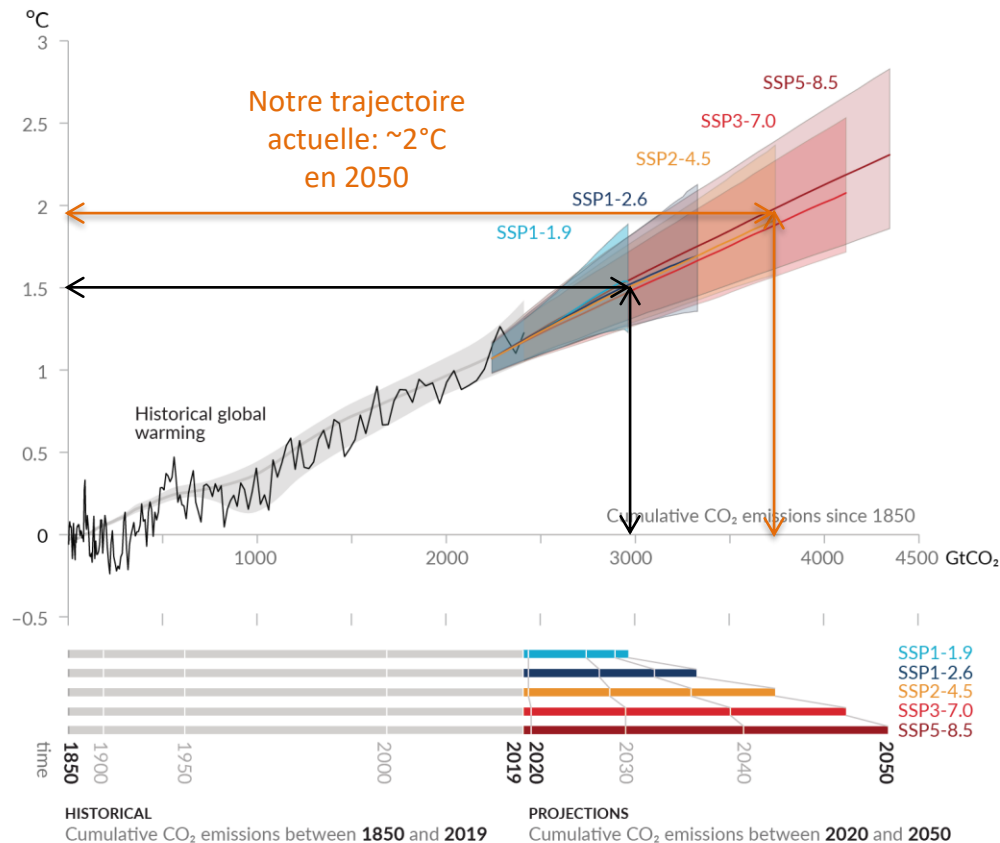


Timing of net zero CO₂
Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios



La notion de budget carbone résiduel

Augmentation de la température (°C) jusqu'en 2050 (depuis 1850-1900) en fonction des émissions cumulées de de CO₂ (en milliard de tonnes) selon différents scenario d'émission



Un calcul simple pour ne pas dépasser 1,5°C:

Aujourd'hui, émissions cumulées:
~ 2390 Gt de CO₂

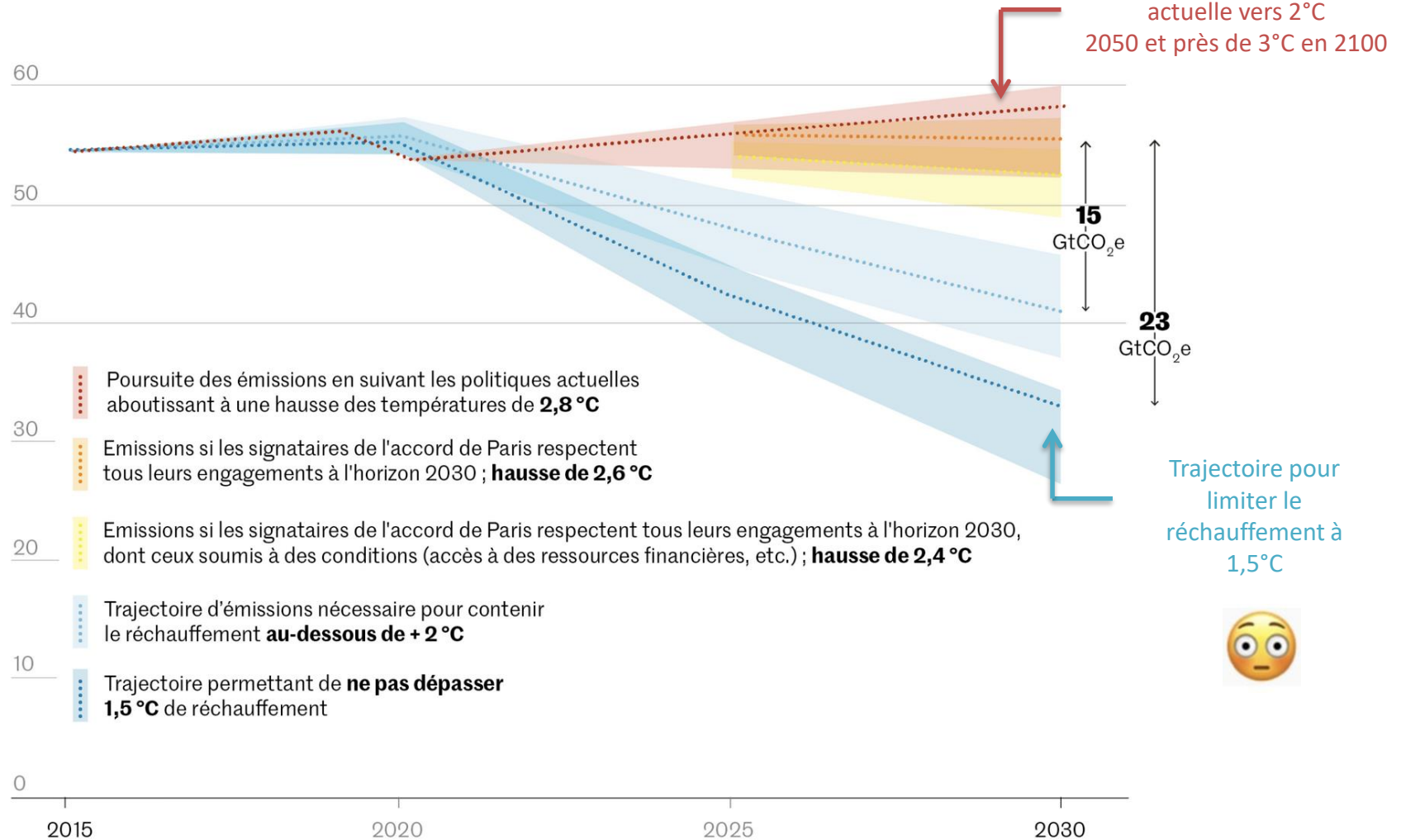
Budget carbone pour < 1,5°C:
~3000 Gt de CO₂

Au rythme actuel (41 Gt/an):
Reste donc ~15 ans
Puis 0 Gt/an

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

Après la COP 27 où en sommes-nous ?

Trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre (en milliard de tonnes d'équivalent CO₂)



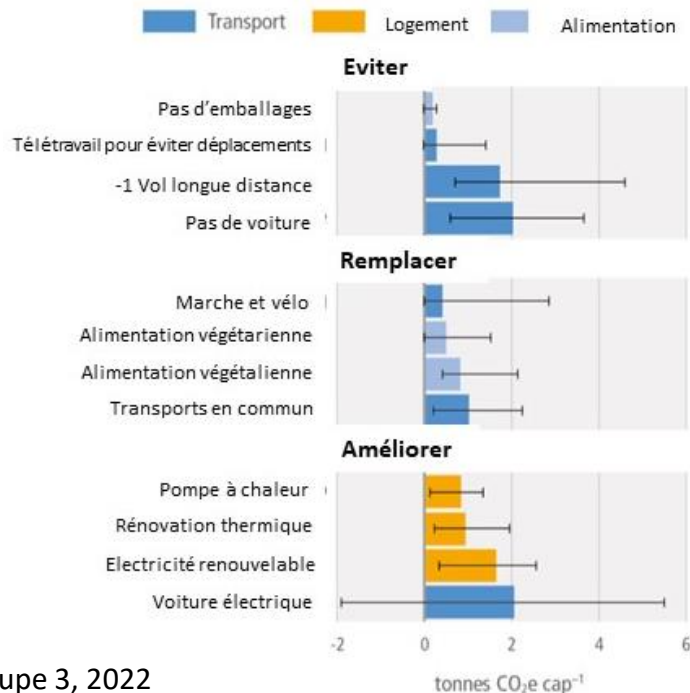
Et donc... Comment fait-on ?

- Réduire drastiquement l'utilisation des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon)
- Augmenter les énergies renouvelables
- Renforcer l'efficacité énergétique, l'électrification
- Diminuer la demande: 40 à 70% de réduction d'émission à horizon 2050 (sobriété)
- Ré orienter les investissements/financements
- Innovation technique

“

Des leviers d'actions sont disponibles dans chaque secteur
(transport, bâtiment, industrie, énergie, usage des terres, agriculture et alimentation) ”

Rapport du Groupe 3 du GIEC, 2022



Le triptyque "éviter/remplacer/améliorer"

Exemple des transports:

- *Dois-je vraiment me déplacer ?*
- *Si oui, puis-je utiliser un mode de déplacement doux ou bas carbone ?*
- *Comment améliorer le rendement des véhicules électriques ?*

“ Le changement climatique affecte déjà toutes les régions de la Terre de multiples façons (tendances, extrêmes, seuils d'intolérance). Les changements que nous subissons s'accroîtront avec la poursuite du réchauffement ”

Rapport du Groupe 1 du GIEC, 2021

Records de chaleur en Iran et en Irak
juin 2022 (plus de 51° et 52°C)

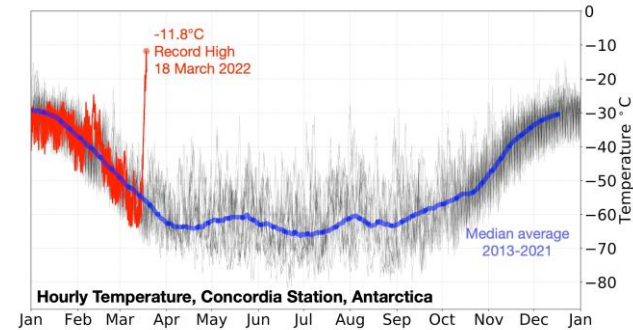


Pluies extrêmes au Pakistan
août 2022

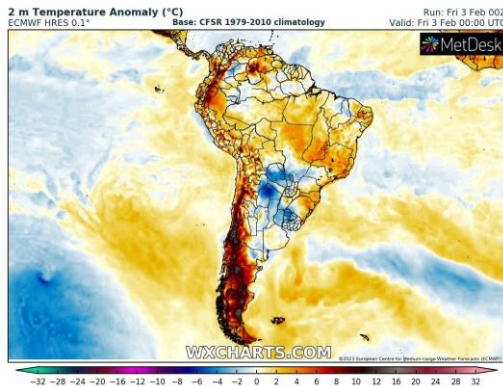
Vague de chaleur au Pakistan
mars à mai 2022
Plus de 50°C, 30 fois plus probable



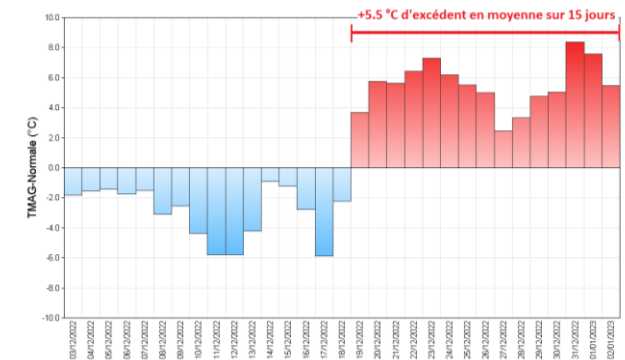
Antarctique
plus de 40°C au-dessus des normales !
18 mars 2022



Chili, vague de chaleur et incendies sans précédent
3 février 2023



Fin d'année 2022 en France douceur exceptionnelle
19 décembre 2022-2 janvier 2023 en France



Incendies en France, été 2022
Evènement extrême composite
Vague de chaleur + sécheresse



Allez jeter un oeil par vous-même !

Les rapports du GIEC se trouvent ici:

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/>

Les rapports du Haut Conseil pour le Climat sont là:

<https://www.hautconseilclimat.fr/>

Des documents grand public édités pour la formation des sénateurs en 2022 sont là:

<https://linktr.ee/mandatclimatbiodiversite>

Des fils de discussion avec des liens et des ressources des auteurs du GIEC, du HCC et de nos collègues à Météo-France avec des explications, d'autres exemples, d'autres sensibilités, d'autres focus:

@Cassouman40 (Christophe Cassou)

@Goneri76 (Gonéri Le Cozannet)

@CelineGuivarch (Céline Guivarch)

@Valmasdel (Valérie Masson-Delmotte)

@MagaliReghezza (Magali Reghezza-Zitt)

@GaetanHeymes (Gaétan Heymes)

@Francois_Jobard (François Jobard)

@EKMeteo (Etienne Kapikian)

