

PARTIE 2 "Climat, Energies"

Chapitre 1 - Le système climatique actuel (4 CM + 1 TP)

Chapitre 2 - Les climats du passé (3 CM + 1 TP)

Chapitre 3 - Le GIEC (1 CM + 1 TP)

Chapitre 4 - Les énergies nouvelles (2 CM + 1 TP)

+ 1 TP d'accompagnement

Rappel : QCM mardi 31 mars à 8h15 (début de séance de TD)



UE GO11
« Système Terre, Climat, Energies »
Le changement climatique actuel

charlotte.skonieczny@universite-paris-saclay.fr



université
PARIS-SACLAY

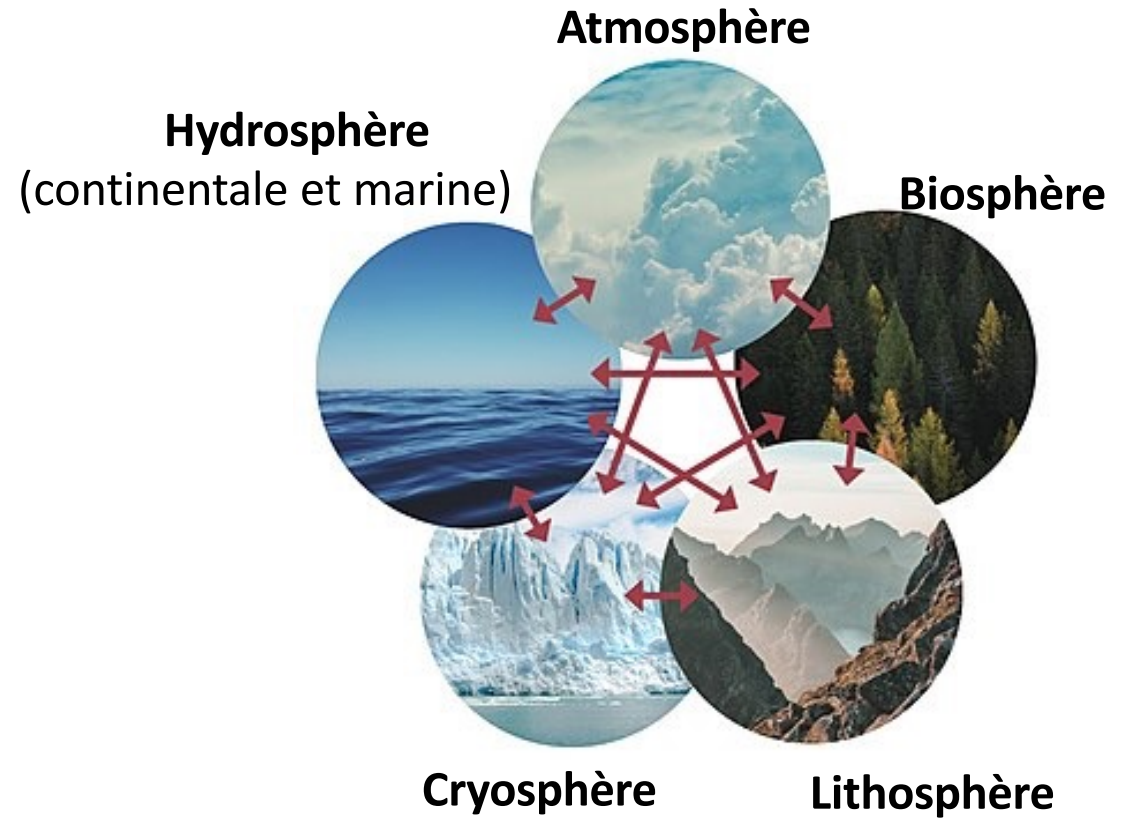


Faculté des
sciences
d'Orsay

The logo for the Faculty of Sciences of Orsay, featuring a stylized grid pattern and the number 2.

Système climatique naturel :

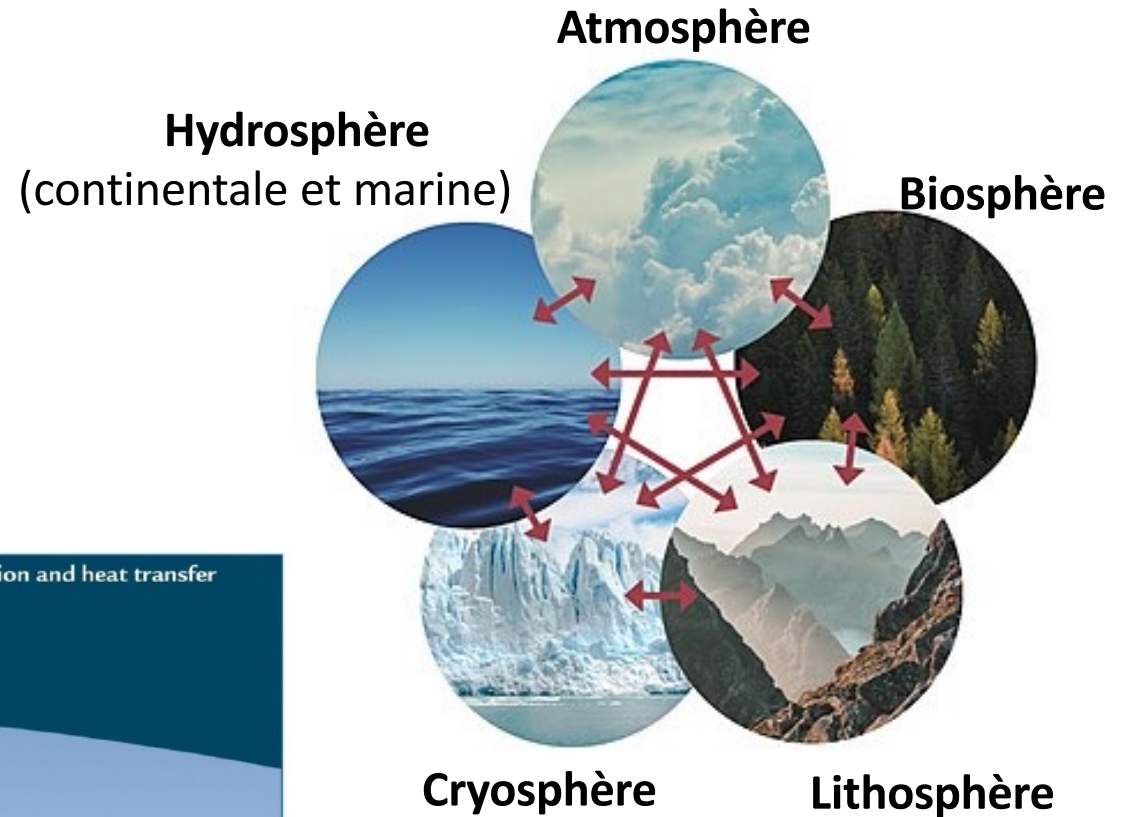
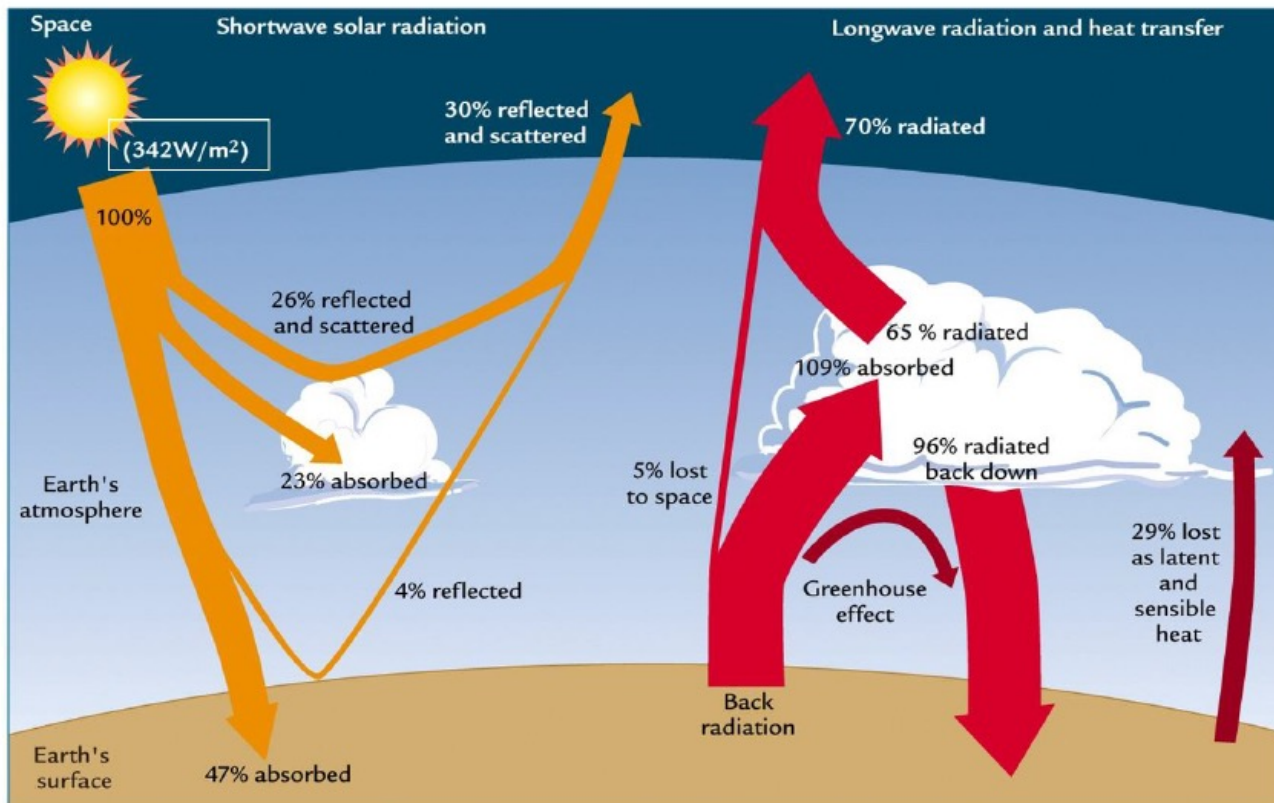
➤ Interactions entre les réservoirs



Système climatique naturel :

➤ Interactions entre les réservoirs

➤ Bilan radiatif à l'équilibre





Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

III/ Le changement climatique et ses impacts

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

V/ Les projections climatiques



Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

III/ Le changement climatique et ses impacts

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

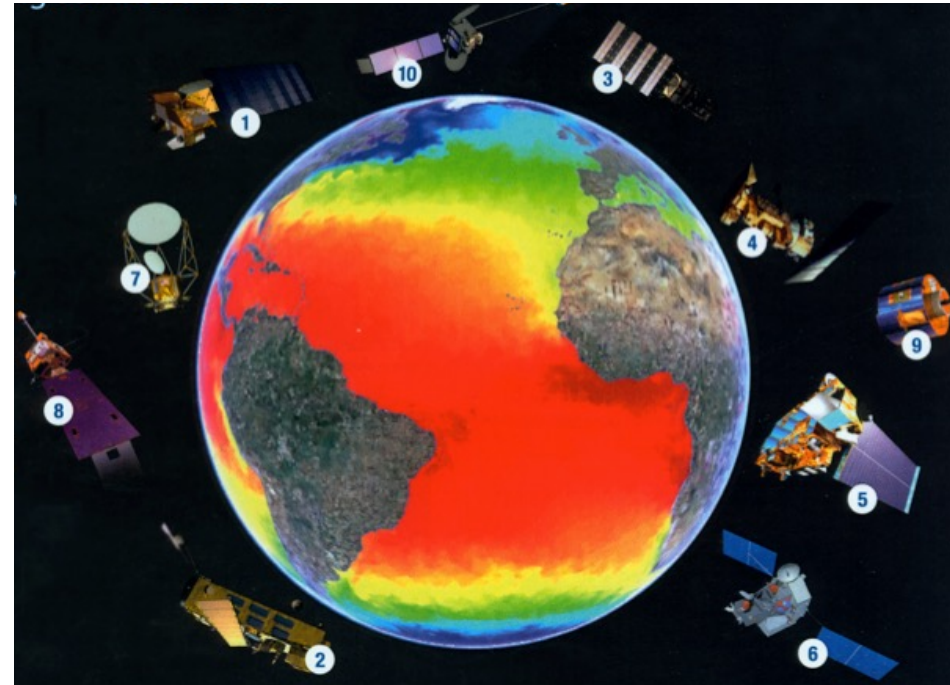
V/ Les projections climatiques

I/ Changements observés dans le système climatique

➤ Les données : mesures directes versus mesures indirectes

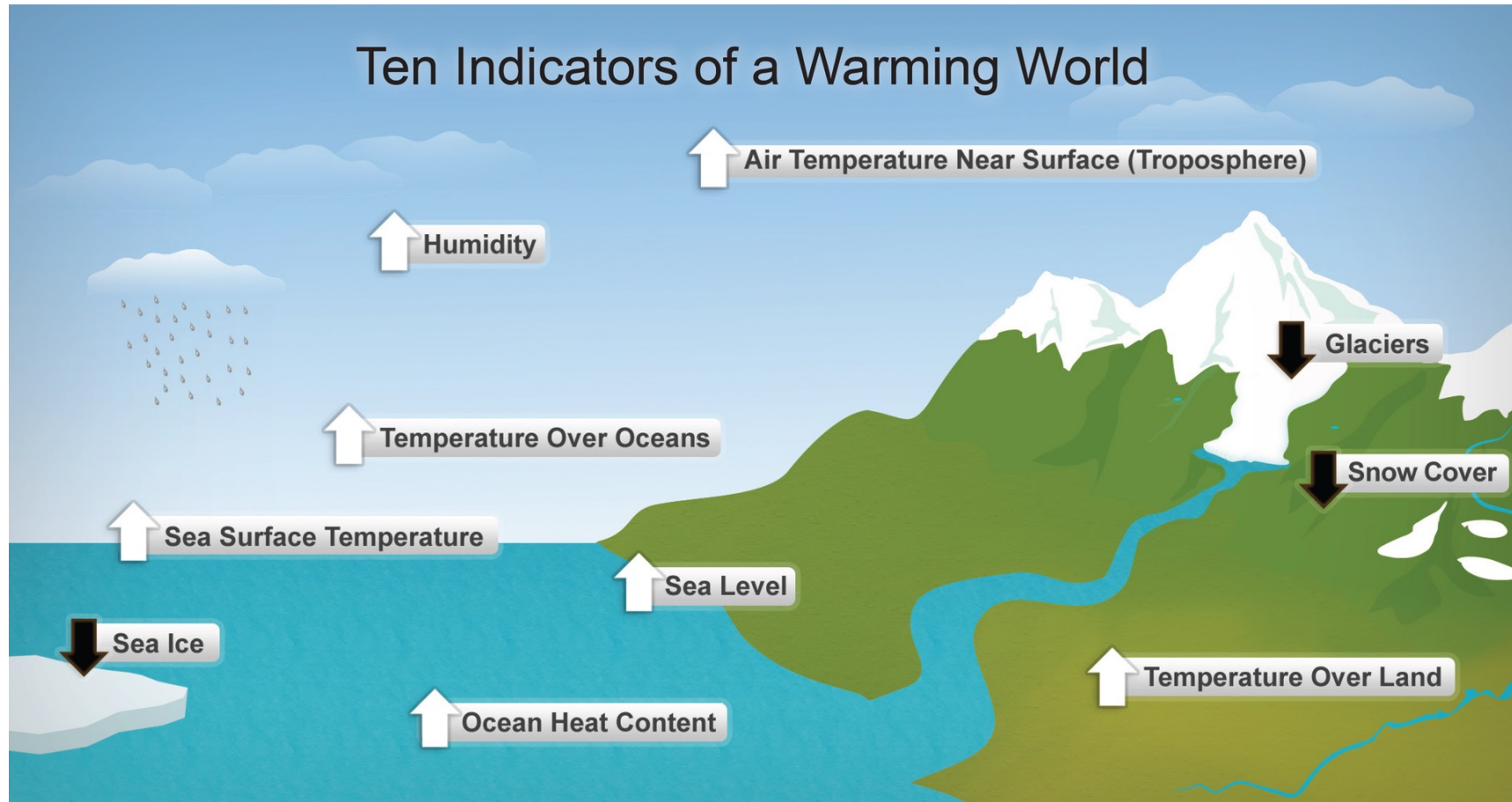
A l'actuel, les observations du système climatique s'appuient sur :

- des **mesures directes** (données physiques, chimiques, météorologiques)
- des **mesures indirectes** (télédétection).

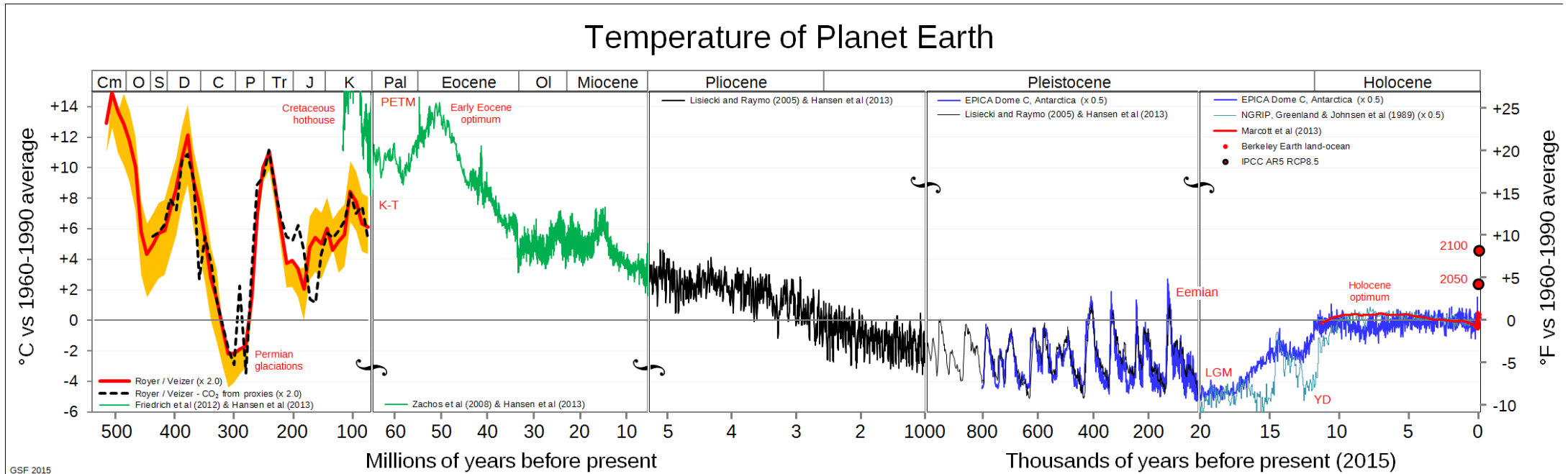


Ex: mesures de la température de la surface océanique

I/ Changements observés dans le système climatique

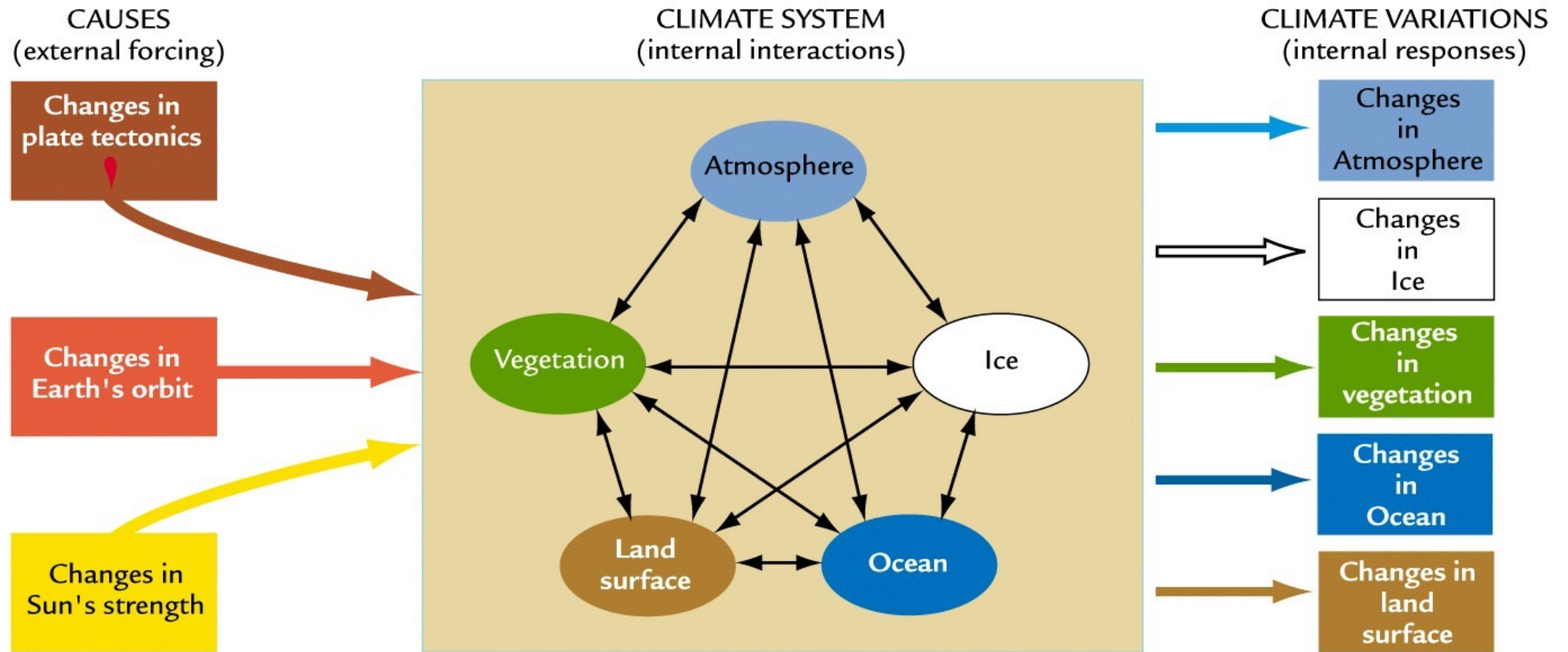


I/ Changements observés dans le système climatique



➤ Variabilités climatiques naturelles sur différentes échelles de temps

I/ Changements observés dans le système climatique



➤ Variabilités climatiques naturelles sur différentes échelles de temps



Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

III/ Le changement climatique et ses impacts

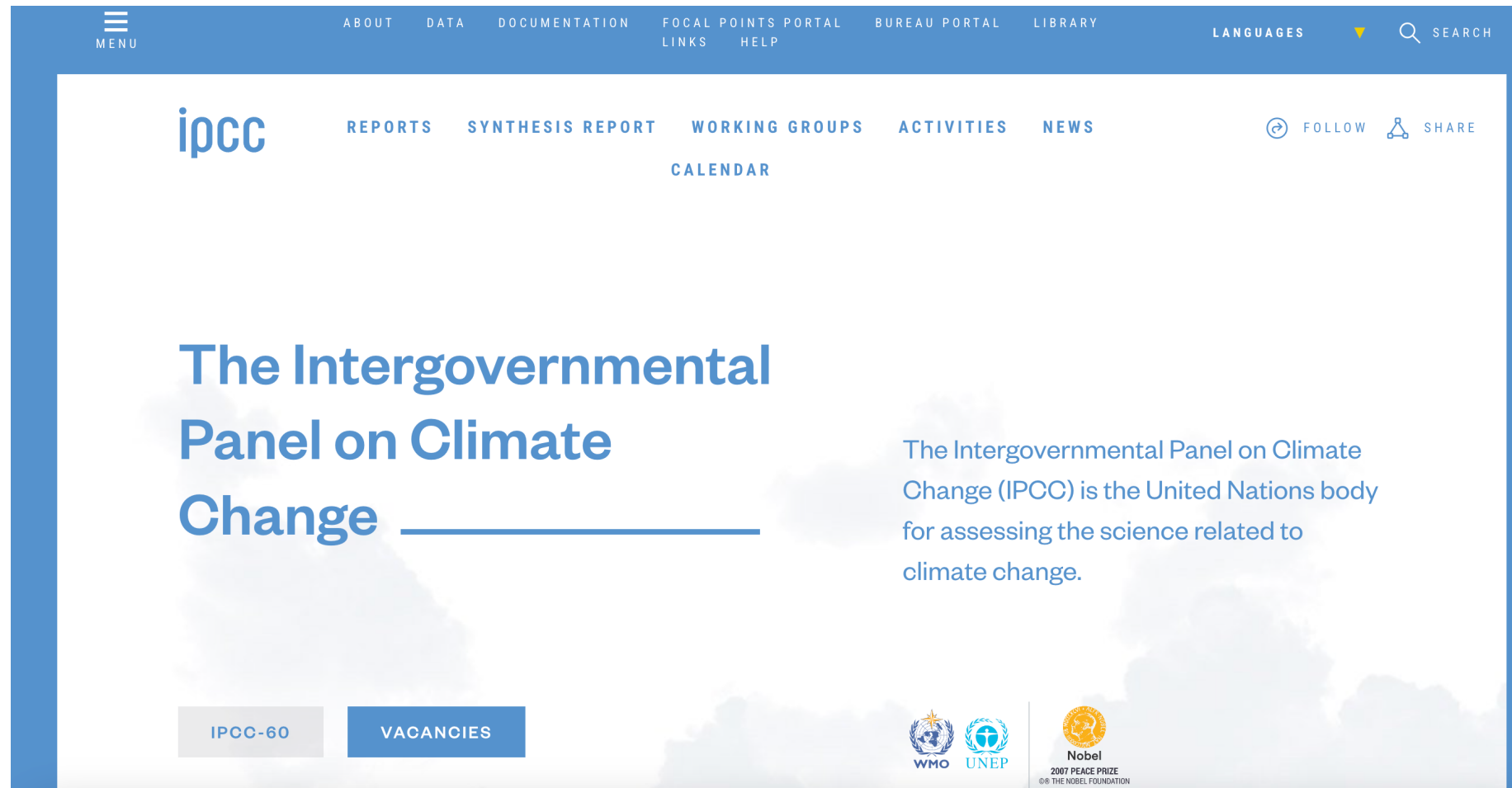
IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

V/ Les projections climatiques

II/ Le GIEC

Le GIEC est le **G**roupe d'experts **I**ntergouvernemental sur l'**E**volution du **C**limat (IPCC en anglais).

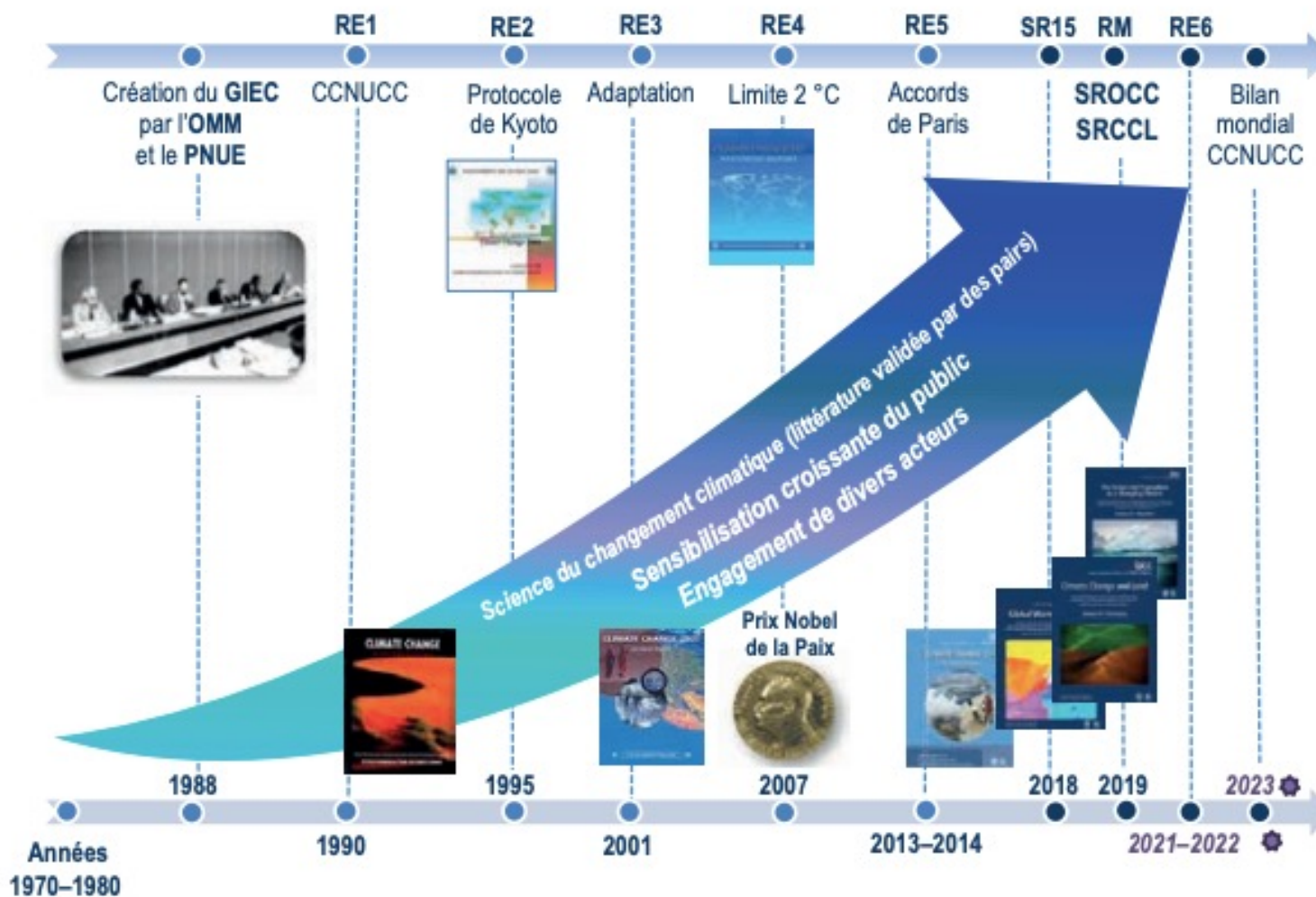
<https://www.ipcc.ch/>



The screenshot shows the IPCC website homepage. The top navigation bar includes links for MENU, ABOUT, DATA, DOCUMENTATION, FOCAL POINTS PORTAL, BUREAU PORTAL, LIBRARY, LANGUAGES, and SEARCH. Below this, the IPCC logo is followed by links for REPORTS, SYNTHESIS REPORT, WORKING GROUPS, ACTIVITIES, NEWS, and CALENDAR. The main content area features the title "The Intergovernmental Panel on Climate Change" and a descriptive paragraph: "The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the United Nations body for assessing the science related to climate change." At the bottom, there are buttons for "IPCC-60" and "VACANCIES", along with logos for WMO, UNEP, and the Nobel Peace Prize 2007.

II/ Le GIEC

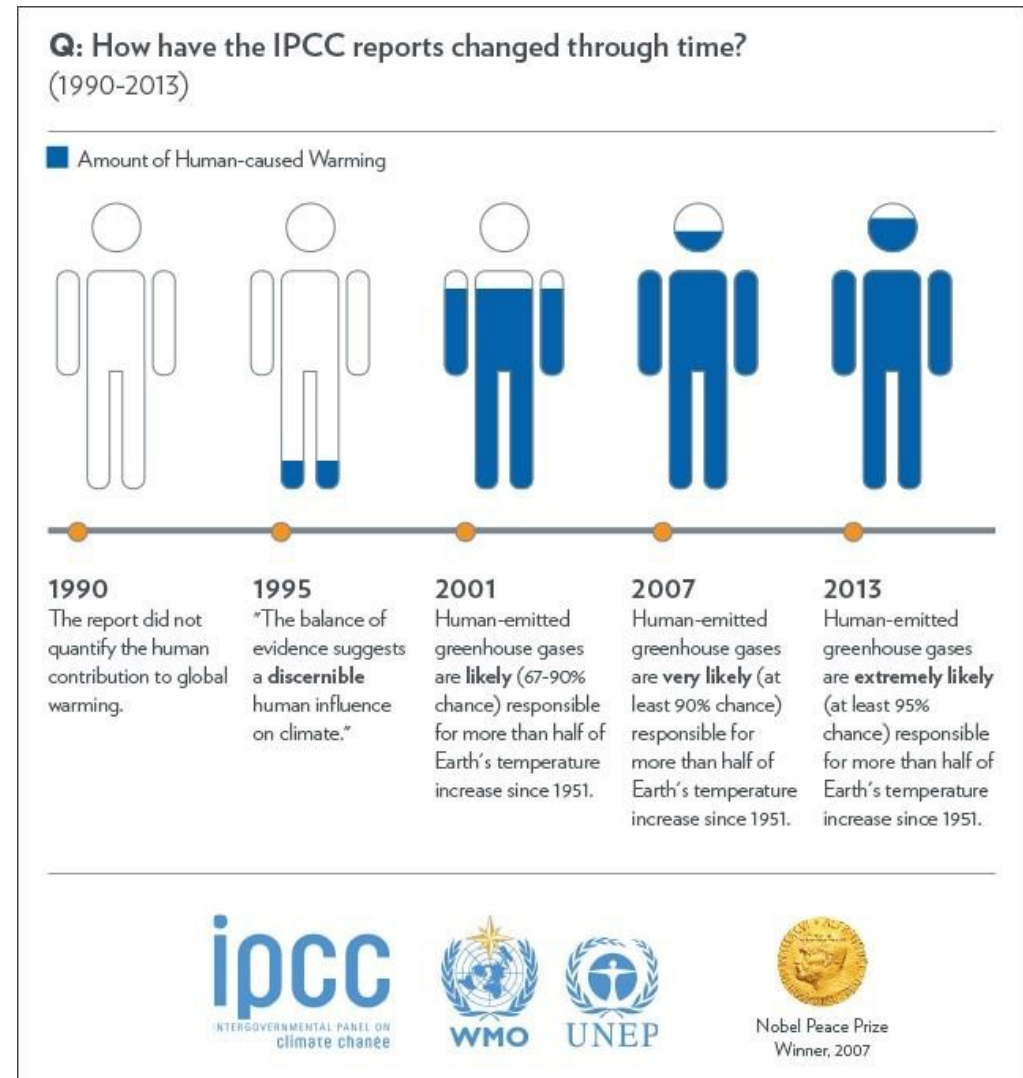
La contribution du GIEC à la science du changement climatique et à l'élaboration des politiques climatiques



II/ Le GIEC

95%, c'est le degré de certitude, qualifié d'**extrêmement probable**, que **l'activité humaine est la cause principale du réchauffement** observé.

=> Un nouveau palier a été franchi avec le 5^{ème} rapport, celui de 2007 plaçant la barre à 90%, tandis que celui de 2001 évaluait la probabilité à 66%.



- ⇒ Ce CM est basé essentiellement sur les 5 premiers rapports du GIEC
- ⇒ Le 6^{ème} rapport du GIEC publié en 2023 sera étudié lors du TD



Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

III/ Le changement climatique et ses impacts

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

V/ Les projections climatiques

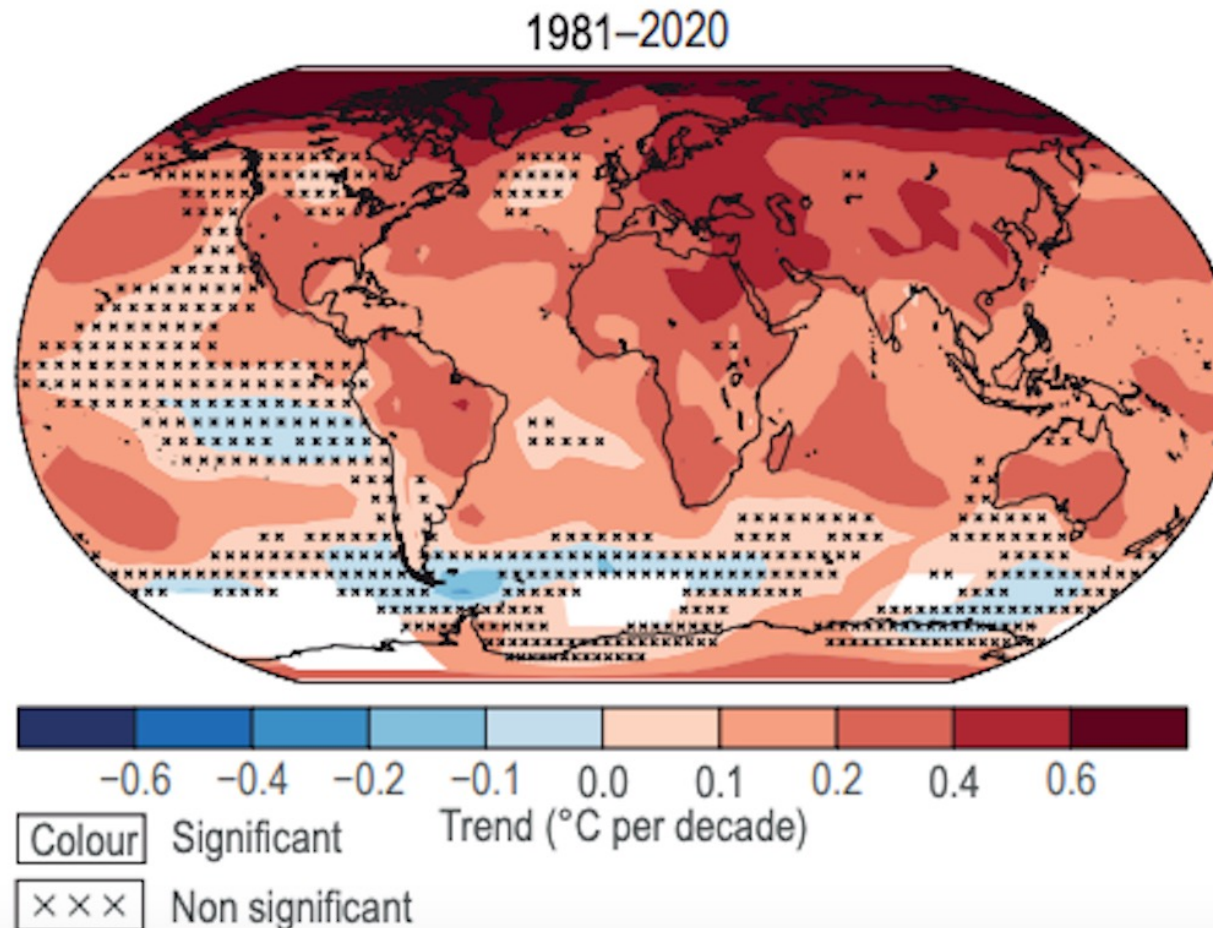
III/ Le changement climatique et ses impacts



III/ Le changement climatique et ses impacts

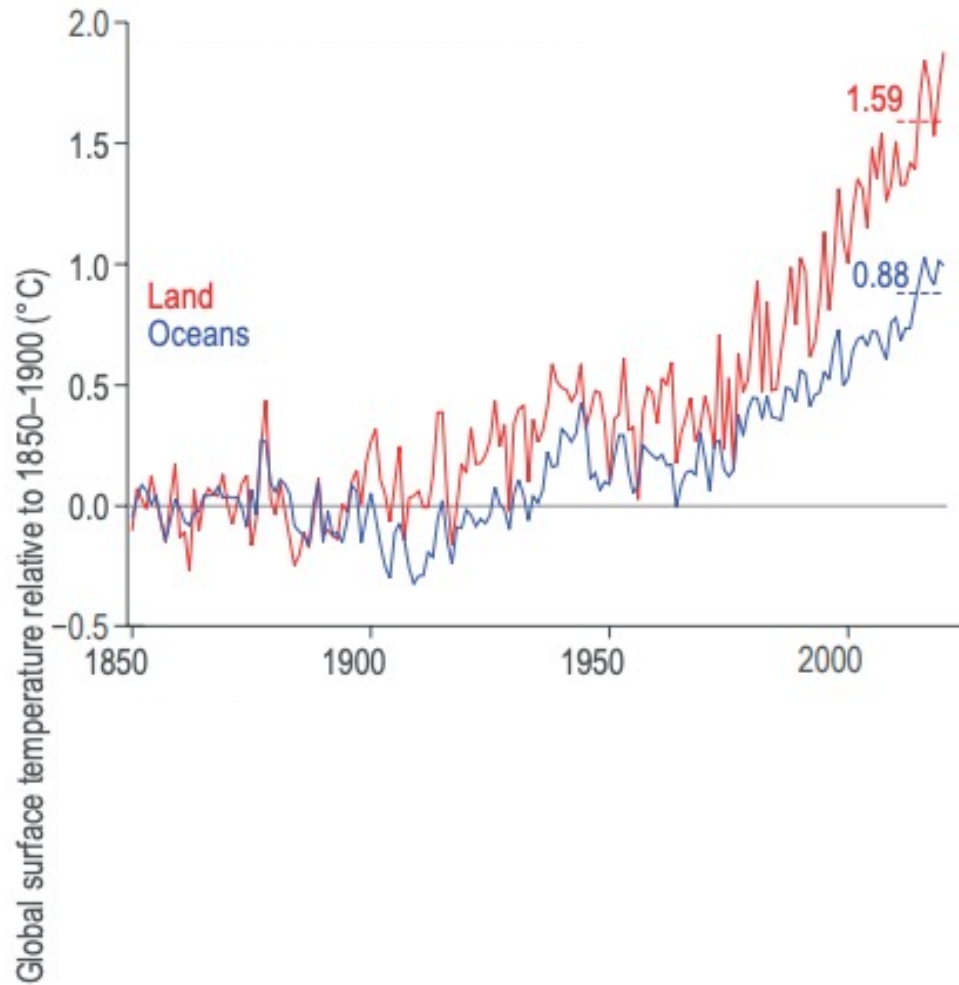
- La notion de réchauffement climatique

On parle de **réchauffement planétaire**, lorsque la **température moyenne sur plusieurs années des océans et de l'atmosphère augmente à l'échelle de notre planète.**



III/ Le changement climatique et ses impacts

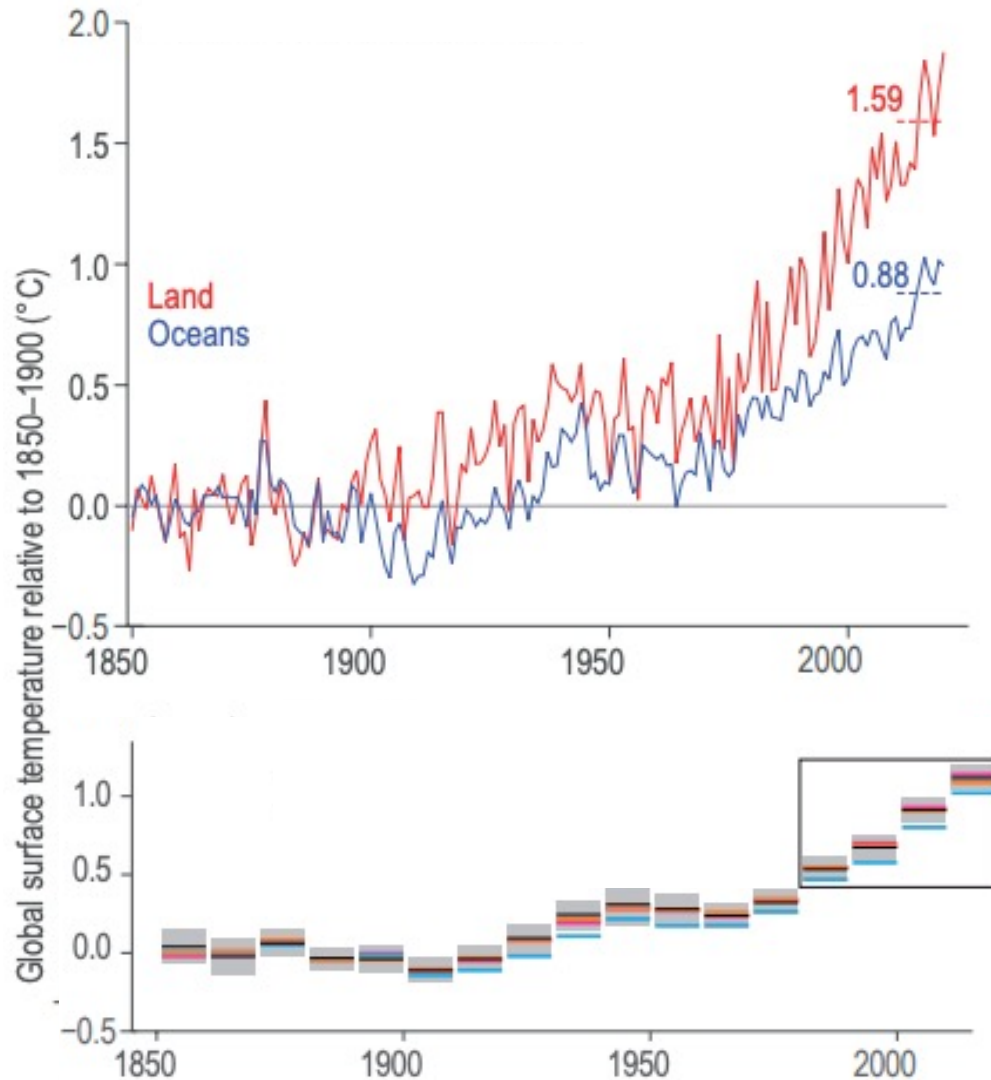
- La notion de réchauffement climatique



- Les températures ont augmenté plus rapidement au niveau des continents que des océans

III/ Le changement climatique et ses impacts

- La notion de réchauffement climatique

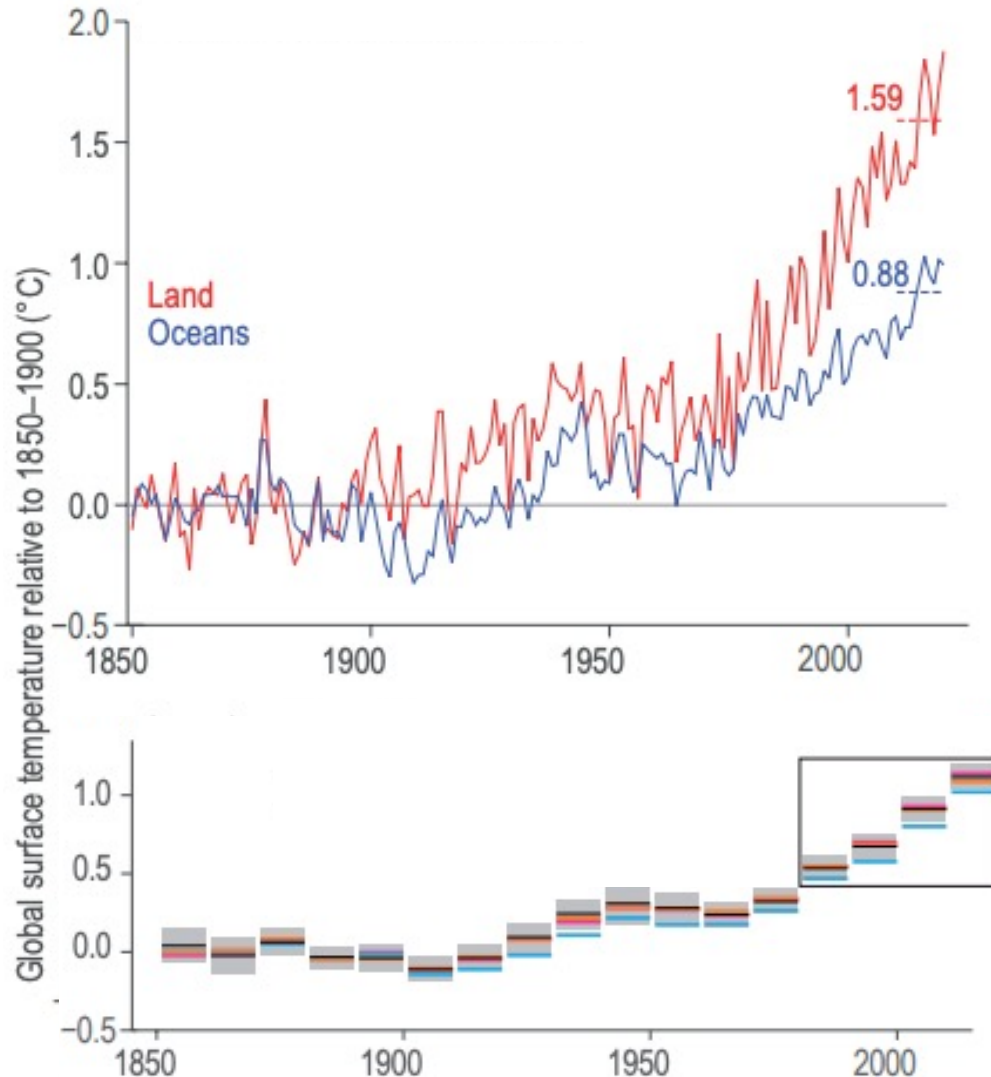


- Les températures ont augmenté plus rapidement au niveau des continents que des océans
- Chacune des 4 dernières décennies a été plus chaudes que les précédentes depuis 1850

III/ Le changement climatique et ses impacts

- La notion de réchauffement climatique

Les observations sont claires: le **réchauffement** du système climatique terrestre est sans équivoque.



- Les températures ont augmenté plus rapidement au niveau des continents que des océans
- Chacune des 4 dernières décennies a été plus chaude que les précédentes depuis 1850

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

1. La fonte de la banquise

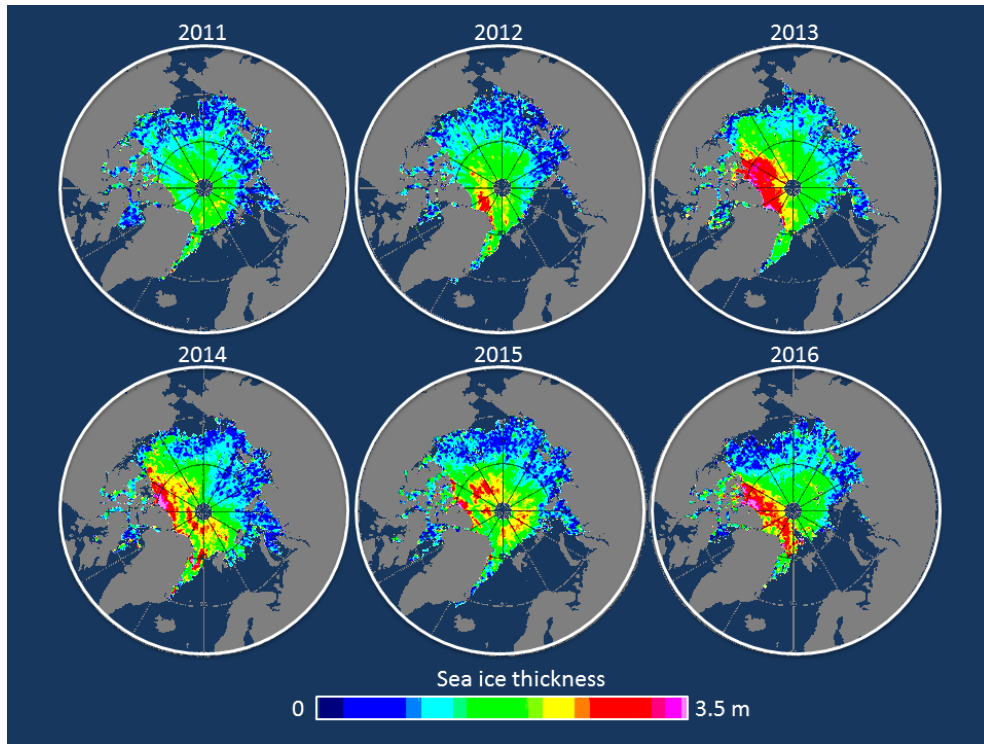
- Réduction de la surface de la glace de mer
- Amincissement de l'épaisseur de la glace de mer



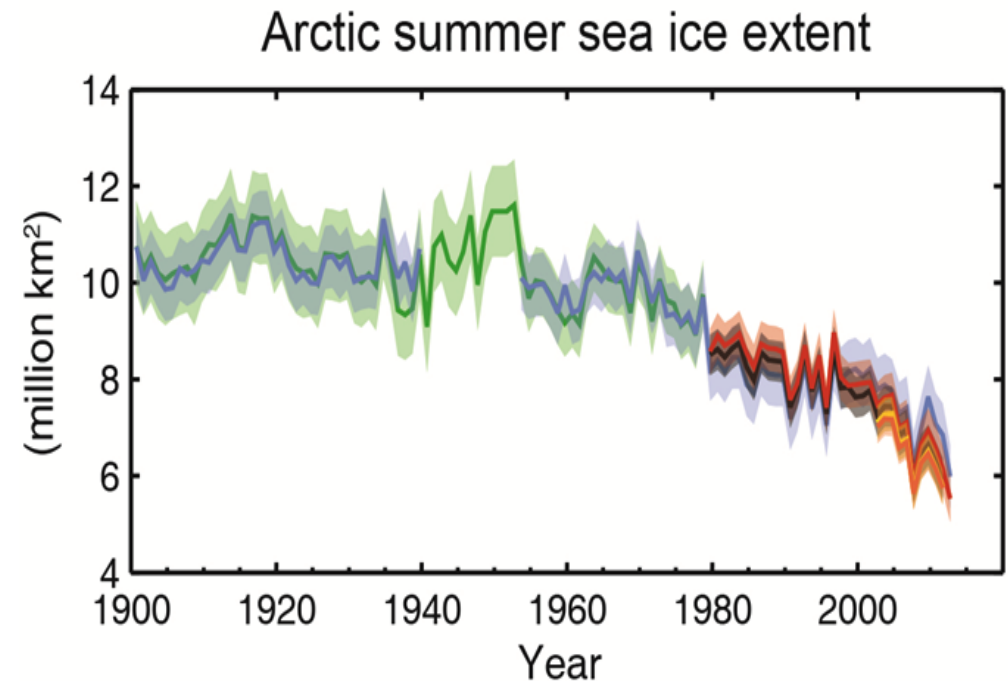
III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

1. La fonte de la banquise



Maps of November Arctic sea ice thickness recorded by CryoSat-2.

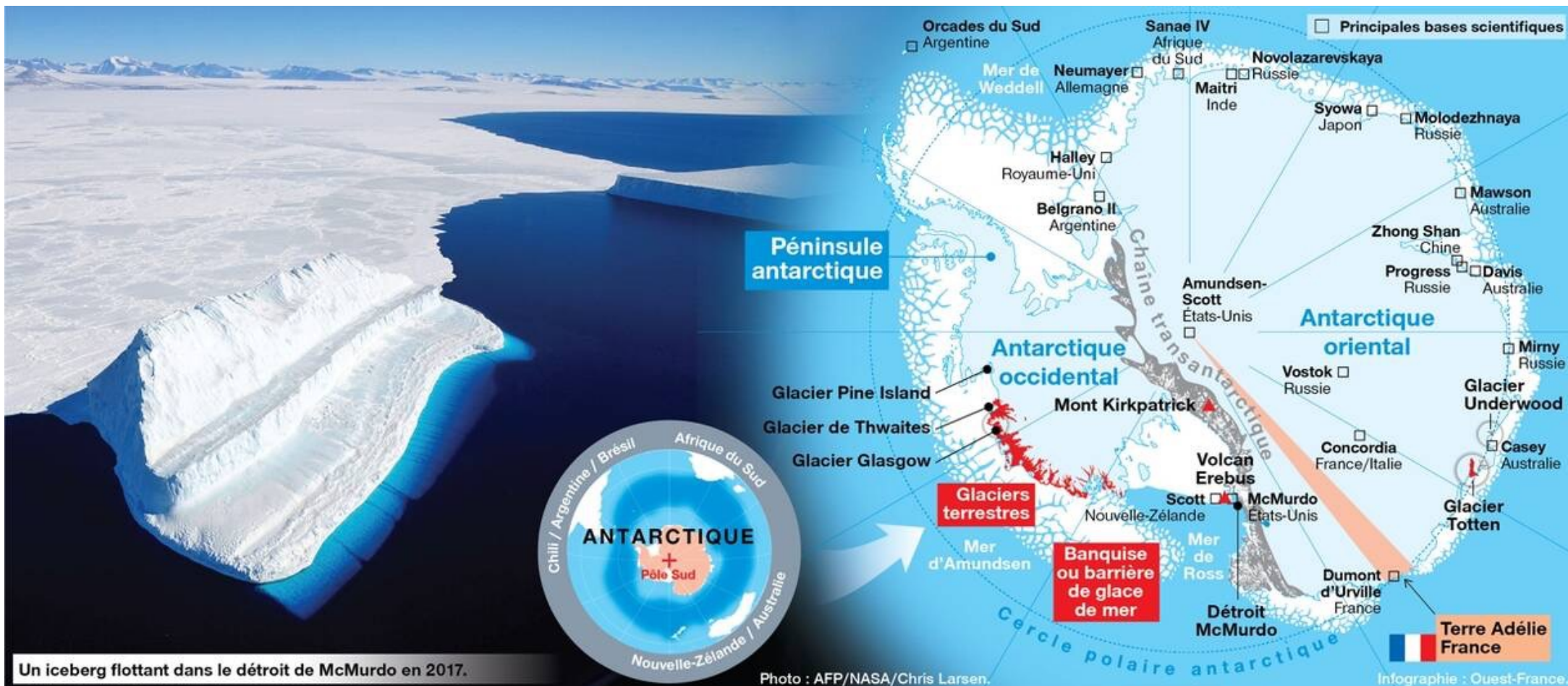


IPCC report, 2013

- Réduction claire de l'étendue des glaces de mer Arctique
L'arctique, la région la plus flagrante!

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire
 - 1. La fonte de la banquise
 - Impacts : albédo, chemin de navigation...



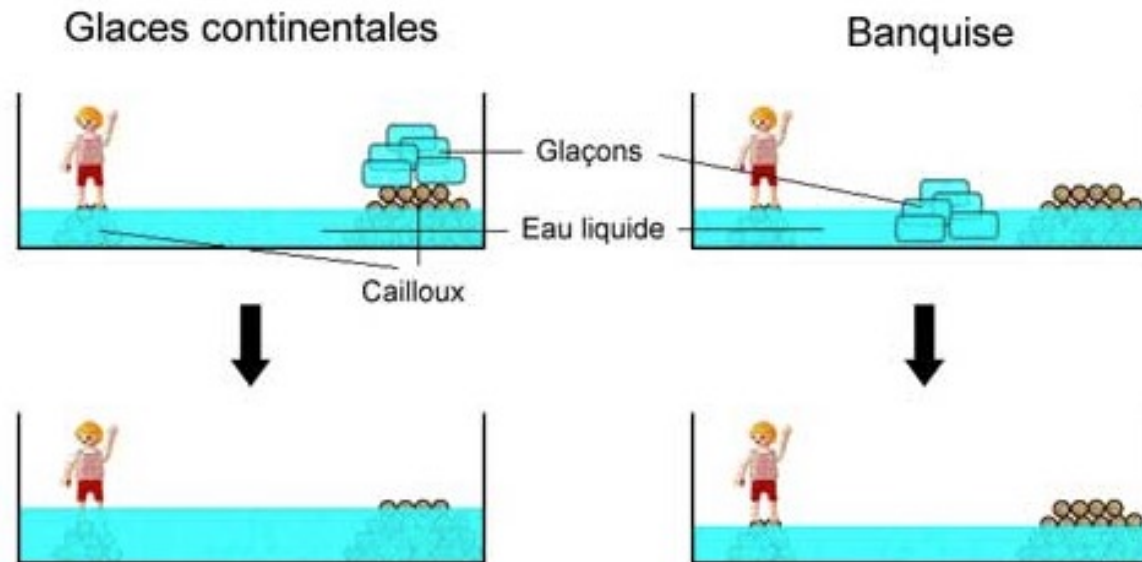
III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

1. La fonte de la banquise

- Impacts : albédo, chemin de navigation...

Des changements de l'extension de la **banquise** (glace de mer) n'affectent pas le niveau marin.

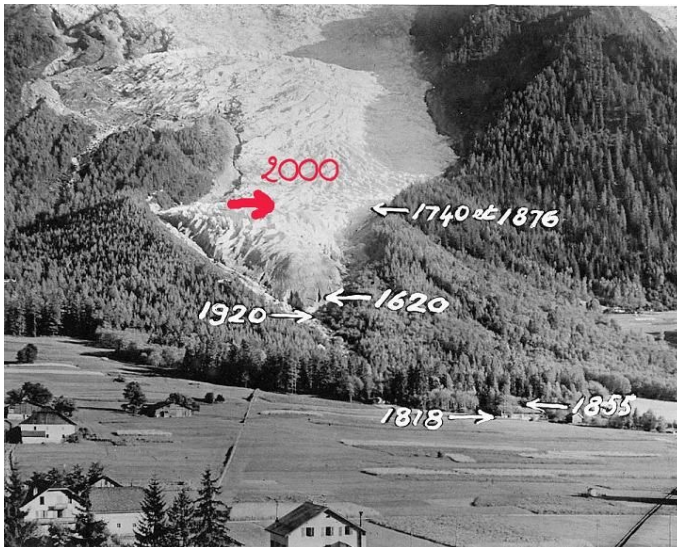
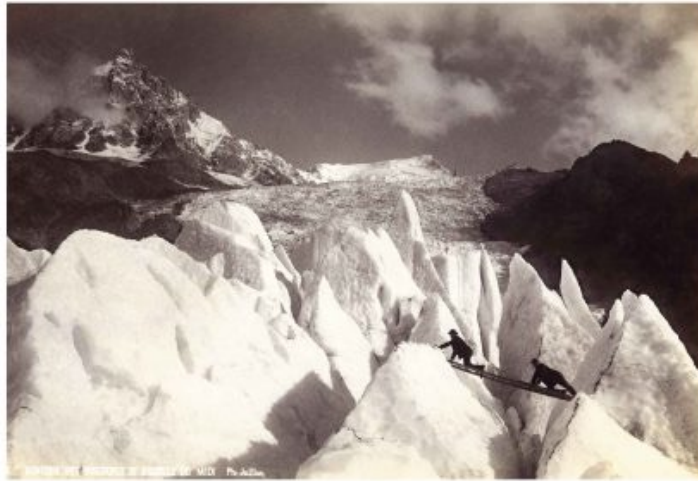


Des changements de l'extension de la **glace continentale** (glaciers, calottes,...) vont affecter le niveau marin.

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

2. Le recul des glaciers



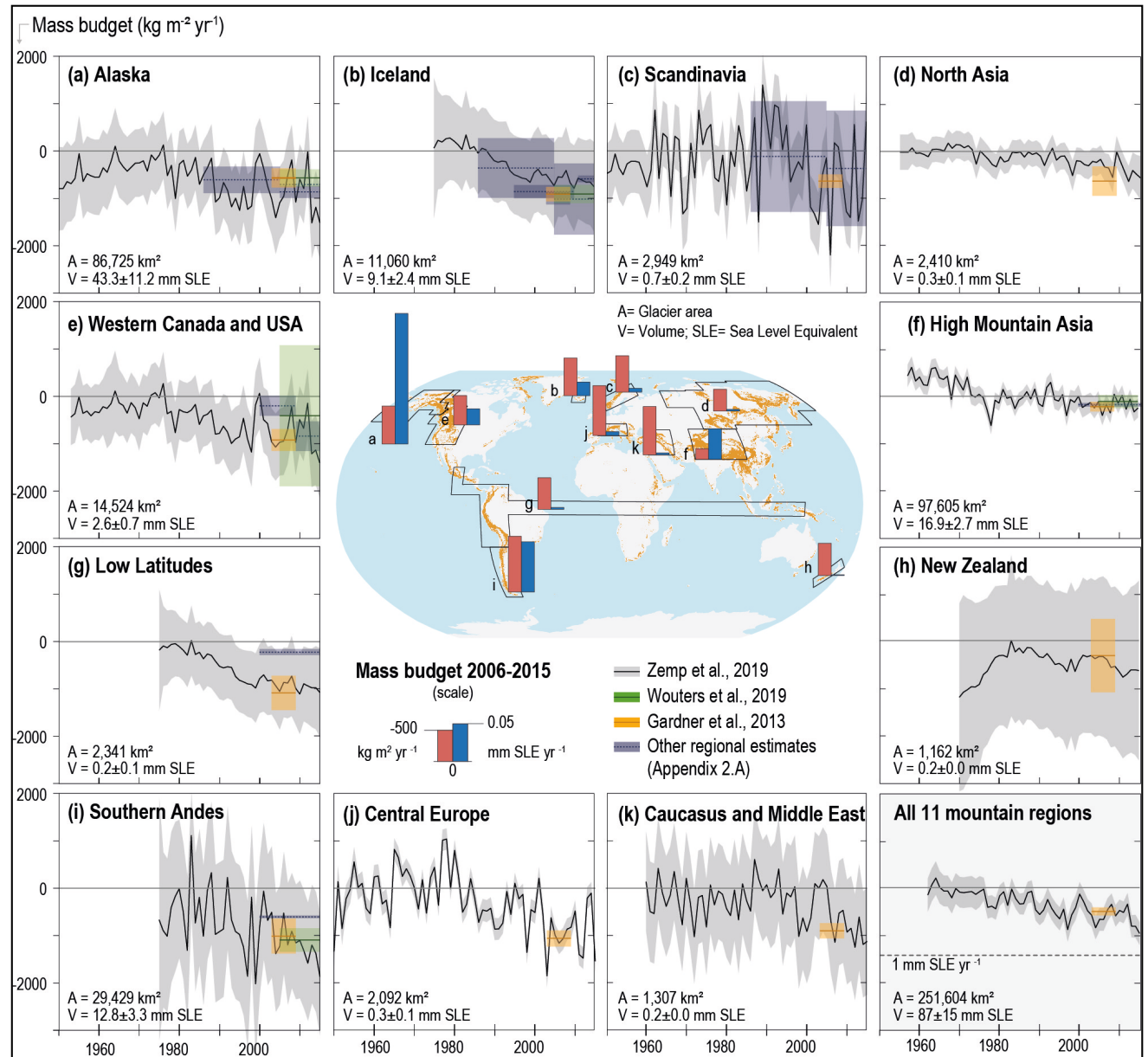
© 2011 10011 Glacier des Breuses et glacier de la Dôle, vers 1880
Auteurs: Pierre-Alain Delacour, Université de Savoie, Chambéry

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

2. Le recul des glaciers

Même si l'évolution des glaciers peut varier régionalement, la diminution de leur extension est un phénomène global.



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

2. Le recul des glaciers

- Impacts : albédo, niveau marin, stations de ski...



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

3. L'élévation du niveau marin

Deux processus engendrent la montée du niveau marin:

➤ **Dilatation thermique**

(augmentation du volume de l'eau par son réchauffement)

= phénomène majeur à l'actuel

➤ **Fonte des glaciers continentaux**

= se ressent à plus long terme (inertie des calottes de glace)

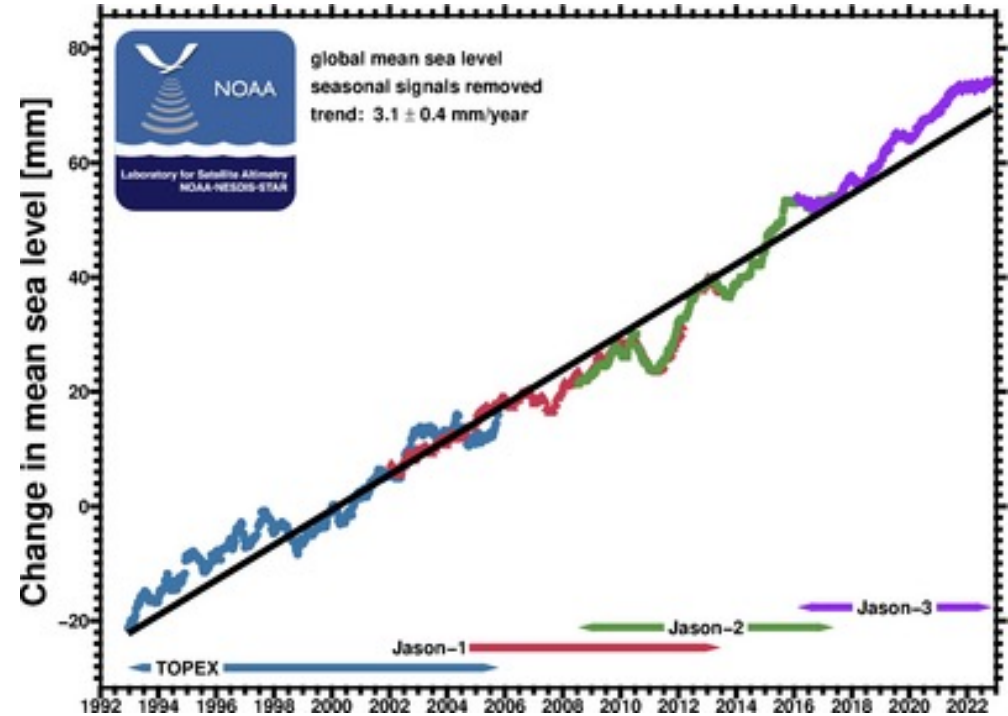
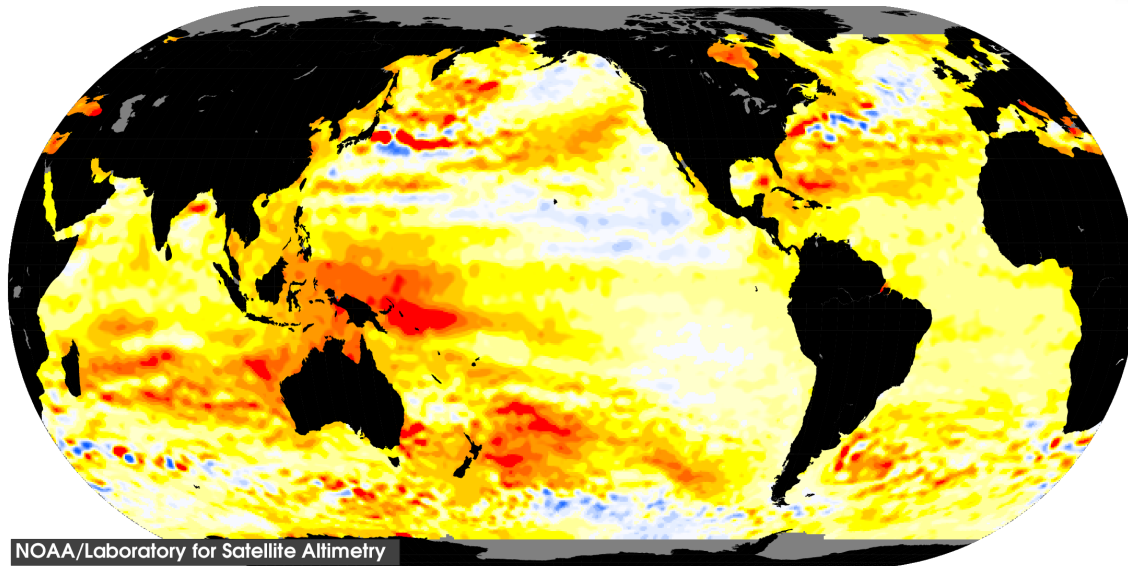


III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

3. L'élévation du niveau marin

Total sea level change from TOPEX/Poseidon and Jason-1,-2,-3 since 1993

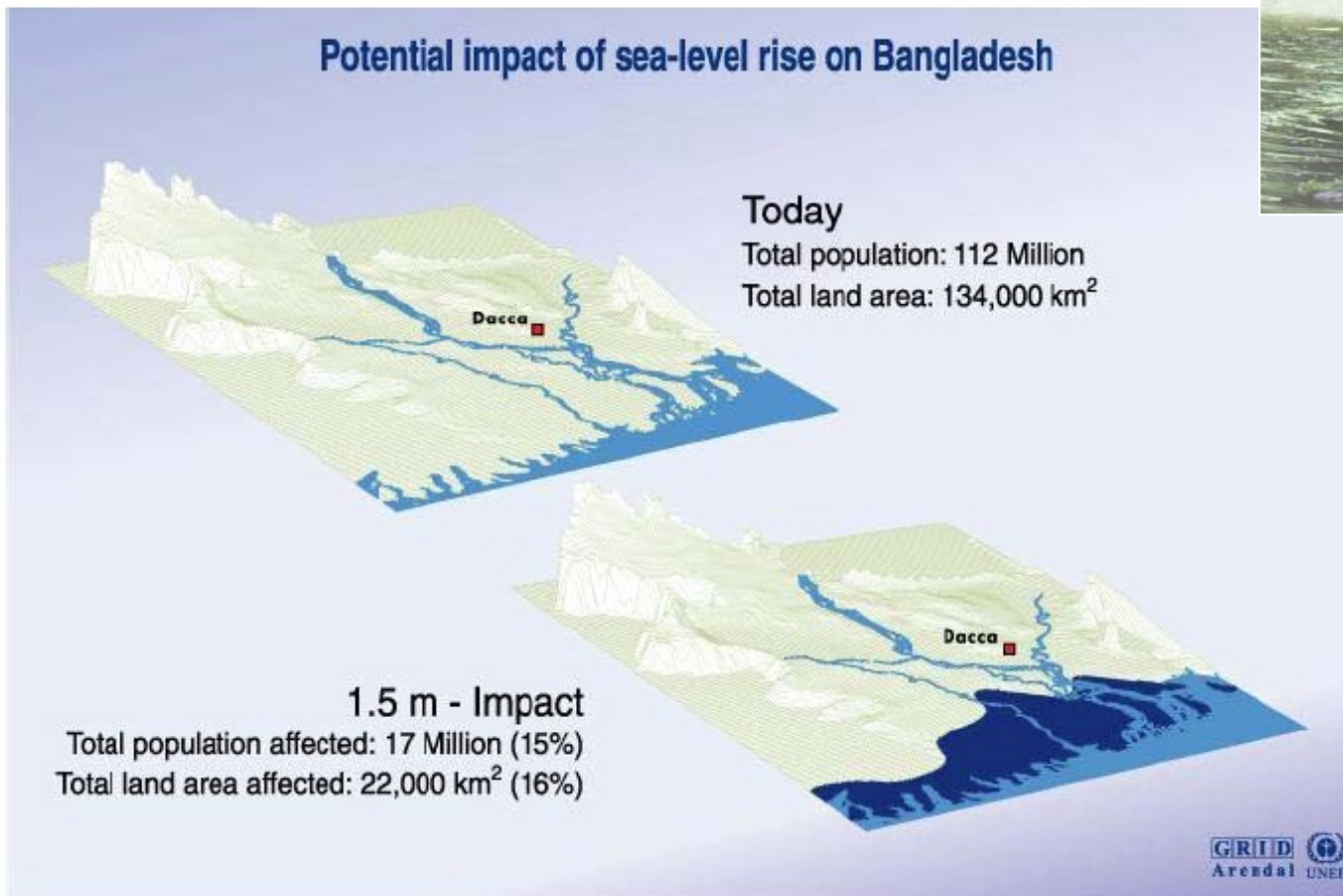


III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

3. L'élévation du niveau marin

- Impacts : augmentation des terres immergées

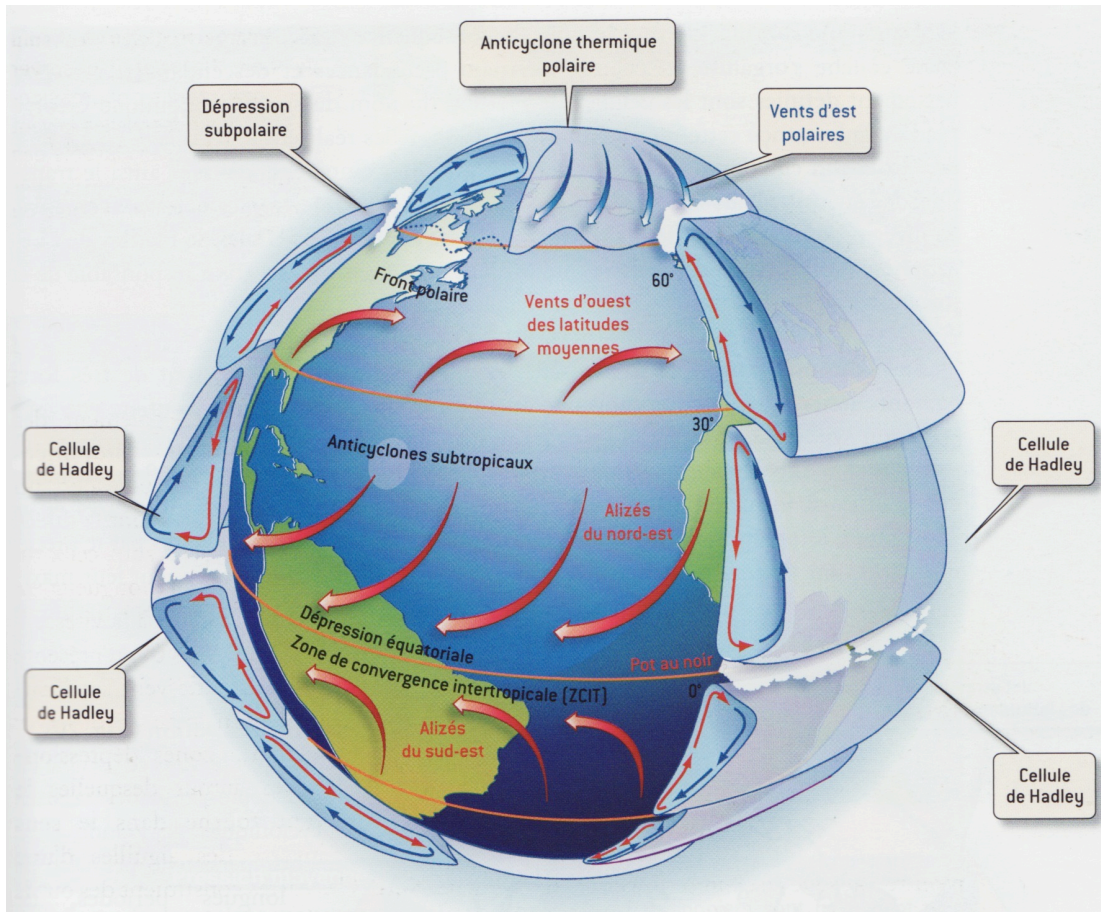


III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

➤ Les changements de la circulation atmosphérique



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

➤ L'intensification des événements extrêmes

Le nombre annuel de cyclones et de typhons les plus puissants a augmenté depuis 1975



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

➤ L'intensification des événements extrêmes

- Impacts : nombreux dégâts, régions dévastées...



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

➤ Inondations



De plus en plus d'inondations

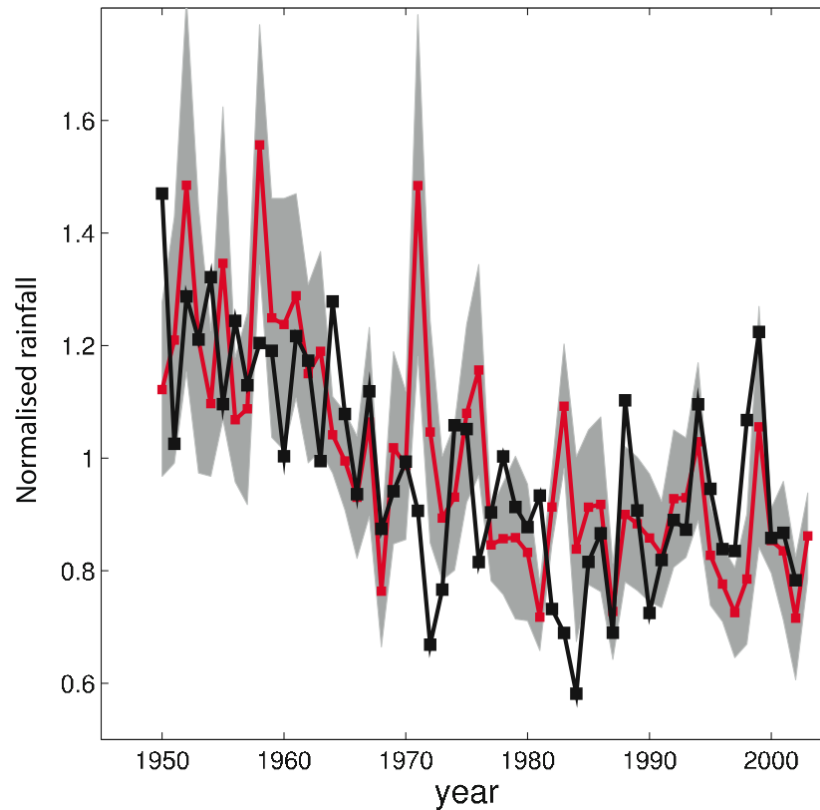


III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

➤ Sécheresse



Baisse des précipitations sahéniennes
reproduit par de nombreux modèles



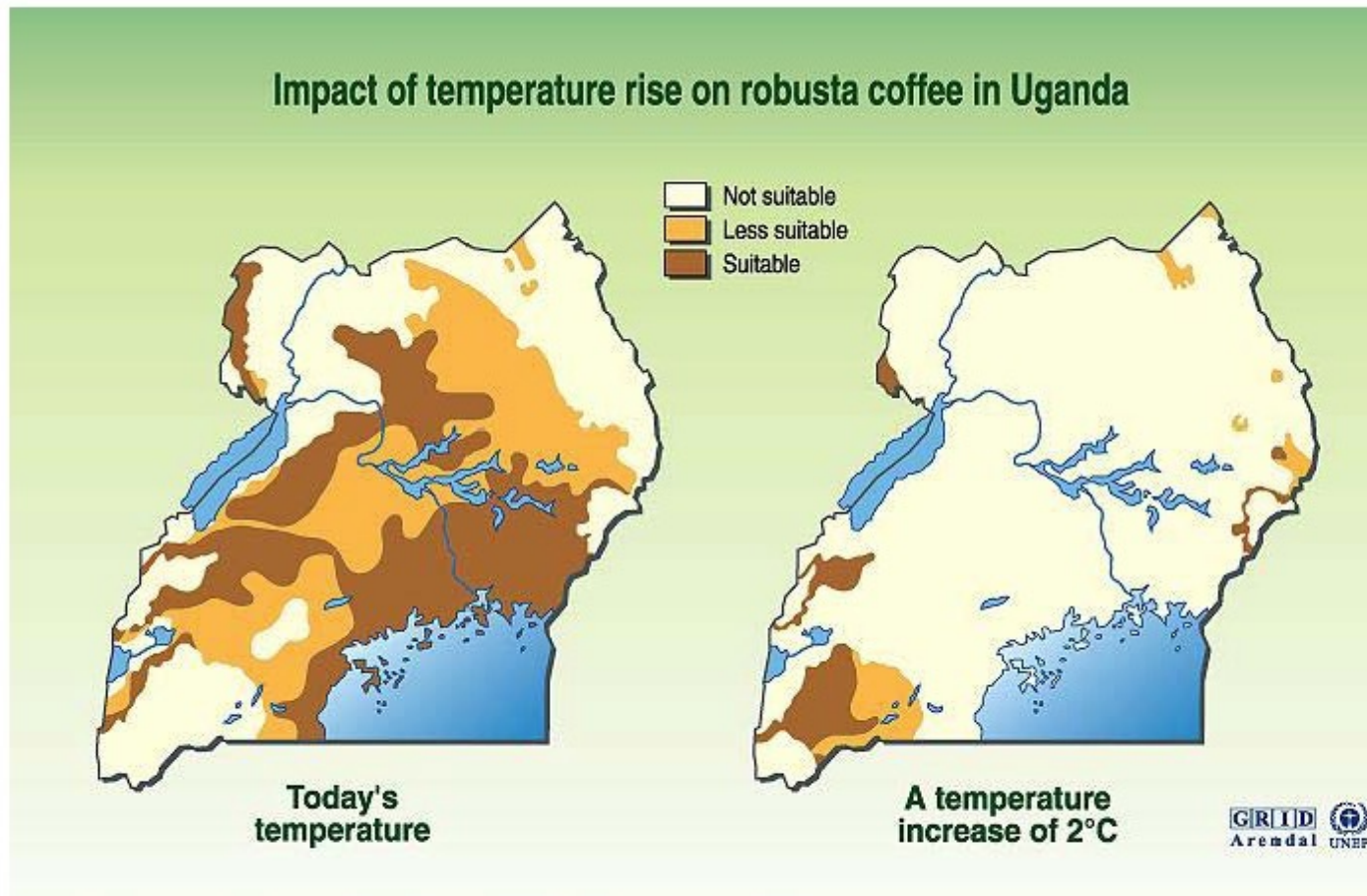
Nombreuses régions arides
deviennent encore plus arides.

III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

- Impacts : l'agriculture



Source: Otto Simoneff. Potential impacts of global warming. GRID-Genève. case studies on climatic changes. Geneva. 1989.

III/ Le changement climatique et ses impacts

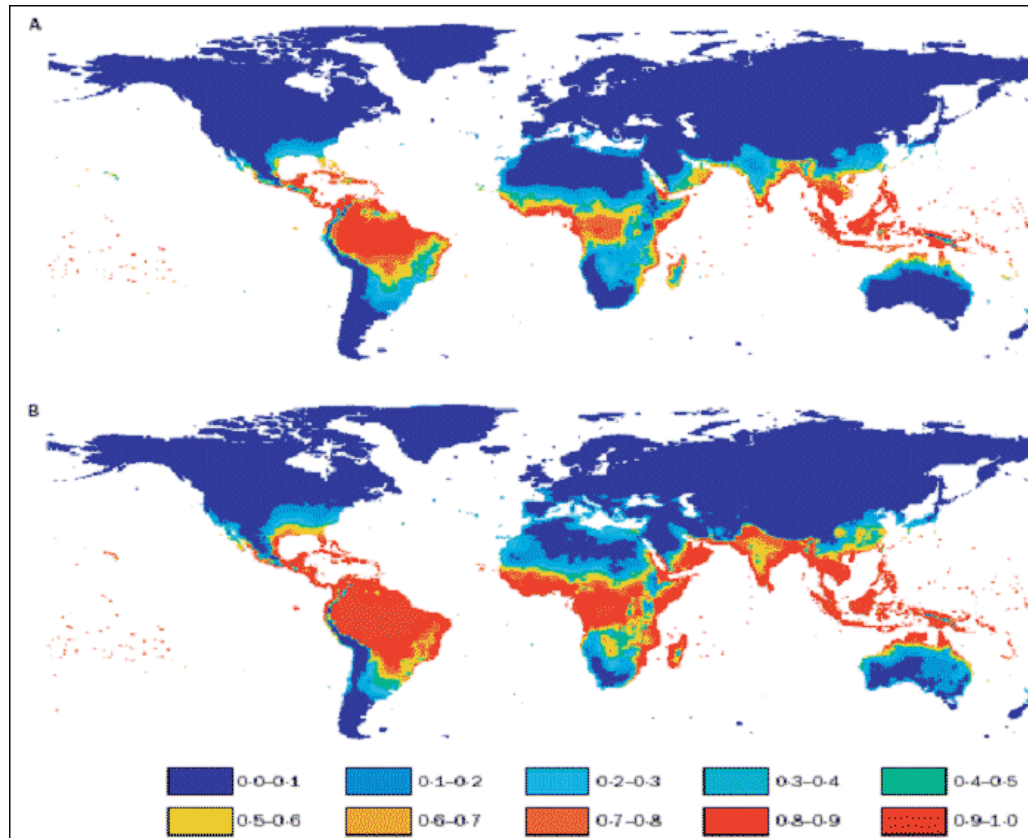
- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

- Impacts : vecteurs de maladies

Population prévue en danger de la fièvre « dengue »
sous le scénario « standard » de changement climatique : 1990, 2085

1990



2085



III/ Le changement climatique et ses impacts

- Les preuves du réchauffement planétaire

4. Les phénomènes météorologiques

- Impacts : migrations et hibernation retardées, colonisation par de nouvelles espèces





Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

III/ Le changement climatique et ses impacts

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

V/ Les projections climatiques

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

On parle de **réchauffement planétaire**,
lorsque la **température moyenne sur plusieurs années**
des océans et de l'atmosphère **augmente à l'échelle de notre planète.**

Réchauffement lié à des causes naturelles
➤ **Forçages naturels**
émissions volcaniques et variations solaires

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

1. Les éruptions volcaniques

Eruptions majeures lors des dernières décennies :

Agung (Bali, 1964)

El Chichon (Mexique, 1982)

Pinatubo (Philippines, 1991)

Eyjafjöll (Islande, 2010).



Krakatau, Indonésie - 1983



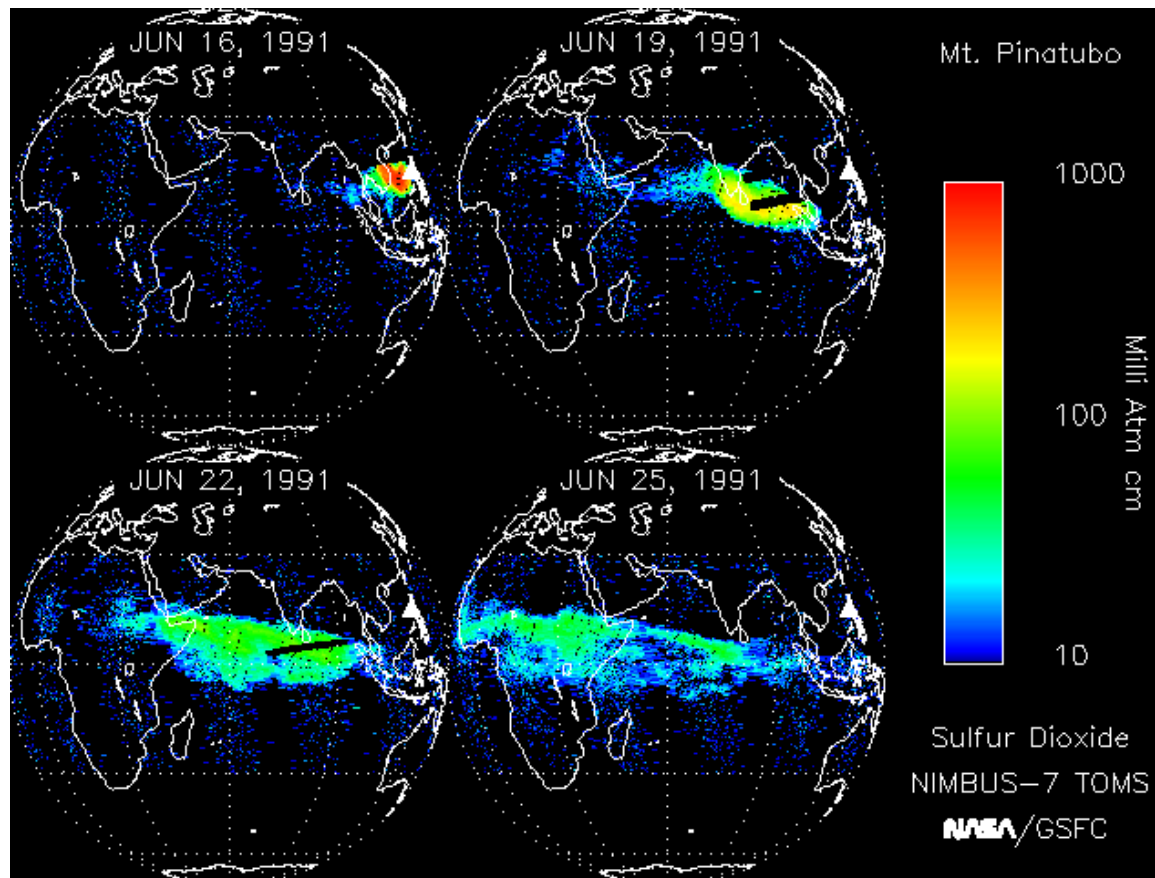
Pinatubo

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

1. Les éruptions volcaniques

- Emission de cendres et de dioxyde de soufre (SO_2)
- ⇒ 20-50km d'altitude (stratosphère)
- ⇒ Aérosols faisant plusieurs fois le tour de la Terre (plusieurs années)
- ⇒ Aérosols volcaniques (sulfate) favorisent la formation de nuage



IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

1. Les éruptions volcaniques

- Emission de cendres et de dioxyde de soufre (SO₂)
 - ⇒ 20-50km d'altitude (stratosphère)
 - ⇒ Aérosols faisant plusieurs fois le tour de la Terre (plusieurs années)
 - ⇒ Aérosols volcaniques (sulfate) favorisent la formation de nuage

Impacts sur le climat :

1/ Émissions de **GES entraînant un réchauffement de l'atmosphère**

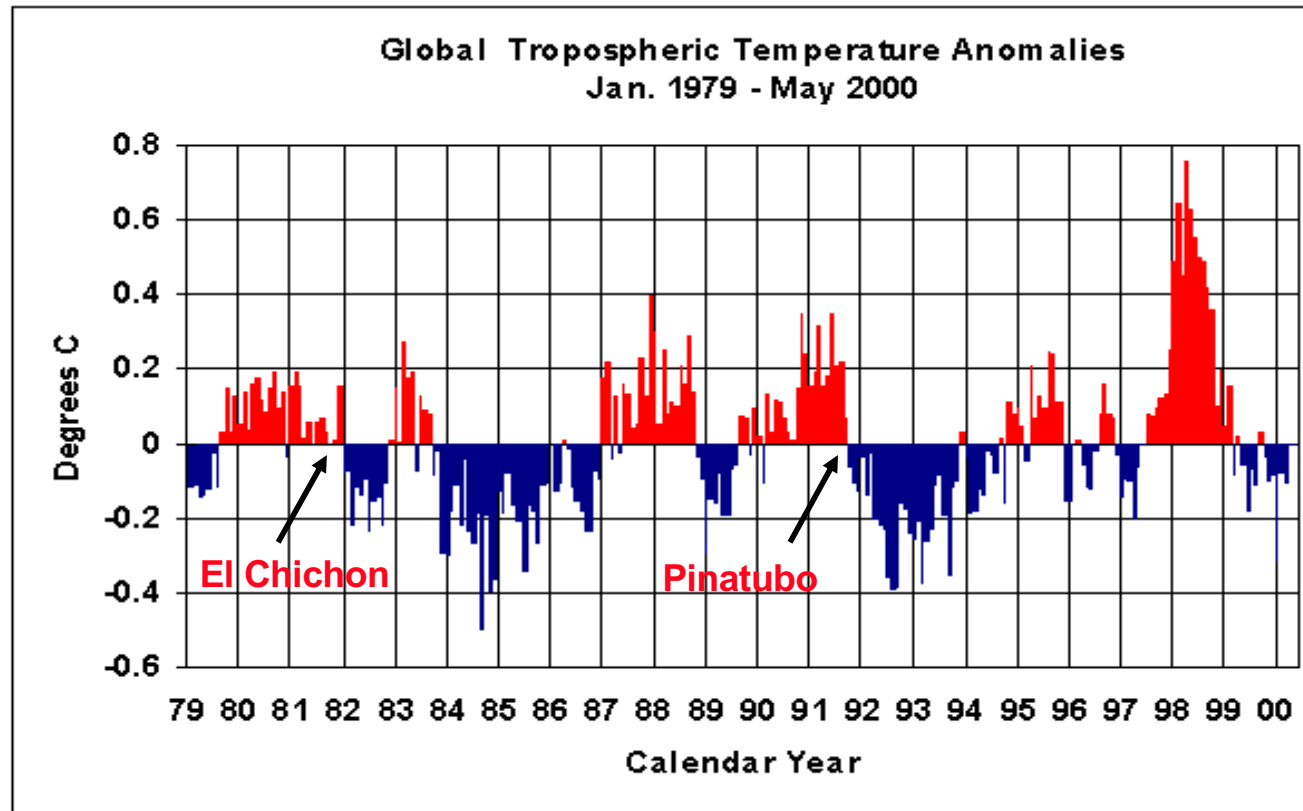
2/ Émissions **d'aérosols entraînant un refroidissement de l'atmosphère**

*Bilan radiatif affecté de $\pm 5^\circ \text{C}$
sur une courte période (1 à 2 ans)
= poussières rapidement entraînées par la pluie*

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

1. Les éruptions volcaniques



Eruptions volcaniques

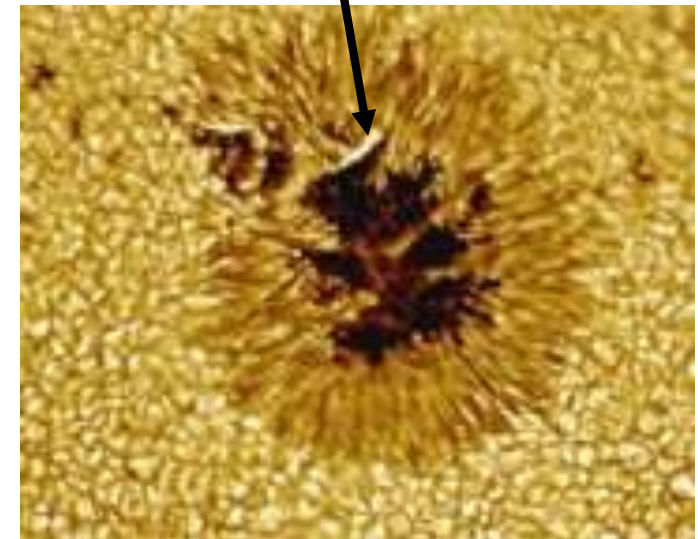
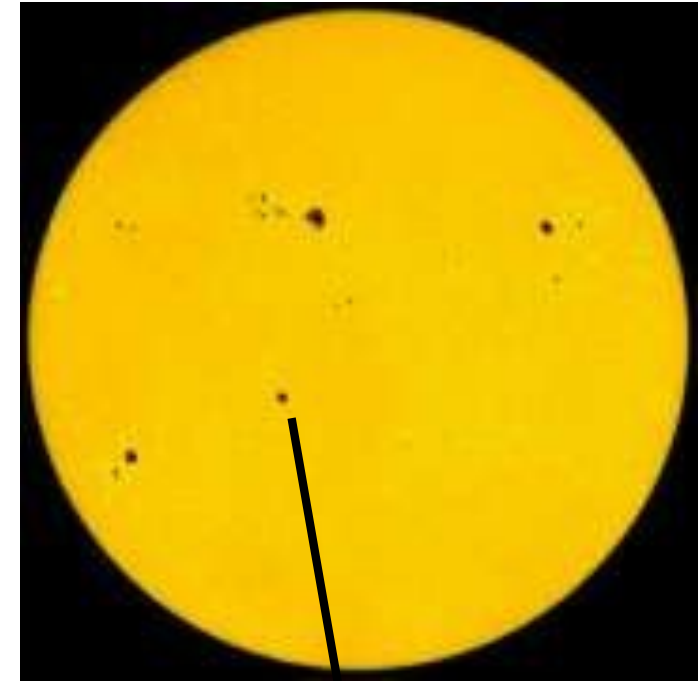
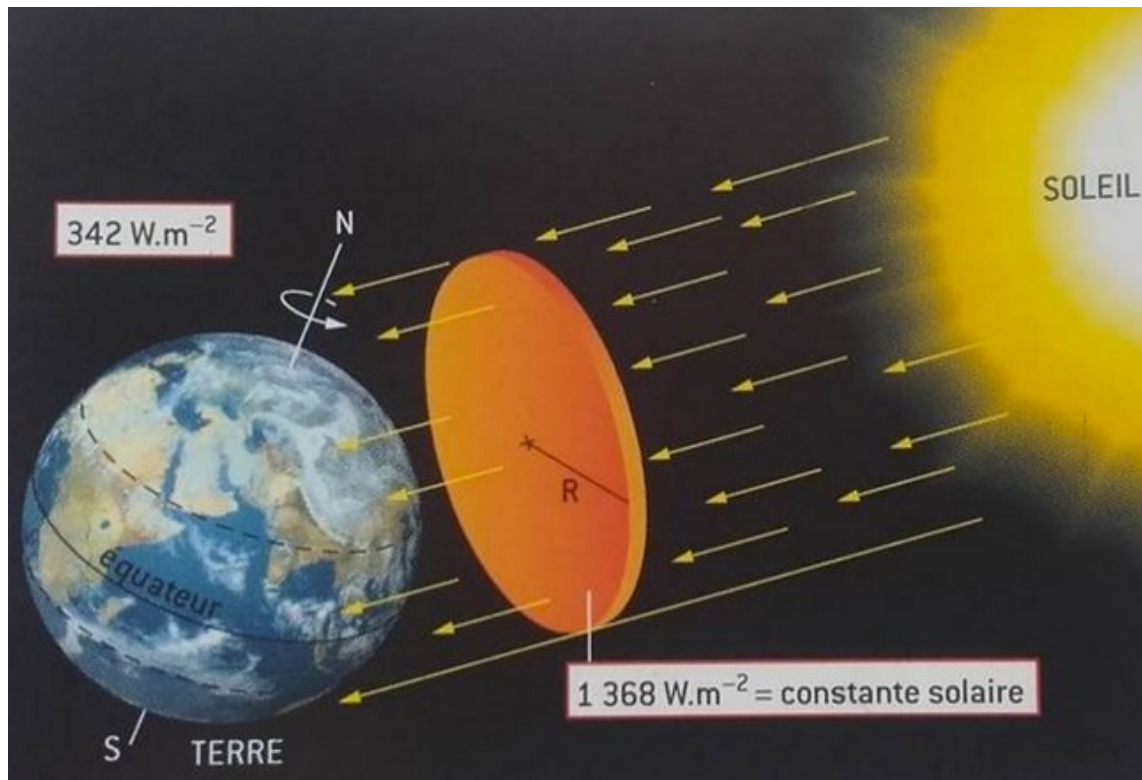
=

Preuves de la réponse rapide du climat à un forçage

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

2. L'activité solaire

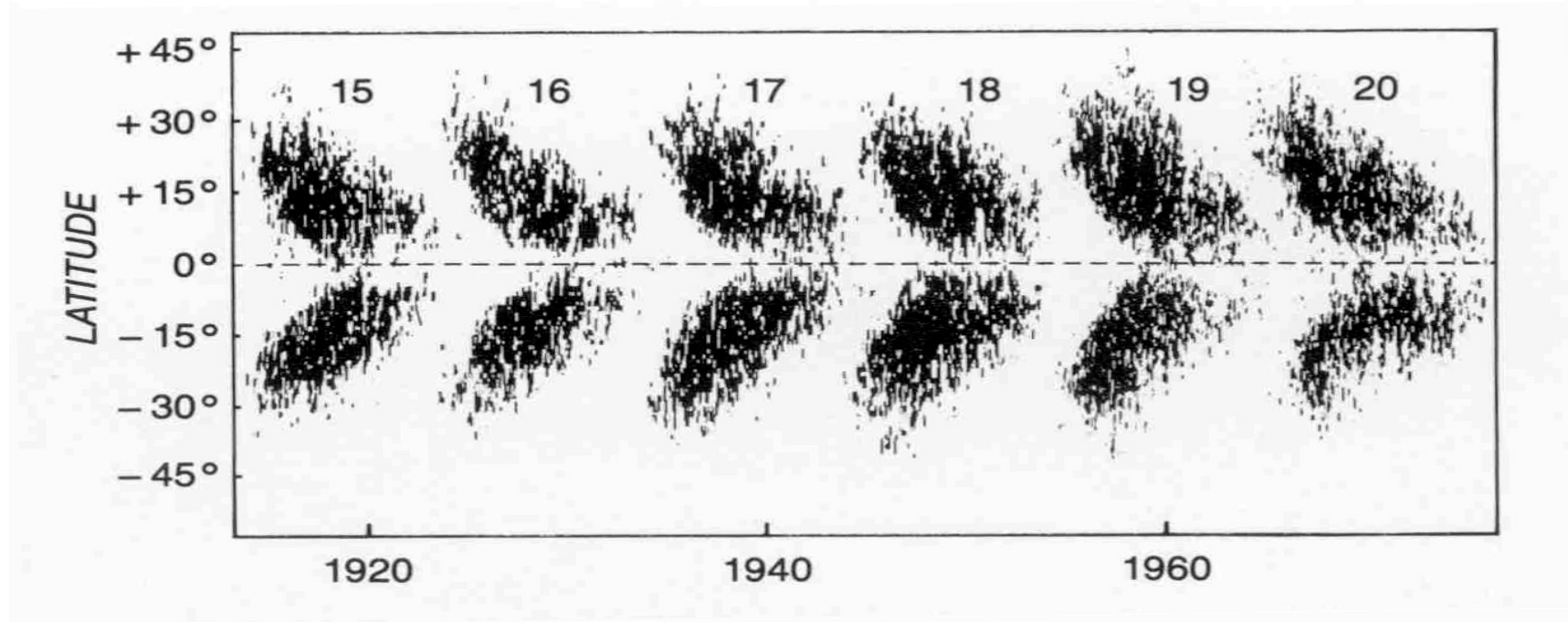


IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

2. L'activité solaire

L'apparition et la disparition des taches solaires suit un cycle de 11 ans



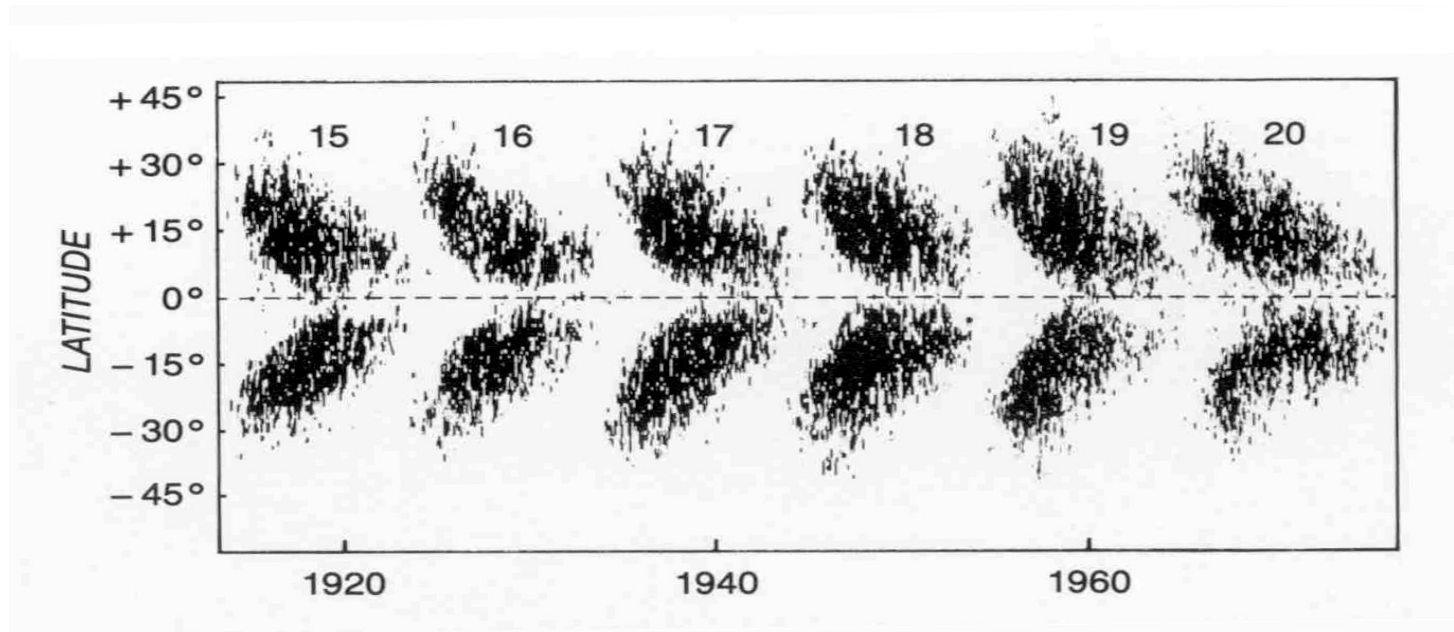
Plus les taches sont nombreuses,
plus on intensifie l'énergie magnétique émise par le soleil
et donc on augmente la constante solaire.

►► La présence de taches indique une forte activité solaire

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages naturels

2. L'activité solaire



Variations de l'activité solaire



Bilan radiatif terrestre affecté de $\pm 0,3^{\circ} C$
(sur une longue période)

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

On parle de **réchauffement planétaire**, lorsque la **température moyenne sur plusieurs années** des océans et de l'atmosphère **augmente à l'échelle de notre planète**.

Réchauffement lié à des causes naturelles

➤ **Forçages naturels**
émissions volcaniques et variations solaires

Réchauffement lié aux activités humaines

➤ **Forçages Anthropiques**

?

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

On parle de **réchauffement planétaire**,
lorsque la **température moyenne sur plusieurs années**
des océans et de l'atmosphère **augmente à l'échelle de notre planète.**

Réchauffement lié à des causes naturelles

➤ **Forçages naturels**

émissions volcaniques et variations solaires

Réchauffement lié aux activités humaines

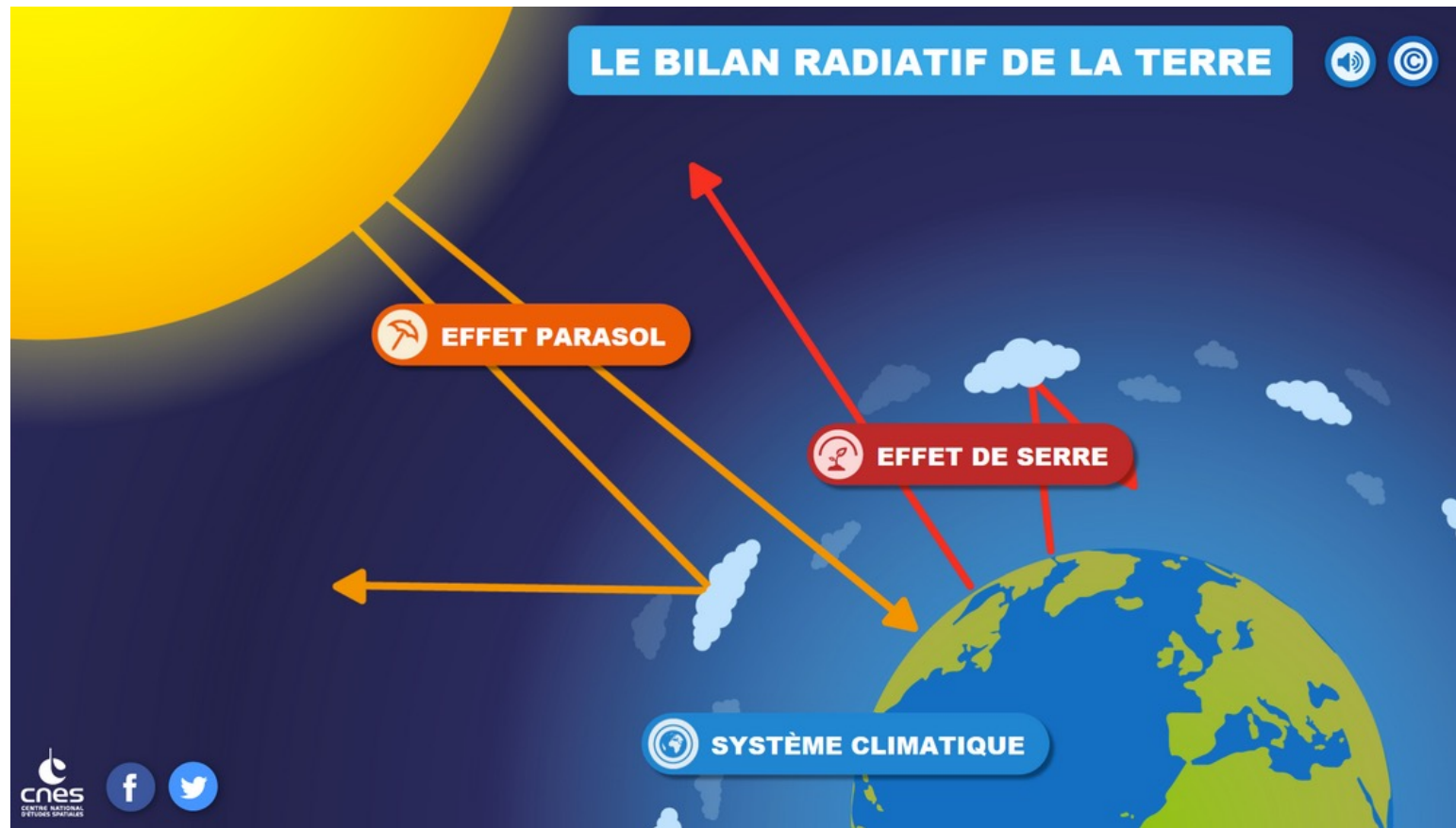
➤ **Forçages Anthropiques**

Gaz à effets de serre et aérosols

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages anthropiques

Equilibre Climatique Terrestre = variations Naturelles

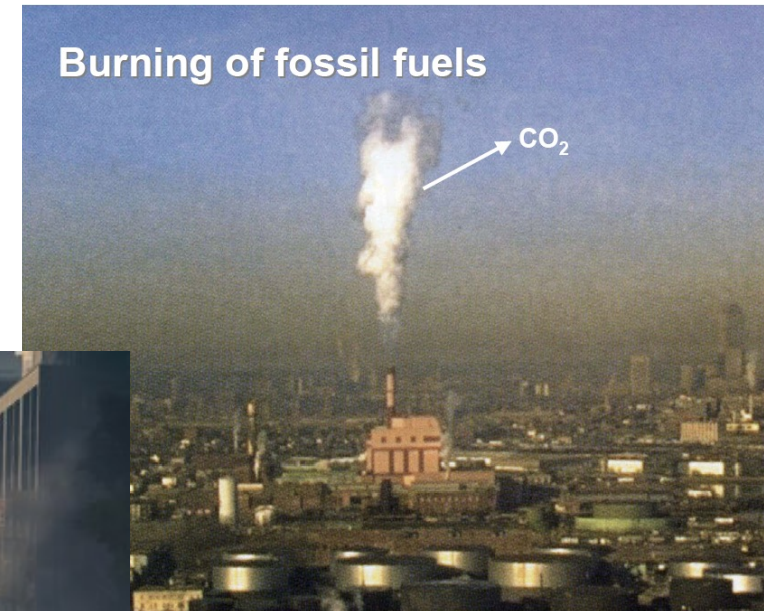
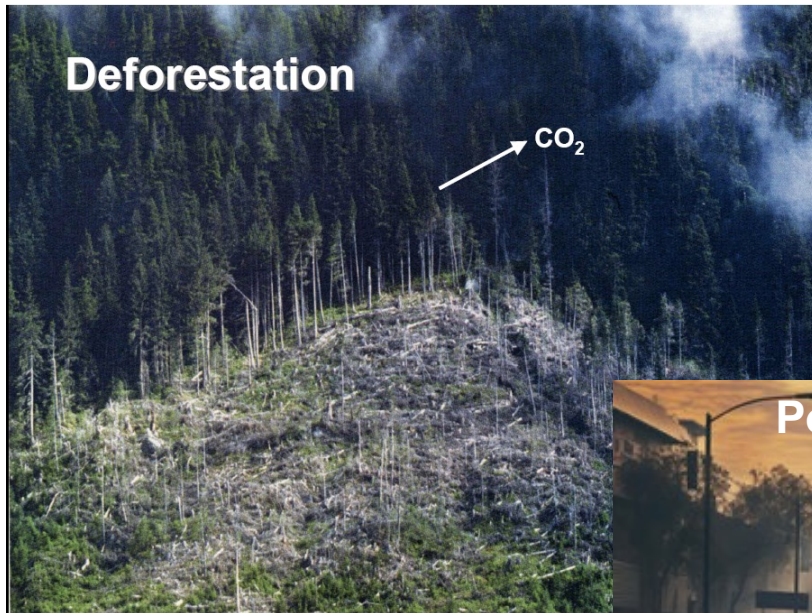


➤ Gaz à effet de serre et aérosols naturels

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages anthropiques

Combustion des énergies fossiles, déforestation, agriculture intensive...



➤ Gaz à effet de serre et aérosols anthropogéniques

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

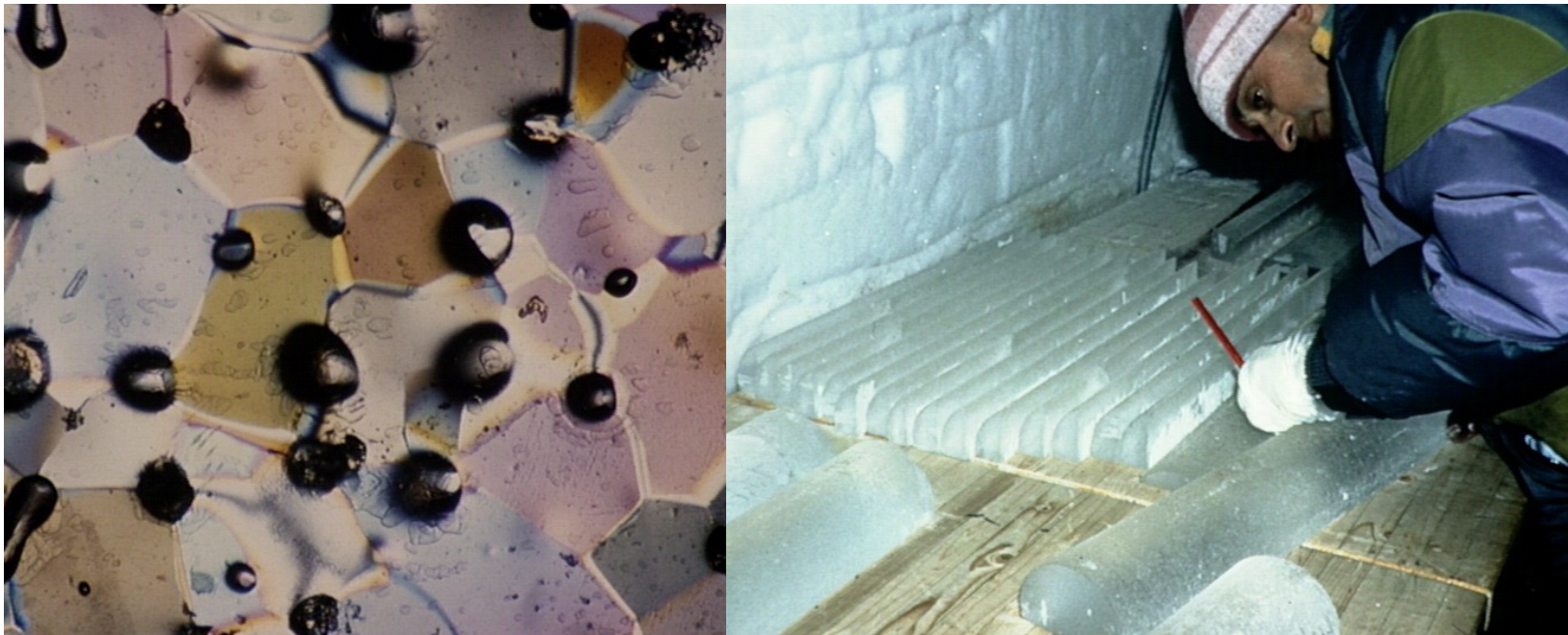
- Les forçages anthropiques

Comment mesure-t-on les variations
des concentrations en GES au cours du temps ?

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages anthropiques

Comment mesure-t-on les variations
des concentrations en GES au cours du temps ?

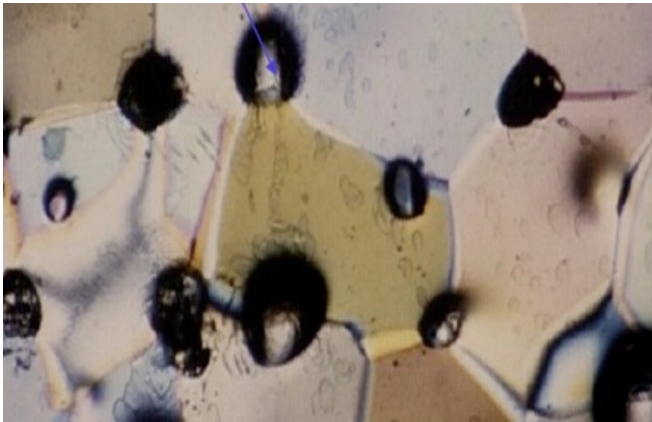


Bulles d'air emprisonnées dans les carottes de glace

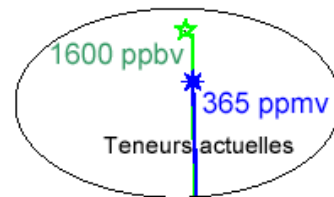
IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages anthropiques

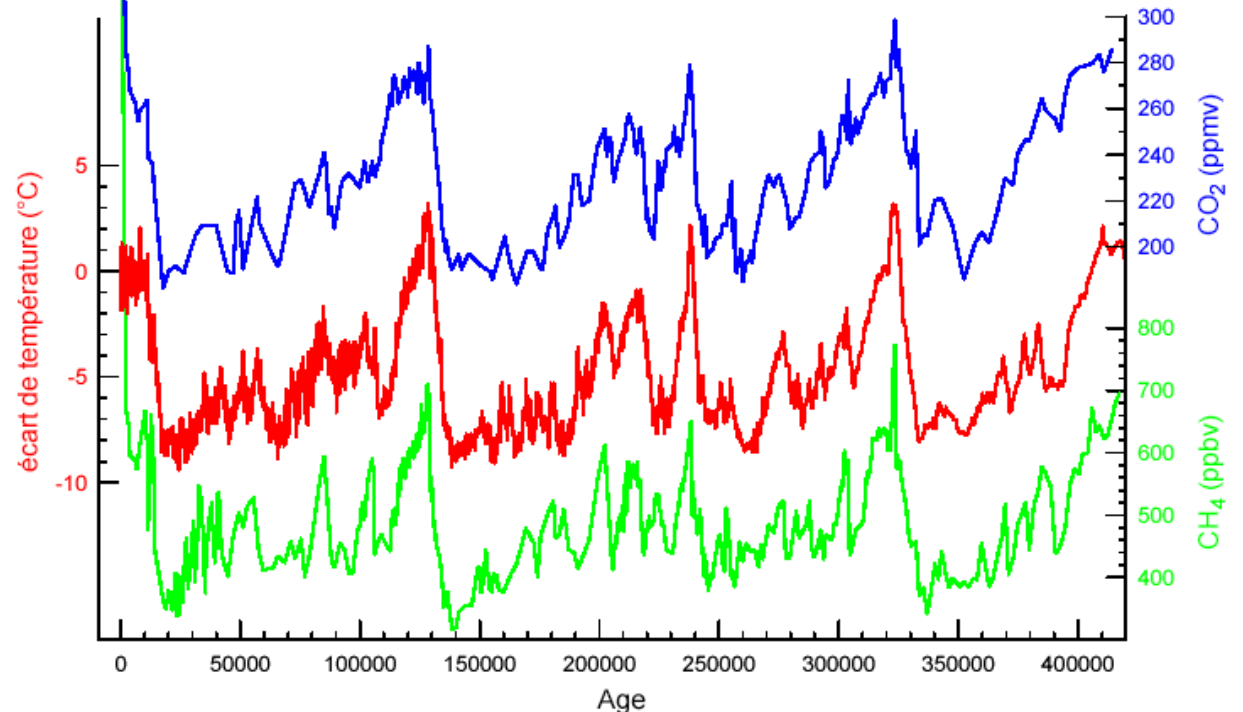
- GES : étude des bulles d'air contenues dans les carottes de glace



425 ppmv en 2024

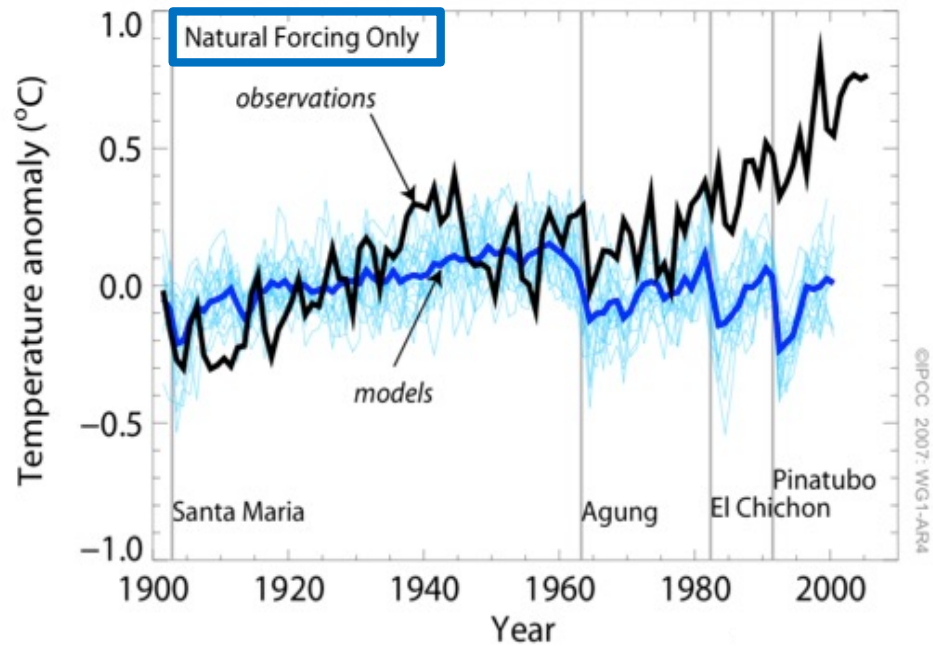


CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :
Climat et gaz à effet de serre au cours des 400.000 dernières années
L.G.G.E. /L.S.C.E. (d'après Petit et al., *Nature*, V. 399, Juin 1999).



IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

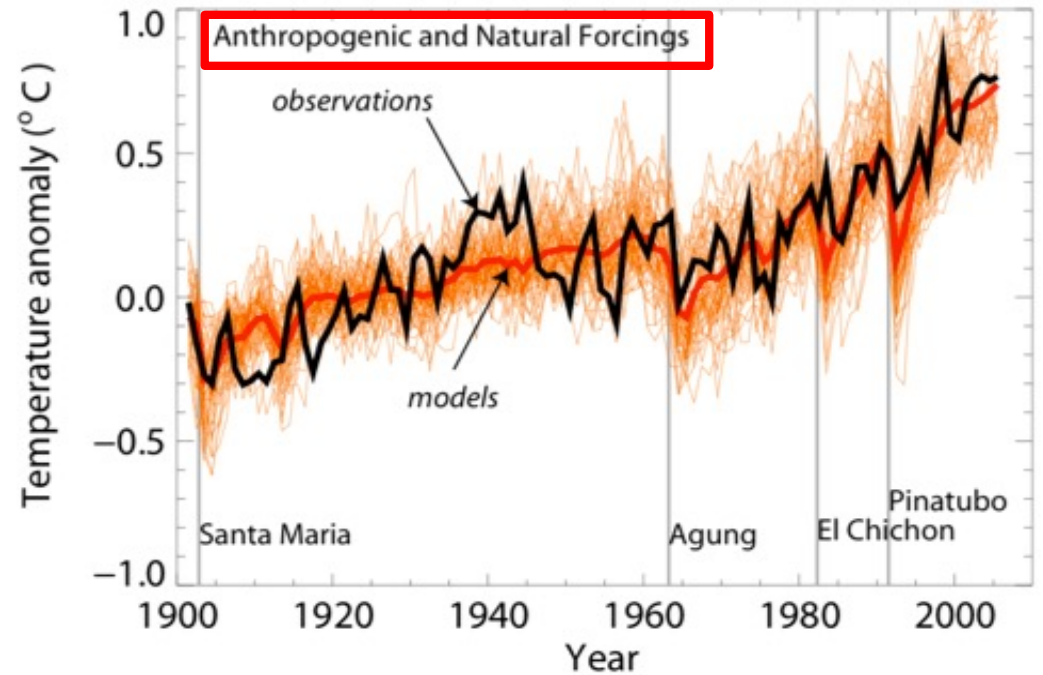
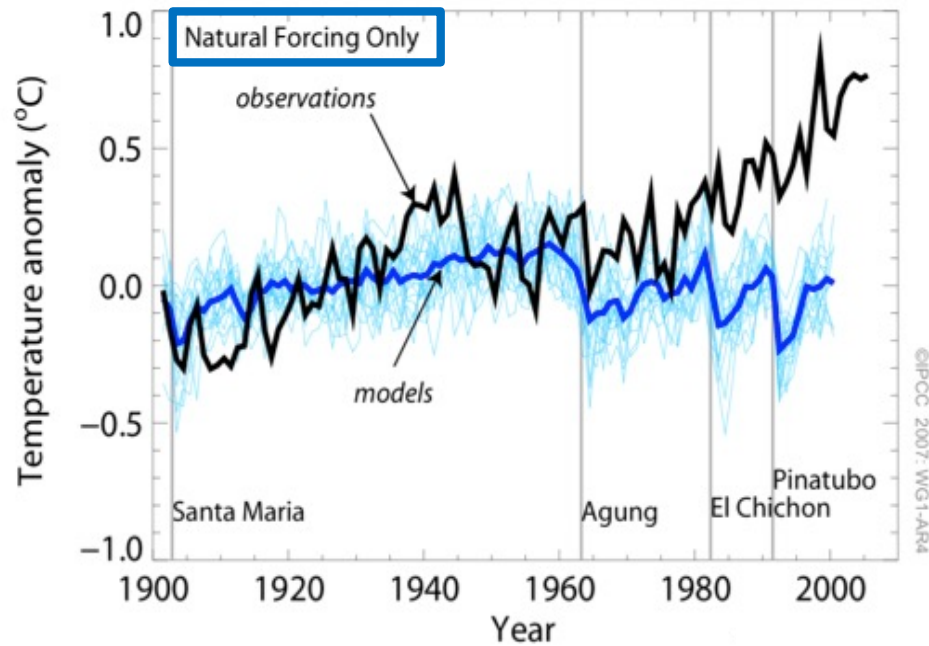
- Les forçages anthropiques



IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

- Les forçages anthropiques

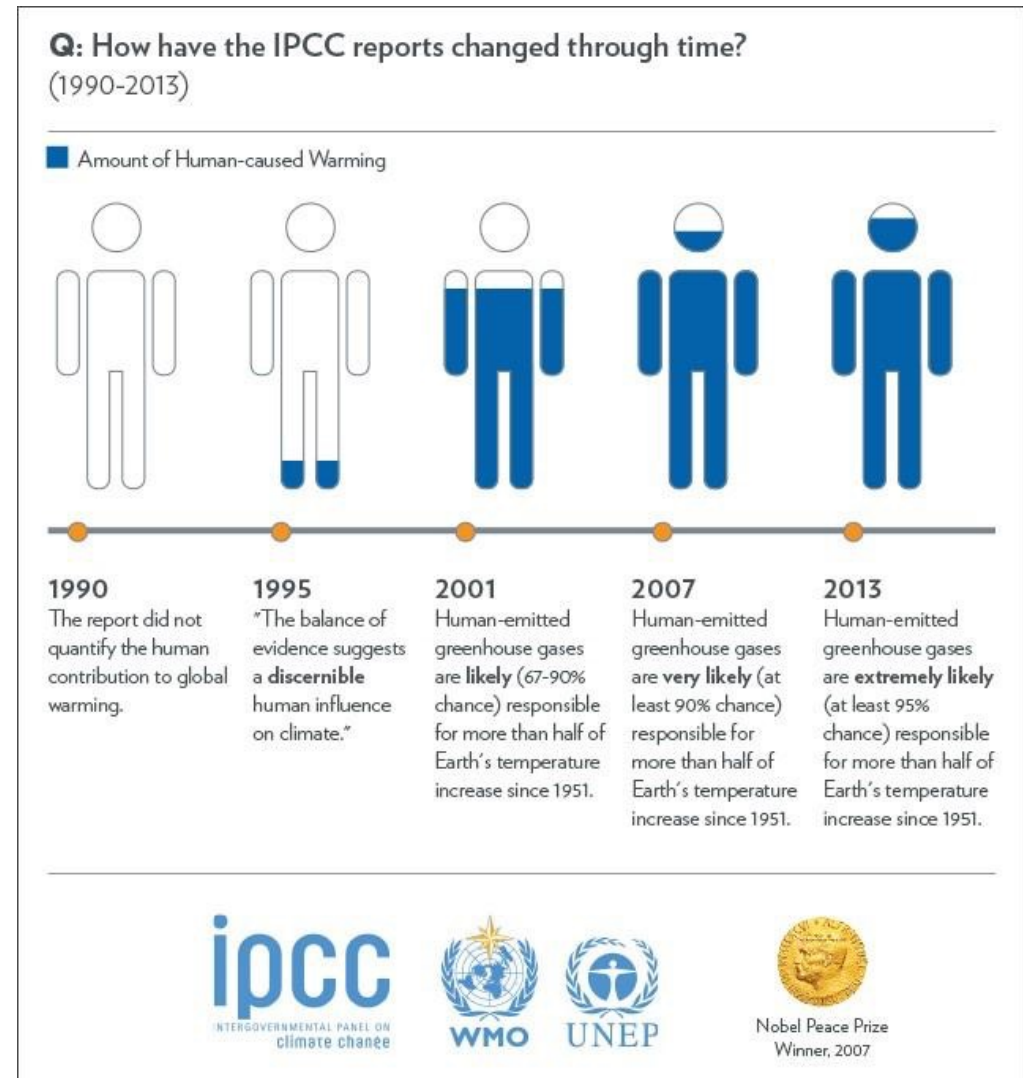
- Contribution sans équivoque des activités anthropique au réchauffement climatique actuel



II/ Le GIEC

95%, c'est le degré de certitude, qualifié d'**extrêmement probable**, que **l'activité humaine est la cause principale du réchauffement** observé.

=> Un nouveau palier a été franchi avec le 5^{ème} rapport, celui de 2007 plaçant la barre à 90%, tandis que celui de 2001 évaluait la probabilité à 66%.



- ⇒ Ce CM est basé sur les 5 premiers rapports du GIEC
- ⇒ Le 6^{ème} rapport du GIEC publié en 2023 sera étudié lors du TP CE3



Plan

I/ Changements observés dans le système climatique

II/ Le GIEC

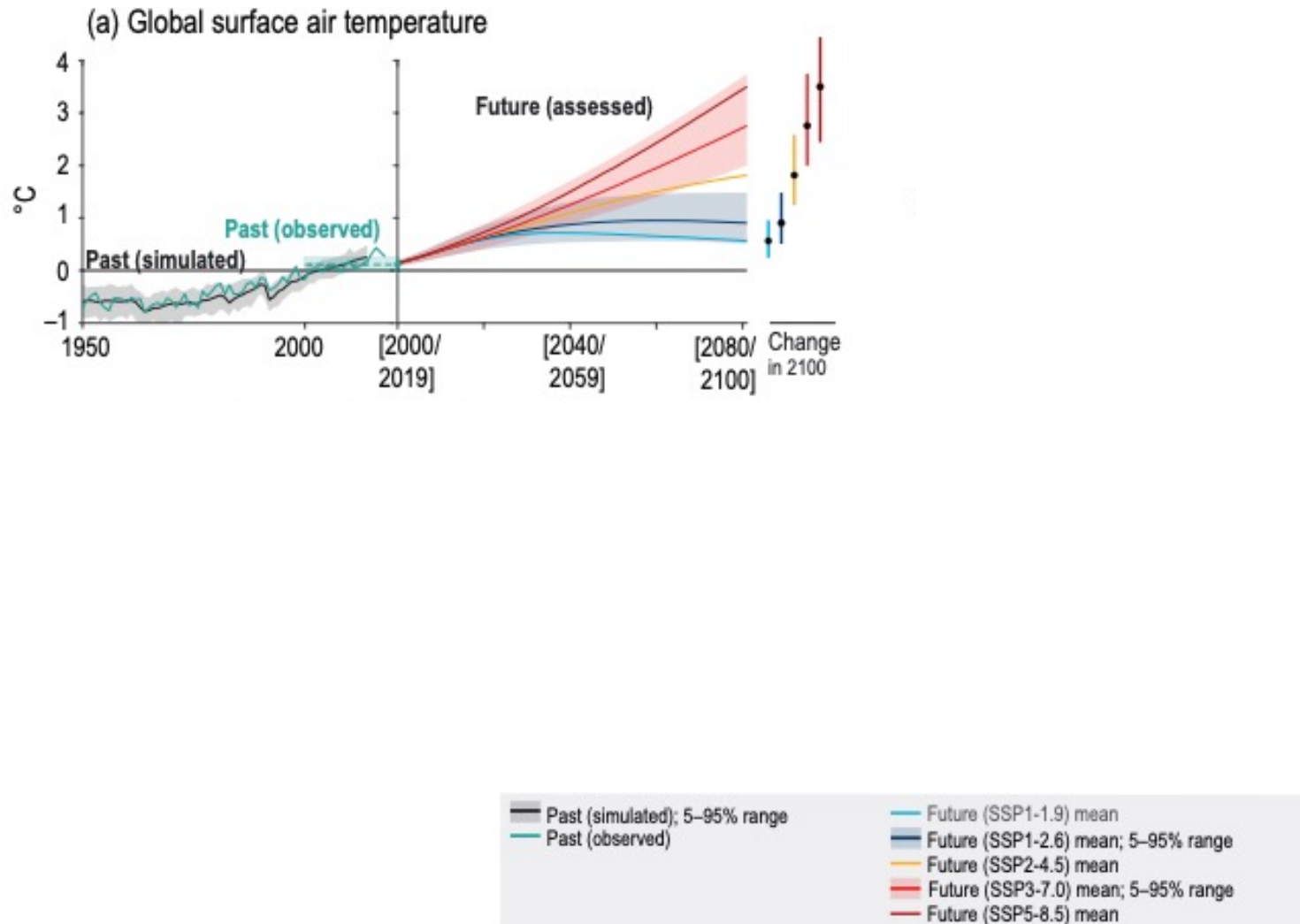
III/ Le changement climatique et ses impacts

IV/ Le rôle des forçages naturels et anthropiques

V/ Les projections climatiques

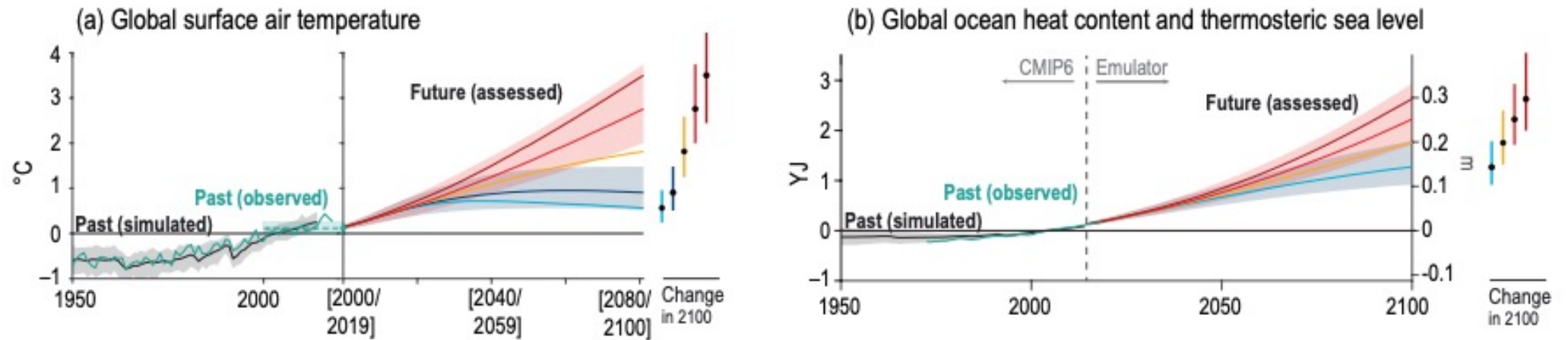
V/ Les projections climatiques

Recent and future change of four key indicators of the climate system



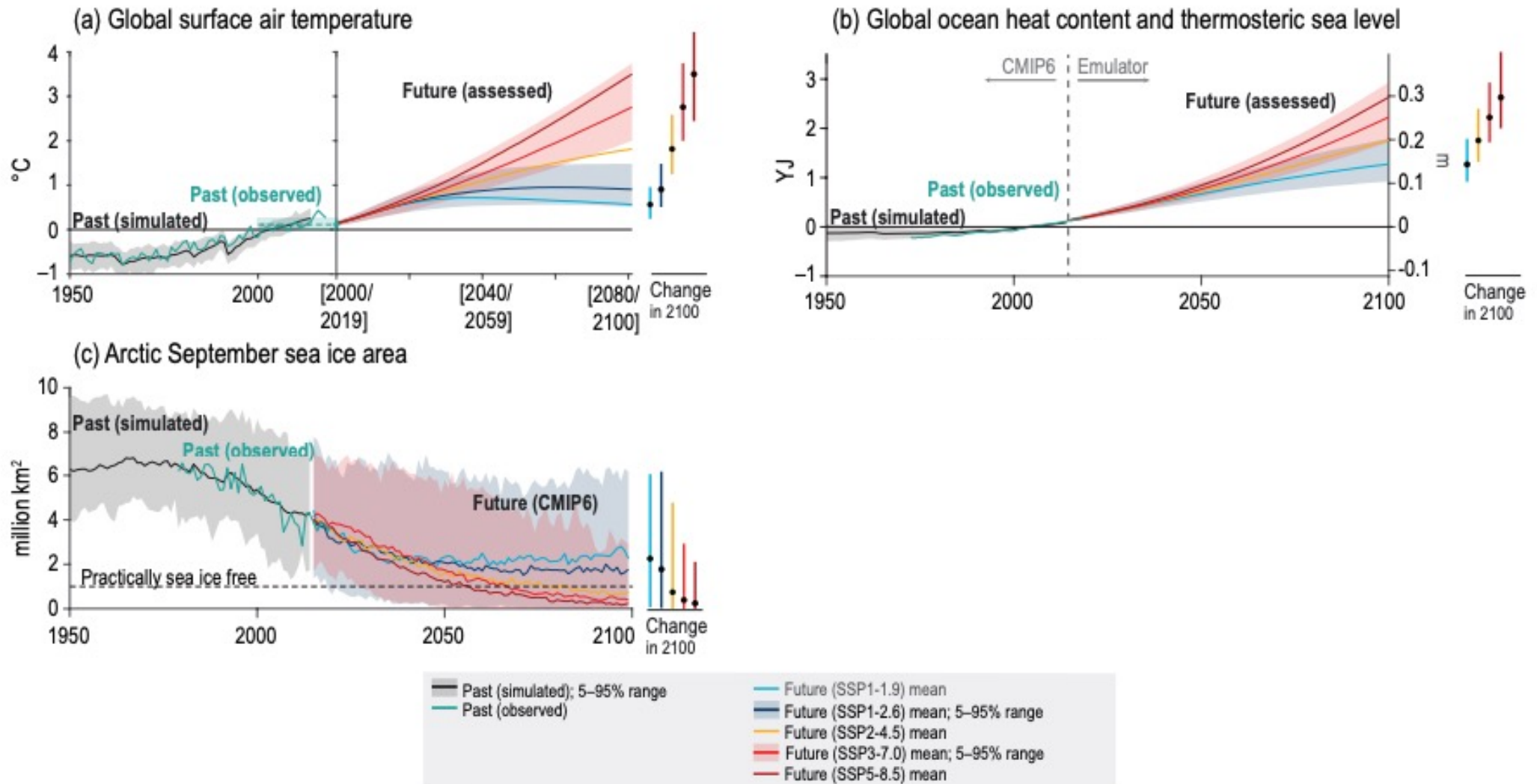
V/ Les projections climatiques

Recent and future change of four key indicators of the climate system



V/ Les projections climatiques

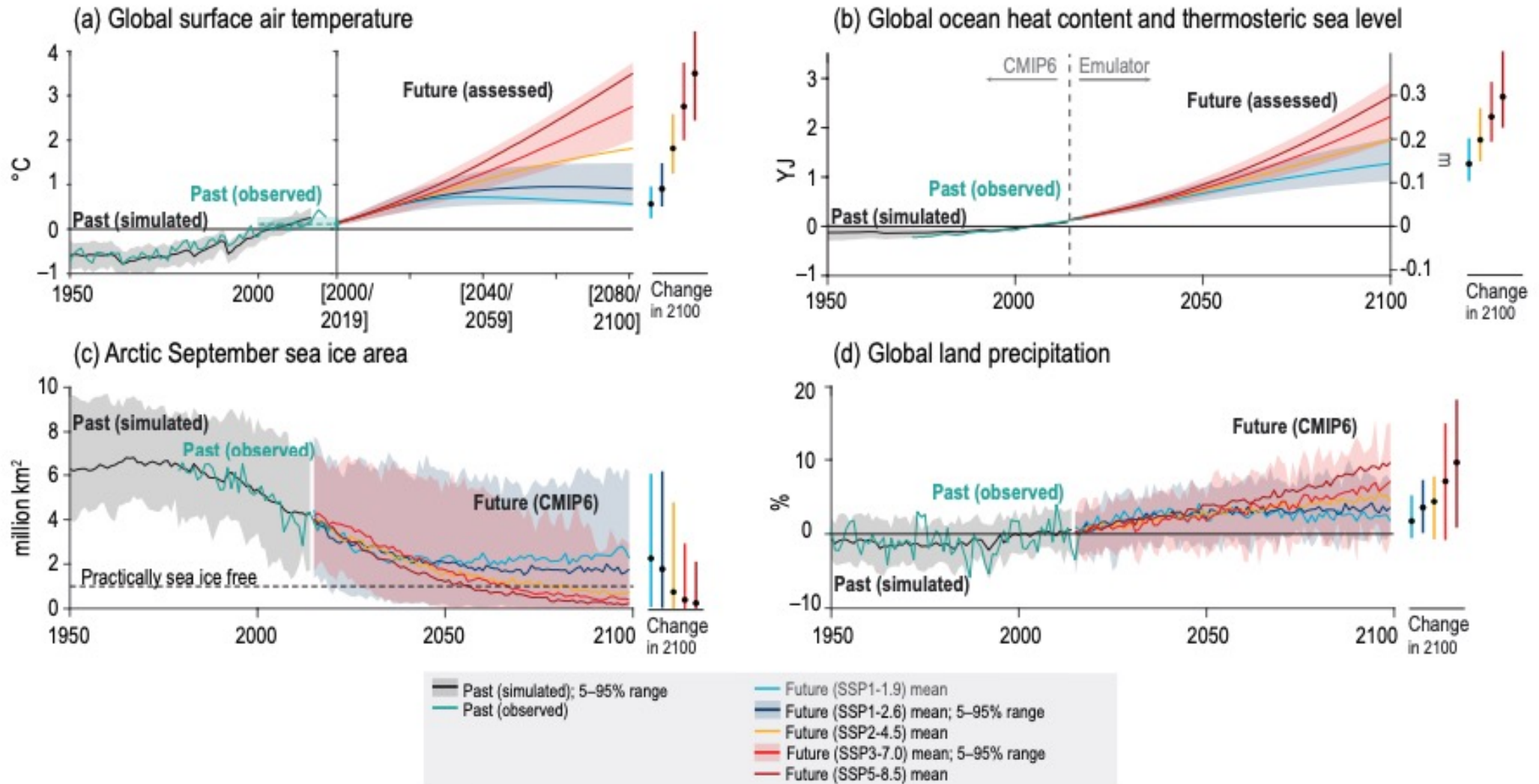
Recent and future change of four key indicators of the climate system



V/ Les projections climatiques

Recent and future change of four key indicators of the climate system

Atmospheric temperature, ocean heat content, Arctic summer sea ice, and land precipitation



La suite dans le TD3 sur le GIEC...

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



The screenshot shows the IPCC website homepage. At the top, there is a blue navigation bar with a menu icon and the word 'MENU'. To the right of the menu are links for 'ABOUT', 'DATA', 'DOCUMENTATION', 'FOCAL POINTS PORTAL', 'BUREAU PORTAL', 'LIBRARY', 'LANGUAGES', and a search icon labeled 'SEARCH'. Below the navigation bar, the IPCC logo is on the left, and a row of links includes 'REPORTS', 'SYNTHESIS REPORT', 'WORKING GROUPS', 'ACTIVITIES', 'NEWS', and 'CALENDAR'. On the right side of this row are 'FOLLOW' and 'SHARE' icons. The main content area features a large heading: 'The Intergovernmental Panel on Climate Change'. To the right of this heading is a paragraph: 'The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the United Nations body for assessing the science related to climate change.' At the bottom, there are two buttons: 'IPCC-60' and 'VACANCIES'. On the right side of the footer, there are logos for WMO, UNEP, and the Nobel Prize, with text indicating the IPCC received the 2007 Nobel Peace Prize.