

Changement climatique

Notions de base, Impacts et Adaptation



Samuel Juhel

Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement



Avant-propos

CIRED :

~50 Ans ; adj : 130 personnes
Environnement & Développement
Économie + Interdisciplinarité



Avant-propos (2)

Avant-propos (2)

Samuel Juhel :

Avant-propos (2)

Samuel Juhel :

28 ans, né à Avignon ;

Avant-propos (2)

Samuel Juhel :

28 ans, né à Avignon ;

Physique ⇒ Math-Info ⇒ Adaptation au changement climatique
(Licence) (Master) (Master)

Avant-propos (2)

Samuel Juhel :

28 ans, né à Avignon ;

Physique ⇒ Math-Info ⇒ Adaptation au changement climatique
(Licence) (Master) (Master)

► Doctorat (économie & sciences du climat) :

*Modélisation des impacts économiques **indirects** liés aux évènements extrêmes*

Avant-propos (2)

Samuel Juhel :

28 ans, né à Avignon ;

Physique ⇒ Math-Info ⇒ Adaptation au changement climatique
(Licence) (Master) (Master)

► Doctorat (économie & sciences du climat) :

*Modélisation des impacts économiques **indirects** liés aux évènements extrêmes*



Avant-propos (2)

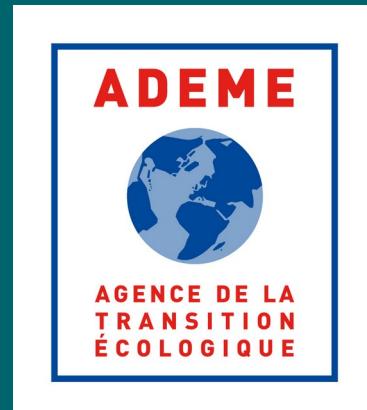
Samuel Juhel :

28 ans, né à Avignon ;

Physique ⇒ Math-Info ⇒ Adaptation au changement climatique
(Licence) (Master) (Master)

► Doctorat (économie & sciences du climat) :

*Modélisation des impacts économiques **indirects** liés aux évènements extrêmes*



Contenu du cours

Contenu du cours

1. Éléments de base sur le changement climatique.

Contenu du cours

1. Éléments de base sur le changement climatique.
2. Inventaire des impacts et conséquences

Contenu du cours

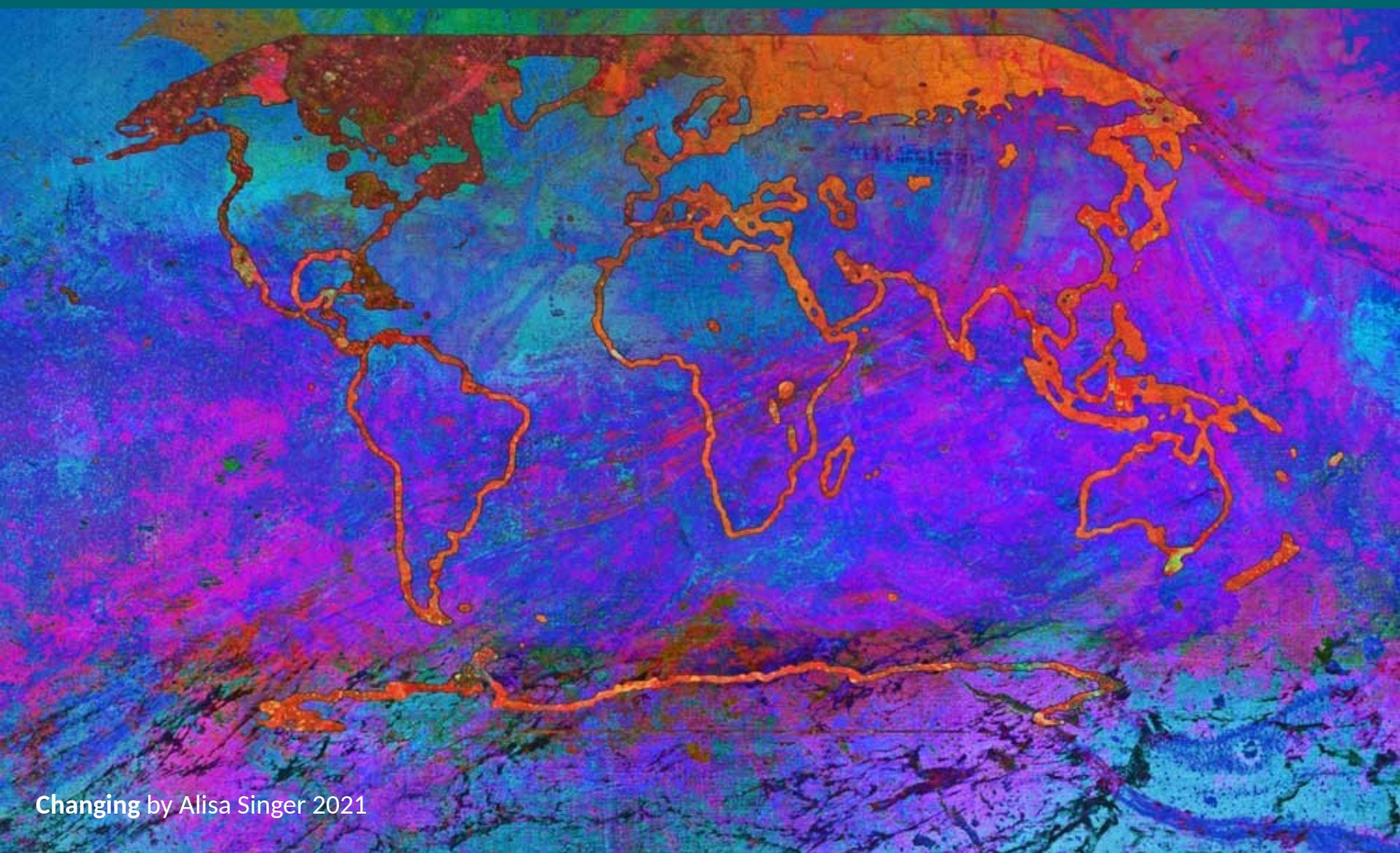
1. Éléments de base sur le changement climatique.
2. Inventaire des impacts et conséquences
3. Adaptation, maladaptation

Contenu du cours

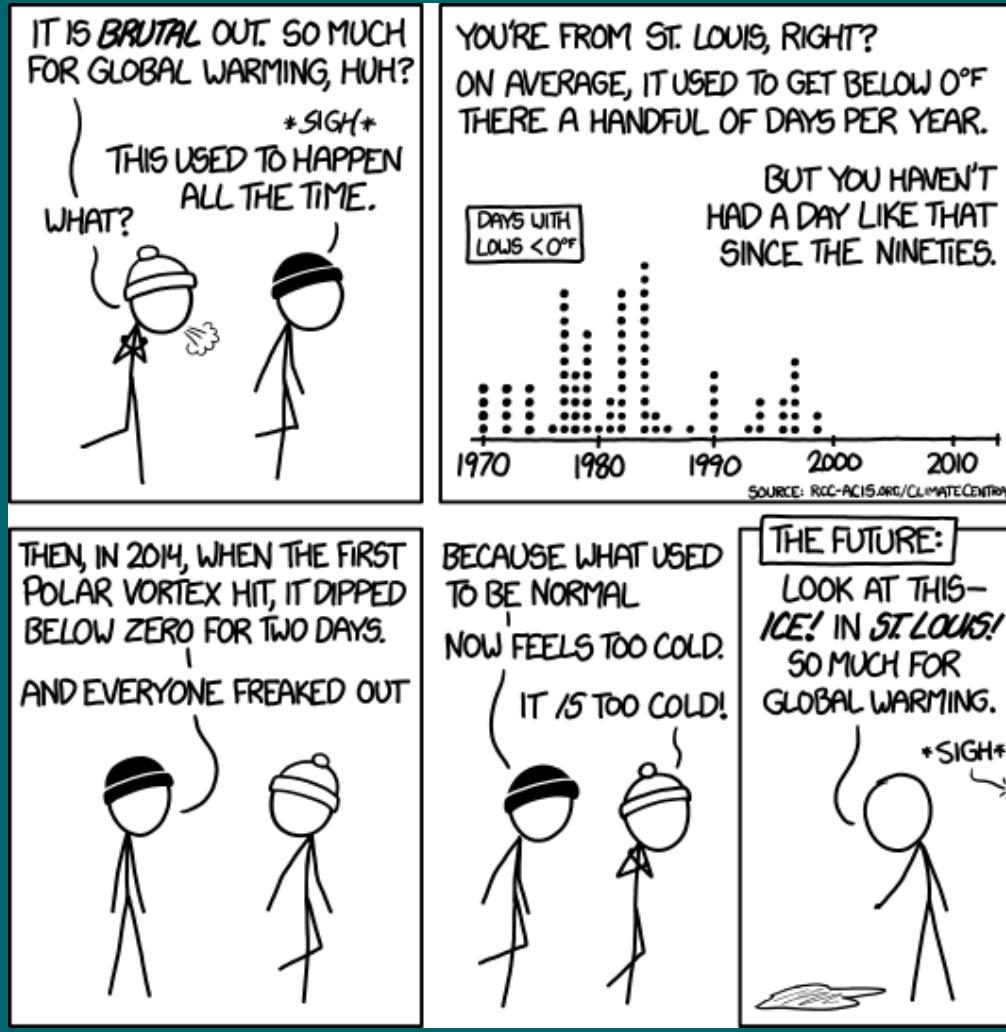
1. Éléments de base sur le changement climatique.
2. Inventaire des impacts et conséquences
3. Adaptation, maladaptation



Partie 1: Quelques notions importantes



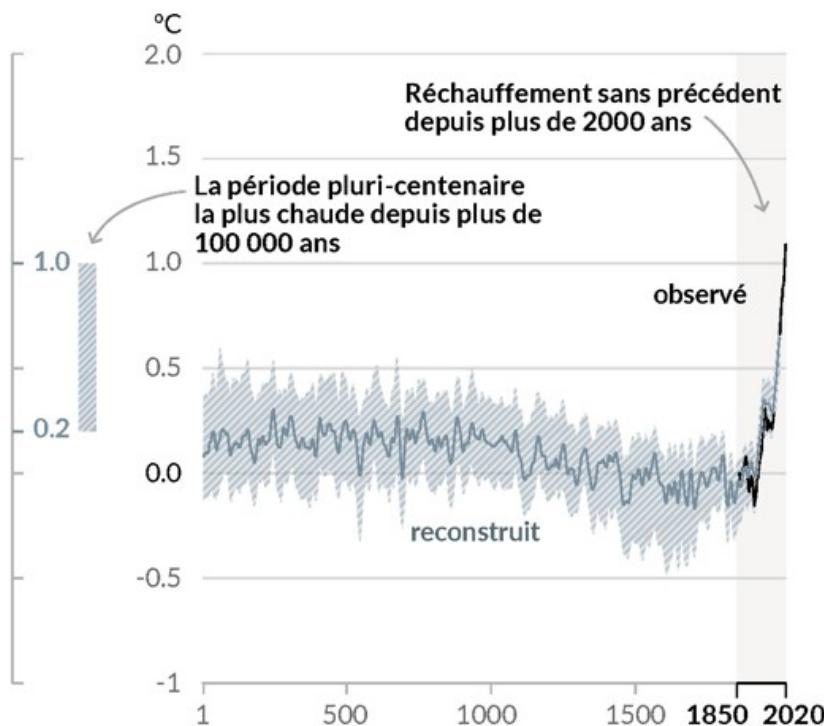
1. Le climat a-t-il déjà commencé à changer?



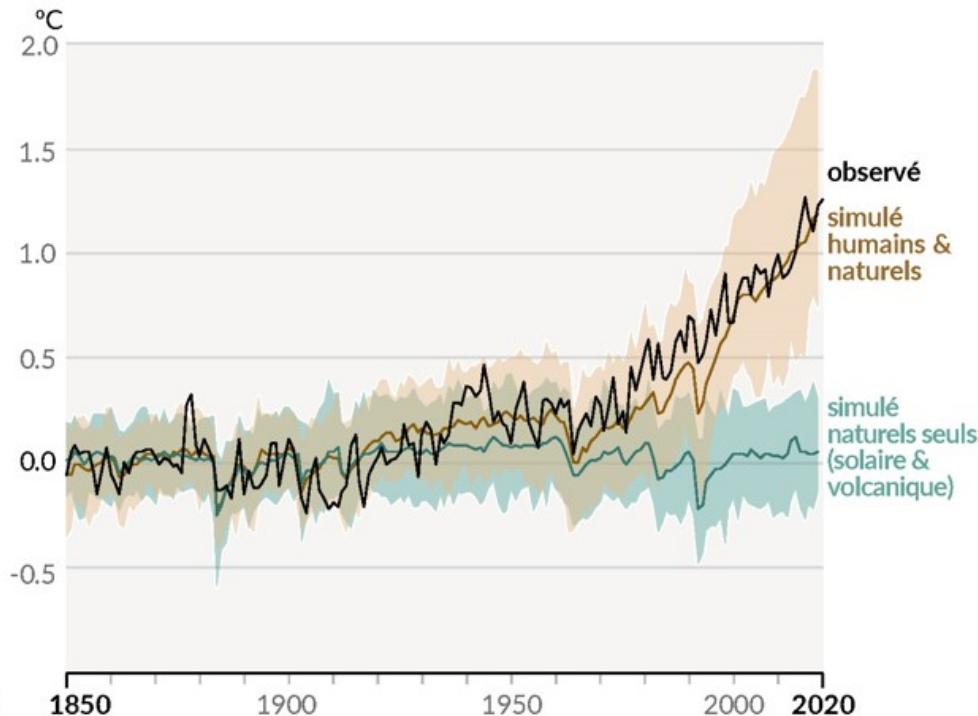
Oui ! ... Et nous sommes responsables !

Changements de la température de surface globale par rapport à 1850-1900

a) Changement de la température à la surface du globe (moyenne décennale) tel que reconstruit (1-2000) et observé (1850-2020)

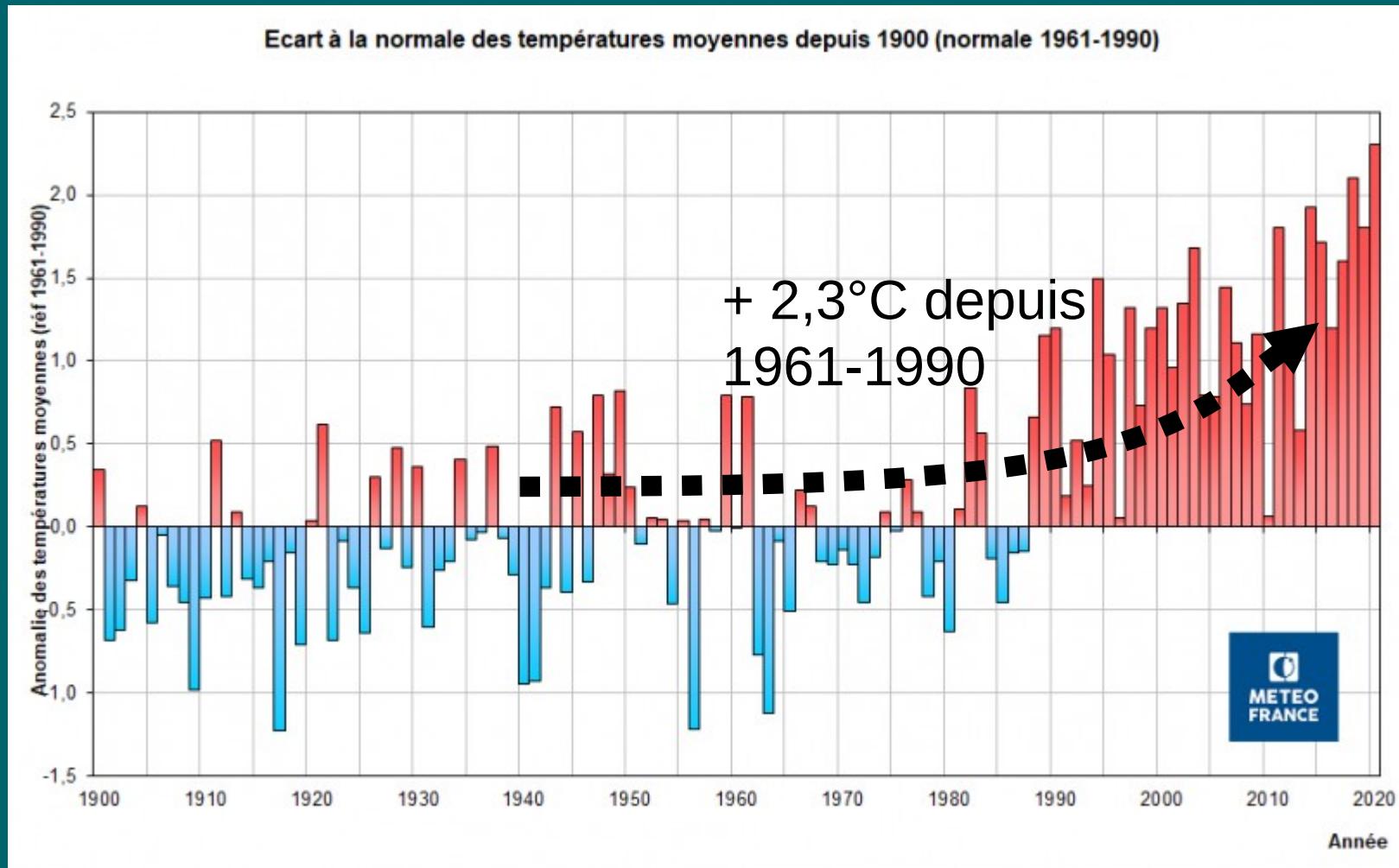


b) Changement de la température à la surface du globe (moyenne annuelle) tel qu'observé et simulé avec les facteurs humains et naturels et les facteurs uniquement naturels (sur la même période de 1850 à 2020)



Source : IPCC – AR6 – WGI – Summary for policy makers

Le changement est déjà clairement visible en France

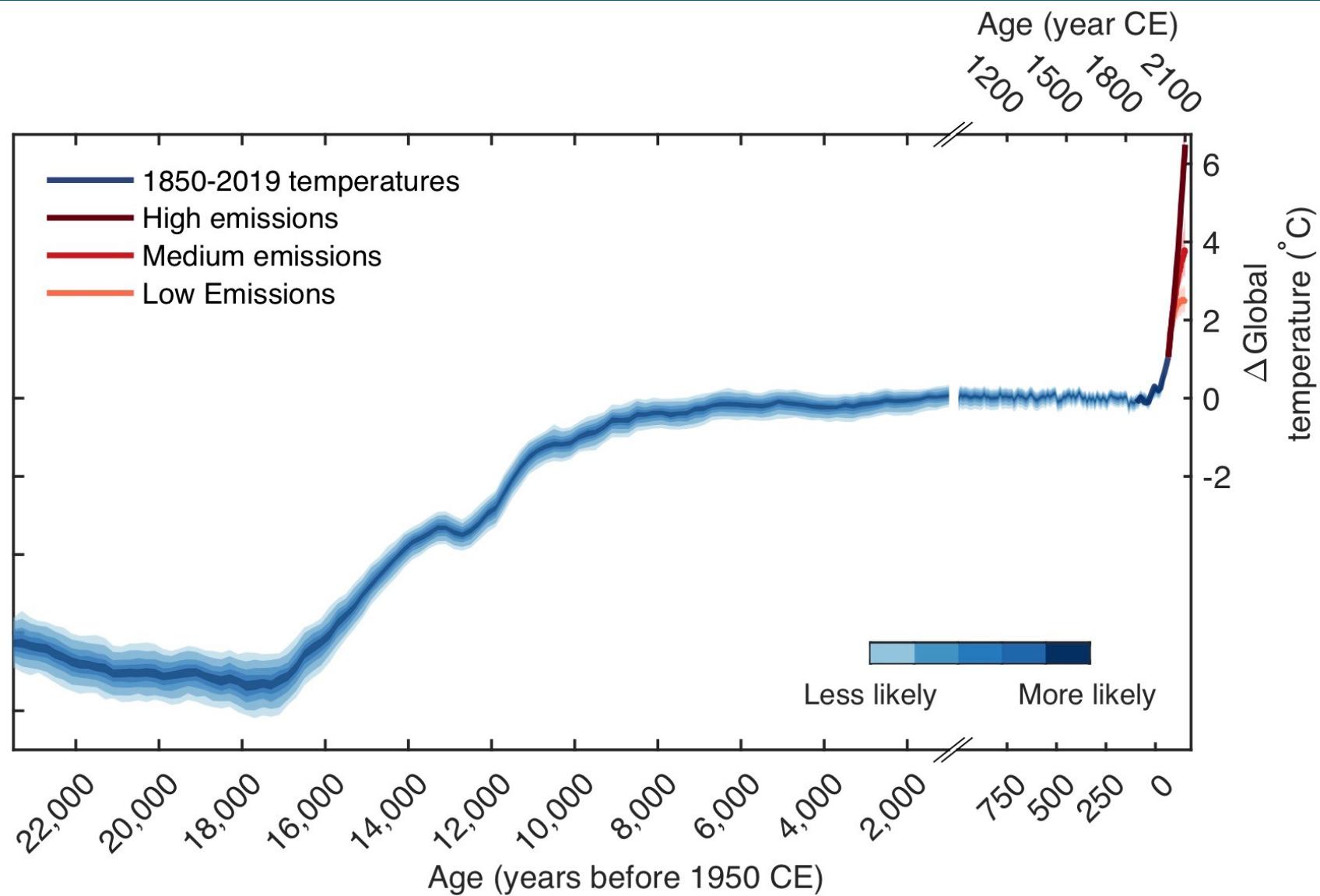


Note : l'évolution de la température moyenne annuelle est représentée sous forme d'écart à la moyenne observée sur la période 1961-1990 (11,8 °C).

2. Le changement est-il vraiment important ?

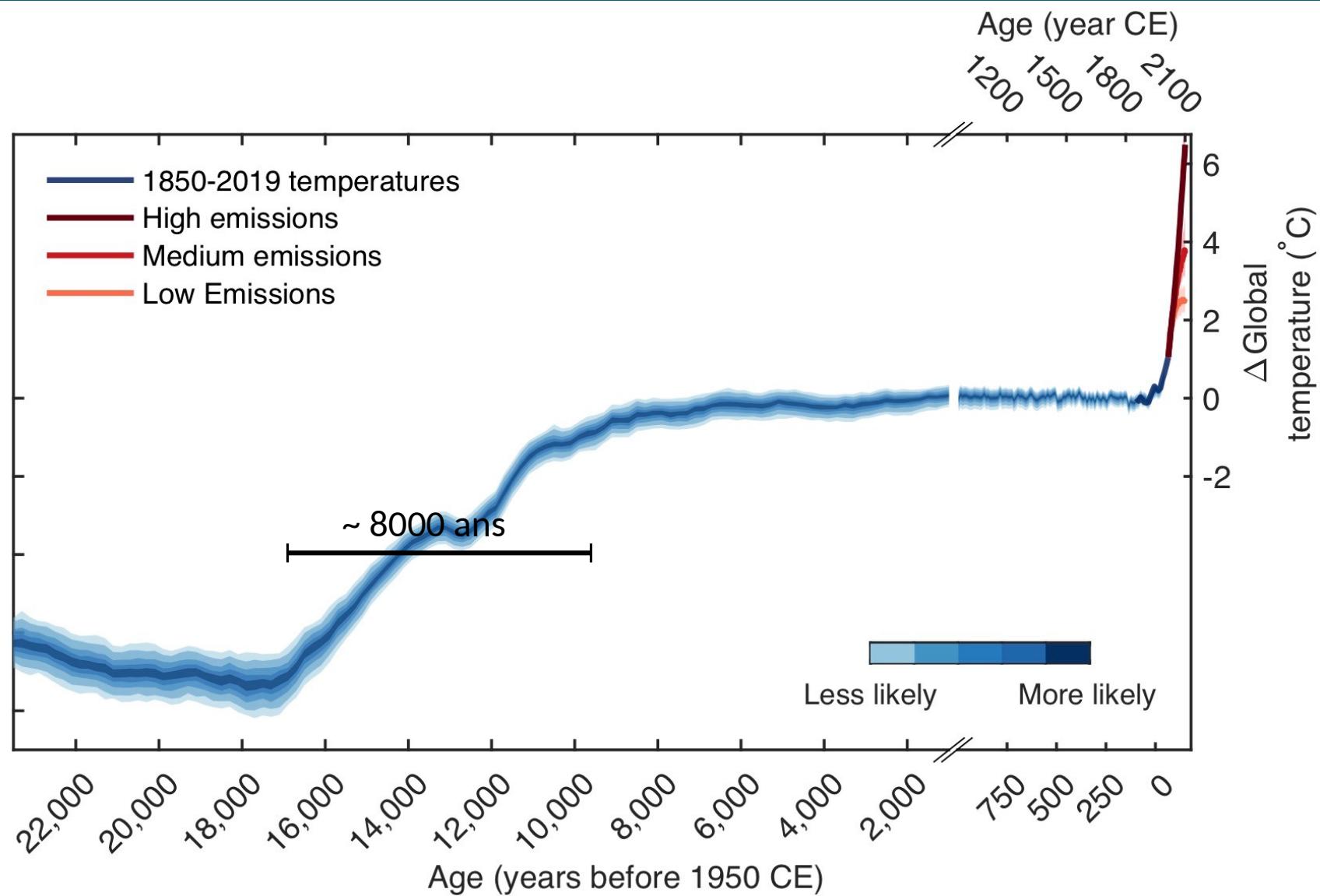
« Bon ok mais 2-3°C, dans l'absolu, ce n'est quand même pas beaucoup... ? »

En fait si, c'est énorme !



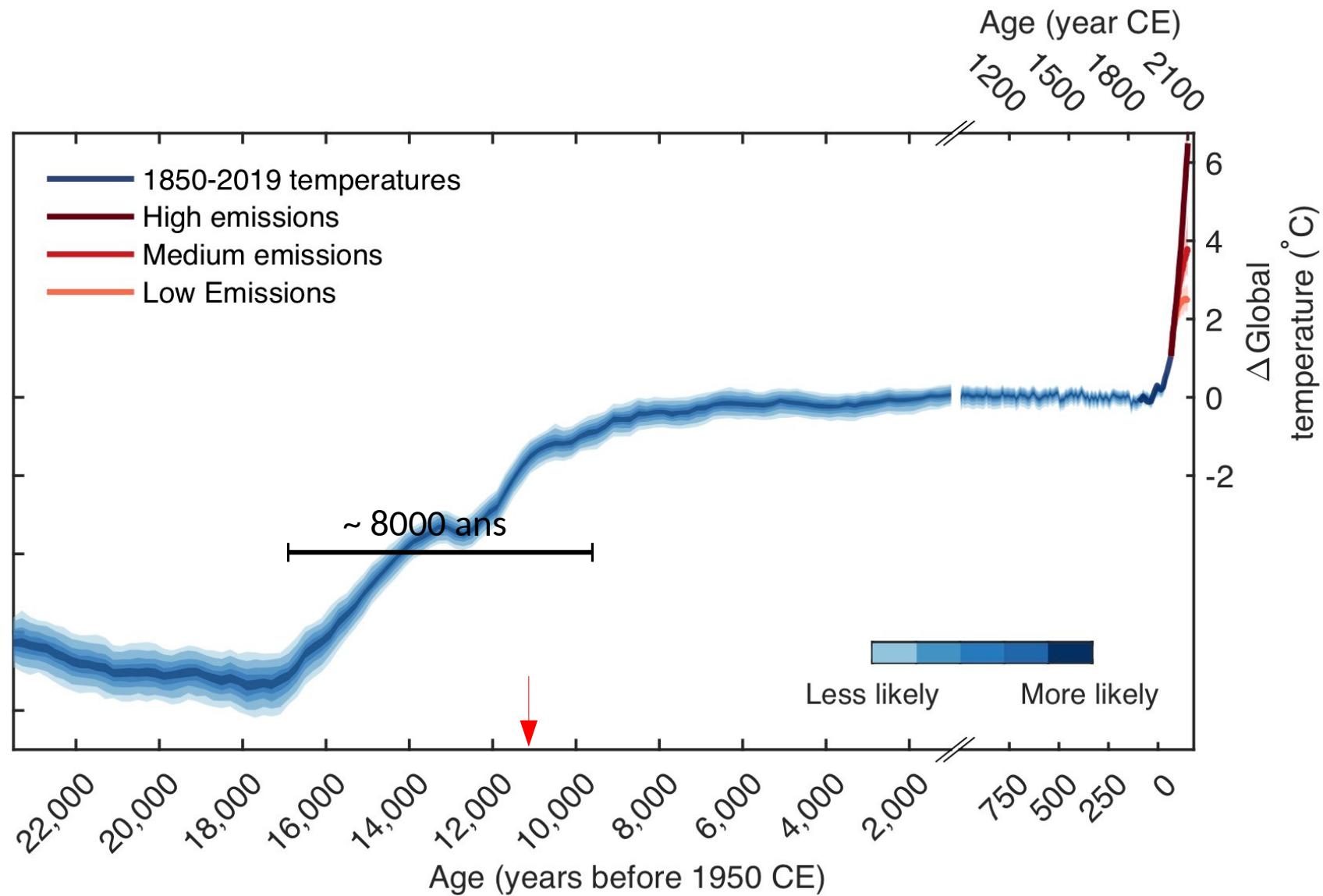
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



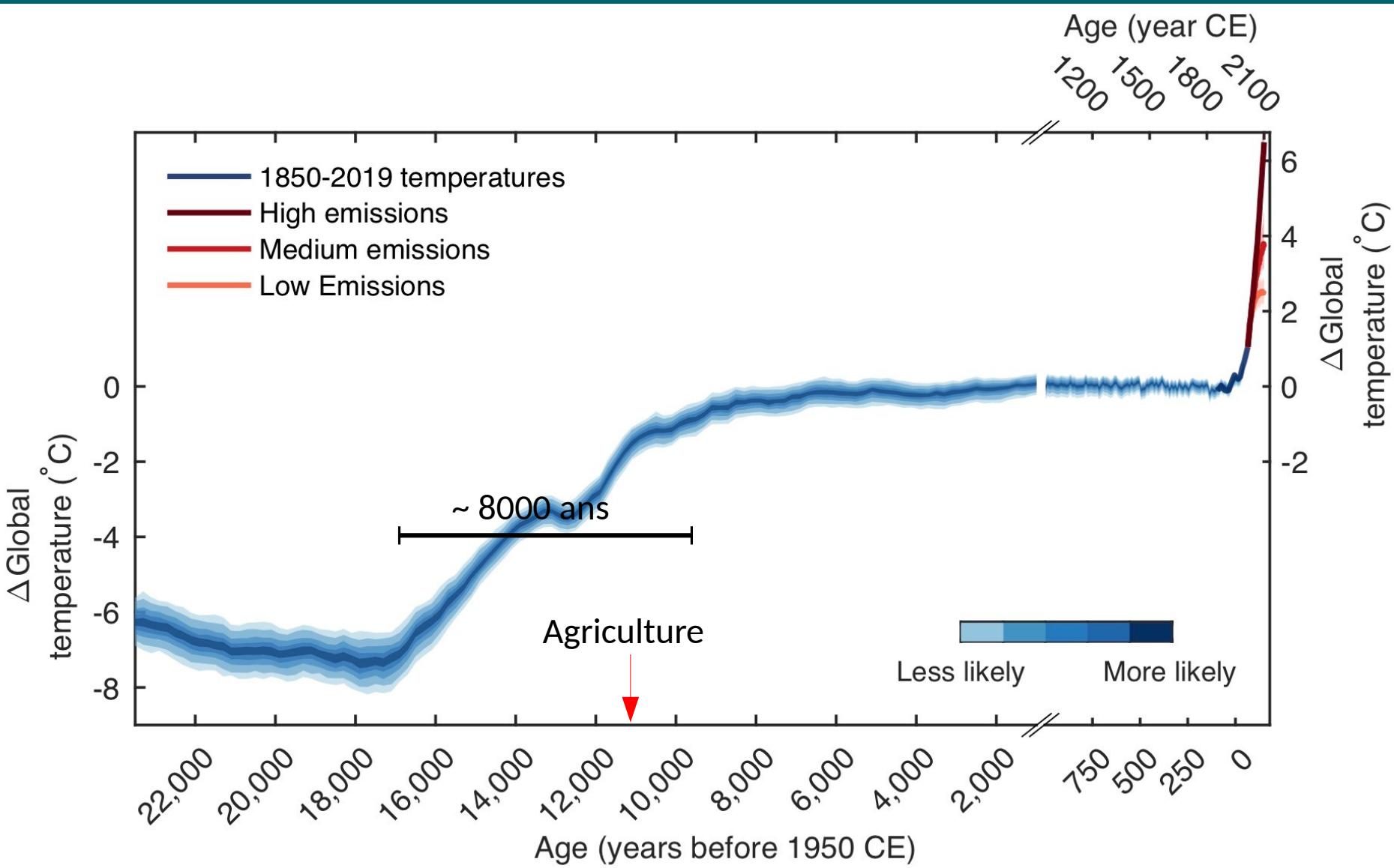
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



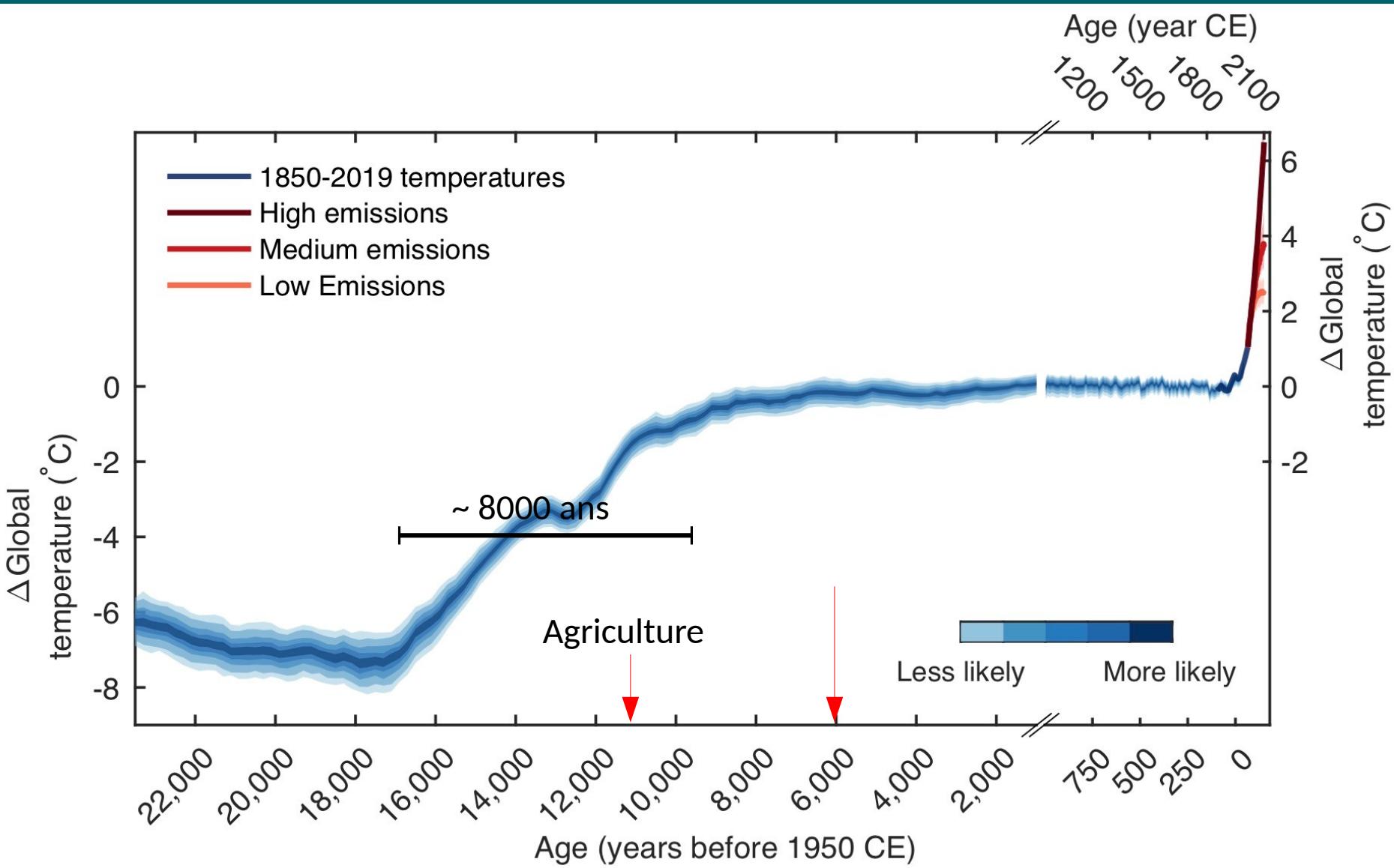
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



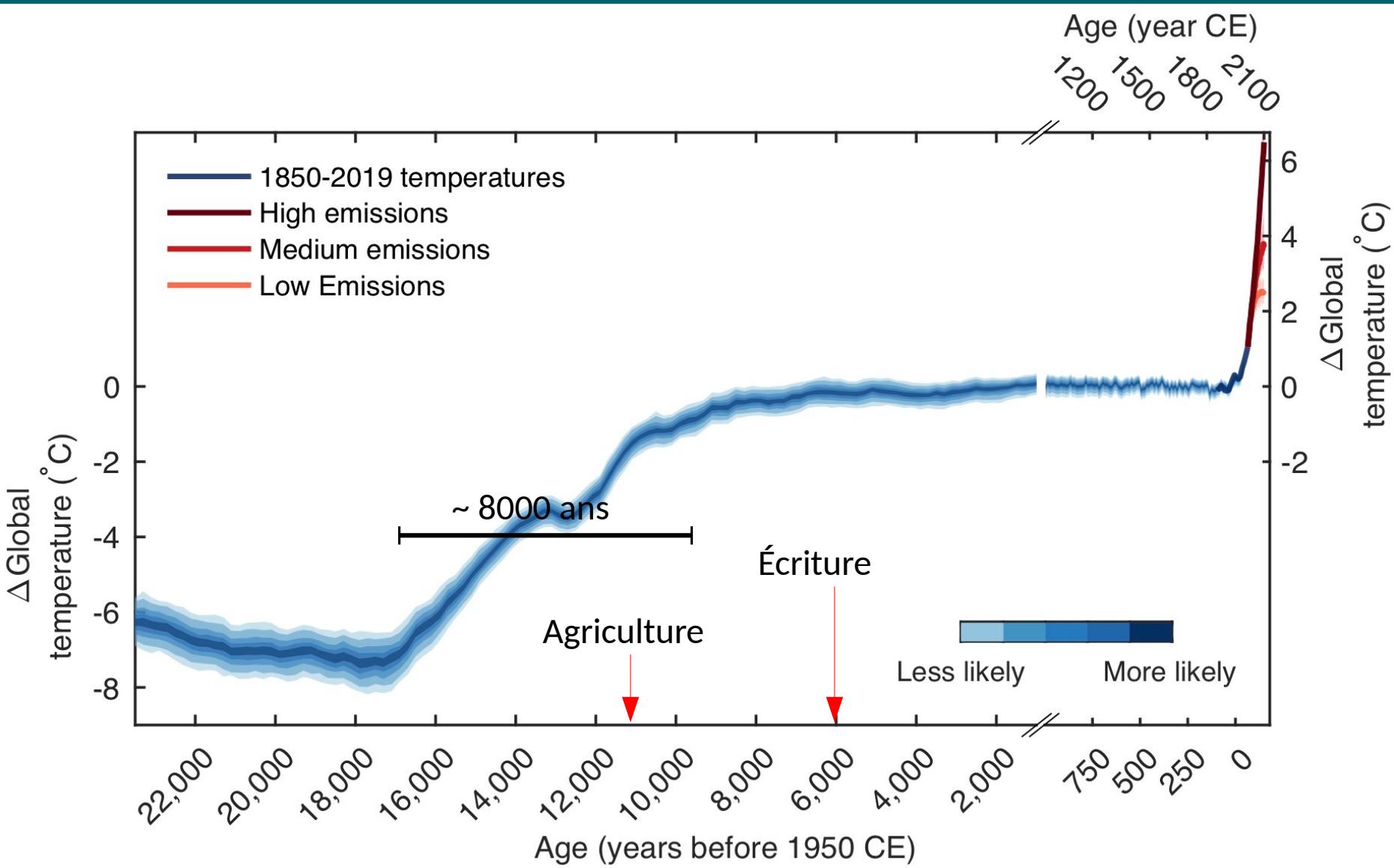
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



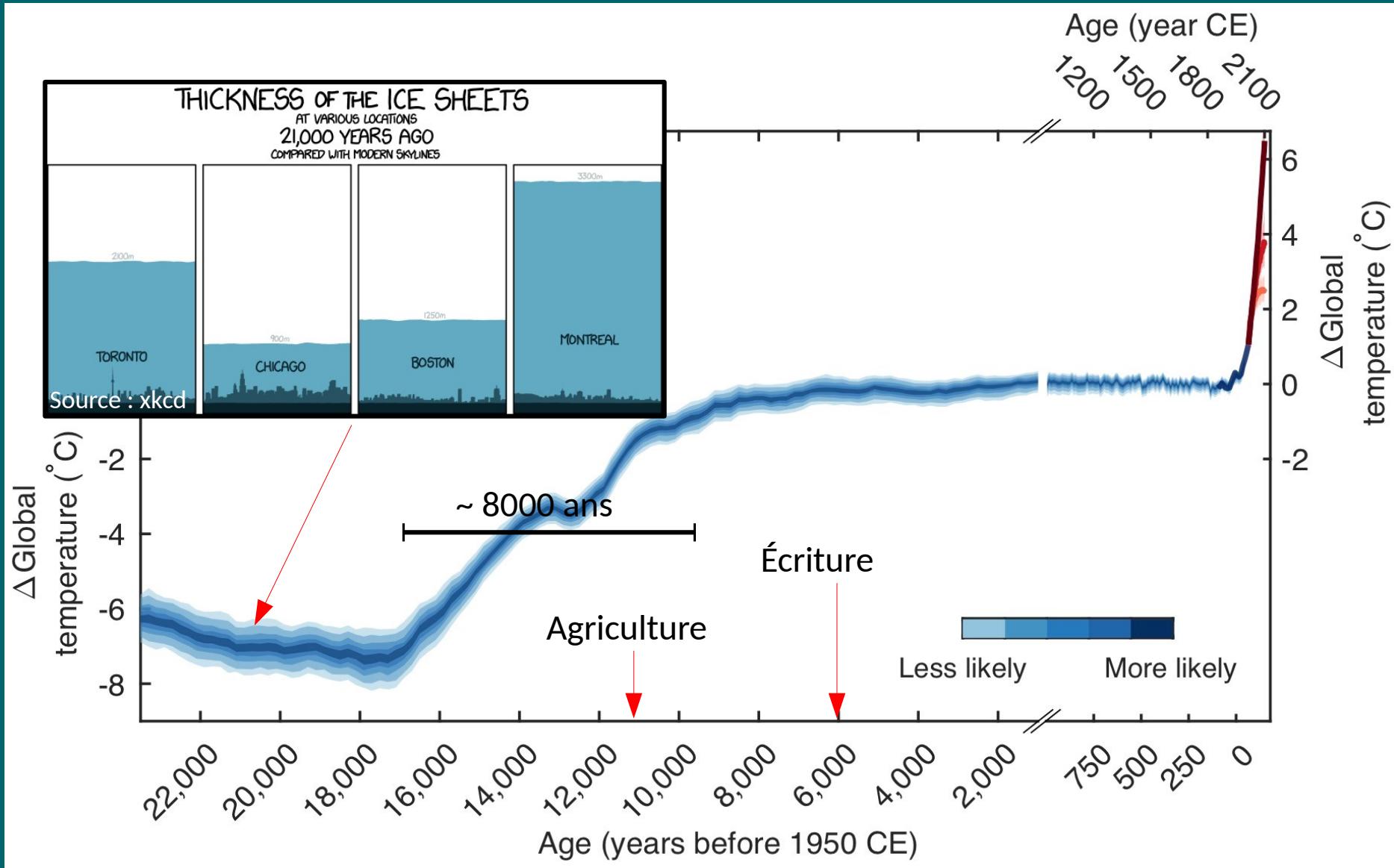
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



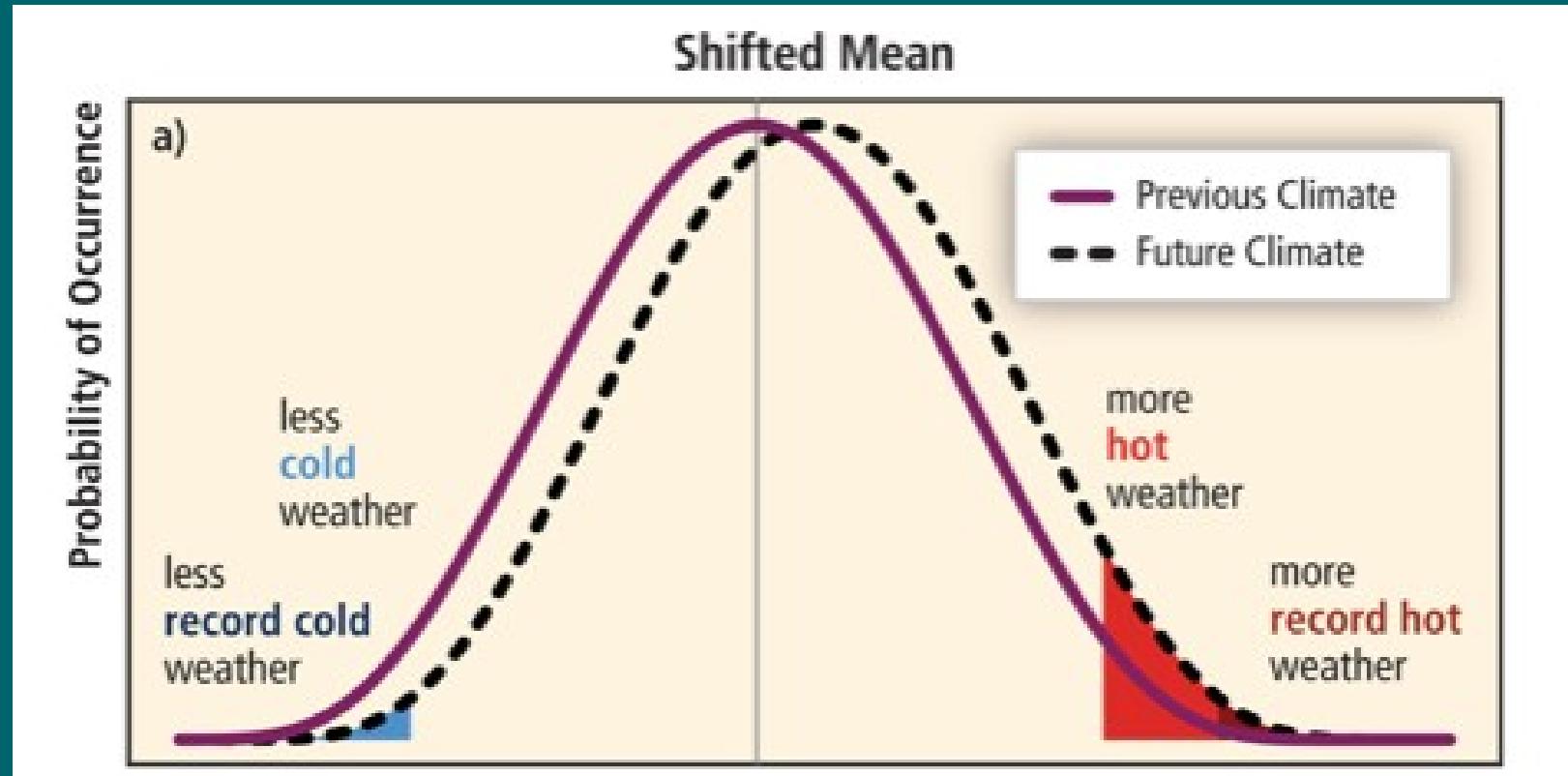
Source : Osman et al. 2021

En fait si, c'est énorme !



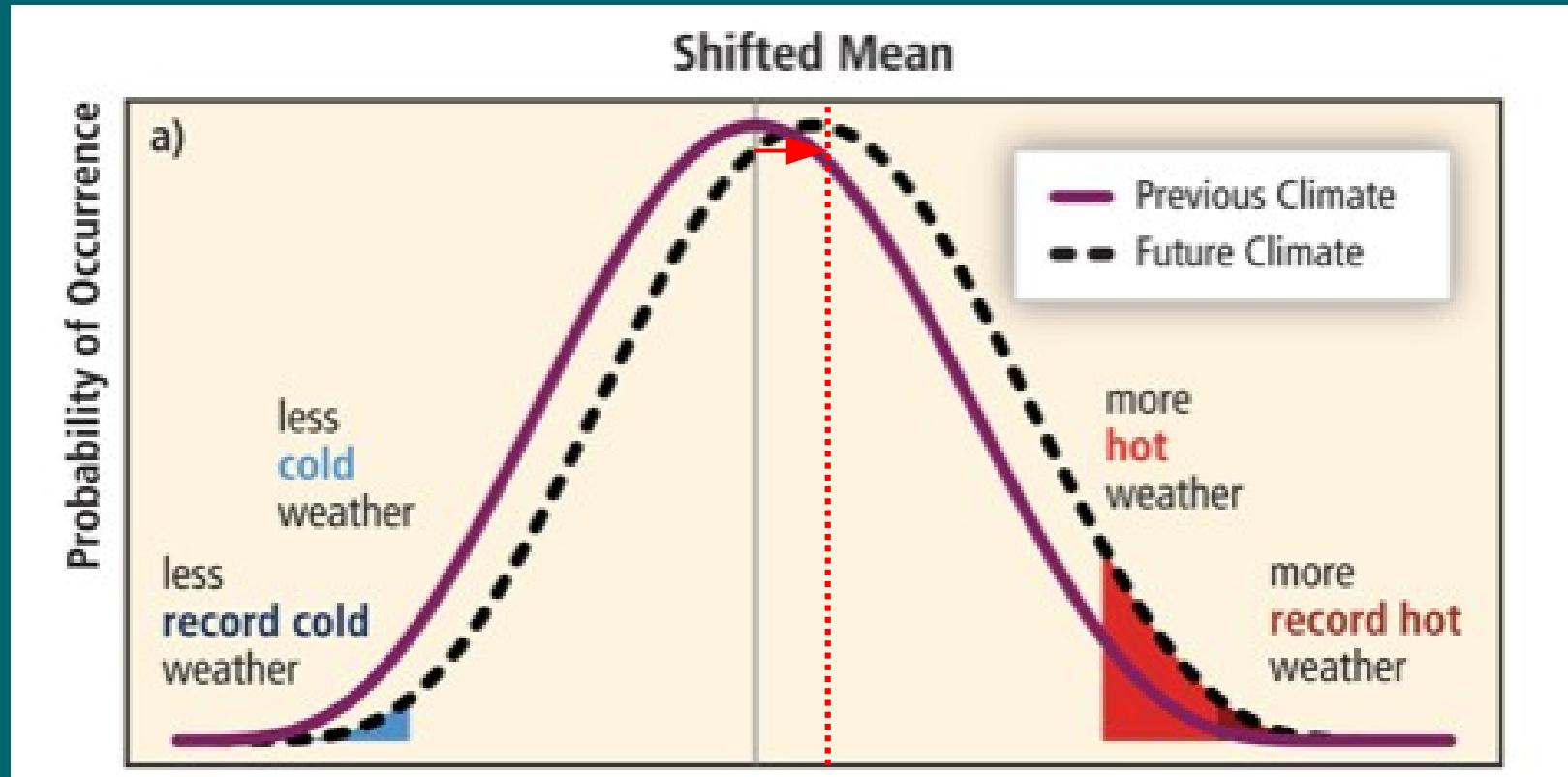
Source : Osman et al. 2021

Comprendre un changement de moyenne ...



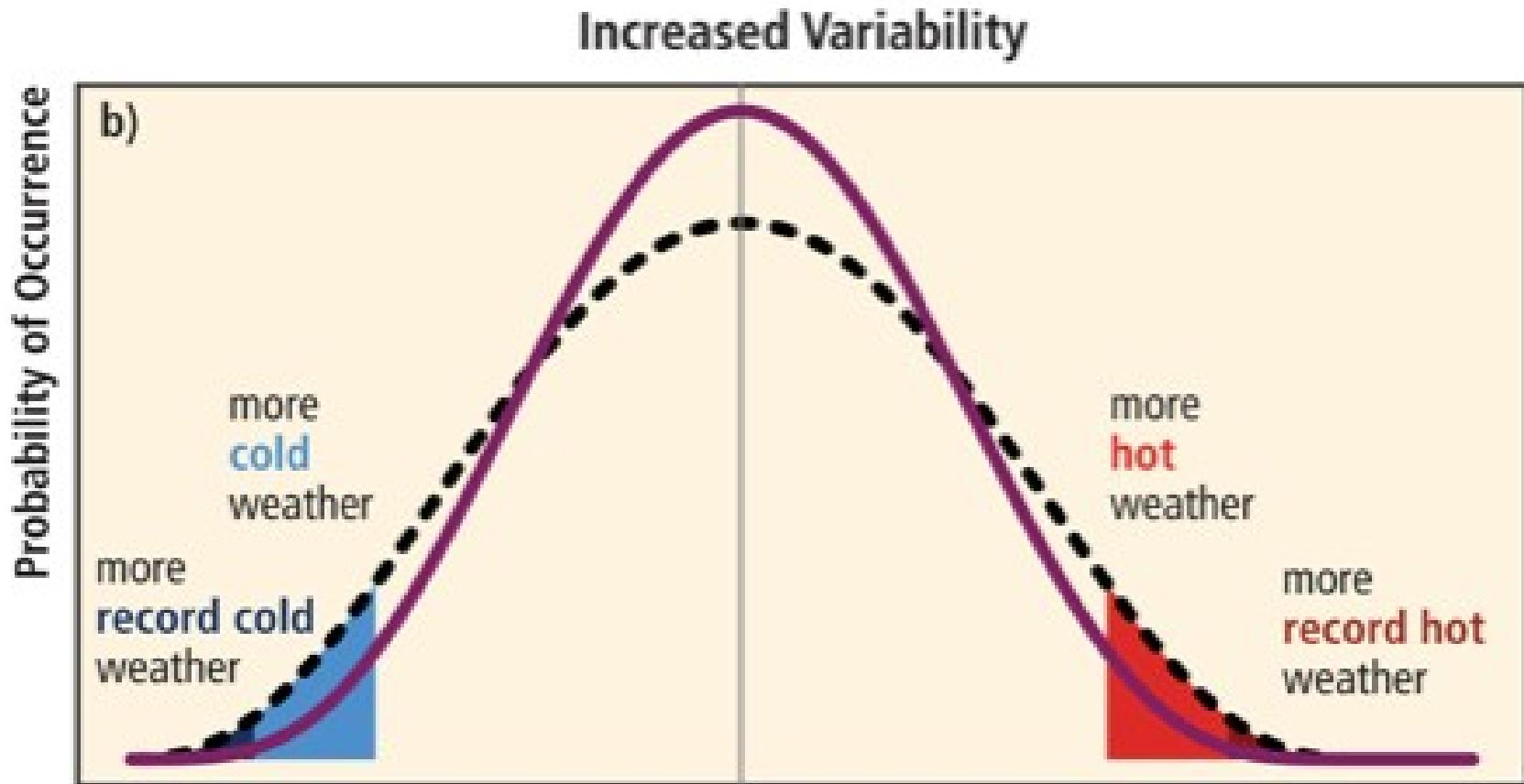
Source: IPCC

Comprendre un changement de moyenne ...



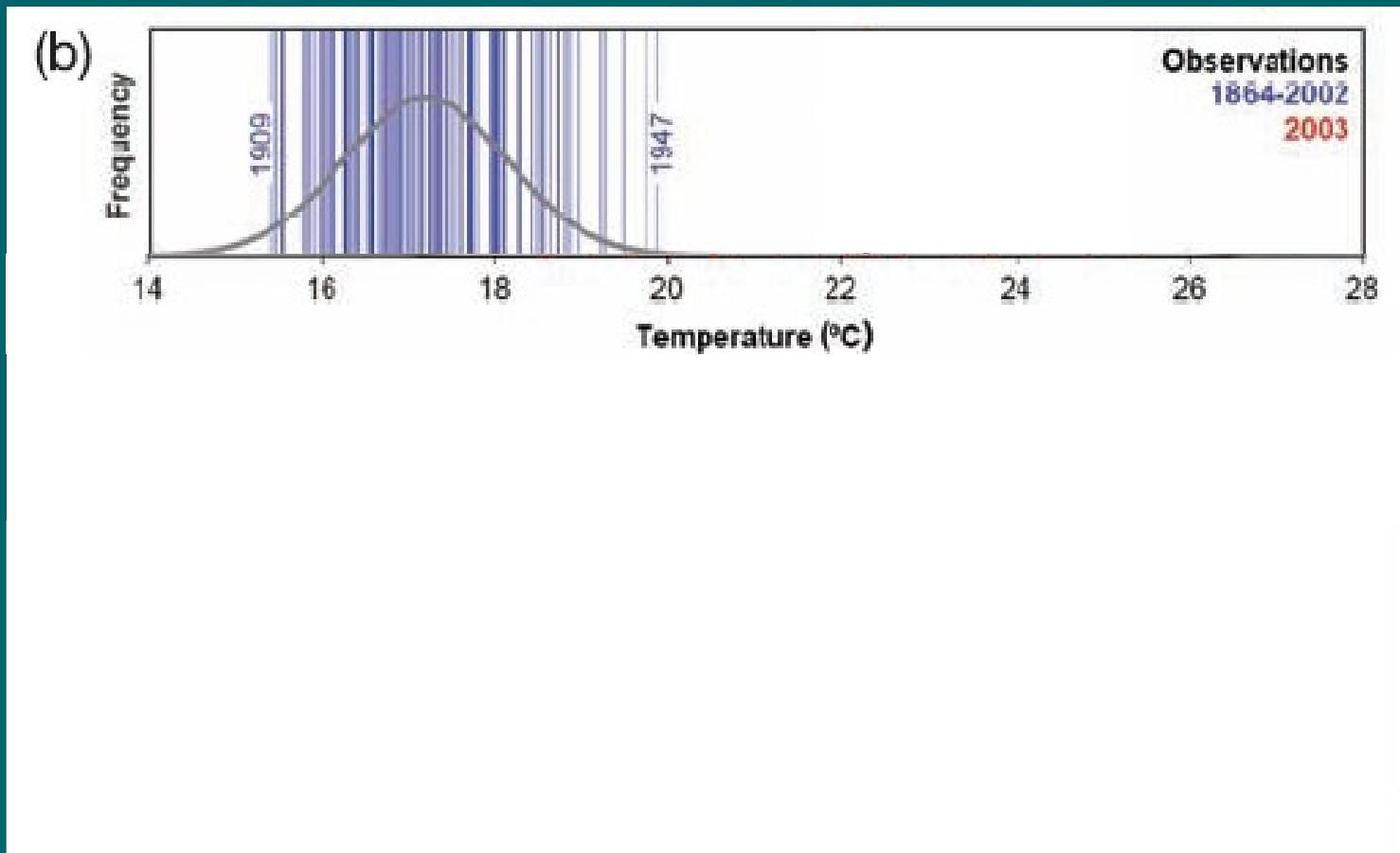
Source: IPCC

... et un changement de variabilité



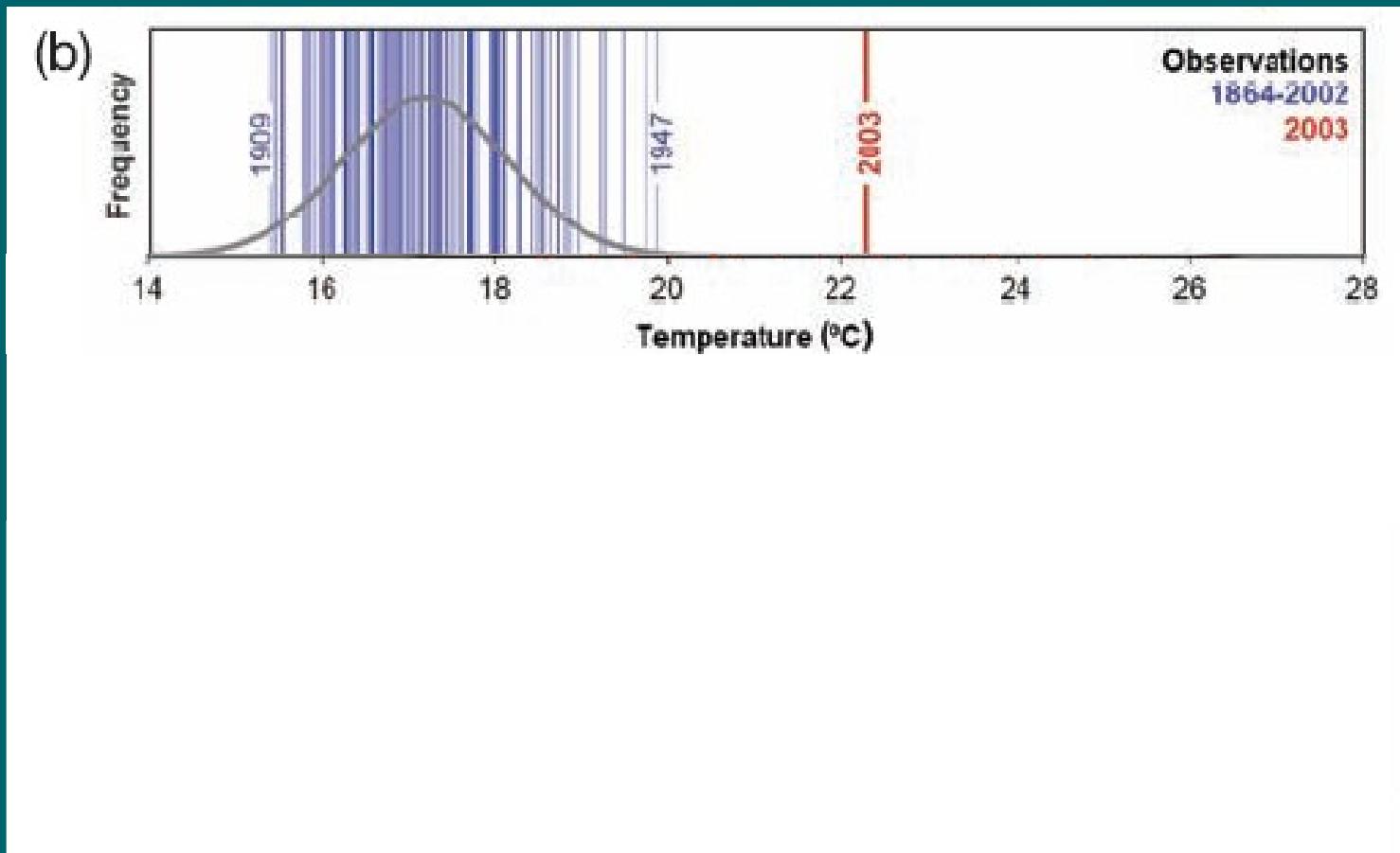
Source: IPCC

Exemple : La canicule de 2003



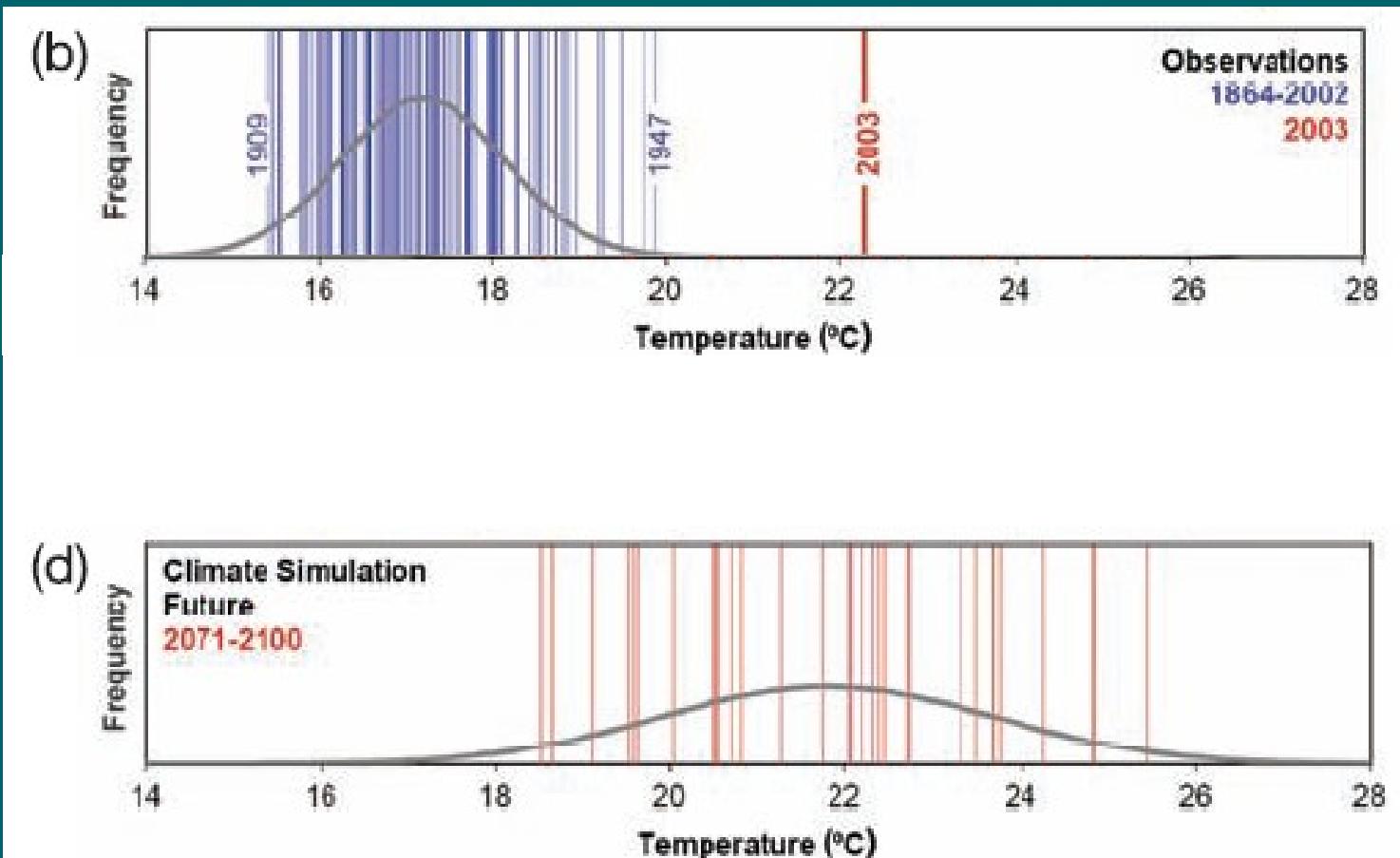
Source : Shär et al 2004

Exemple : La canicule de 2003



Source : Shär et al 2004

Exemple : La canicule de 2003

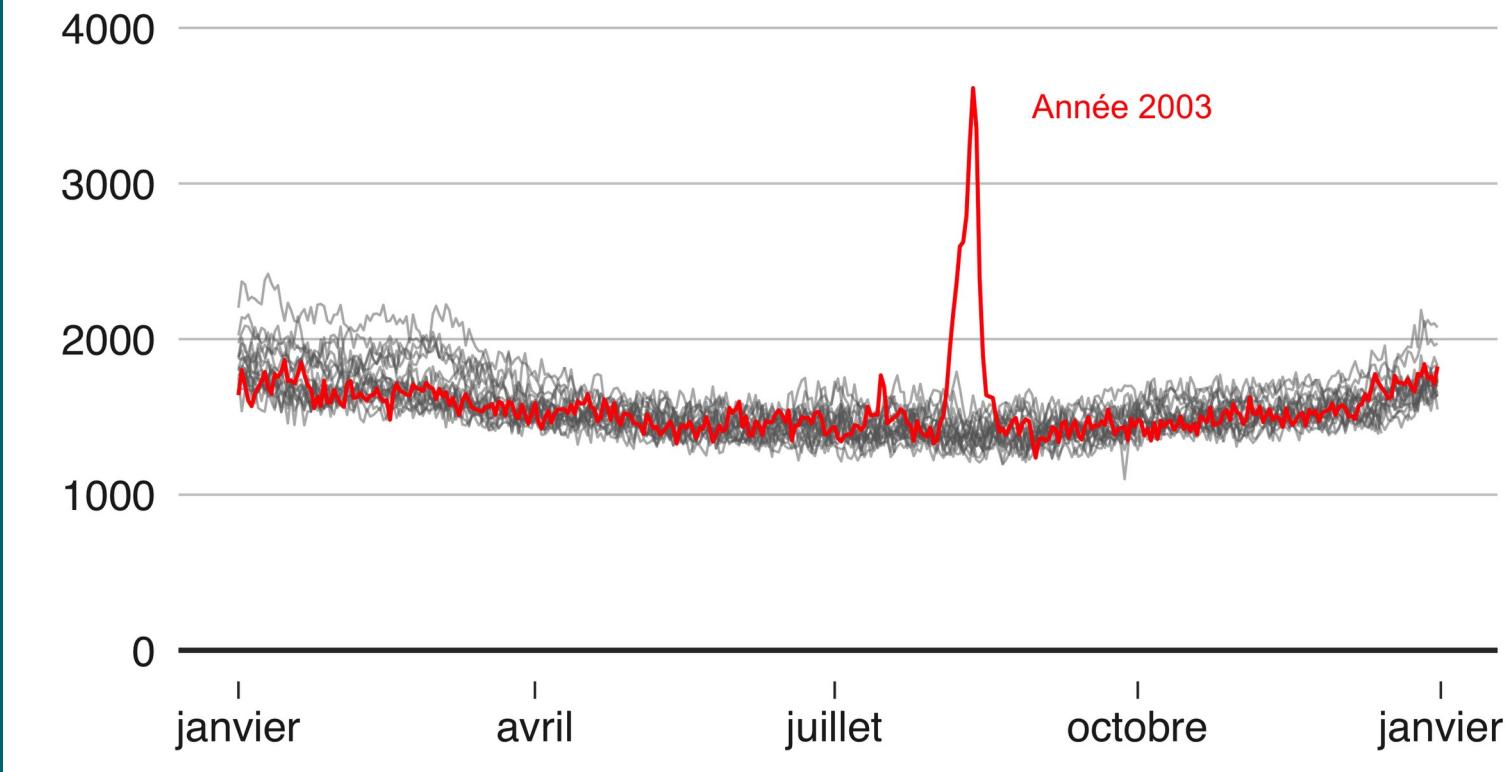


Source : Shär et al 2004

Exemple : La canicule de 2003

Nombre quotidien de décès en France

2001-2018

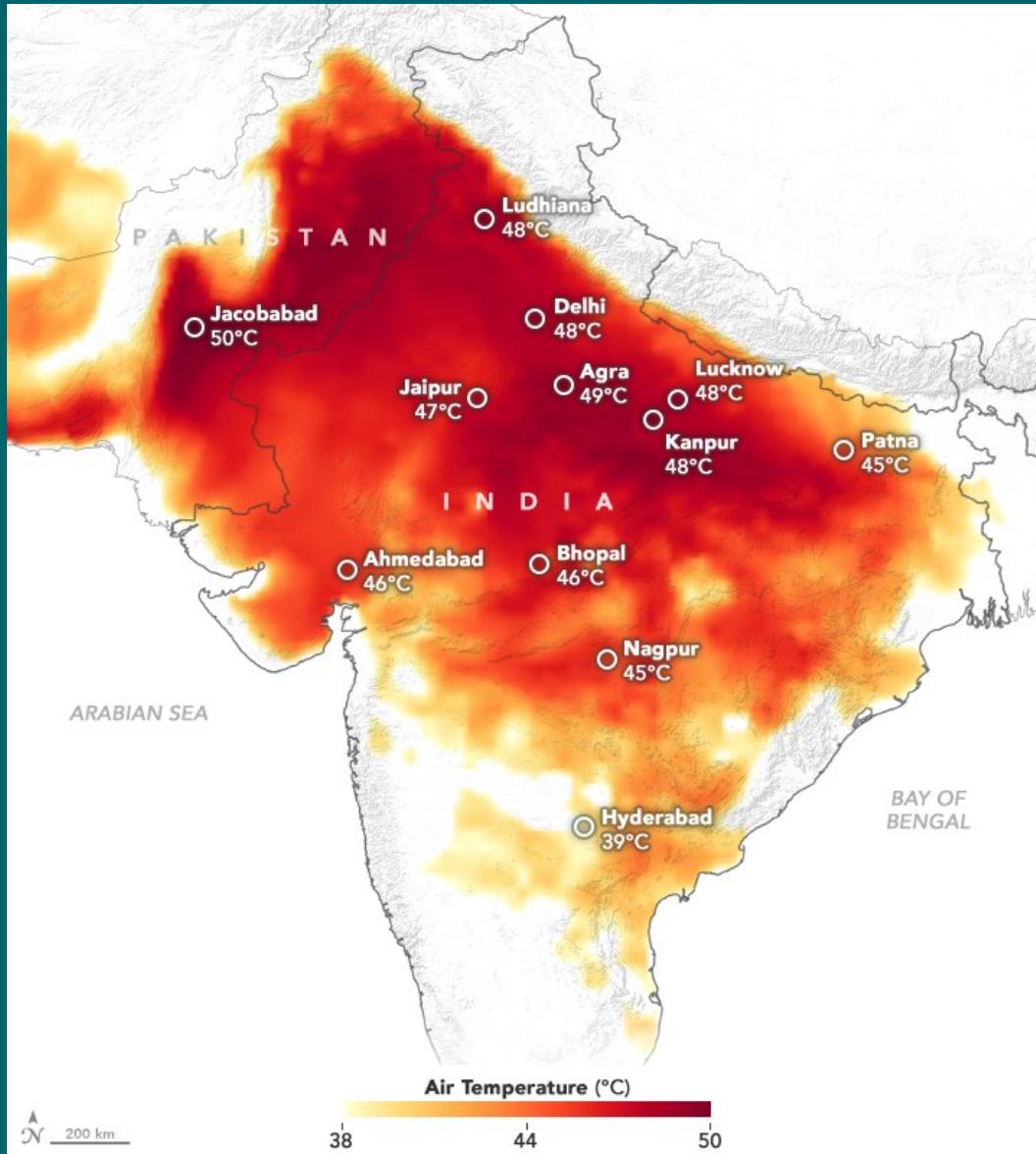


Source: INSEE (idée du graphe: B. Coulmont)

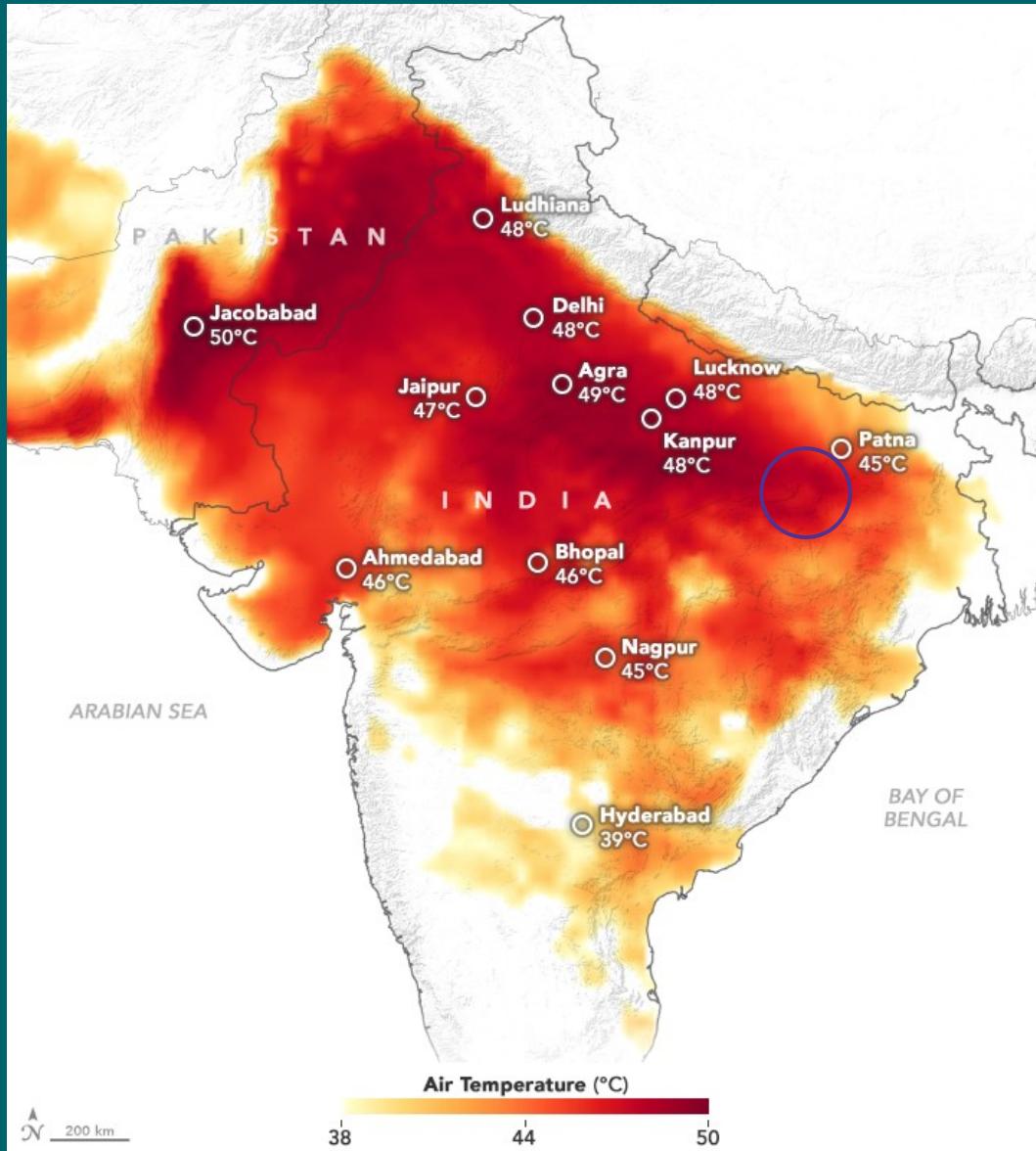
D'autres conséquences :

*Que s'est-il passé en Inde
durant l'été 2019 ?*

D'autres conséquences :

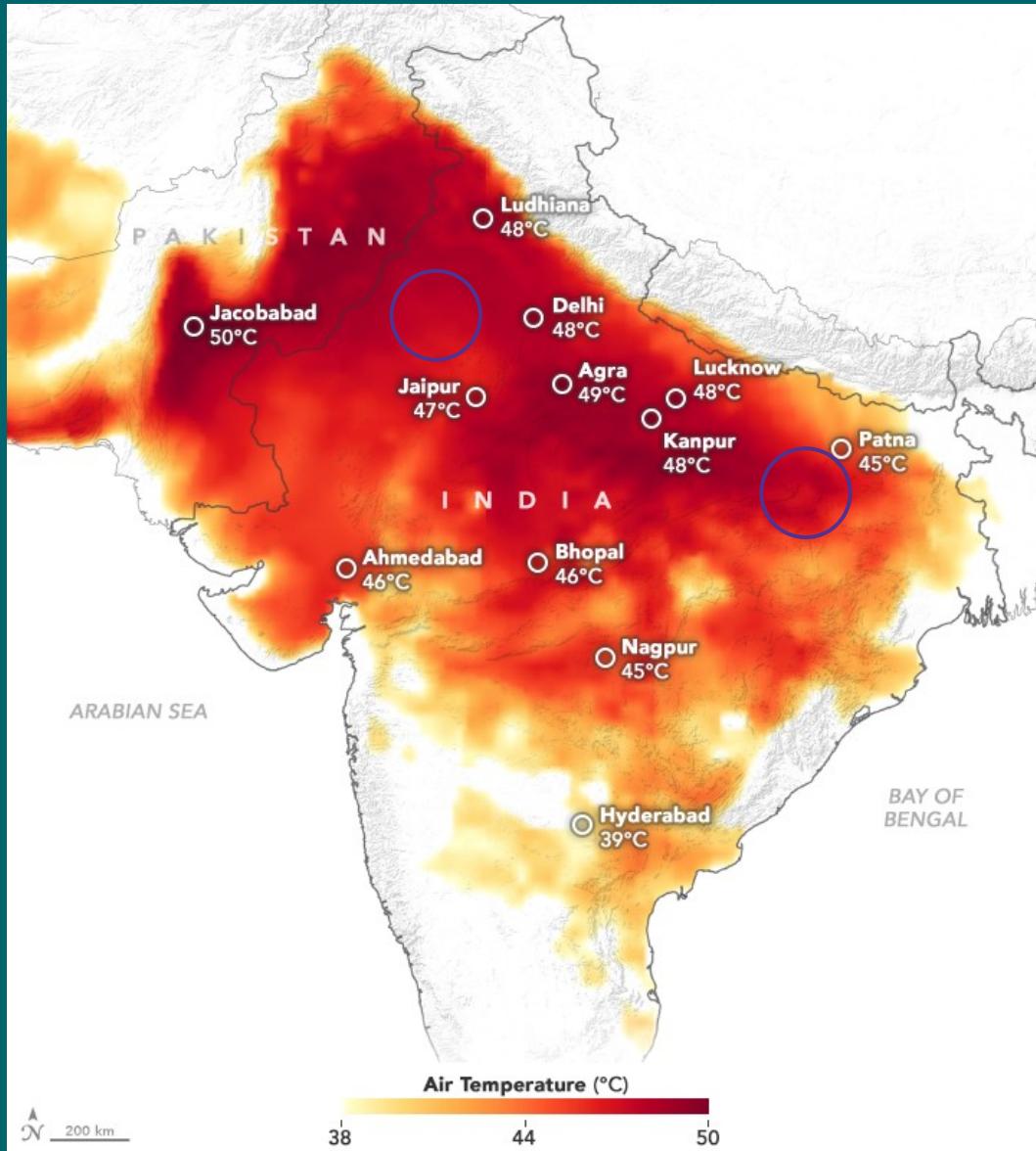


D'autres conséquences :



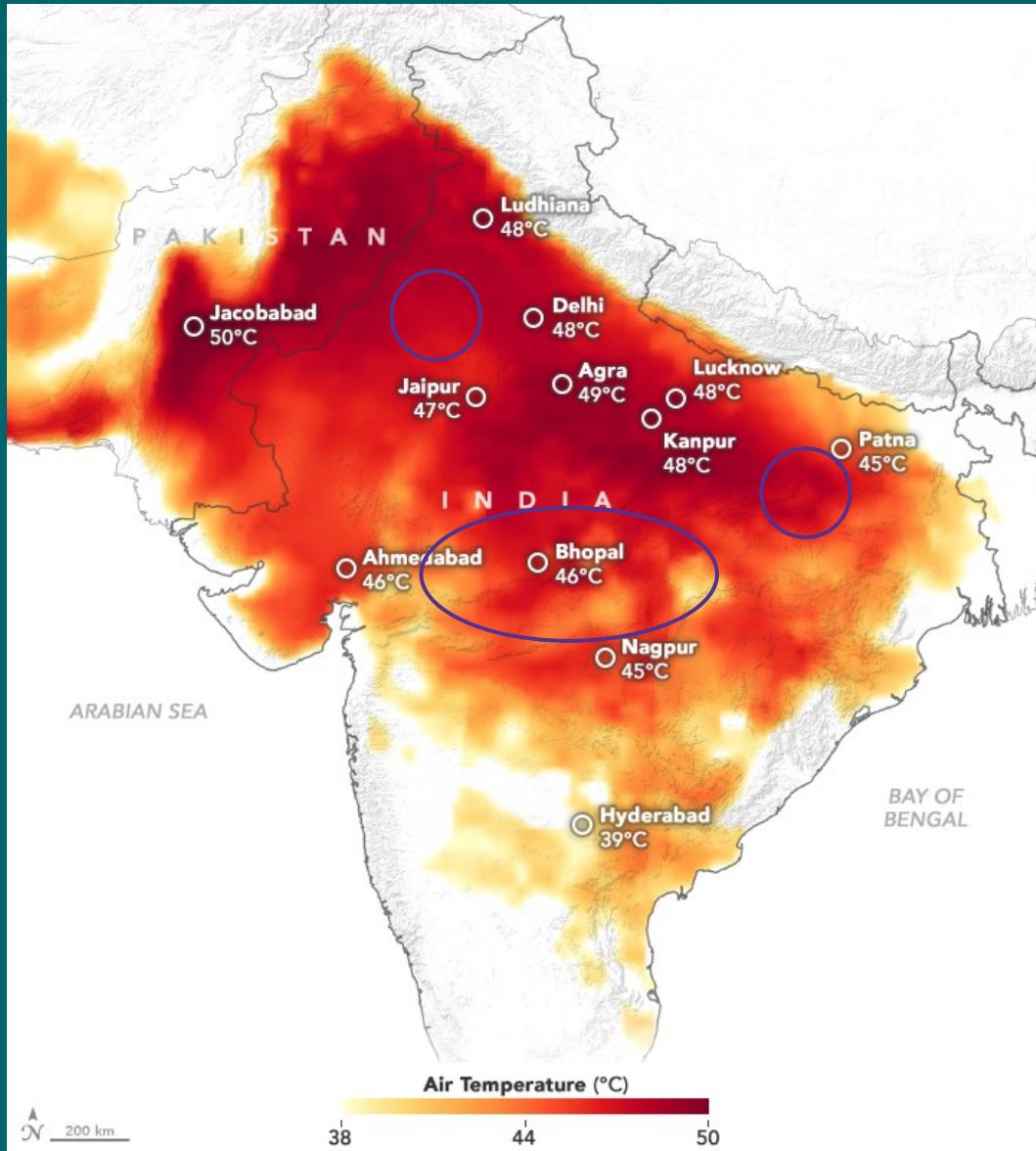
- The government of Gaya, a city in Bihar prohibited assemblies of more than four persons in an area, and banned construction work and assemblies between 11 a.m. and 4 p.m.

D'autres conséquences :



- The government of Gaya, a city in Bihar prohibited assemblies of more than four persons in an area, and banned construction work and assemblies between 11 a.m. and 4 p.m.
- Asphalt begins to melt at 50°C ; the government of Churu poured water onto roads in order to cool them and prevent them from melting.

D'autres conséquences :

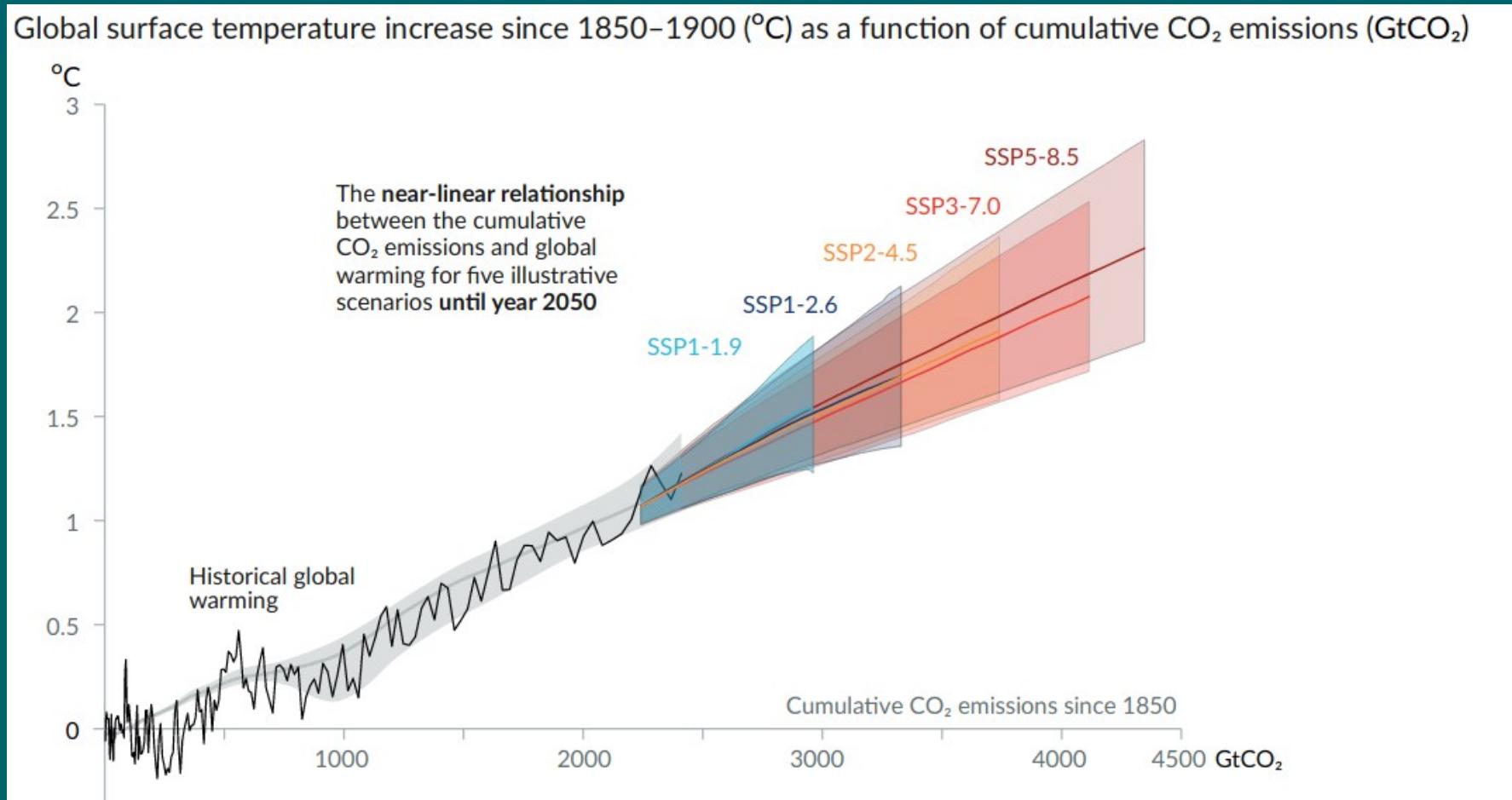


- The government of Gaya, a city in Bihar prohibited assemblies of more than four persons in an area, and banned construction work and assemblies between 11 a.m. and 4 p.m.
- Asphalt begins to melt at 50°C ; the government of Churu poured water onto roads in order to cool them and prevent them from melting.
- In response to fights over water in Madhya Pradesh, the police were deployed to guard water tankers and other sources of water from rioters.

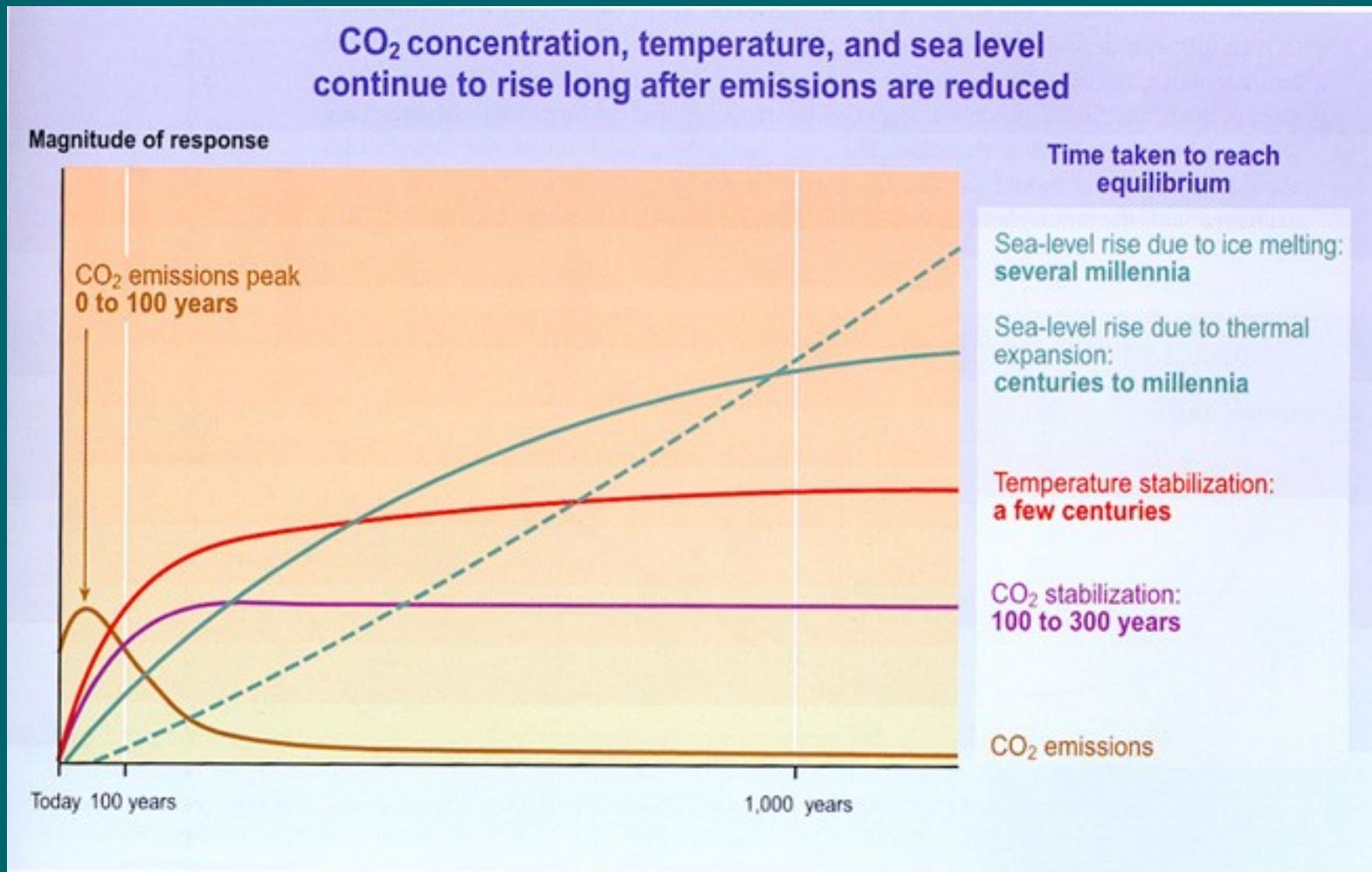
3. L'atténuation : stopper le changement climatique ?

Si l'accord de Paris est respecté, il n'y aura plus de changement climatique ?

Plus on émet, plus le réchauffement est important



Un processus continu

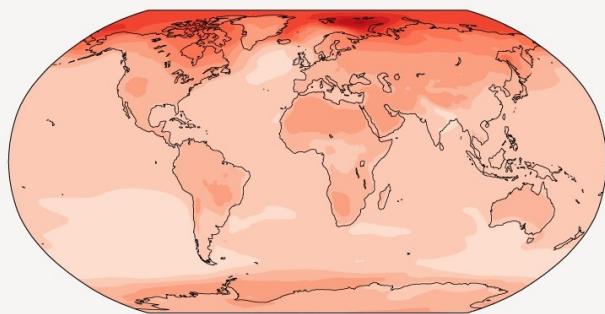


4. Un changement très hétérogène

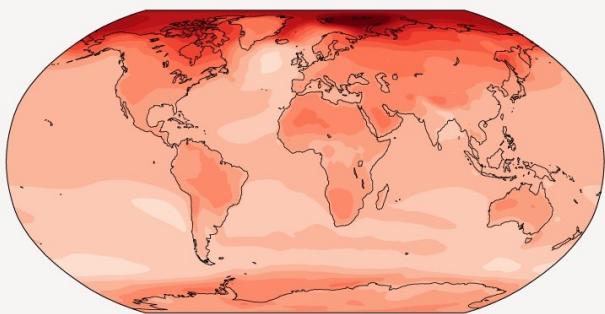
b) Annual mean temperature change ($^{\circ}\text{C}$) relative to 1850-1900

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

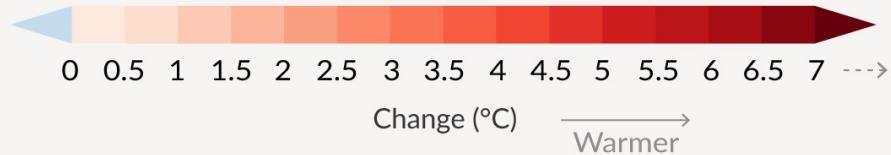
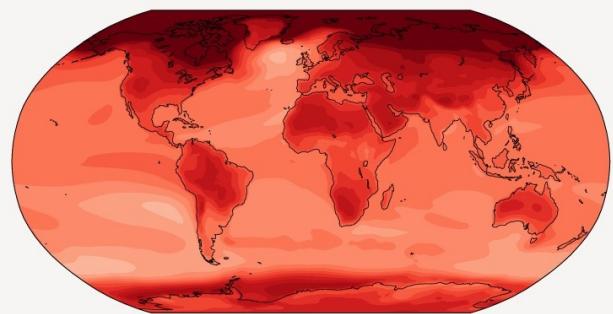
Simulated change at 1.5 $^{\circ}\text{C}$ global warming



Simulated change at 2 $^{\circ}\text{C}$ global warming



Simulated change at 4 $^{\circ}\text{C}$ global warming



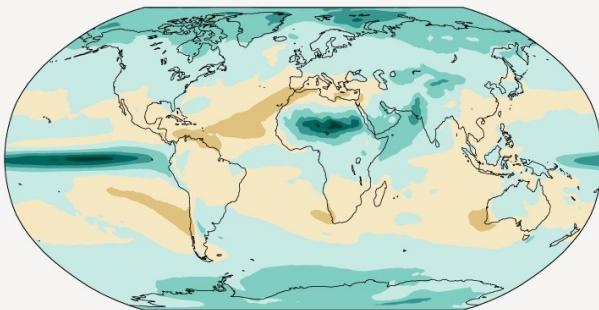
Source: IPCC – AR6 – WGI

4. Un changement très hétérogène

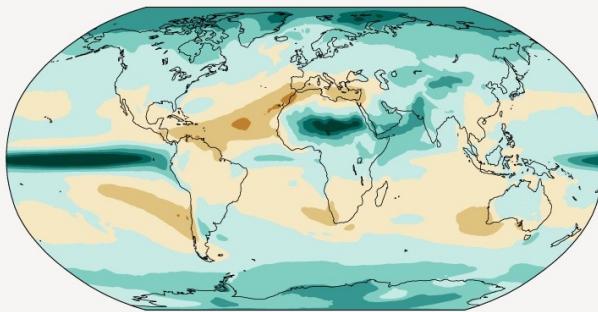
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

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.

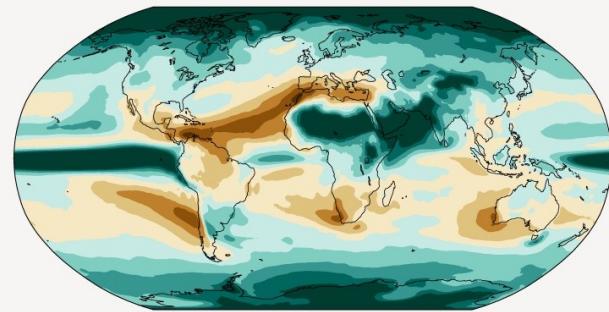
Simulated change at 1.5 °C global warming



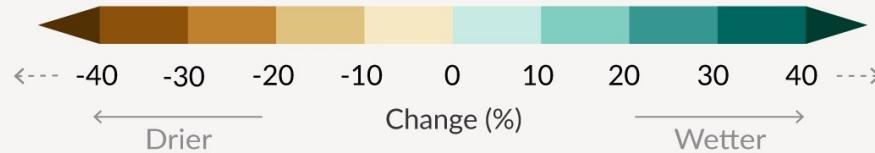
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming

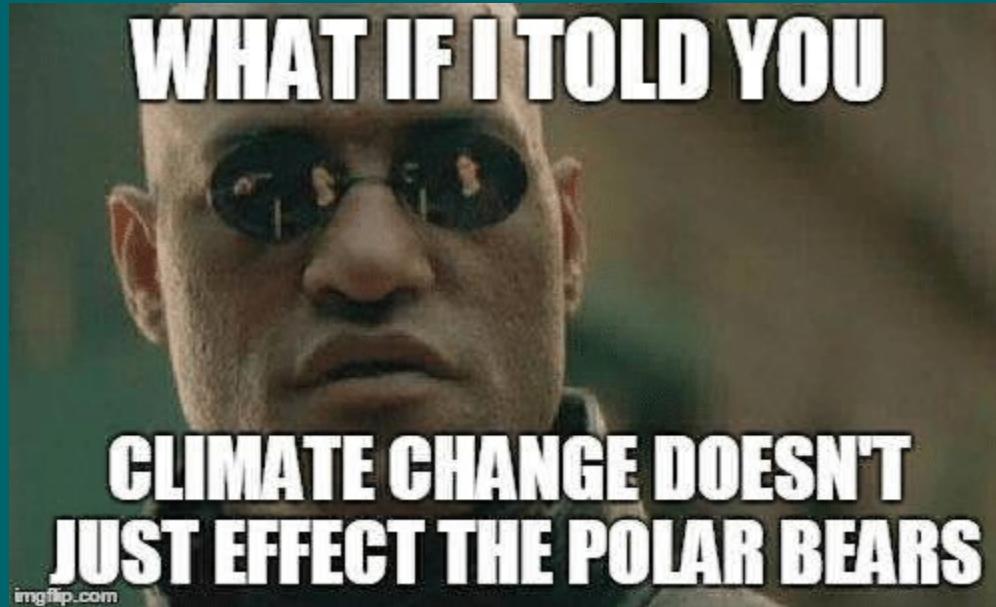


Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



Source: IPCC – AR6 – WGI

Partie 2: Les impacts du changement climatique



1. La multiplicité des impacts

- **Le changement climatique peut provoquer des problèmes locaux :**

- Catastrophes naturelles
- Accès à l'eau
- Pertes économiques
- Etc.



- **Il peut aussi provoquer des problèmes globaux :**

- Migrations internationales
- Difficulté d'accès à la nourriture
- Dégradation du commerce international
- Notamment, des atteintes graves aux écosystèmes, et une diminution de la biodiversité



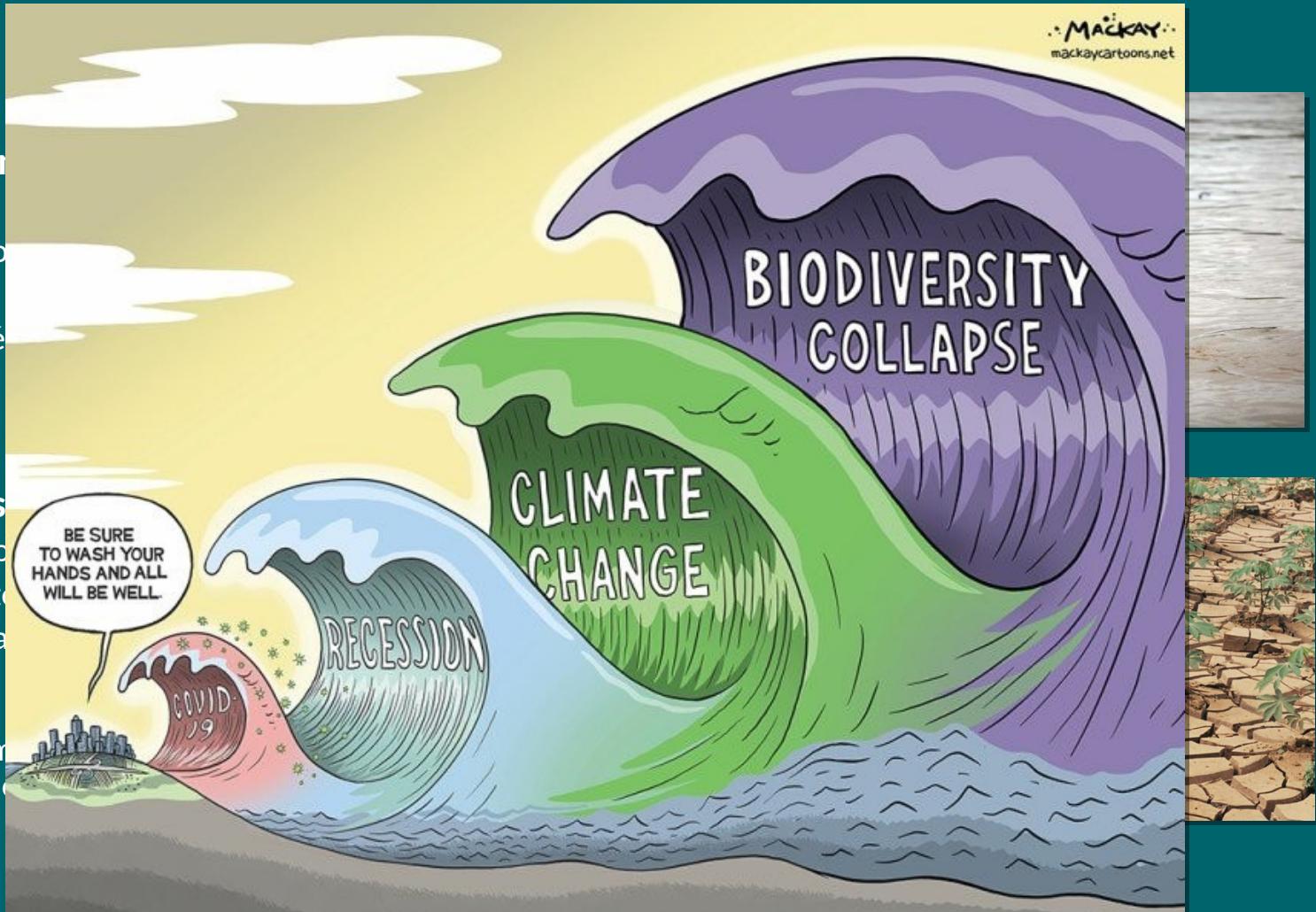
1. La multiplicité des impacts

- Le changement local :

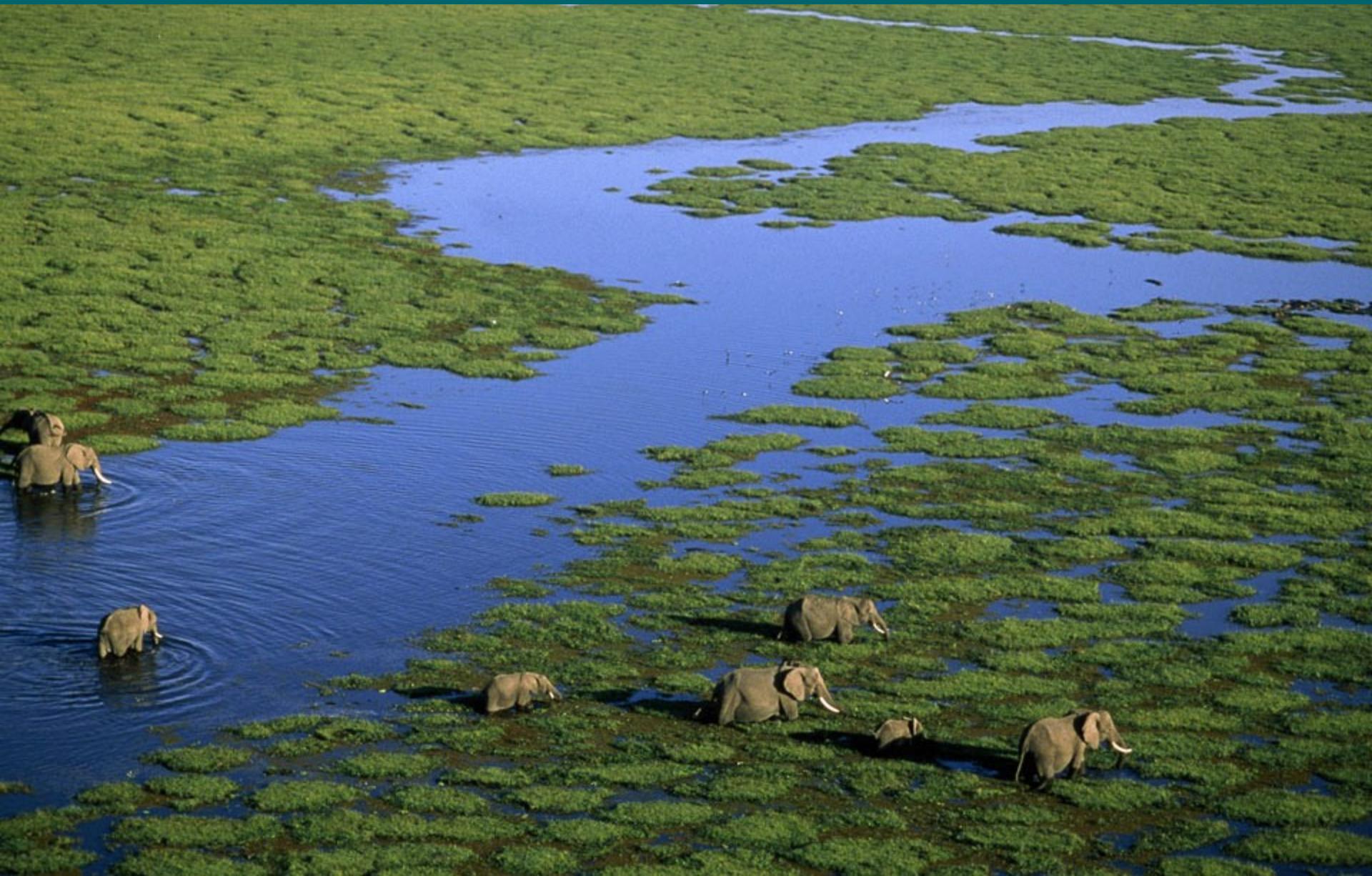
- Catastrophes
- Accès à l'eau
- Pertes économiques
- Etc.

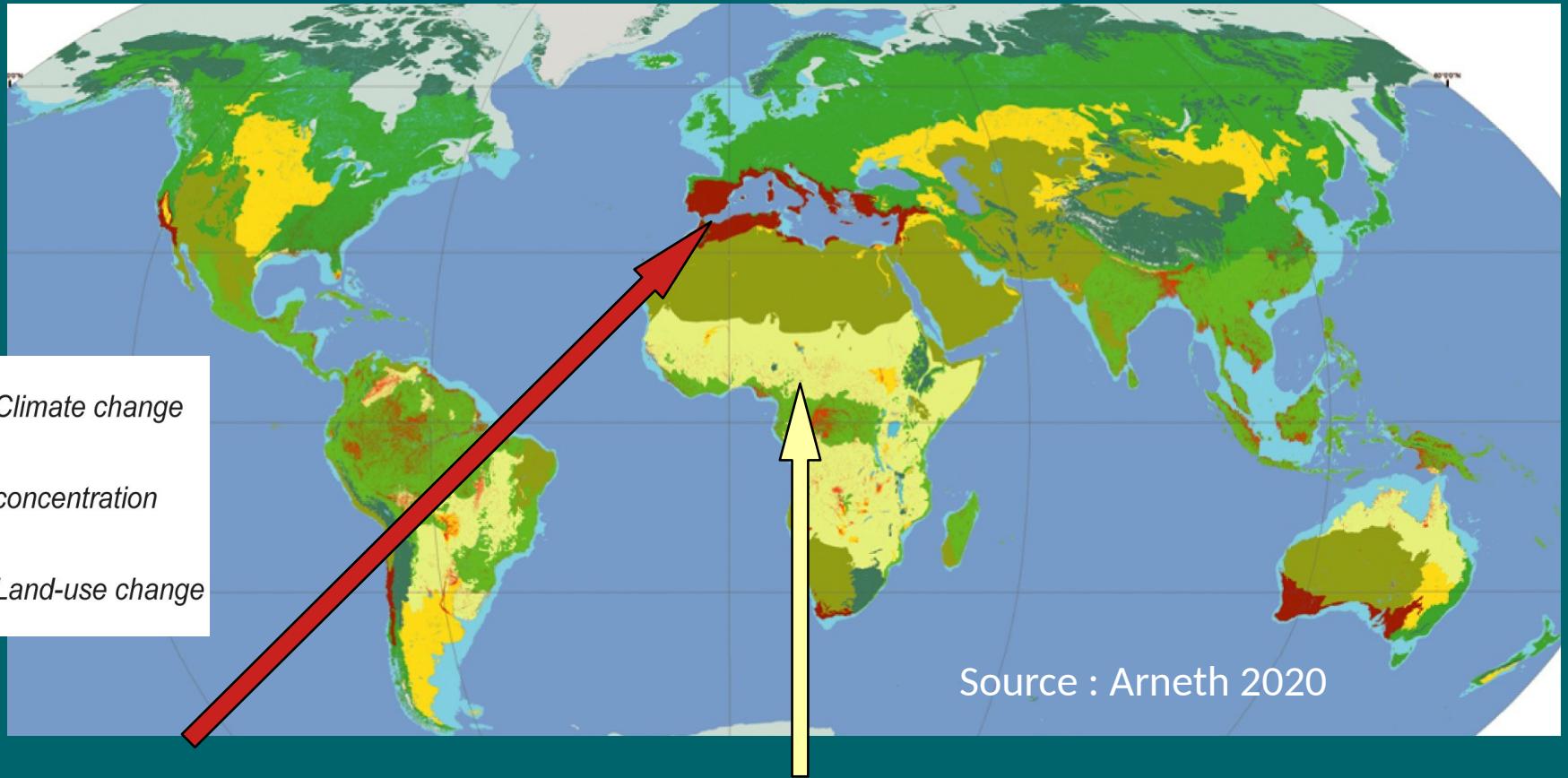
- Il peut aussi :

- Migration
- Difficultés
- Dégradation
- Notamment la diminution



2. Ecosystèmes et biodiversité







Source : Arneth 2020

TROPICAL AND SUBTROPICAL SAVANNAS AND GRASSLANDS

Projected impacts differ between continents, likely because variable interplay of factors that shape savannas

Shift towards woody vegetation, with associated changes in fire regimes (reduced area burnt)

Pressure of land conversion continues in many scenarios, with continued conversion of savannas to cropland (i.e. Africa), with associated large losses of biodiversity and carbon



MEDITERRANEAN FORESTS WOODLANDS AND SCRUB

Biodiversity and productivity vulnerable to more frequent droughts, and changes in wildfire regimes

Enhanced photosynthesis and water use efficiency compensates to some degree for detrimental climate change impacts

Declining precipitation could accelerate agricultural abandonment

TROPICAL AND SUBTROPICAL SAVANNAS AND GRASSLANDS

Projected impacts differ between continents, likely because variable interplay of factors that shape savannas

Shift towards woody vegetation, with associated changes in fire regimes (reduced area burnt)

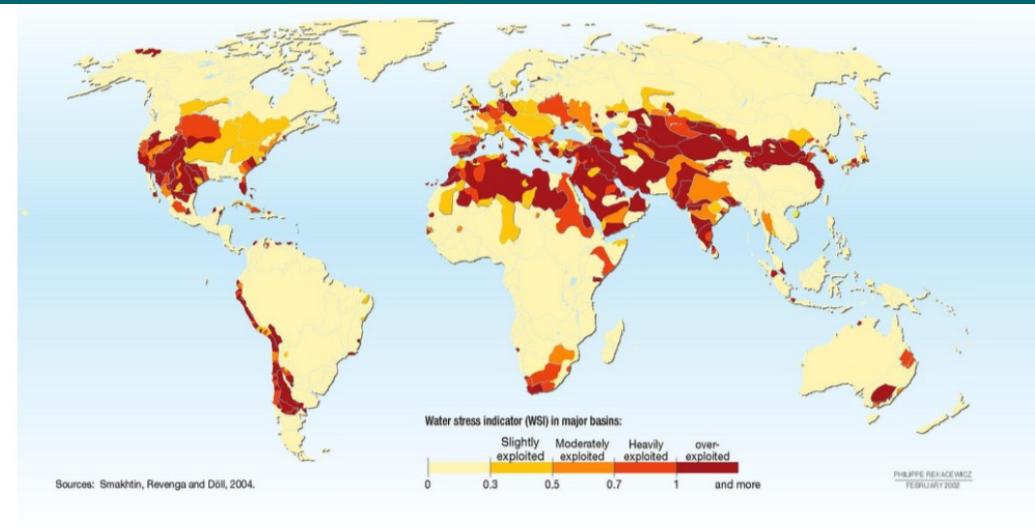
Pressure of land conversion continues in many scenarios, with continued conversion of savannas to cropland (i.e. Africa), with associated large losses of biodiversity and carbon

3. Ressources en eau douce



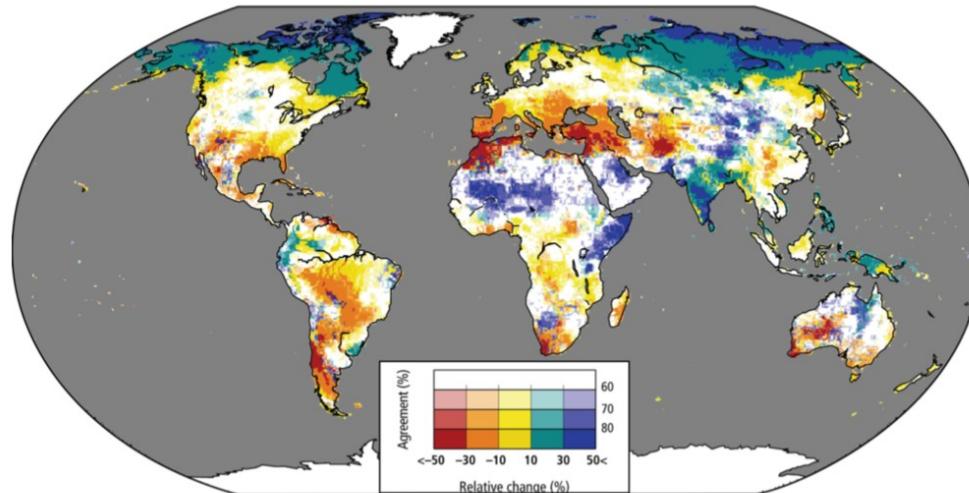
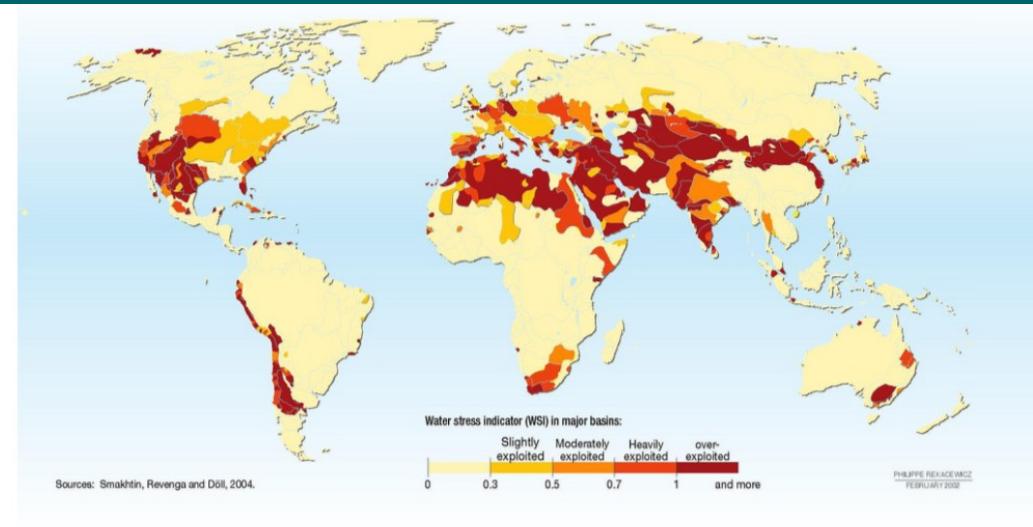
Le changement climatique empire les problèmes existants

Present day water stress indicator (ratio water consumed/water available)



Le changement climatique empire les problèmes existants

Present day water stress indicator (ratio water consumed/water available)

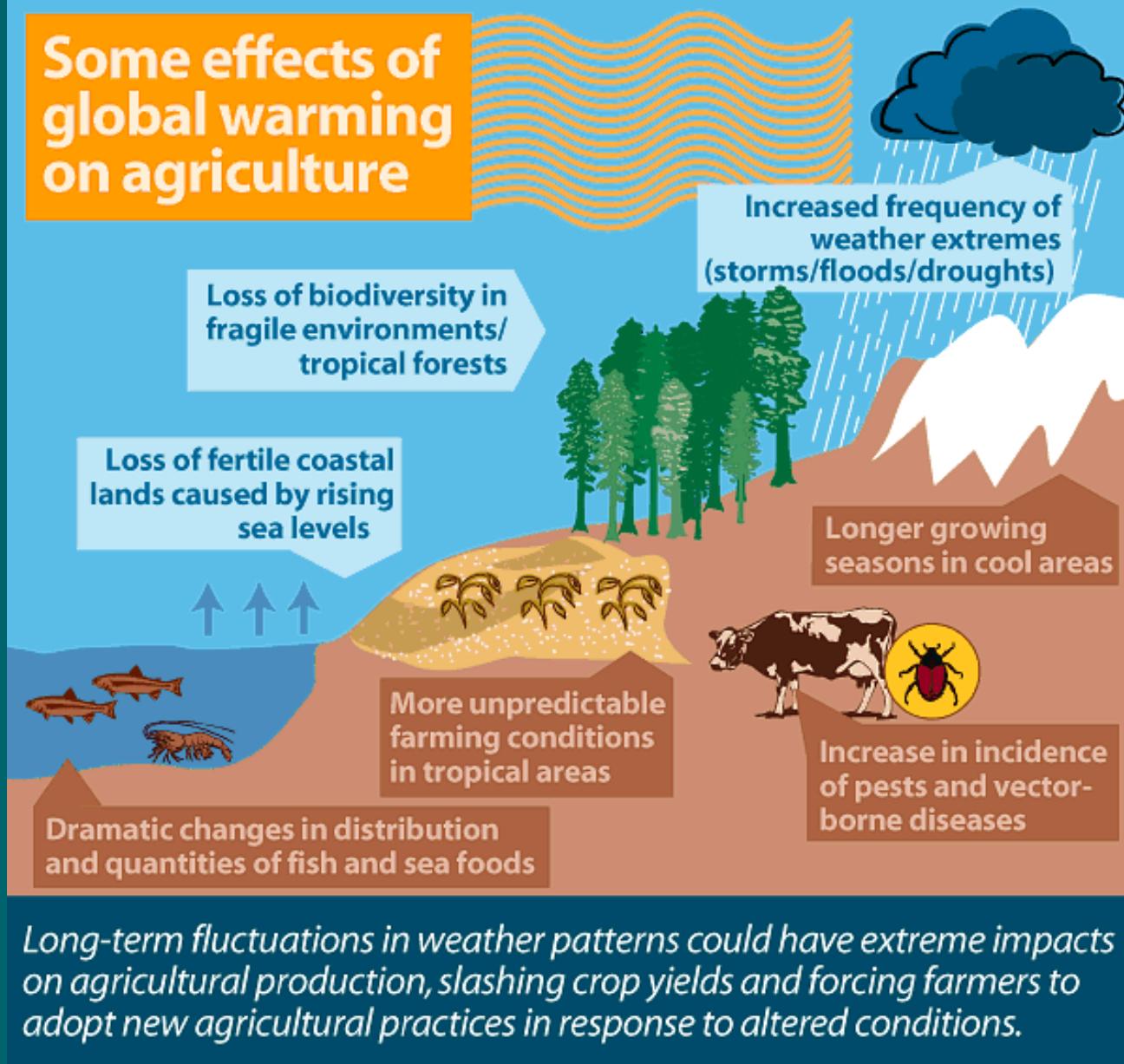


Percentage change of mean annual streamflow for a **global mean temperature rise** of 2°C above 1980–2010 (2.7°C above pre-industrial).

4. Agriculture et sécurité alimentaire

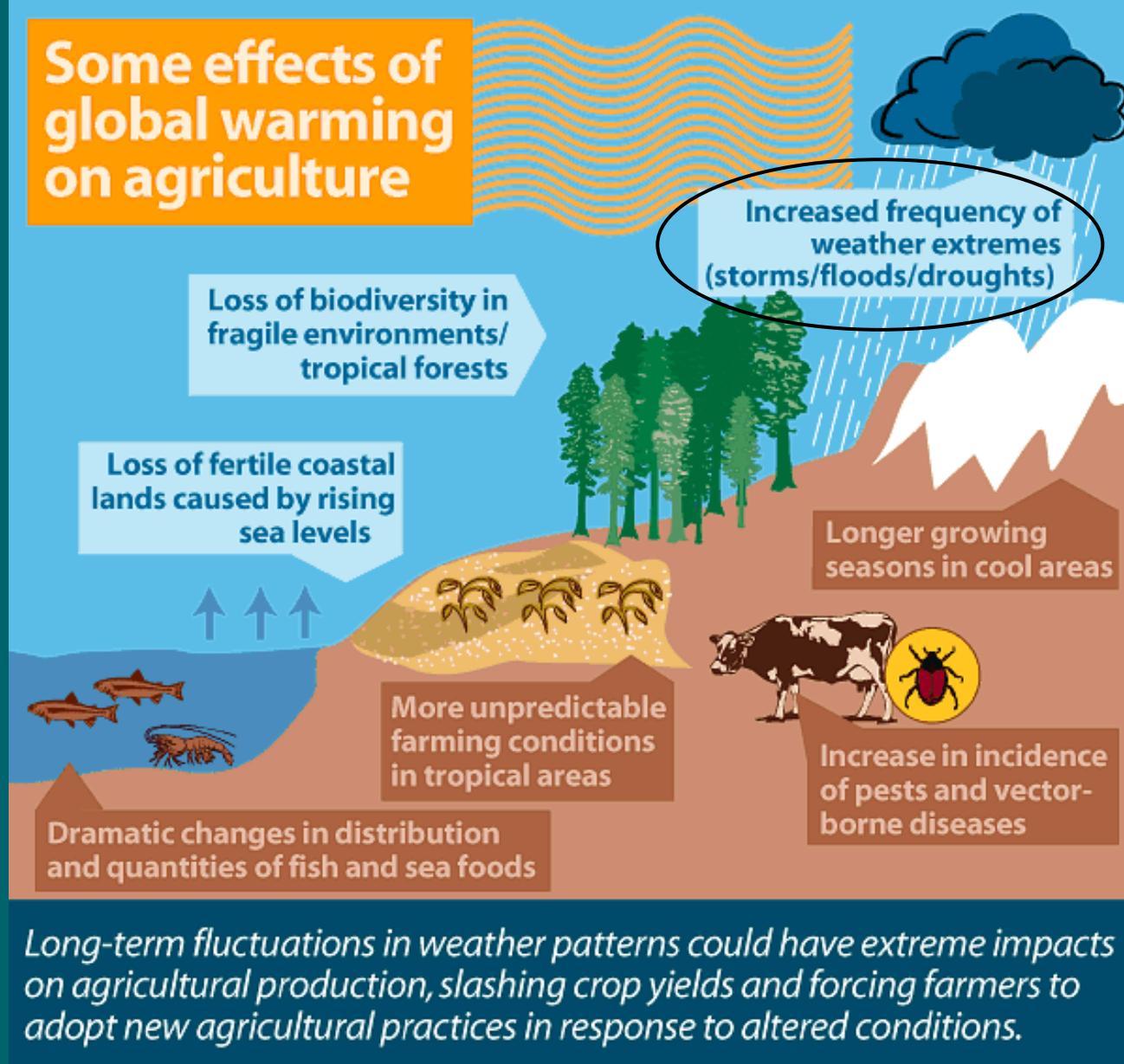


Some effects of global warming on agriculture



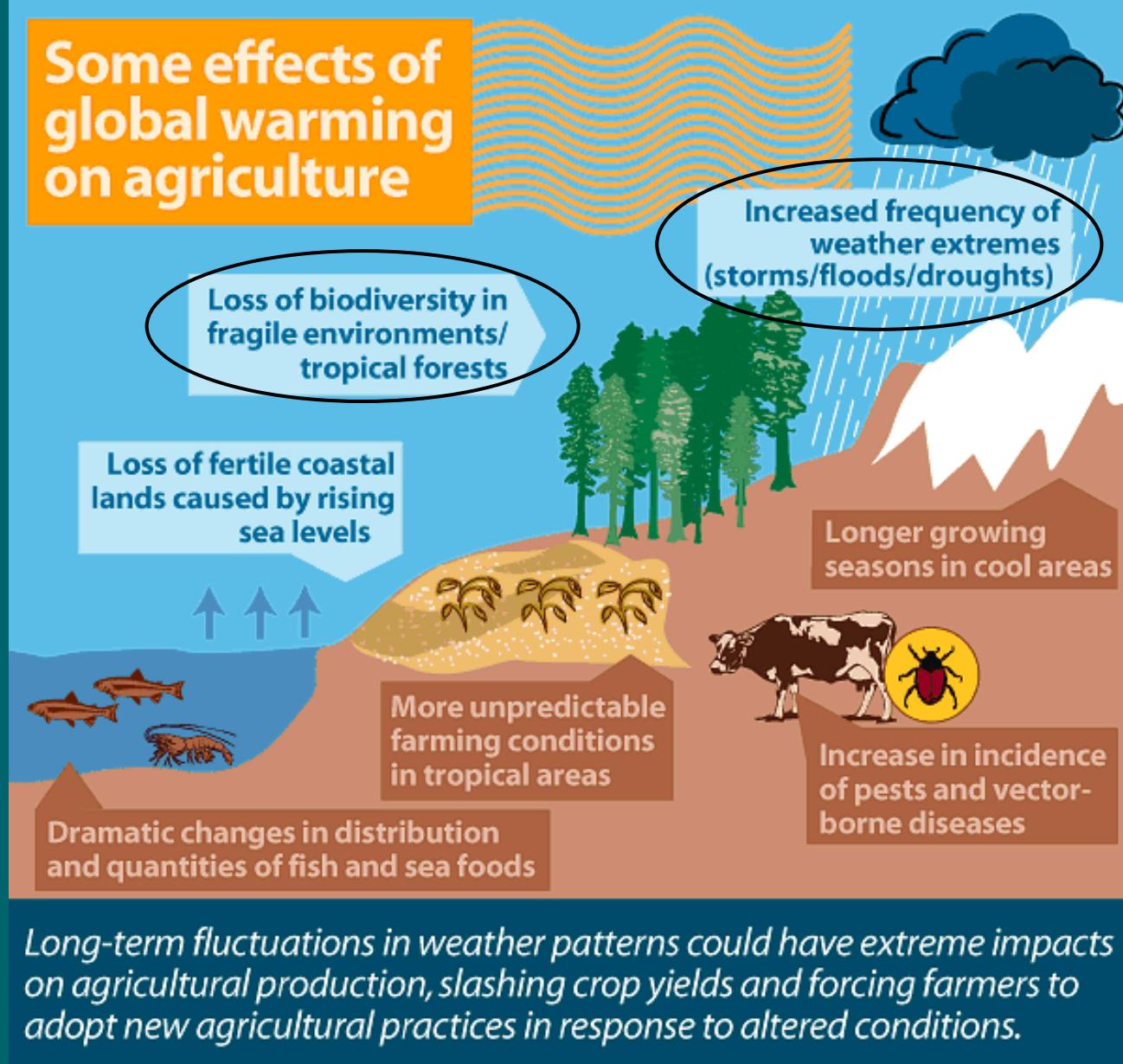
Source : FAO

Some effects of global warming on agriculture



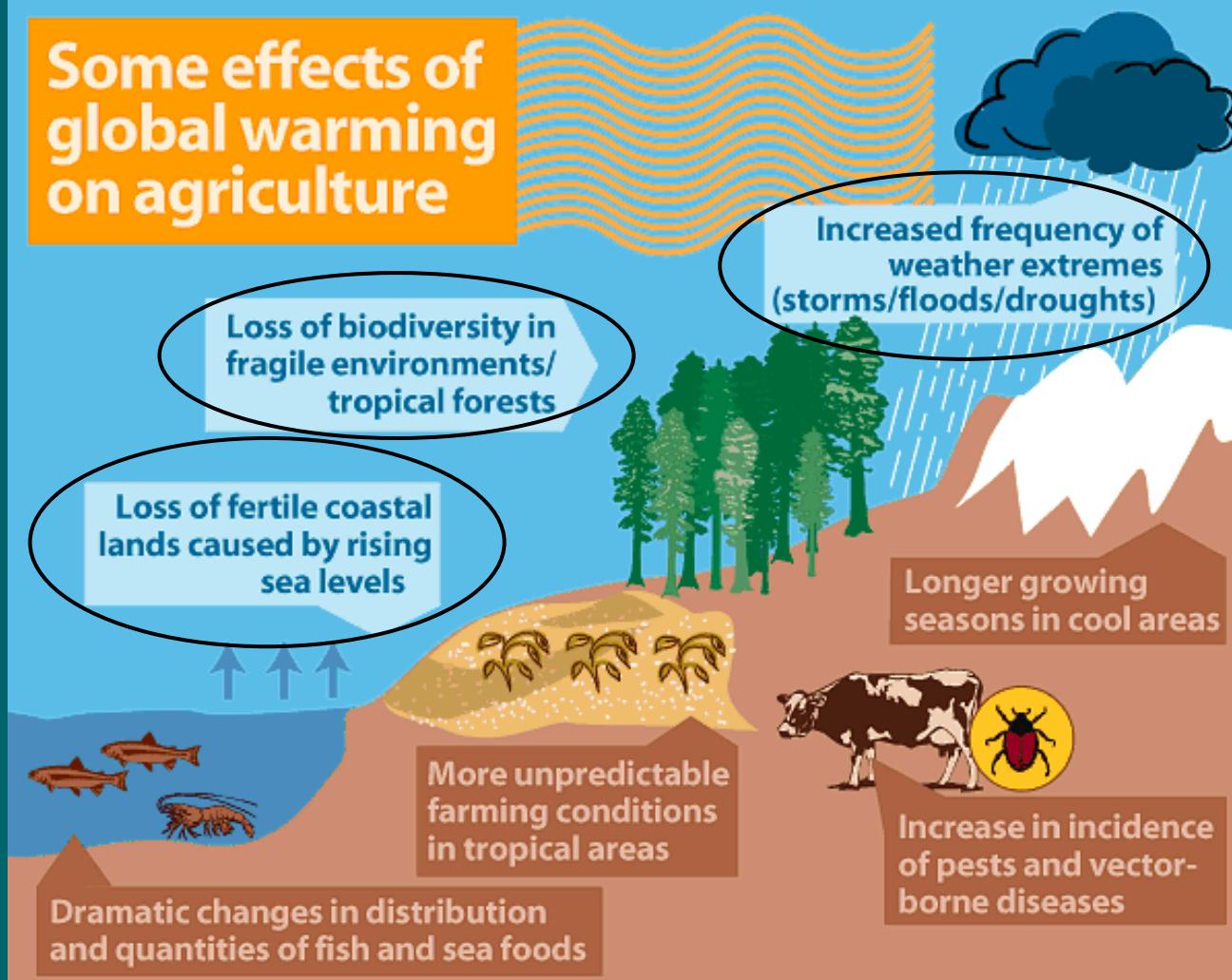
Source : FAO

Some effects of global warming on agriculture



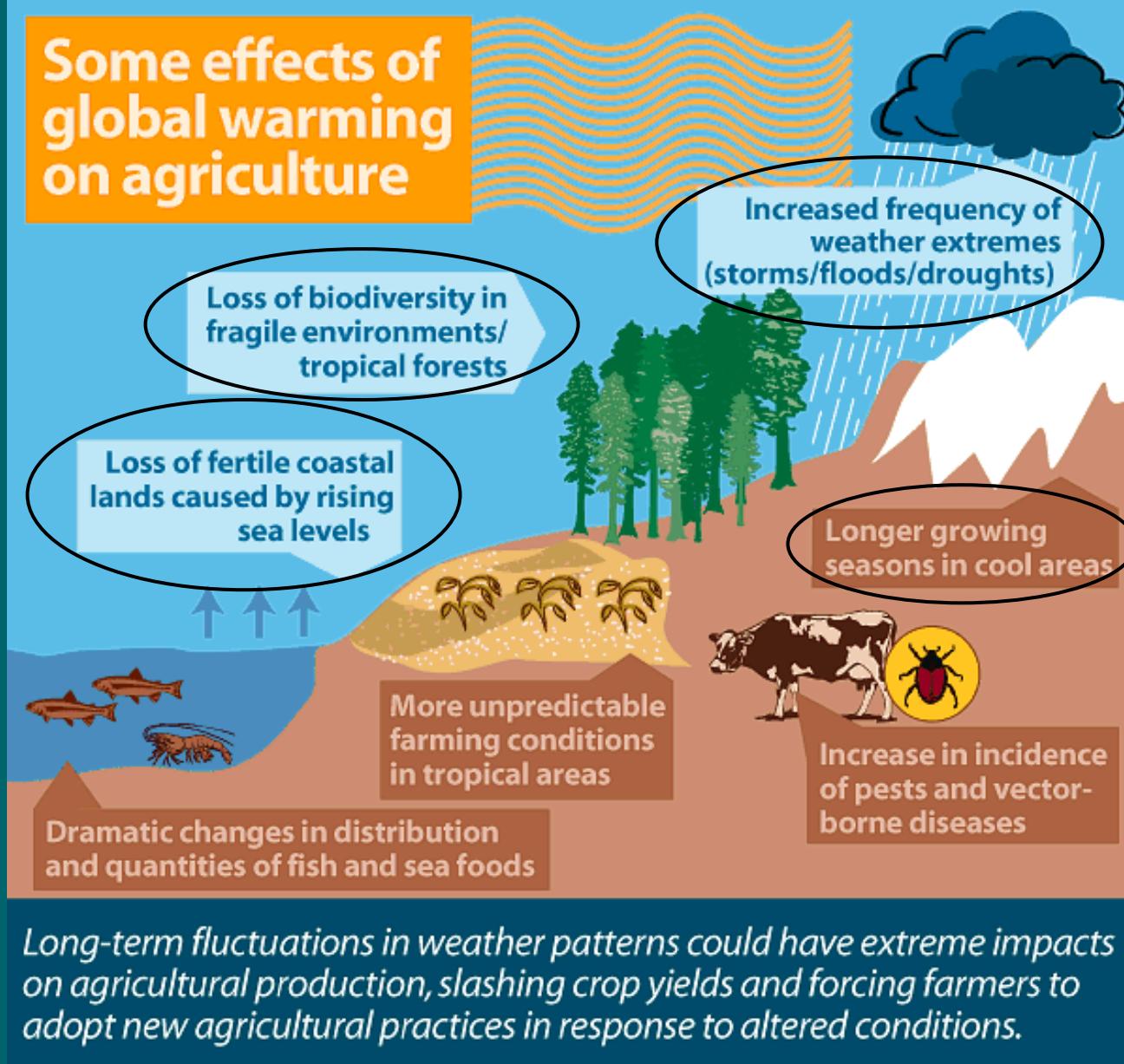
Source : FAO

Some effects of global warming on agriculture



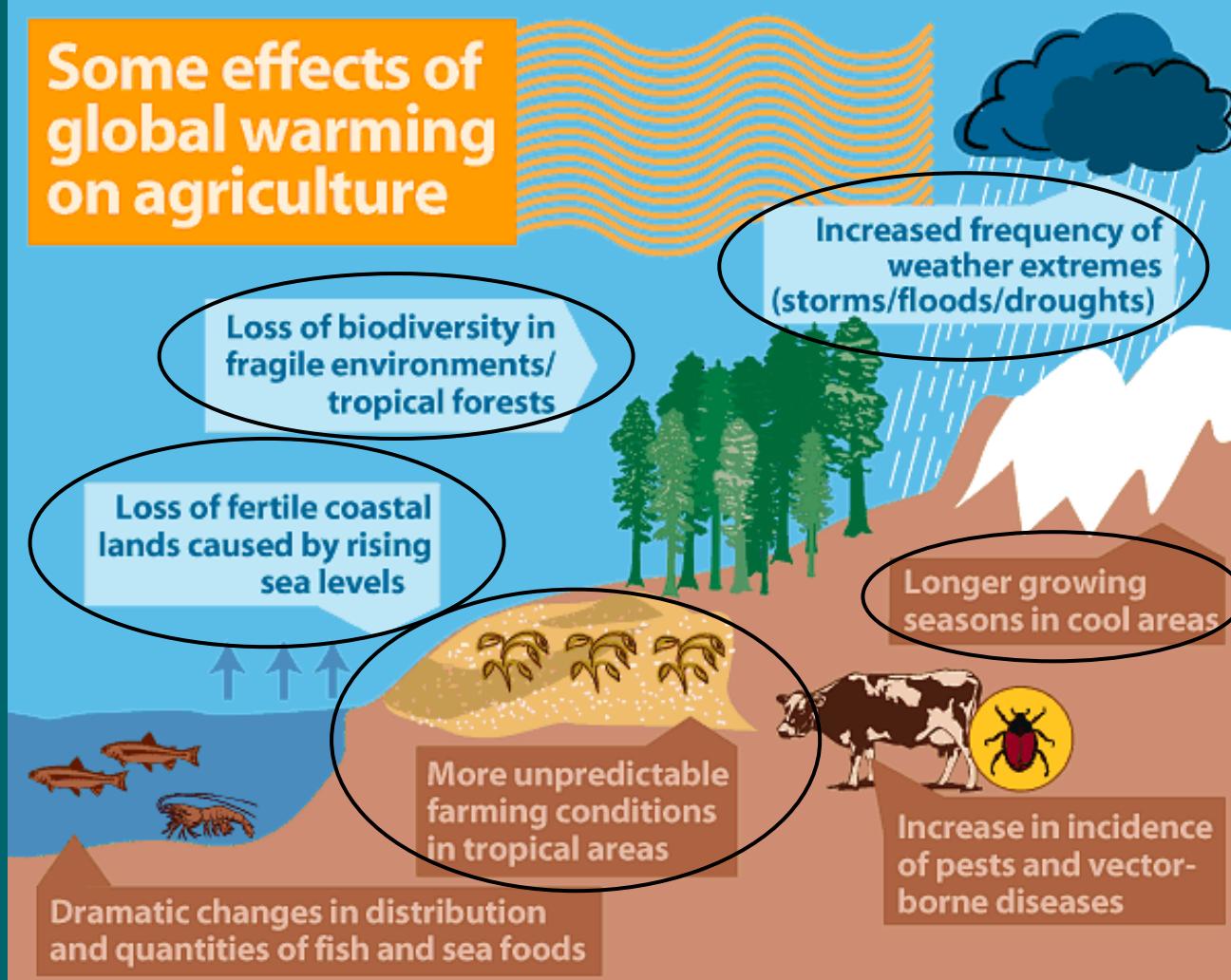
Long-term fluctuations in weather patterns could have extreme impacts on agricultural production, slashing crop yields and forcing farmers to adopt new agricultural practices in response to altered conditions.

Some effects of global warming on agriculture



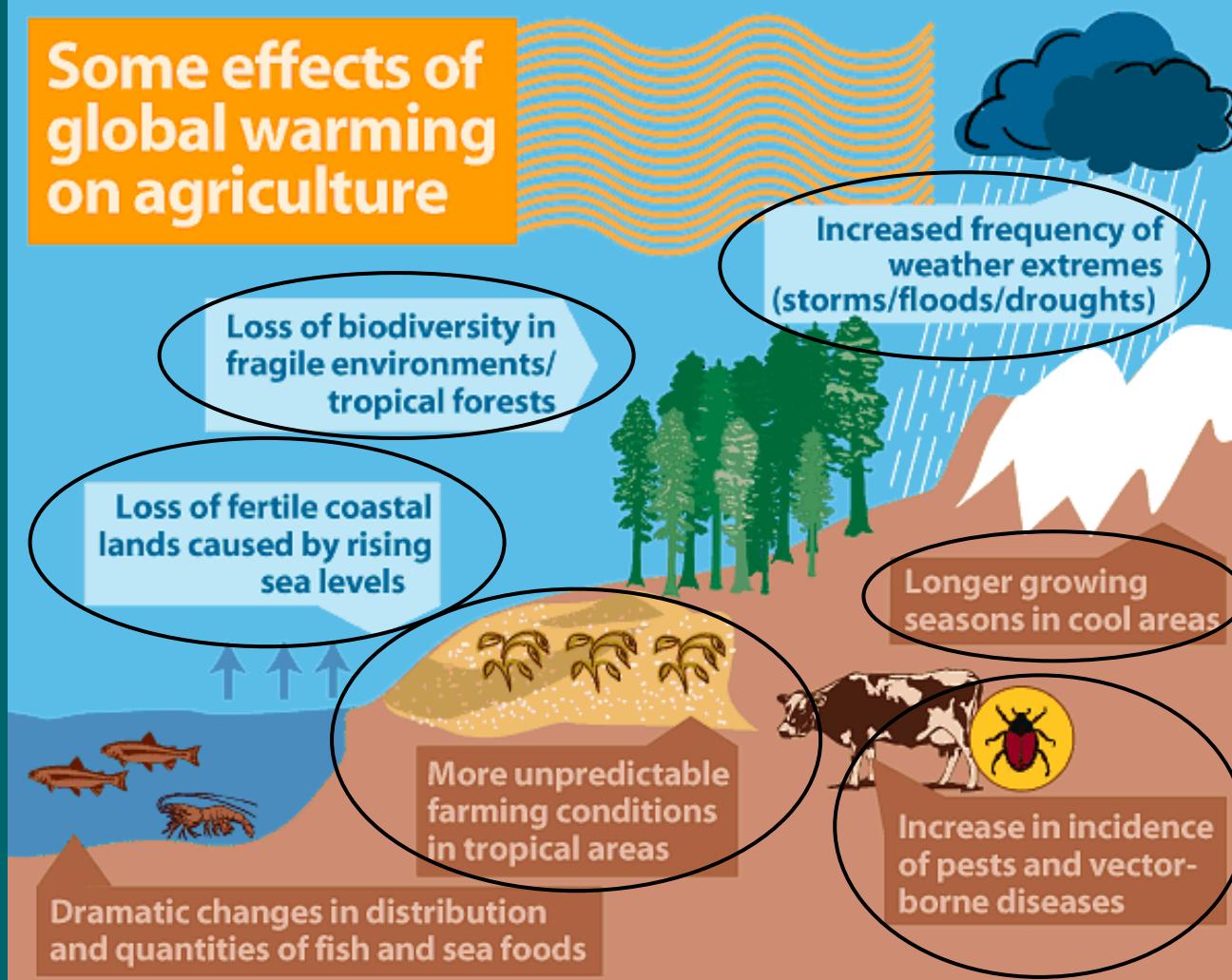
Source : FAO

Some effects of global warming on agriculture



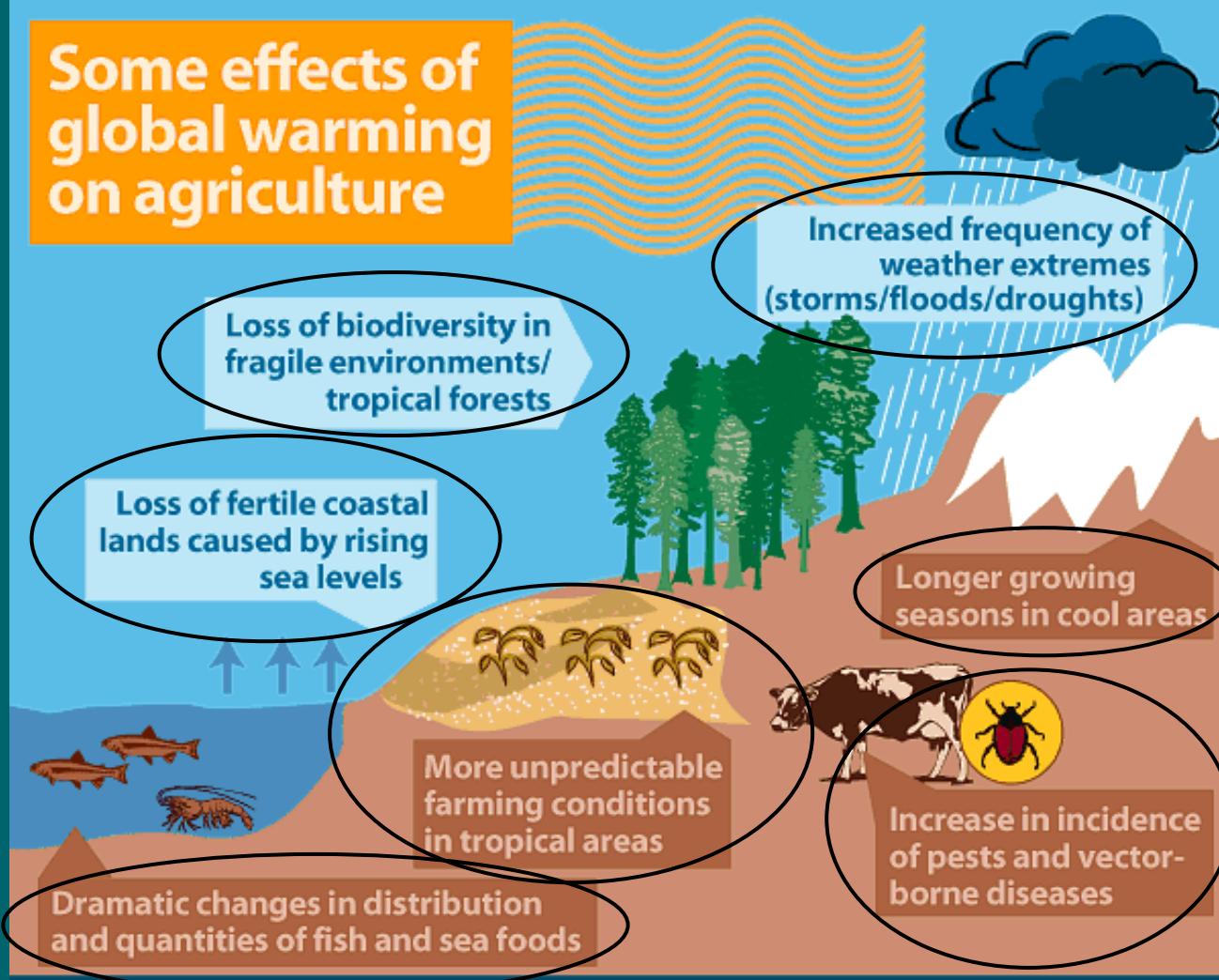
Long-term fluctuations in weather patterns could have extreme impacts on agricultural production, slashing crop yields and forcing farmers to adopt new agricultural practices in response to altered conditions.

Some effects of global warming on agriculture



Long-term fluctuations in weather patterns could have extreme impacts on agricultural production, slashing crop yields and forcing farmers to adopt new agricultural practices in response to altered conditions.

Some effects of global warming on agriculture



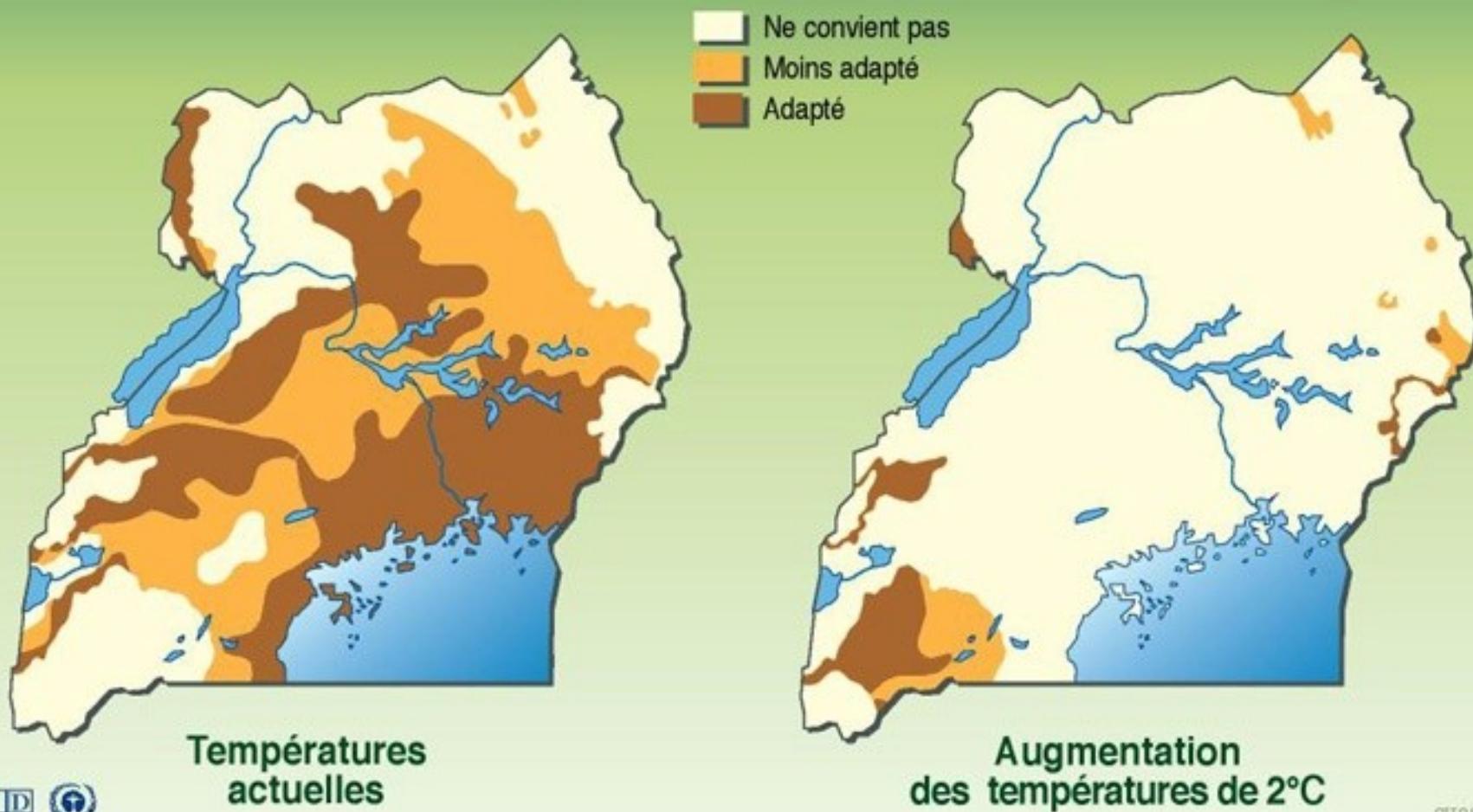
Long-term fluctuations in weather patterns could have extreme impacts on agricultural production, slashing crop yields and forcing farmers to adopt new agricultural practices in response to altered conditions.

Video impact sur le rendement agricole

Source : NASA

Conséquences sur l'agriculture: des effets de seuil et un besoin d'adaptation

Impact de l'augmentation des températures sur le café robusta en Ouganda



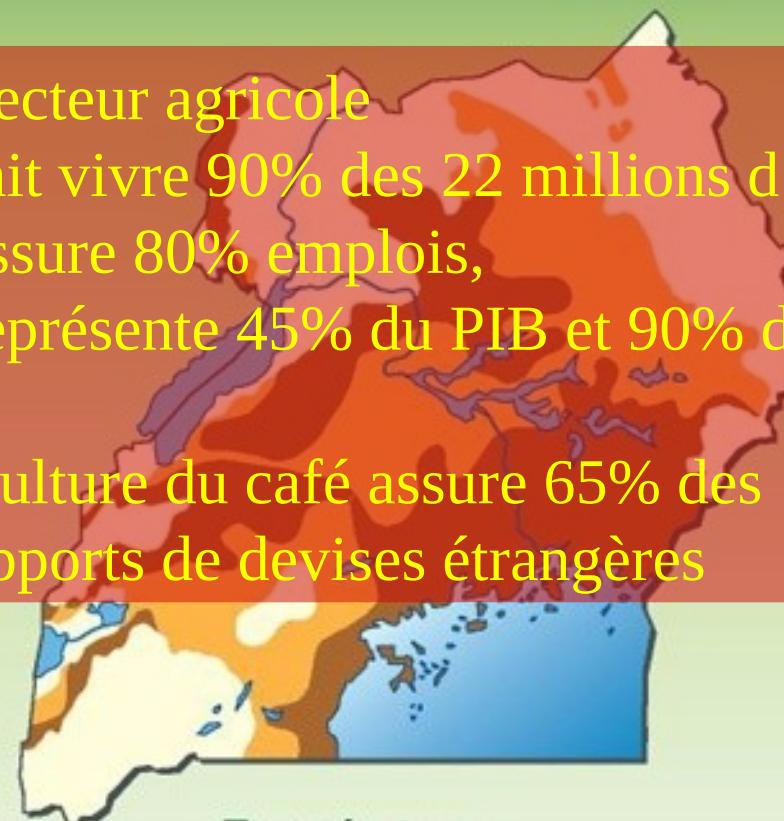
Conséquences sur l'agriculture: des effets de seuil et un besoin d'adaptation

Impact de l'augmentation des températures sur le café robusta en Ouganda

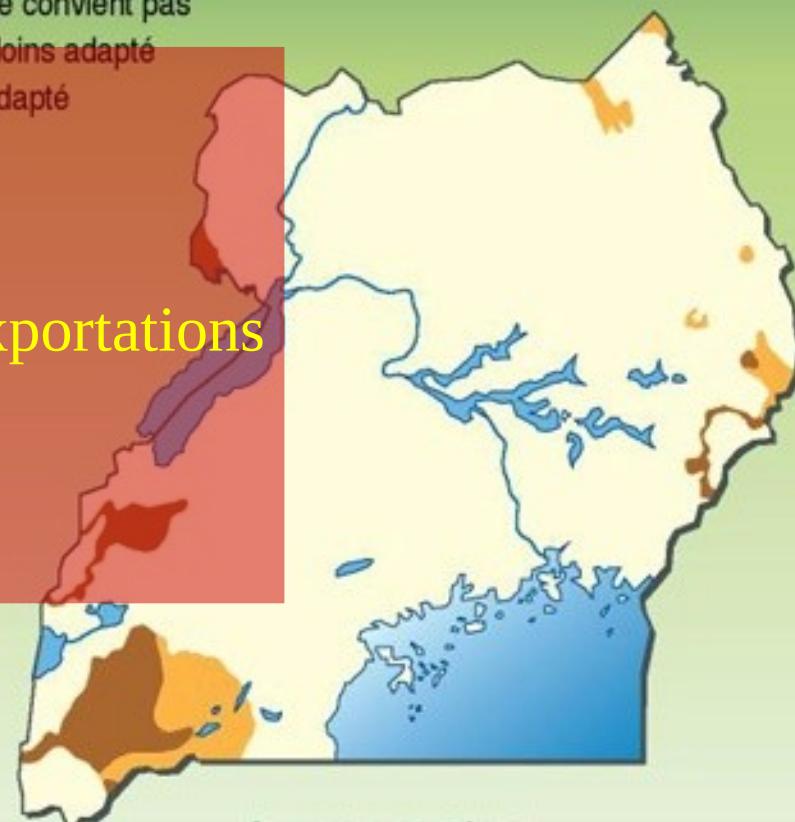
Secteur agricole fait vivre 90% des 22 millions d'hb, assure 80% emplois, représente 45% du PIB et 90% des exportations

Culture du café assure 65% des apports de devises étrangères

- Ne convient pas
- Moins adapté
- Adapté



Températures actuelles



Augmentation des températures de 2°C

5. Santé



Impacts sanitaires

Quelles sont les principales conséquences ?

Impacts sanitaires

- Augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur

Impacts sanitaires

- Augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur
- Augmentation de la mortalité liées à l'Ozone

Impacts sanitaires

- Augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur
- Augmentation de la mortalité liées à l'Ozone
- Augmentation de la mortalité liée aux maladies liés à la nutrition, l'eau et a transmission vectorielle (moustiques)

Impacts sanitaires

- Augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur
- Augmentation de la mortalité liées à l'Ozone
- Augmentation de la mortalité liée aux maladies liés à la nutrition, l'eau et a transmission vectorielle (moustiques)
- Effets négatif sur la santé mentale

Impacts sanitaires

- Augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur
- Augmentation de la mortalité liées à l'Ozone
- Augmentation de la mortalité liée aux maladies liés à la nutrition, l'eau et a transmission vectorielle (moustiques)
- Effets négatif sur la santé mentale
- Stress supplémentaire sur les services de santé

L'exposition, la vulnérabilité et la pauvreté sont corrélées

L'exposition, la vulnérabilité et la pauvreté sont corrélées

Heat-related illness and death rates, by neighborhood poverty in New York City

Neighborhood Poverty	Average annual ED visit rate per million, excluding admissions and deaths (2005–2010)	Average annual hospital admission rate per million, excluding deaths (2000–2010)	Average annual death rate per million (2000–2011)	Percentage Aged 65+ Without Air Conditioning (2013)
Low (<10%)	36.7	12.7	1.2	8.1
Medium (10 to <20%)	52.4	18.5	1.4	9.3
High (20 to <30%)	55.2	19.0	1.5	18.9
Very High (30%+)	76.5	21.1	1.9	18.8

Notes: Data on heat-related deaths, hospital visits, and emergency department visits are restricted to events in the months of May through September for the years indicated. Neighborhood poverty rates are based on zip code and are defined as the percentage of residents with incomes below 100% of the Federal Poverty Level per the American Community Survey 2007-2011. Population estimates for incidence are based on 2010 census data.

Source: NYC DOHMH

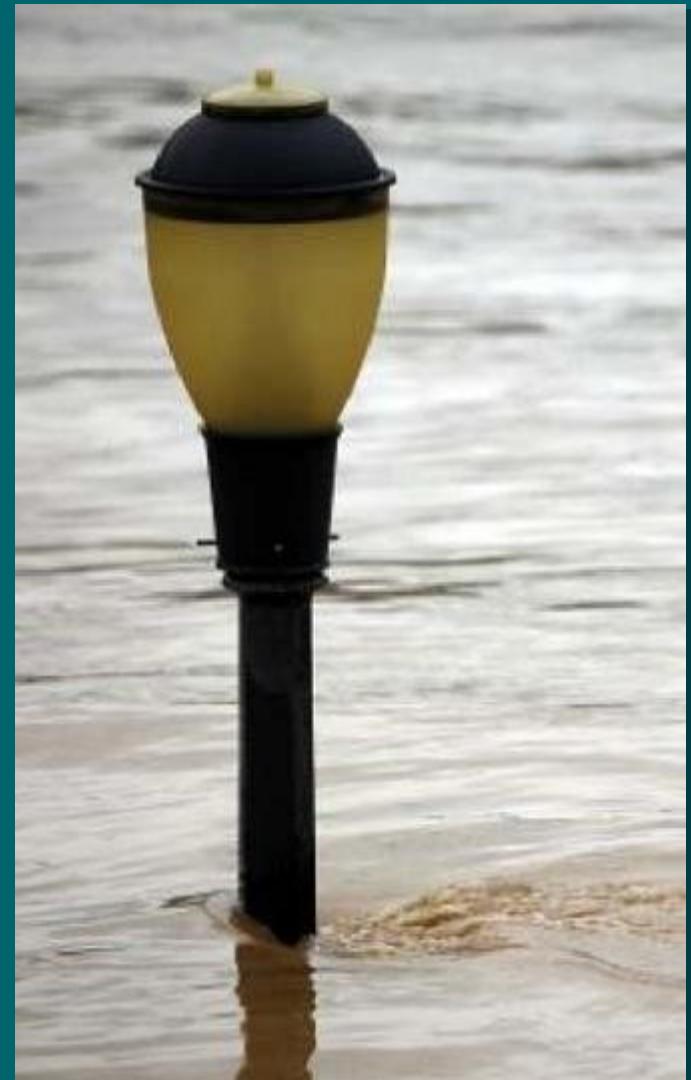
6. Les inondations



Des inondations plus fréquentes?

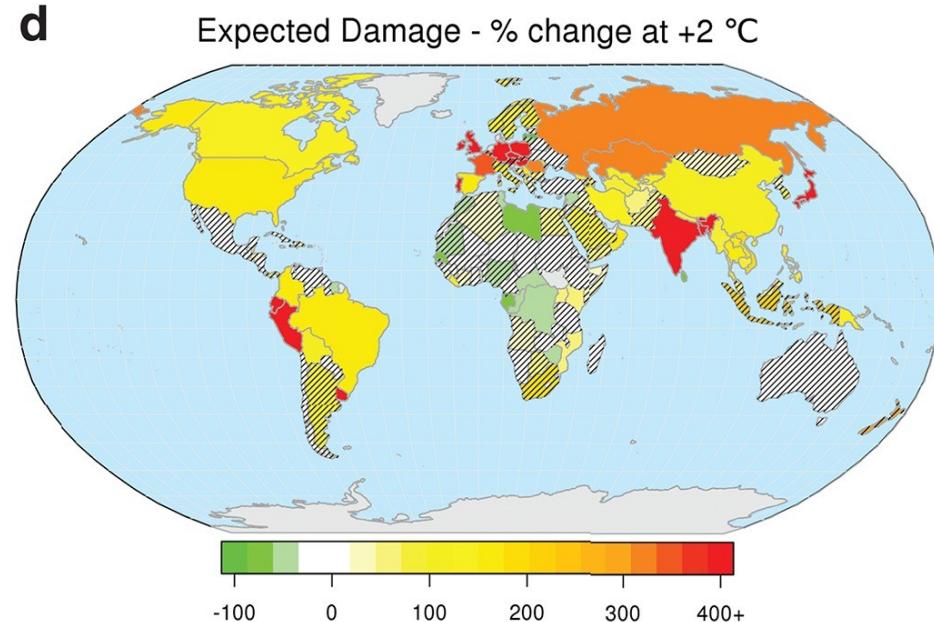
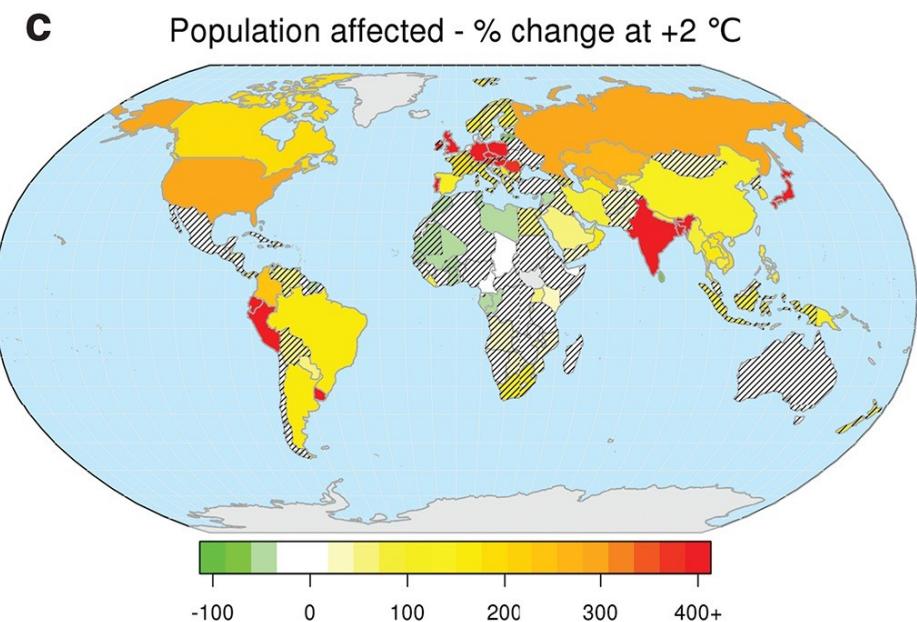
Même là où les précipitations annuelles et les débits moyens annuels diminuent, il est possible que les maximums de débit augmentent.

- Les risques d'inondation pourraient donc augmenter
- Une modification des infrastructures de protection (digue, etc.) deviendrait nécessaire.



Une répartition inégale

Estimation des changements d'impacts liés aux inondations à +2°C de réchauffement



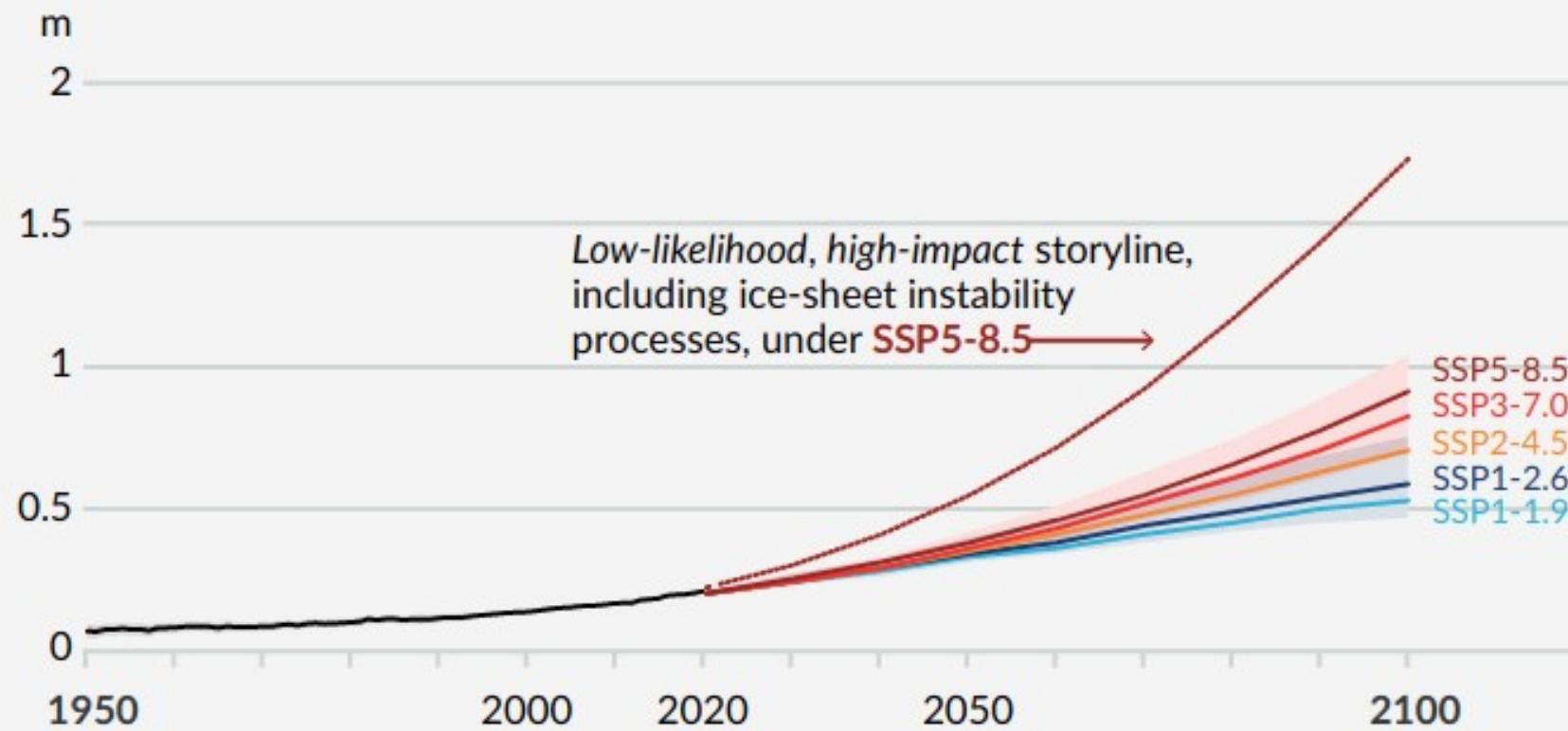
Source : Alfieri et al 2016

7. La montée du niveau de la mer



Montée du niveau de la mer

(d) Global mean sea level change relative to 1900



Les inondations côtières

(c) Projected number of people at risk of a 100-year coastal flood.

Calculated for sea level rise under SSP2-4.5, based on current protection levels.

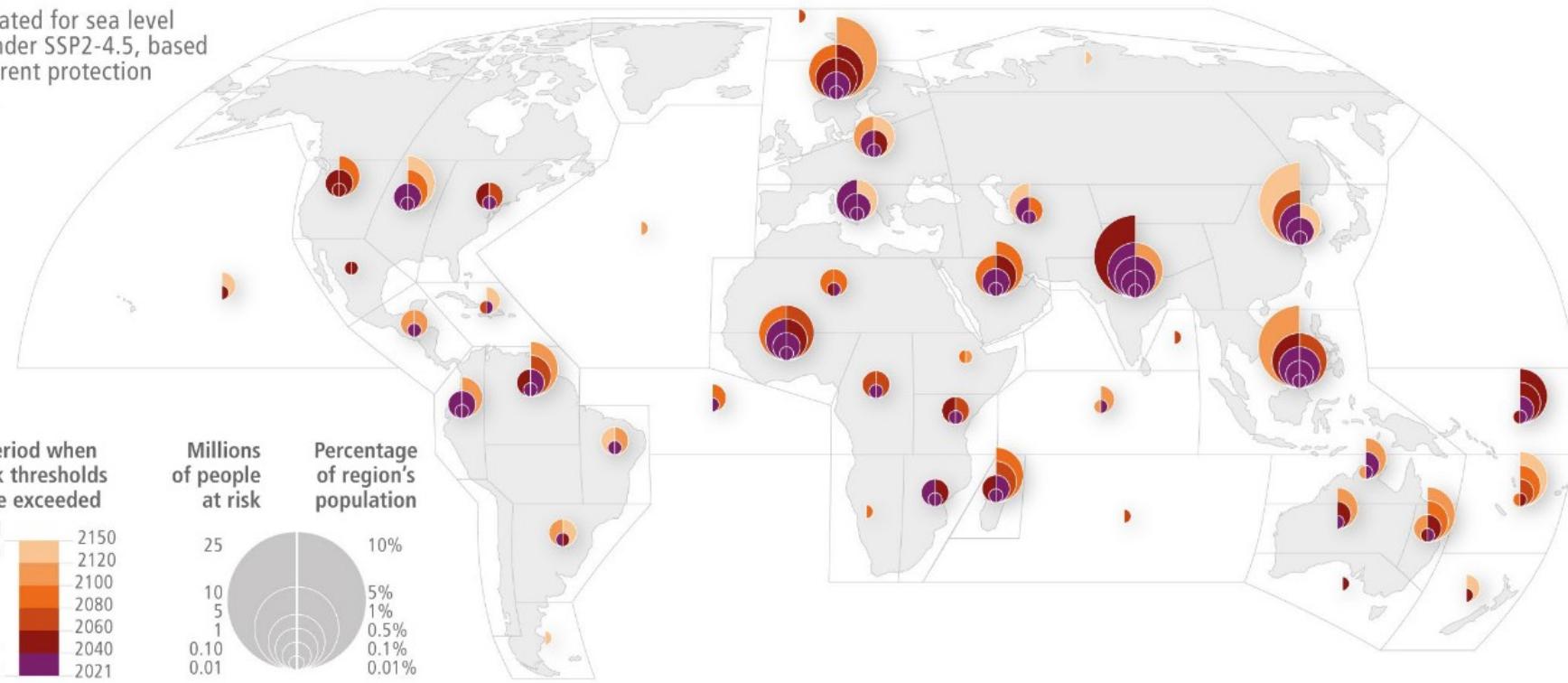
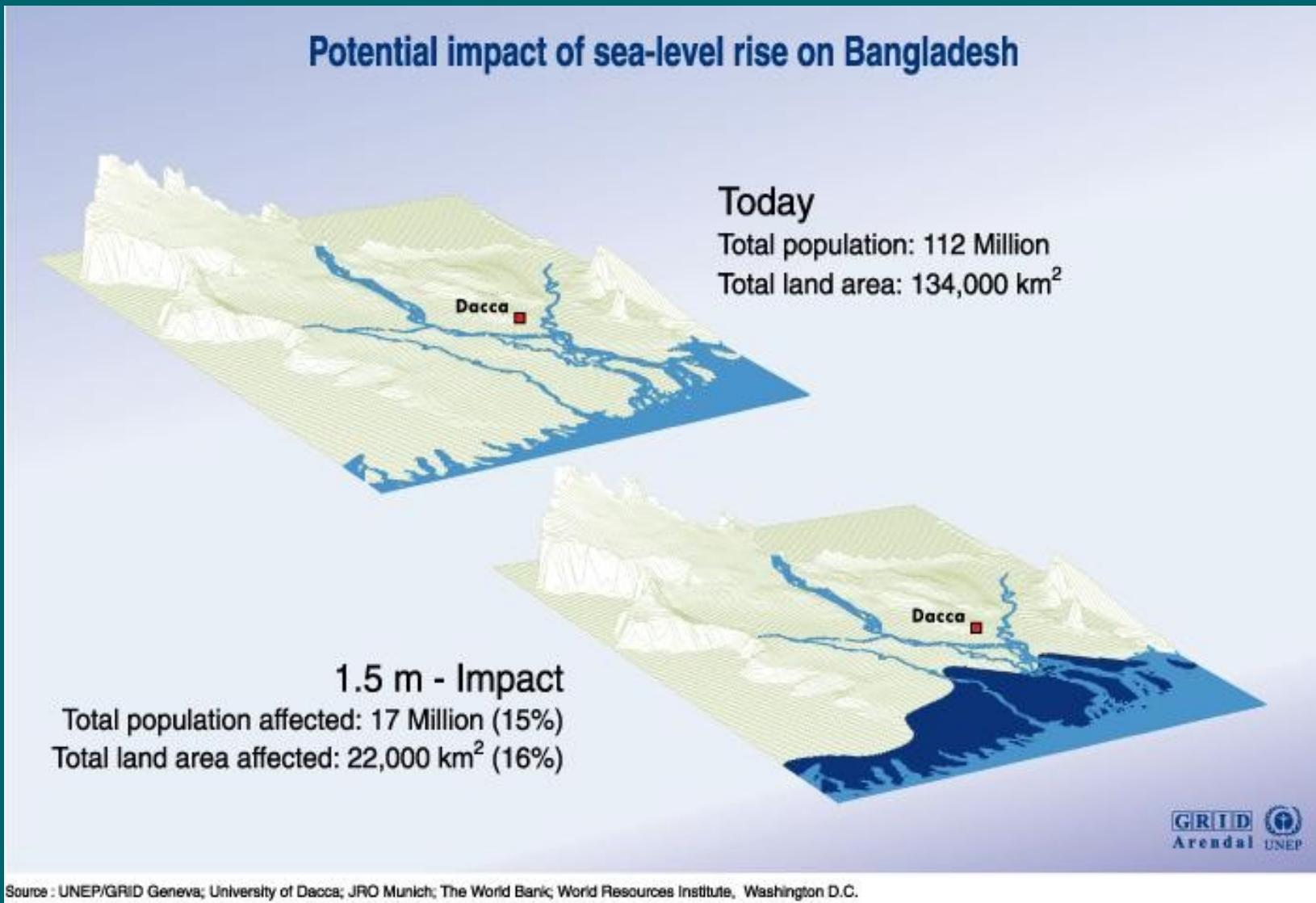


Figure 1: The size of the circle represents the number of people at risk per IPCC region and the colours show the timing of risk based on projected sea-level rise under SSP2-4.5. Darker colours indicate earlier in setting risks. The left side of the circles shows absolute population at risk and the right side the share of the population in percentage. {Figure CCP2.4; Figure 13.6; Figure 15.3; Annex 1: Global to Regional Atlas; TS.9c}.

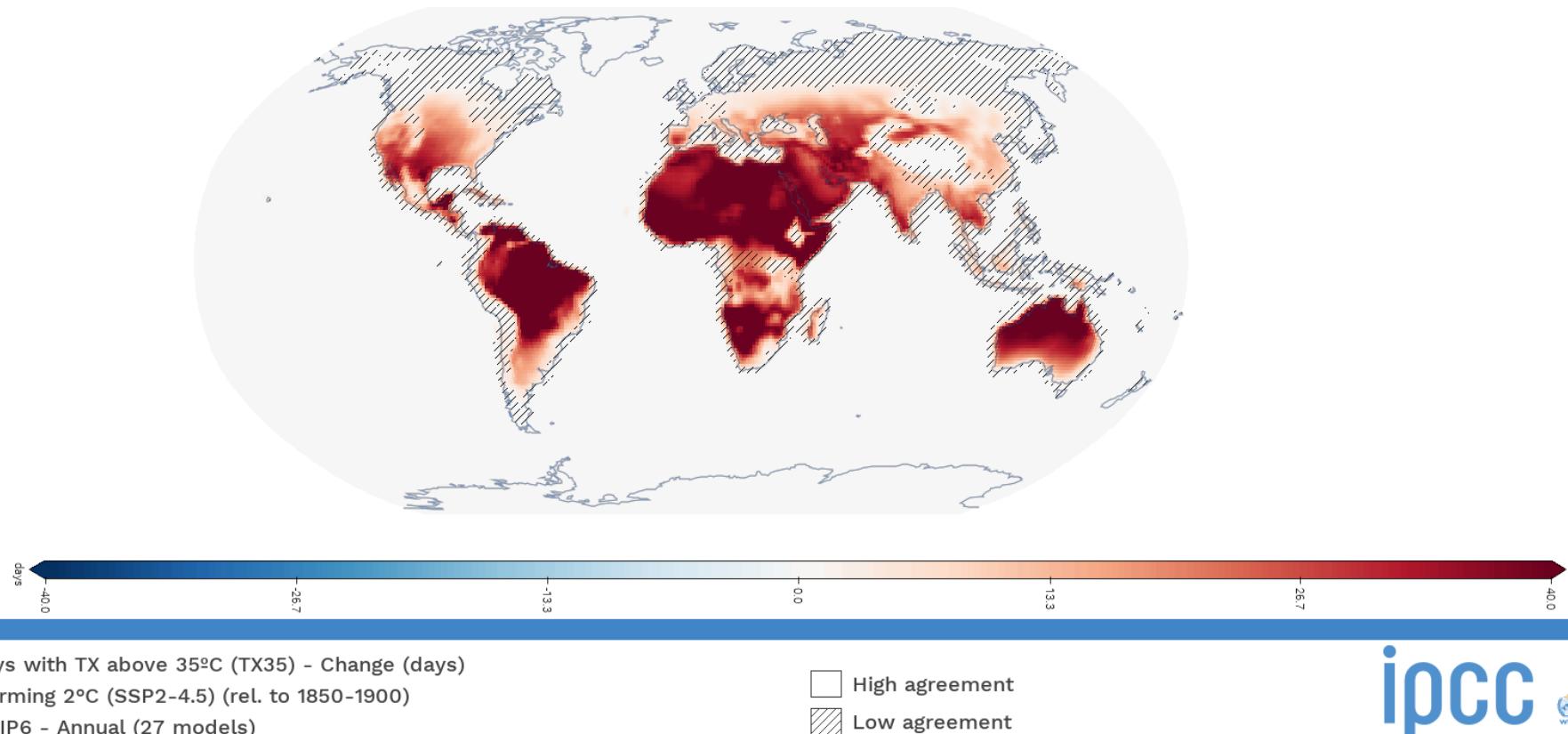
Exemple du Bangladesh



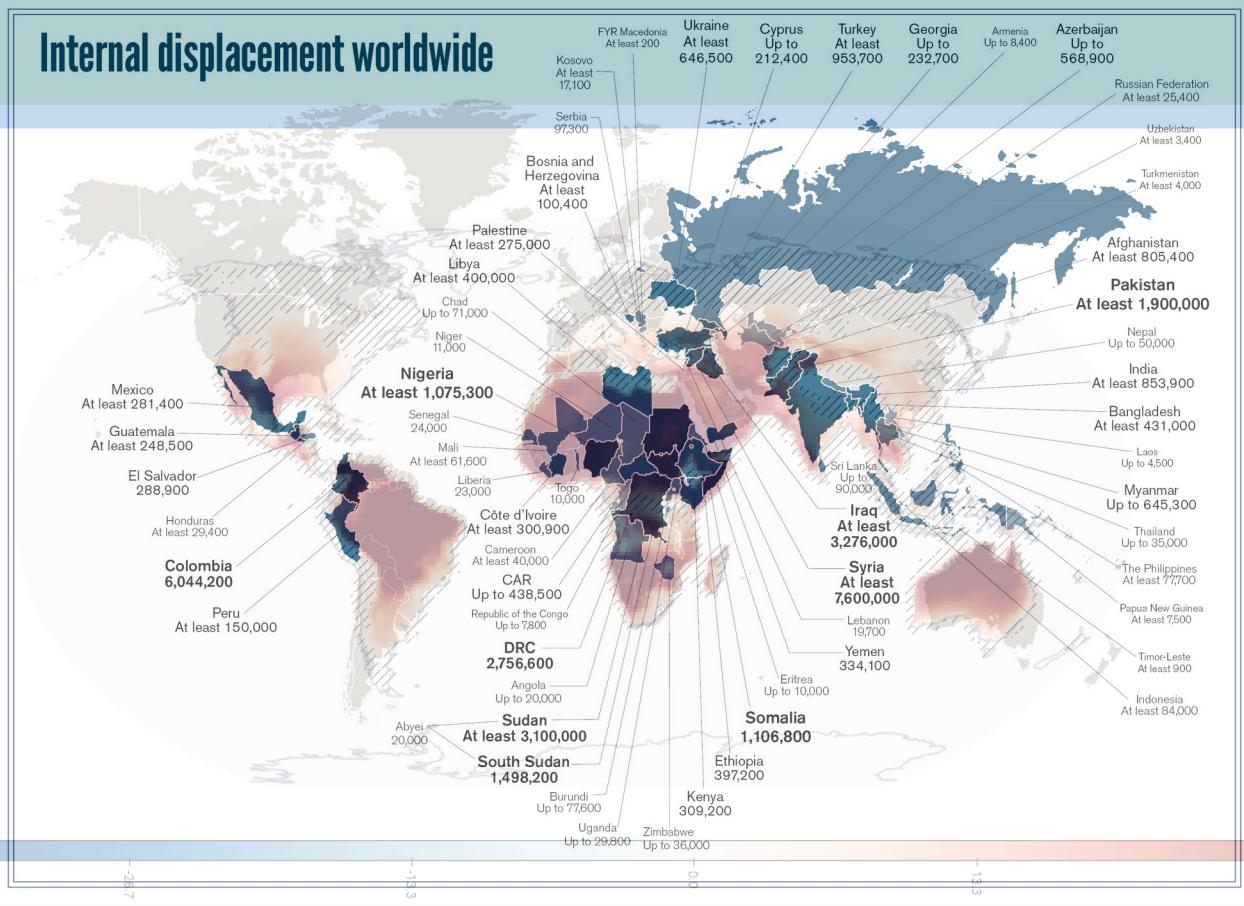


8. Les migrations

Corrélation avec les populations déplacées



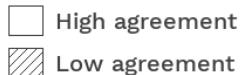
Corrélation avec les populations déplacées



Days with TX above 35°C (TX35) - Change (days)

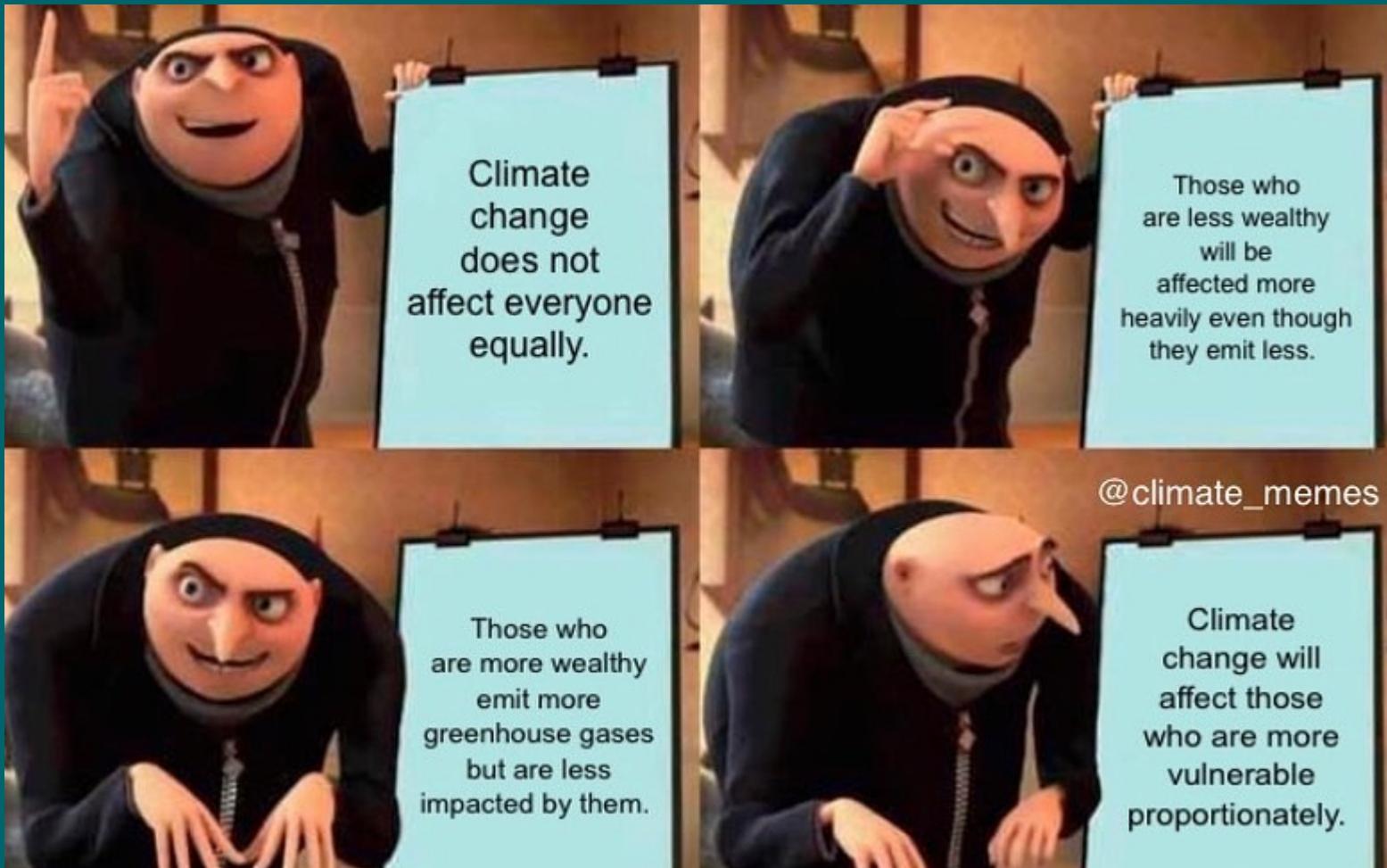
Warming 2°C (SSP2-4.5) (rel. to 1850-1900)

CMIP6 - Annual (27 models)




IPCC
 INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
 climate change

Un point essentiel : L'injustice climatique

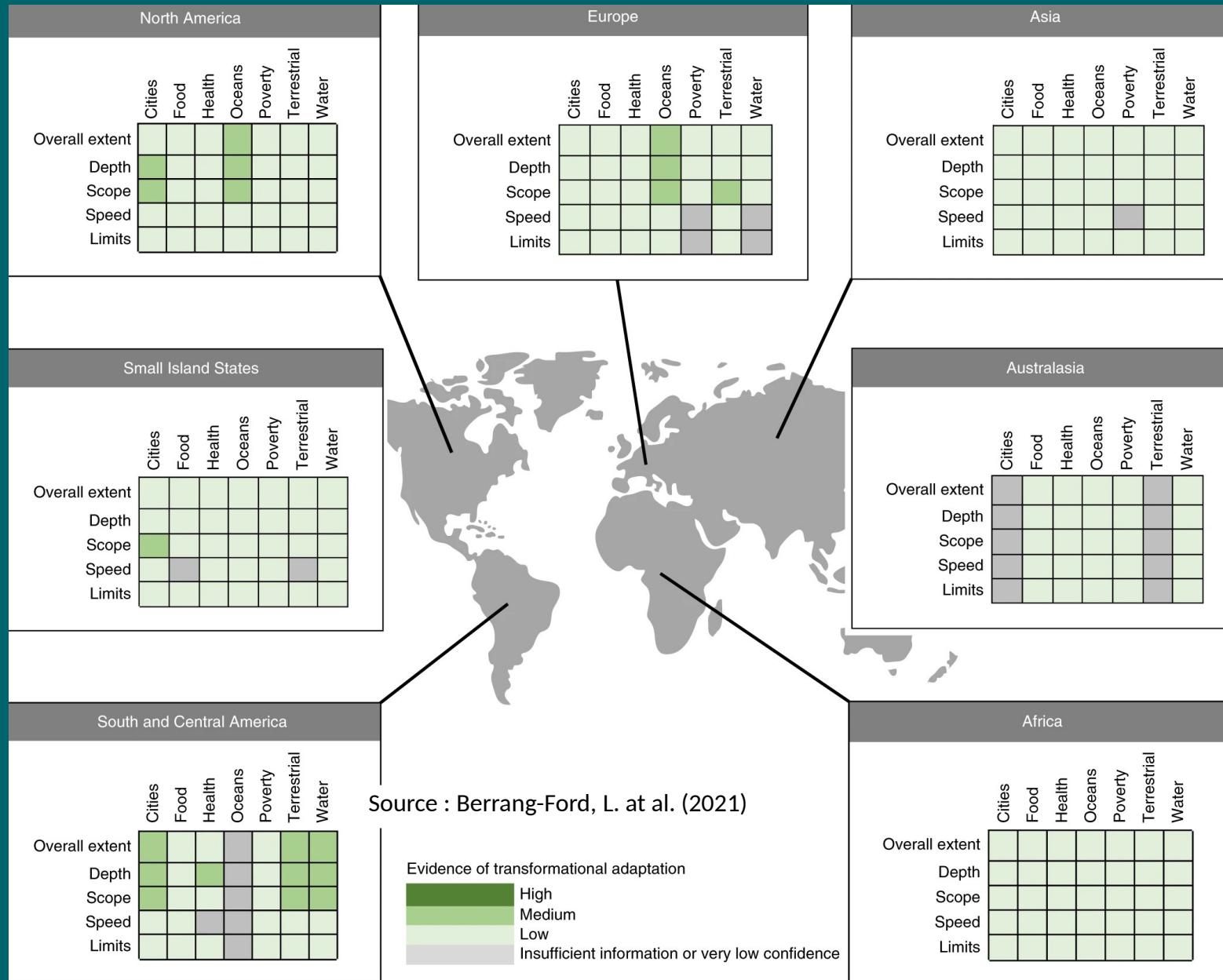


Partie 3. L'adaptation

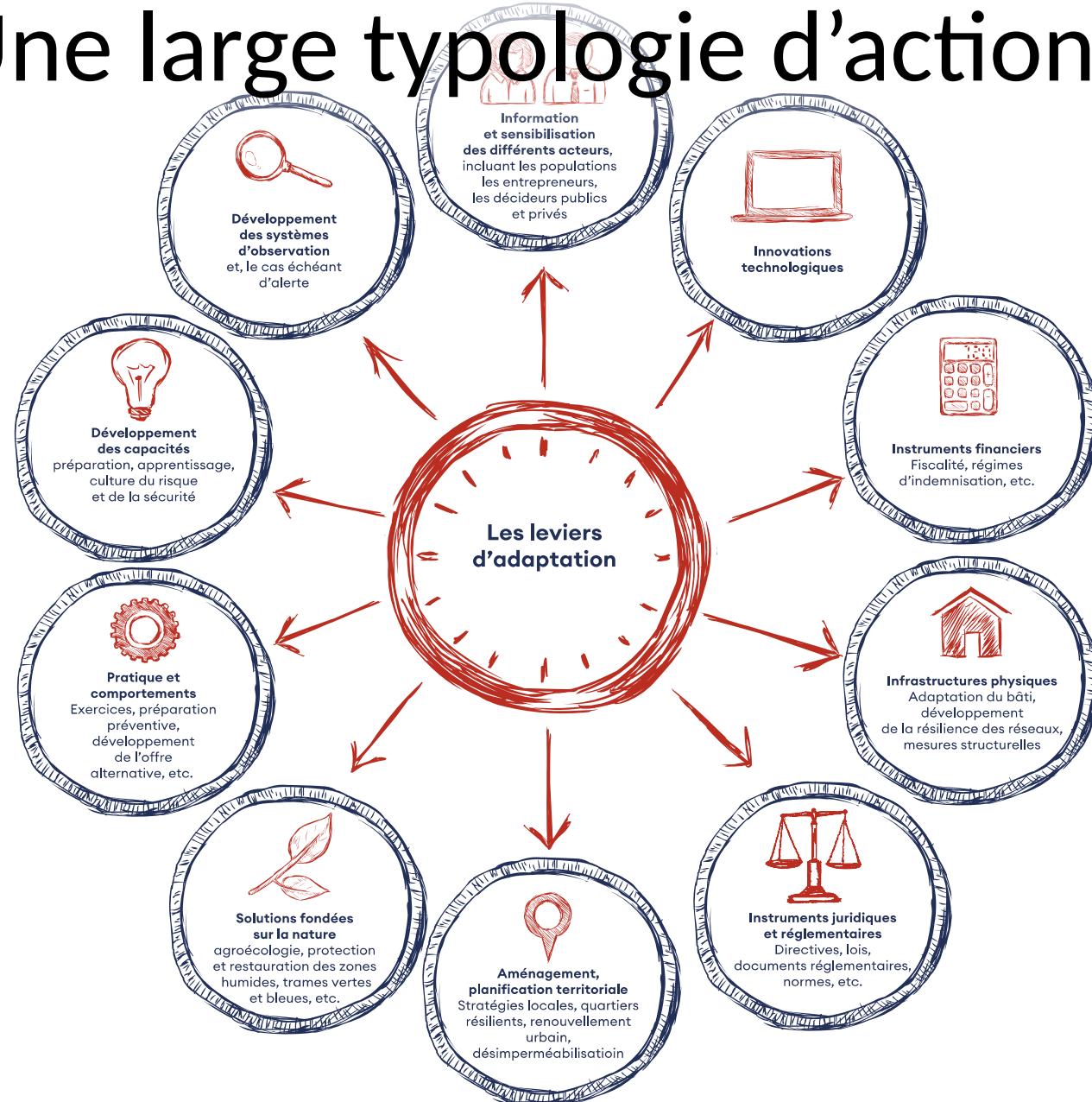


(chuckles)
I'm in danger.

Encore insuffisamment étudiée



Une large typologie d'actions



Trouver l'adaptation... adaptée

Il n'y a pas d'action générique qui fonctionne tout le temps :

- Chaque action a une certaine efficacité qui diffère selon les contextes
- Des avantages et des inconvénients
- Long terme VS court terme
- Importance d'intégrer toutes les parties prenantes dans le processus

L'adaptation ne concerne pas que les infrastructures



©DR

Survivors leave Tohoku a day after the March 11, 2011 earthquake and tsunami. Warren Antiola/Flickr

L'adaptation ne concerne pas que les infrastructures



©DR

Survivors leave Tohoku a day after the March 11, 2011 earthquake and tsunami. Warren Antiola/Flickr

Le taux de mortalité est correlé à la cohésion sociale lors des catastrophes naturelles

Étude sur 130 villes & villages cotiers lors du tsunami de 2011. Certaines villes touchées par des vagues de plus de 15m n'ont relevé aucun mort.

En d'autres endroits, jusqu'à 10 % de la population est décédée. Les municipalités où la cohésion sociale était plus importantes ont été moins touchées.
(Aldrich et al. 2017)

Éviter la maladaptation !

Quelle définition donner à la maladaptation ?

Éviter la maladaptation !

Dans de nombreux cas,
l'adaptation spontanée se fait
en augmentant les
consommations énergétiques:

- Climatisation pour lutter contre les vagues de chaleur
- Neige artificielle dans les stations de ski
- ...

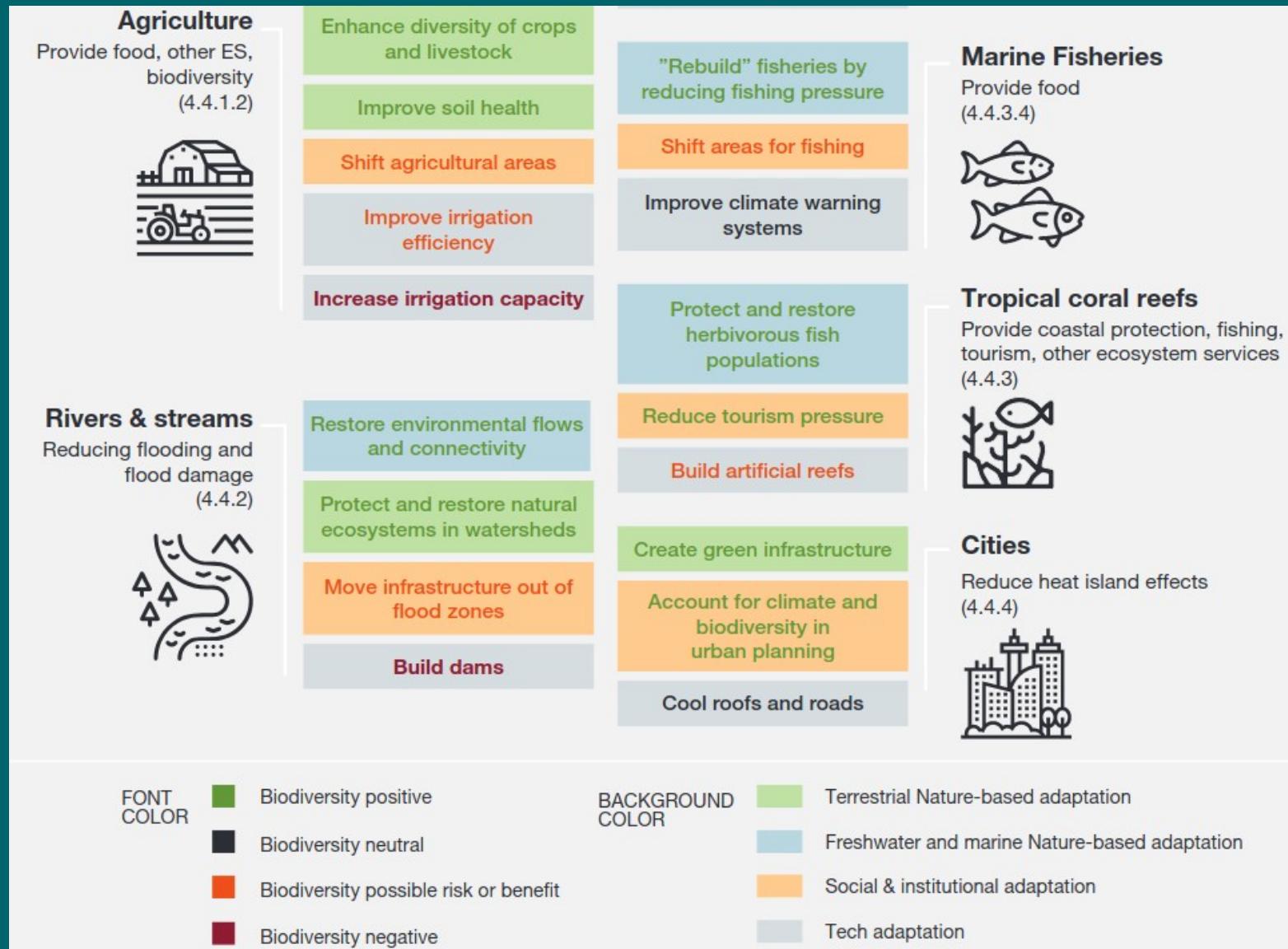


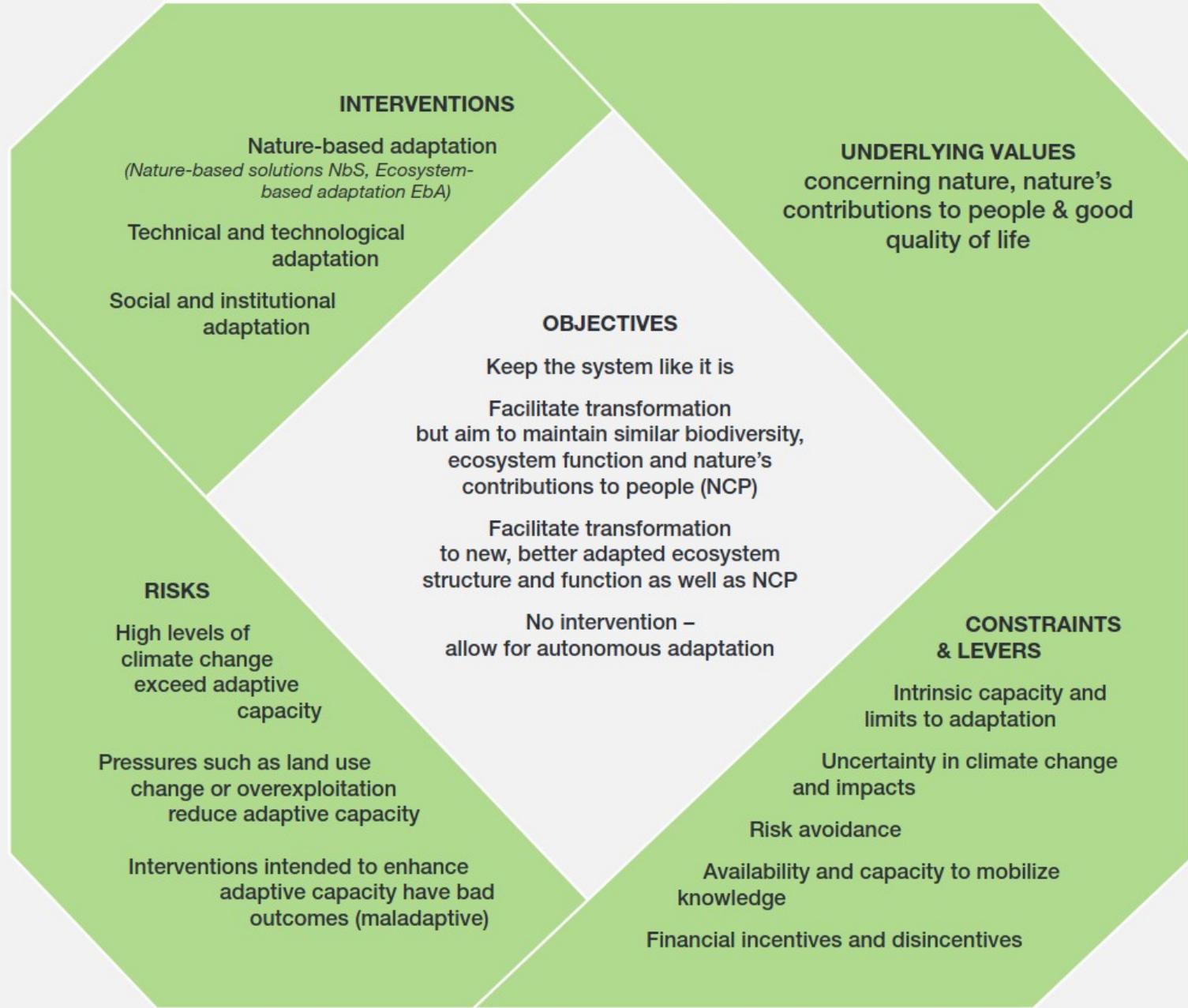
©DR

Quelques exemples

- 1) Digues aux îles Fiji
- 2) Digues à Ho Chi Minh Ville
- 3) Assurances agricoles

Exemples en lien avec la biodiversité





IPBES-IPCC 2021

Figure ④ ① Elements that play a role in setting objectives and types of interventions for climate adaptation, as well as evaluation of the associated risks.

(Quelques) Conclusions

- Le changement climatique s'exprime le plus souvent comme un amplificateur de problèmes existants (accès à l'eau, malnutrition, perte de biodiversité)
- Les pays en développement sont les plus touchés
 - Plus grande dépendance directe aux ressources naturelles
 - Situés pour la plupart dans des zones où le changement climatique a de grandes conséquences
 - Plus faible capacité d'adaptation
- Le développement des pays pauvres réduirait les impacts dans ces régions
- Adaptation nécessaire mais requiert une mise en place réfléchie :
 - Ne pas reposer que sur les infrastructures !
 - Prendre en compte les enjeux locaux, de long terme, etc.
 - Construire avec l'ENSEMBLE des acteurs à l'ENSEMBLE des échelles.

Recommendations

META :

Se poser les questions importantes :

*Comment le changement climatique impacte mon projet ?
Quel impact mon projet a sur la vulnérabilité / l'exposition
au risque climatique ?*

PRATIQUE :

Se balader sur le site du dernier rapport du GIEC & lire les SPM

- L'atlas interactif du Working Group I :
<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- Les FAQ
- Les fact sheets

Le mot de la fin

