



Sciences du climat: état des lieux



LSCE

Valérie Masson-Delmotte

Laboratoire des Sciences du Climat & de l'Environnement
Institut Pierre Simon Laplace/CEA-CNRS-UVSQ, Gif-sur-Yvette

Qui finance l'étude du climat?

- a) Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC)
- b) Les organisations non gouvernementales
- c) Les pouvoirs publics



Qui finance l'étude du climat?

- a) Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC)
- b) Les organisations non gouvernementales
- c) Les pouvoirs publics**



Combien y a-t-il en France de chercheurs en sciences du climat?

- a) 10 b) 100 c) 1000



Combien y a-t-il en France de chercheurs en sciences du climat?

a) 10

b) 100

c) 1000



Quand sont nées les sciences du climat?

- a) Dans l'Antiquité
- b) Au 19ème siècle
- c) A la fin du 20^{ème} siècle



Quand sont nées les sciences du climat?

- a) Dans l'Antiquité
- b) Au 19ème siècle
- c) A la fin du 20^{ème} siècle

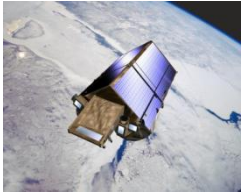


Histoire des sciences du climat



Physique des fluides
Thermodynamique
Transferts radiatifs

Datations/reconstructions
Super calculateurs
Satellites



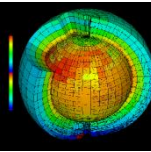
Antiquité

Moyen
Age

17^{ème} siècle
Instruments
météo

19^{ème} siècle
Réseaux
Glaciations
Effet de serre

20^{ème} siècle
Climats passés
Modélisation du climat



La température moyenne à la surface terrestre a-t-elle augmenté depuis 1900?

a) Non

b) Oui, de $0,5^{\circ}\text{C}$

c) Oui, de $0,8^{\circ}\text{C}$



La température moyenne à la surface terrestre a-t-elle augmenté depuis 1900?

a) Non

b) Oui, de 0,5°C

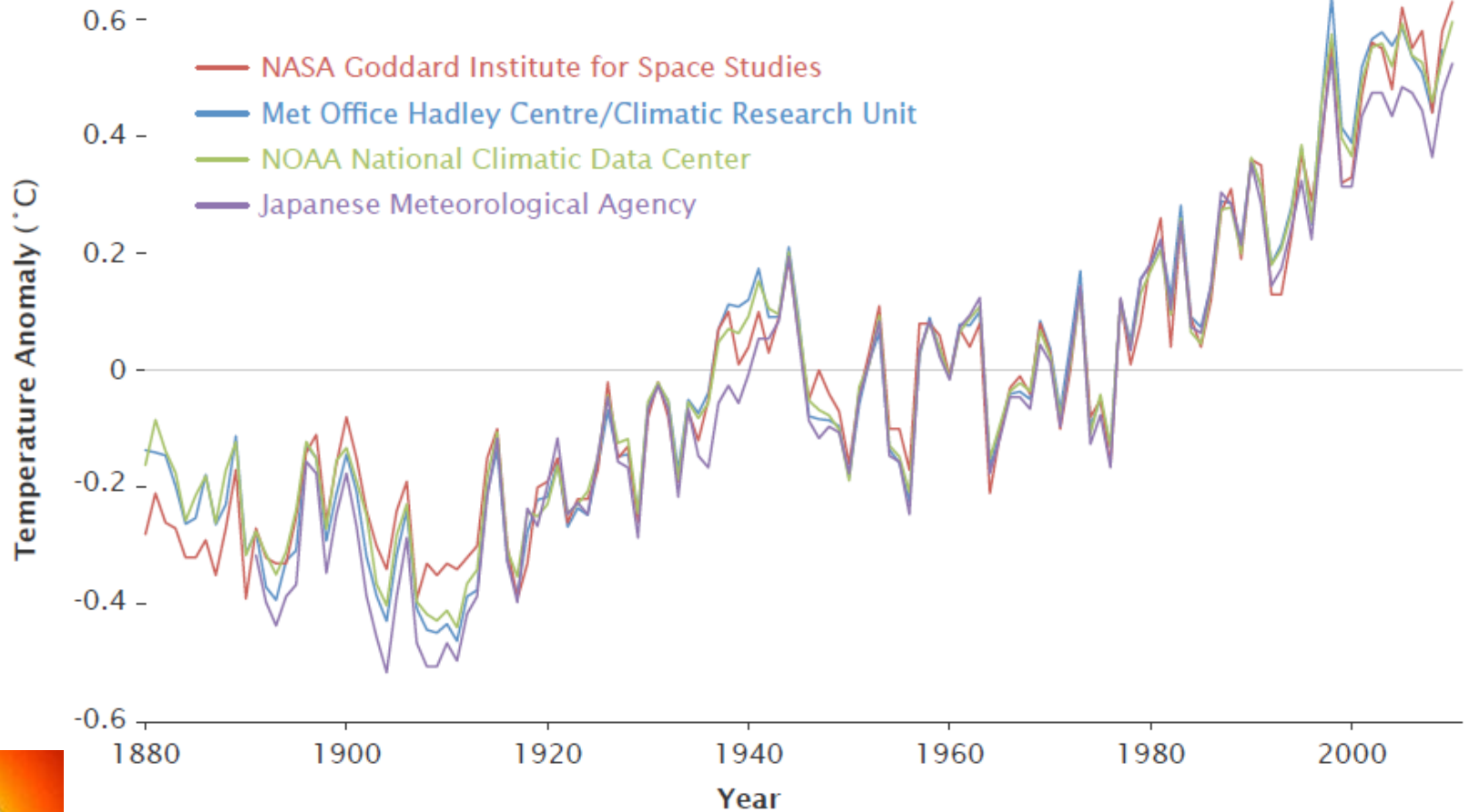
c) Oui, de 0,8°C



Réchauffement mesuré

Global Surface Temperatures

Four independent records show nearly identical long-term warming trends.

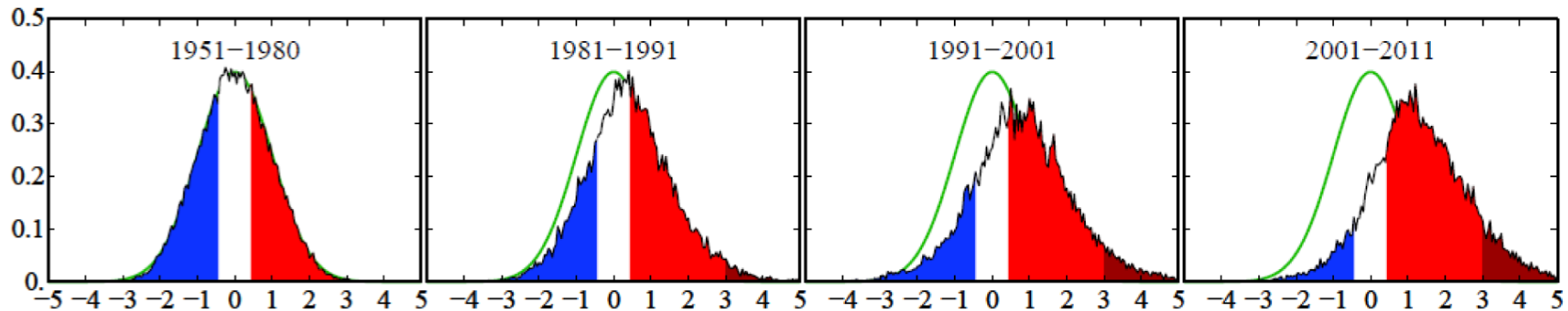


Credit: NASA Earth Observatory/Robert Simmon



Changement de variabilité

Distribution des anomalies de température d'été (continents hémisphère nord)

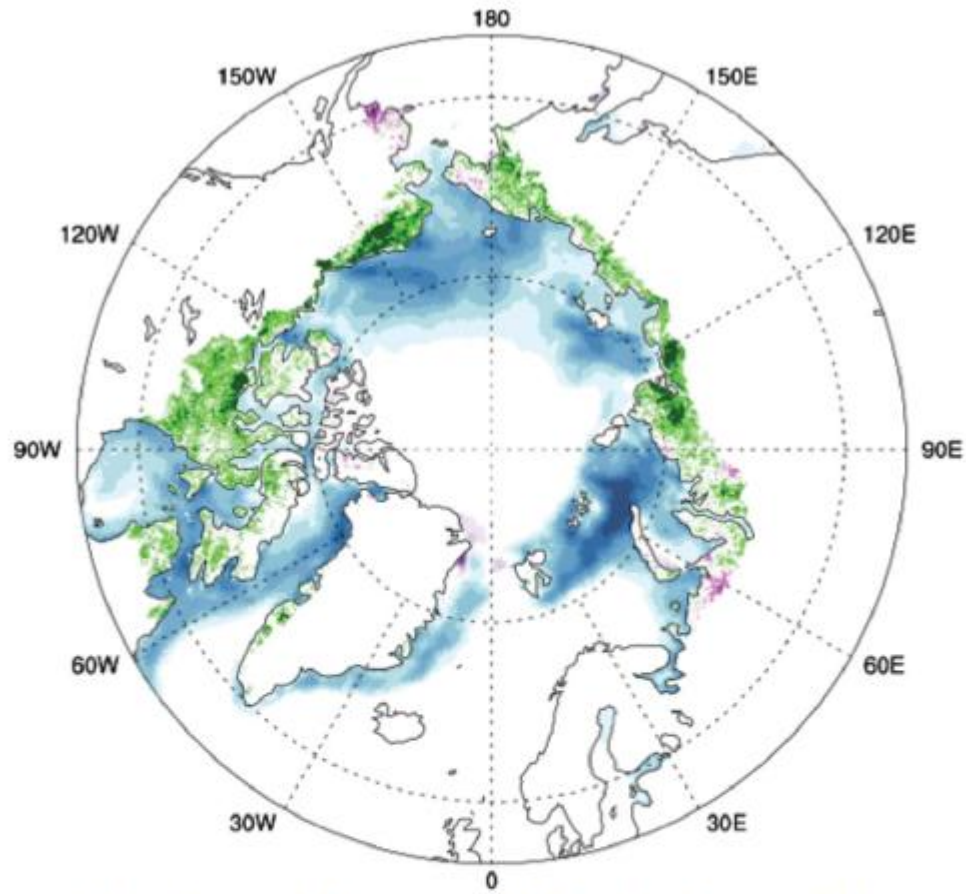


Période de référence
(1951-1980)

Unités : écarts types locaux



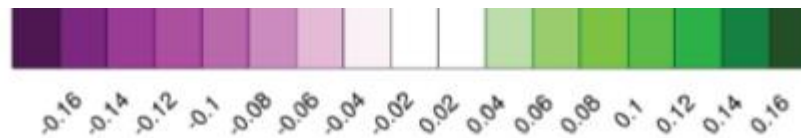
Augmentation de l'intensité et de la fréquence
des vagues de chaleur estivales



Eaux libres de glace (ampleur du changement, % entre 1982 et 2010)



Indice de végétation (changement sans unité entre 1982 et 2010)



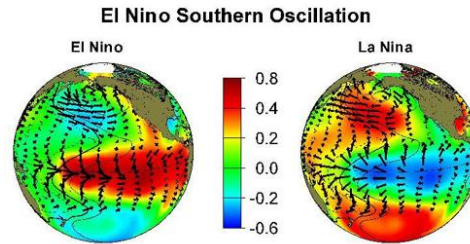
Quelle est le moteur du réchauffement observé?

- a) L'activité solaire
- b) L'activité volcanique
- c) La variabilité océan-atmosphère
- d) Les activités humaines



Qu'est ce qui fait varier le climat?

Variabilité interne



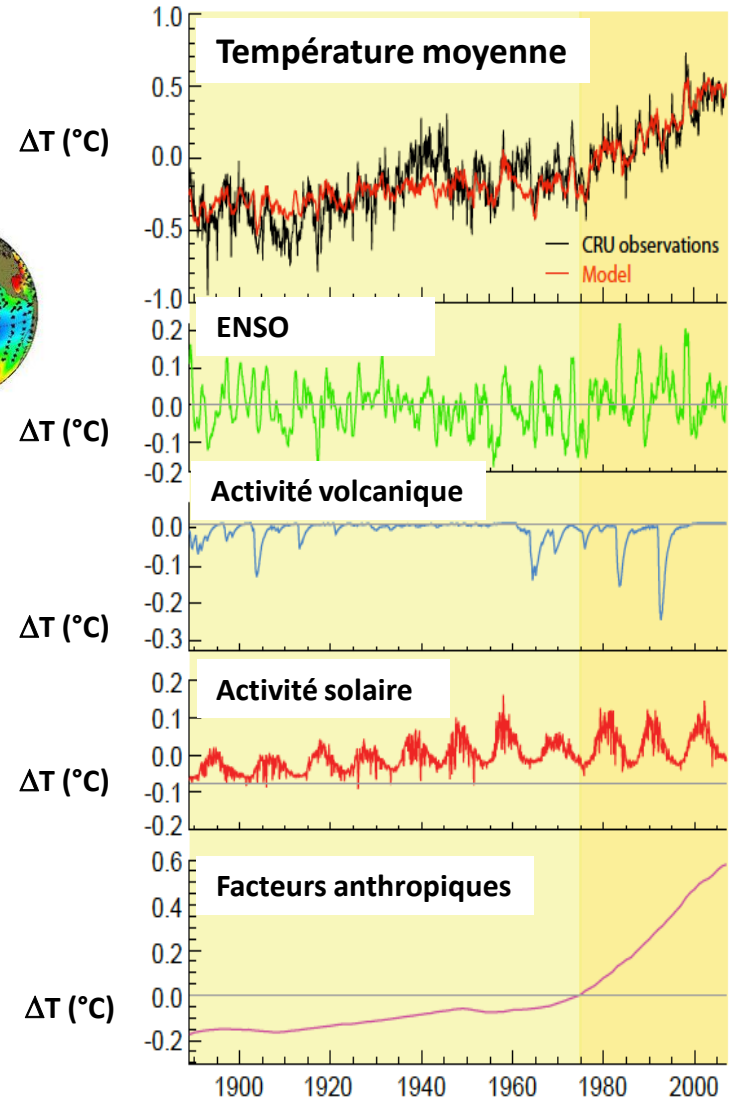
Activité volcanique



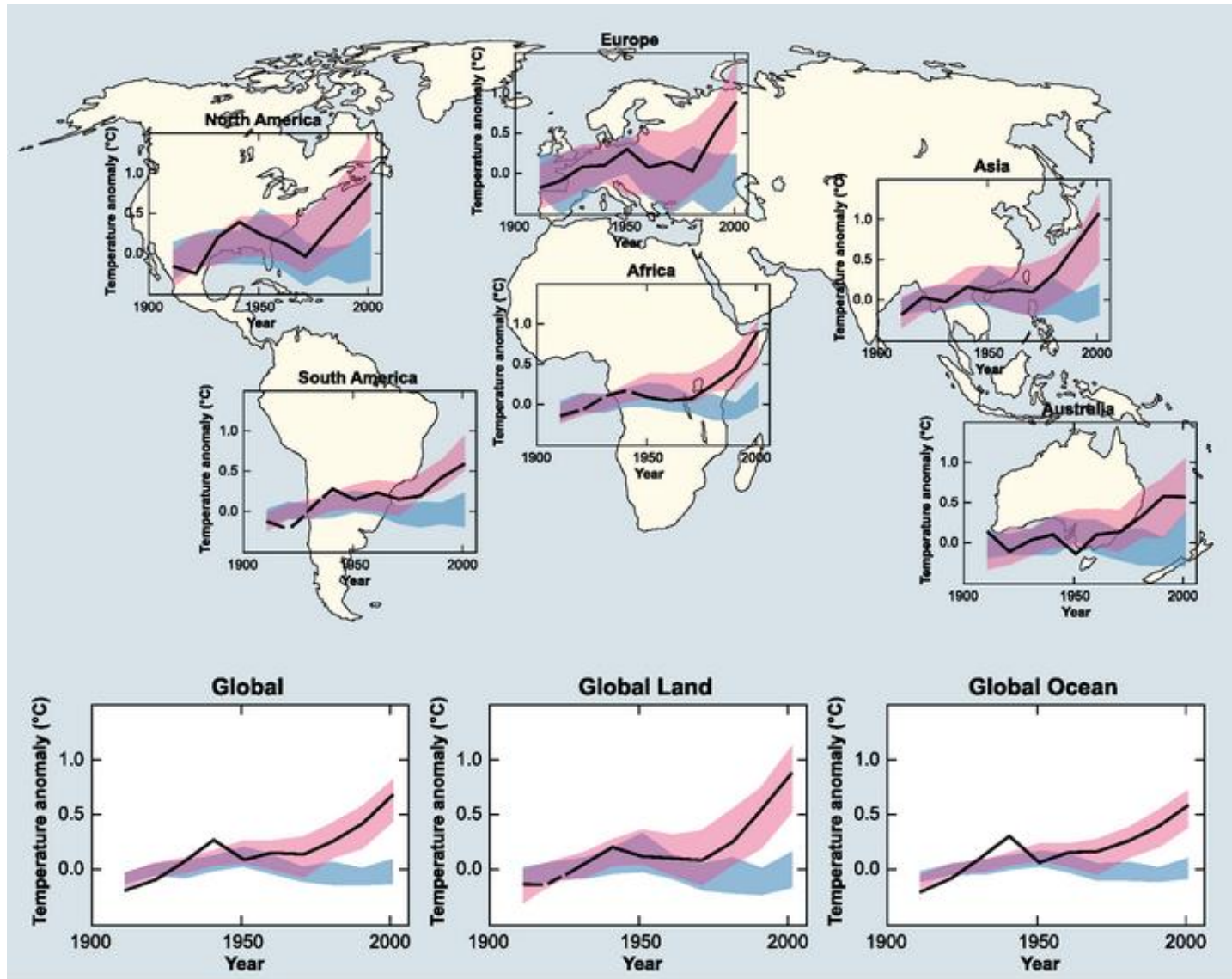
Activité solaire



Facteurs anthropiques



Qu'est ce qui fait varier le climat?



models using only natural forcings
 models using both natural and anthropogenic forcings

observations

Quelle est le moteur du réchauffement observé?

- a) L'activité solaire (début 20^{ème} siècle)
- b) L'activité volcanique
- c) La variabilité océan-atmosphère
- d) Les activités humaines (depuis 1975)



Quelle est la concentration moyenne en CO₂ dans l'atmosphère?

a) 280 ppmv

b) 320 ppmv

c) 390 ppmv

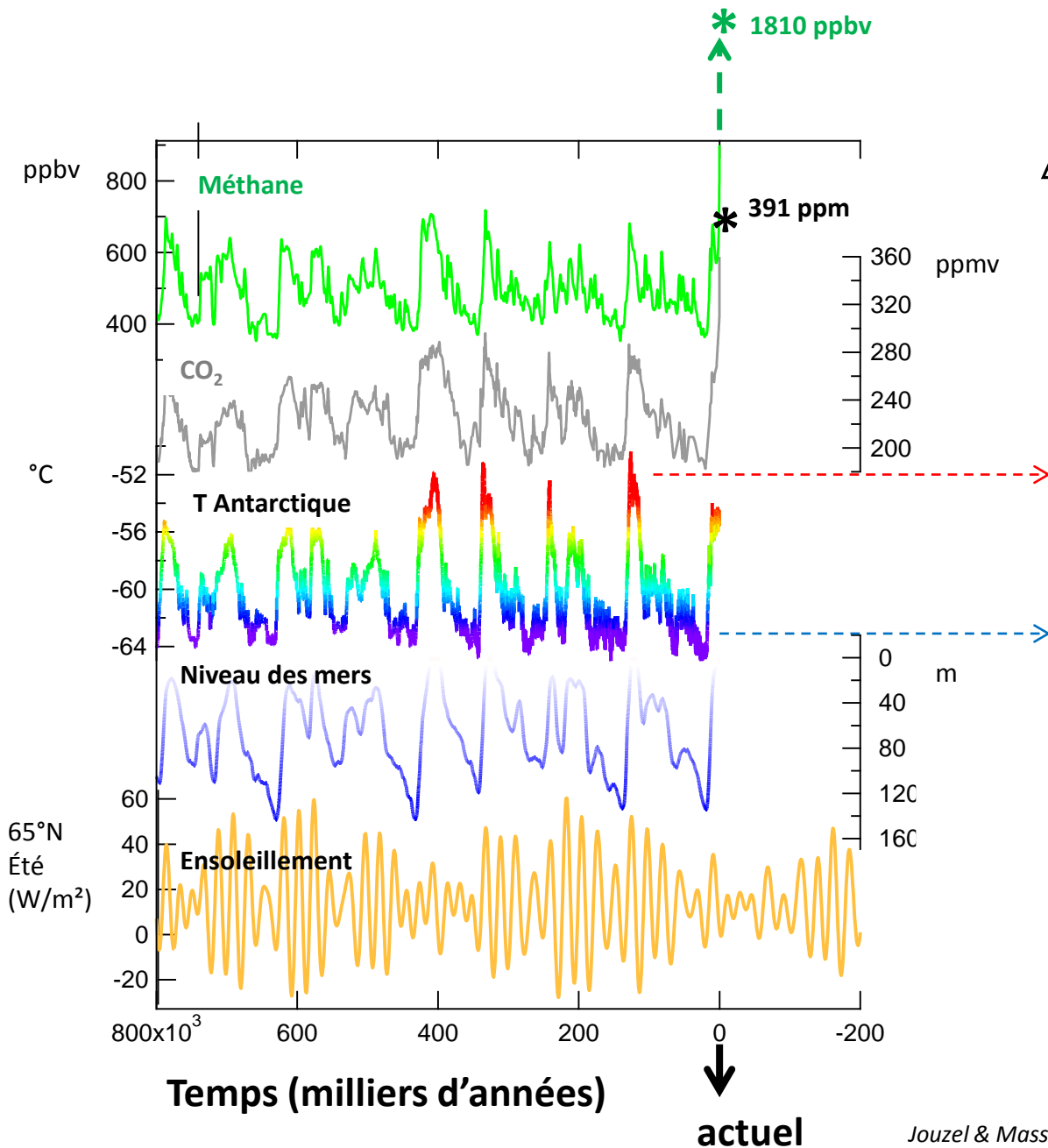
d) 450 ppmv



Quelle est la concentration moyenne en CO_2 dans l'atmosphère?

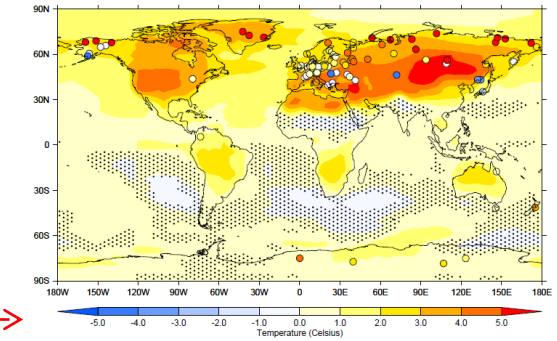
- a) 280 ppmv
- b) 320 ppmv
- c) 390 ppmv**
- d) 450 ppmv





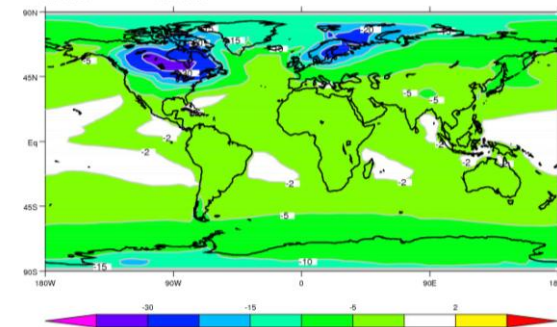
+1 +2°C

ΔT interglaciaire (125 000 ans)



-4 -6°C

ΔT glaciaire (20 000 ans)



**Quelle est la durée de vie
du CO₂ dans l'atmosphère?**

a) 1 an

b) 100 ans

c) 1000 ans



**Quelle est la durée de vie
du CO₂ dans l'atmosphère?**

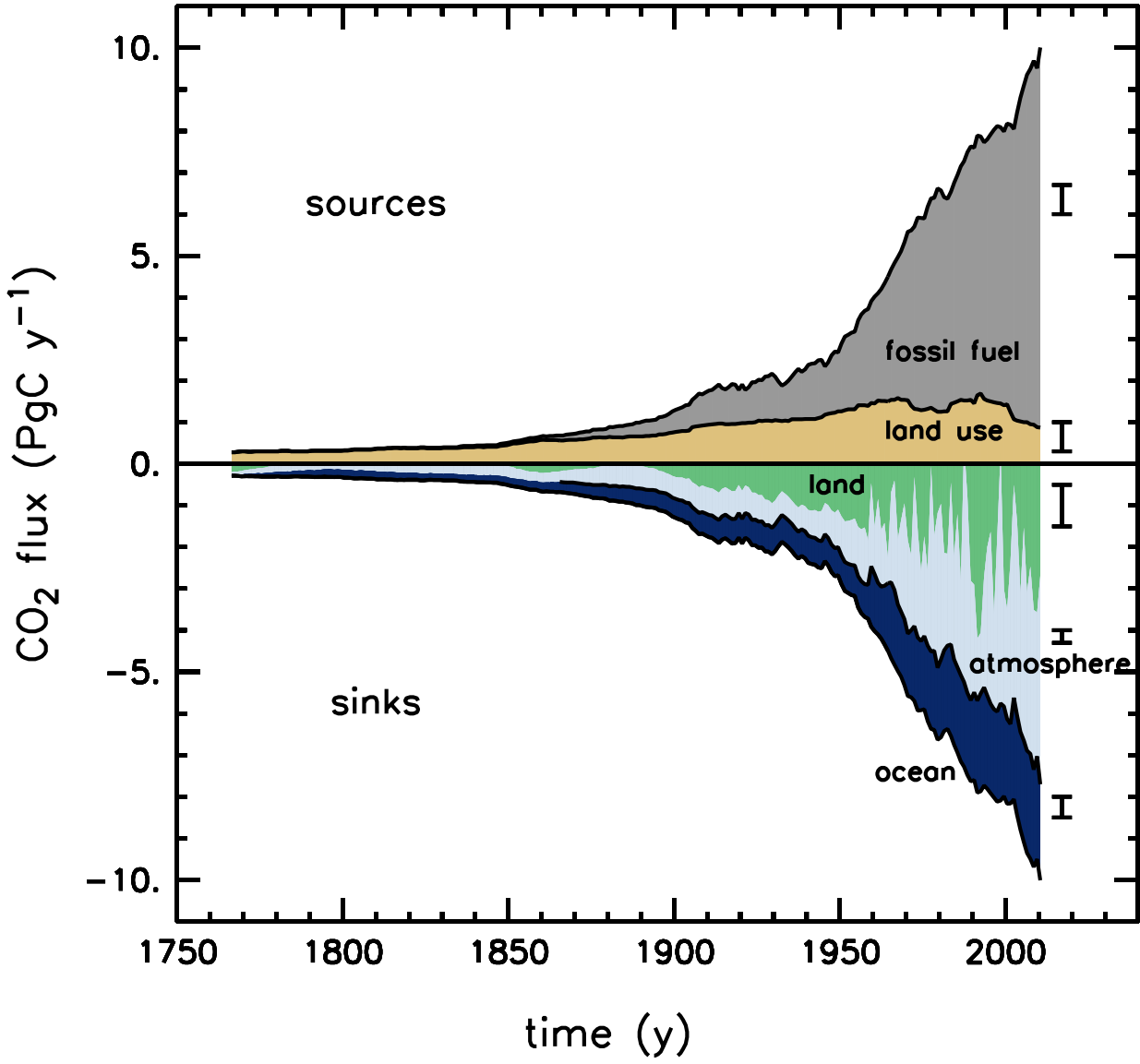
a) 1 an

b) 100 ans (50%)

c) > 1000 ans



Perturbation du cycle du carbone



Global Carbon Project 2011; Updated from Le Quéré et al. 2009, Nature G; Canadell et al. 2007, PNAS

Les « politiques climatiques » ont-elles infléchi les rejets de gaz à effet de serre?

- a) Oui : diminution
- b) Oui: stabilisation
- c) Non : accélération



Les « politiques climatiques » ont-elles infléchi les rejets de gaz à effet de serre?

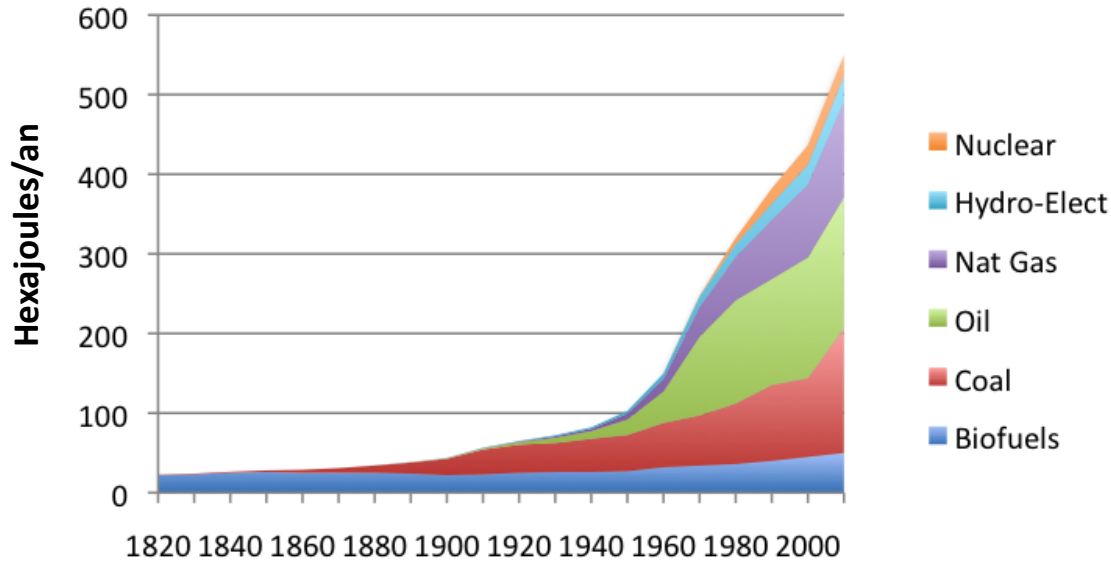
a) Oui : diminution

b) Oui: stabilisation

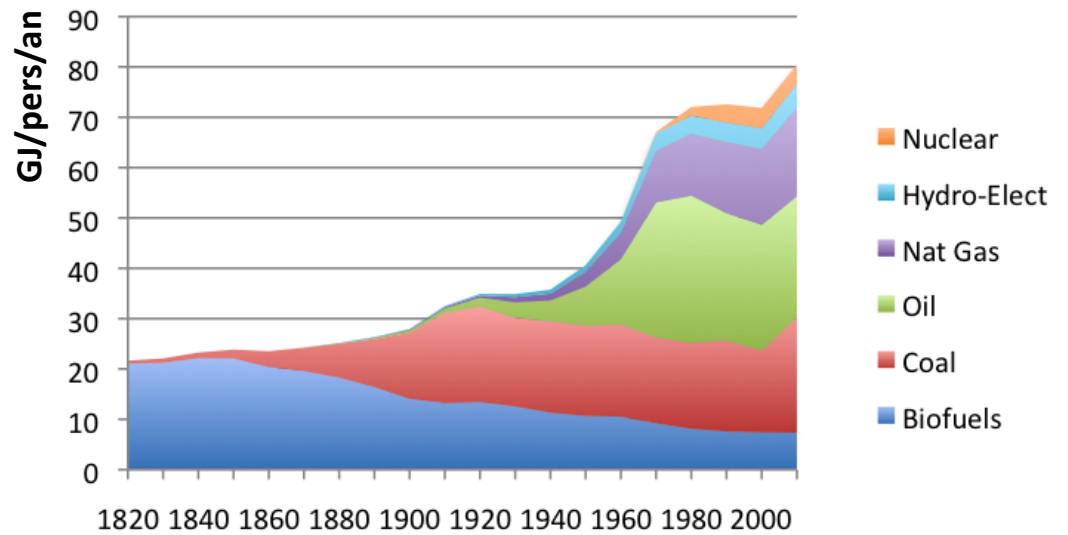
c) Non : accélération



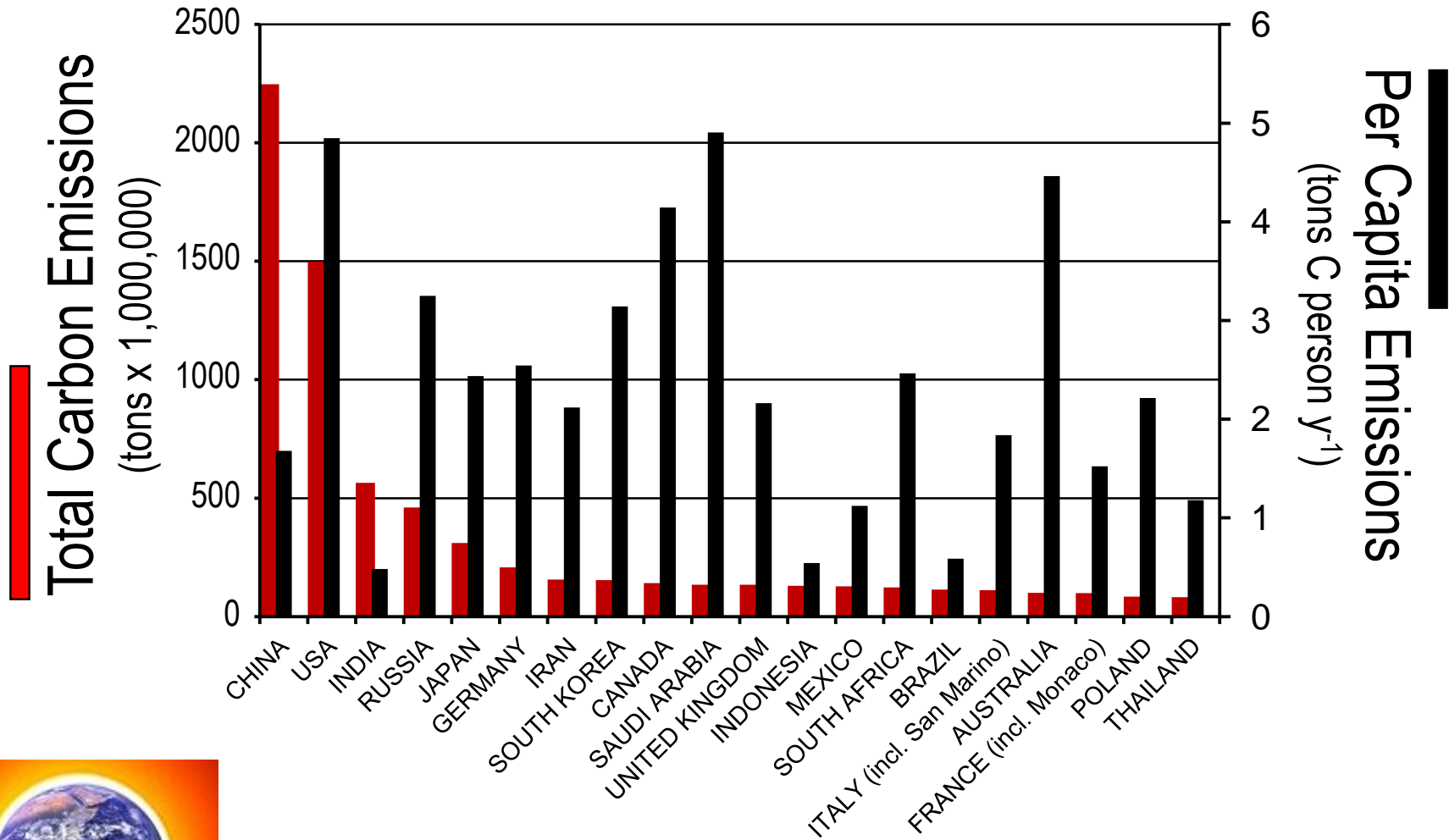
Consommation mondiale d'énergie



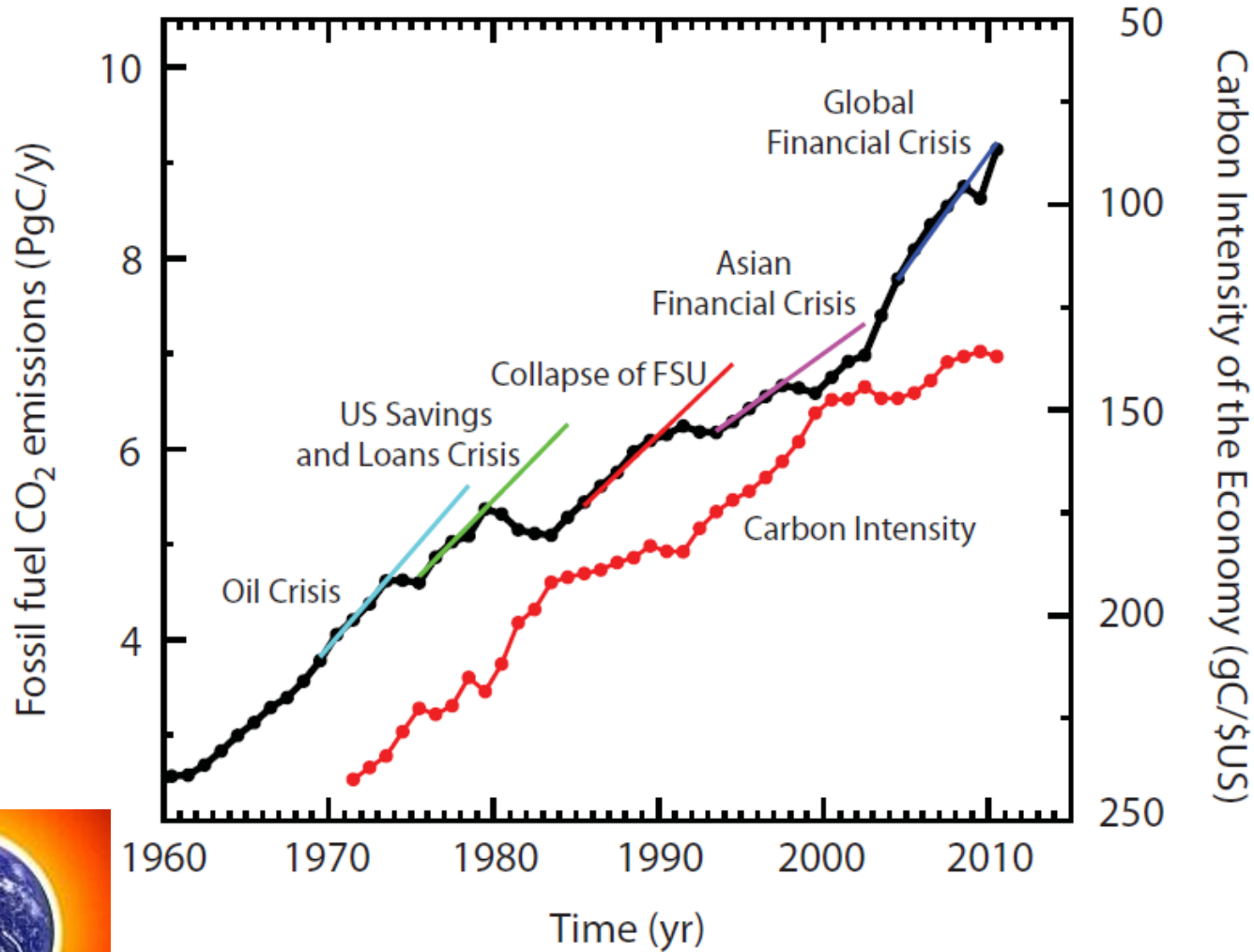
Consommation d'énergie par personne



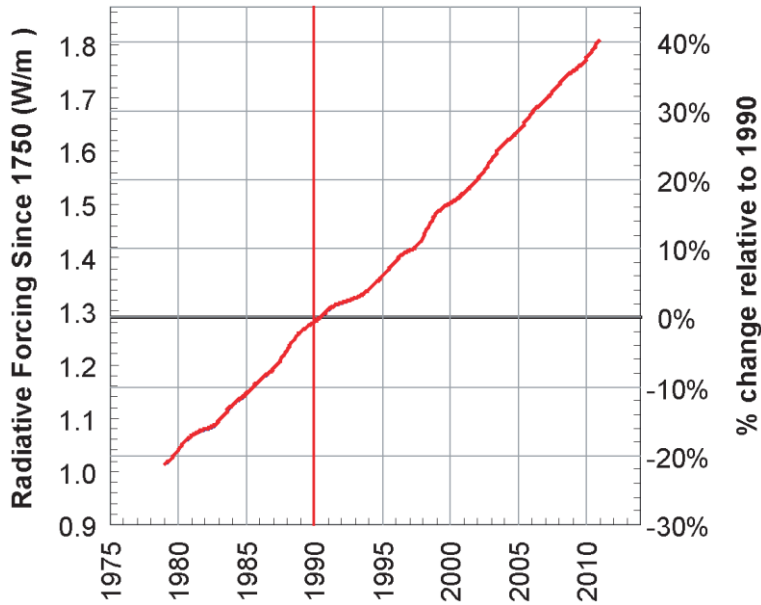
Top 20 des pays : émissions totales et par habitant



Emissions de CO₂

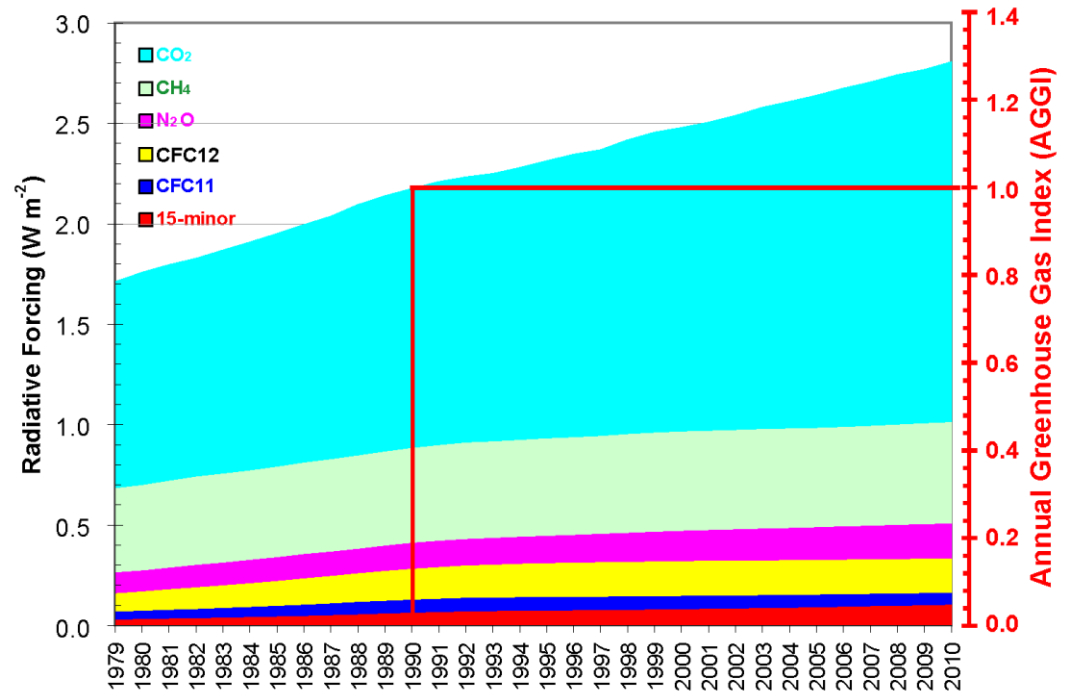


Carbon Dioxide Radiative Forcing



Enjeux des rejets de CO₂:

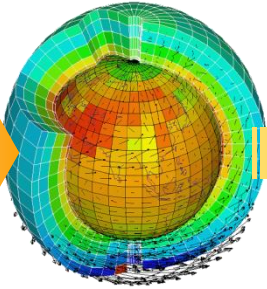
- Effet radiatif le plus important
- Très longue durée de vie (100-30 000 ans)
- Acidification des océans



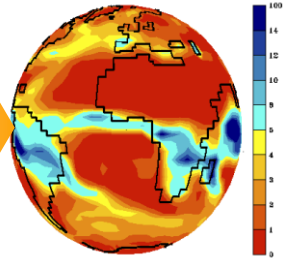
Peut-on maîtriser l'évolution du climat?

- a) Oui en 20 ans
- b) Oui en 50 ans
- c) Non

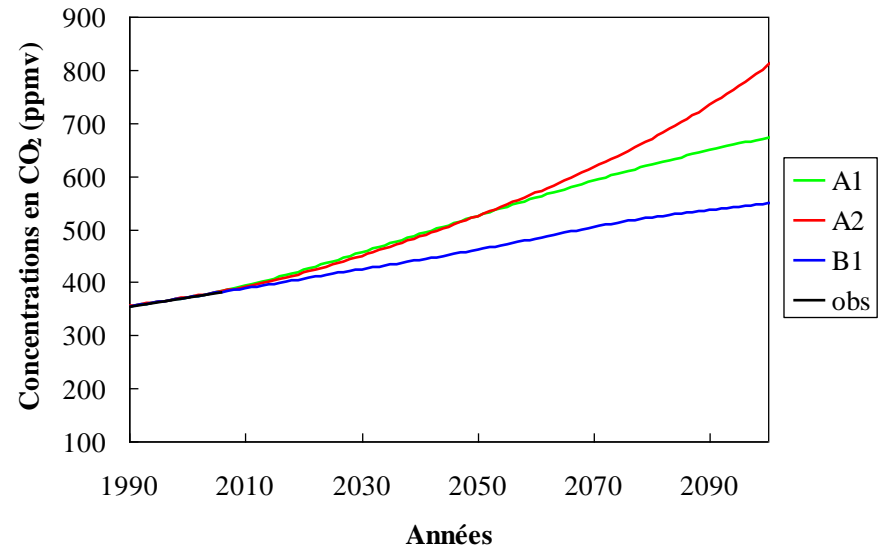
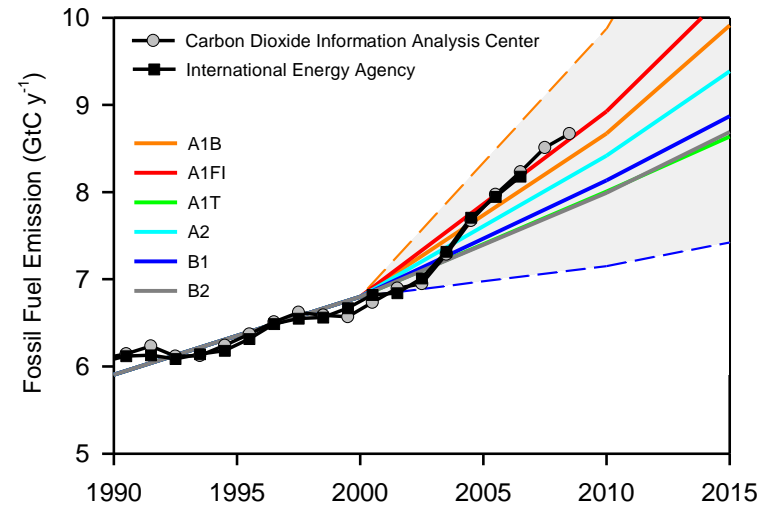
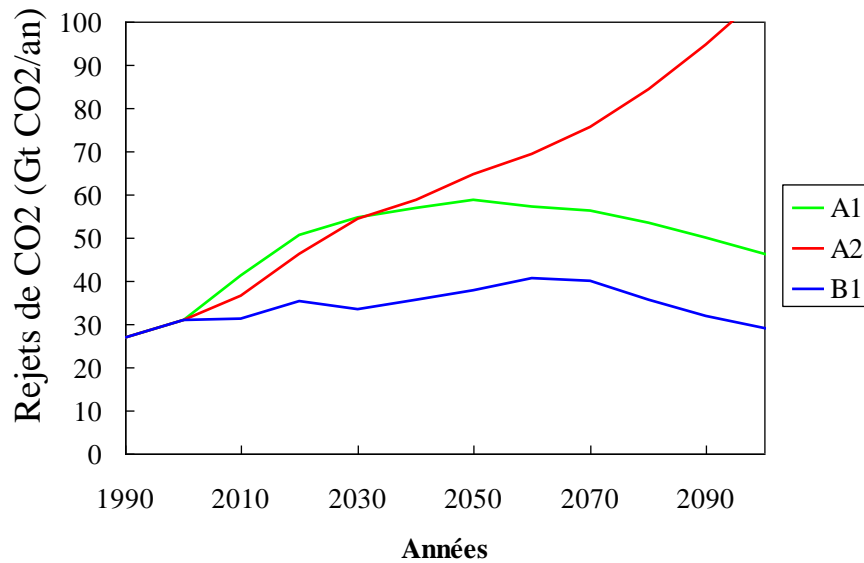




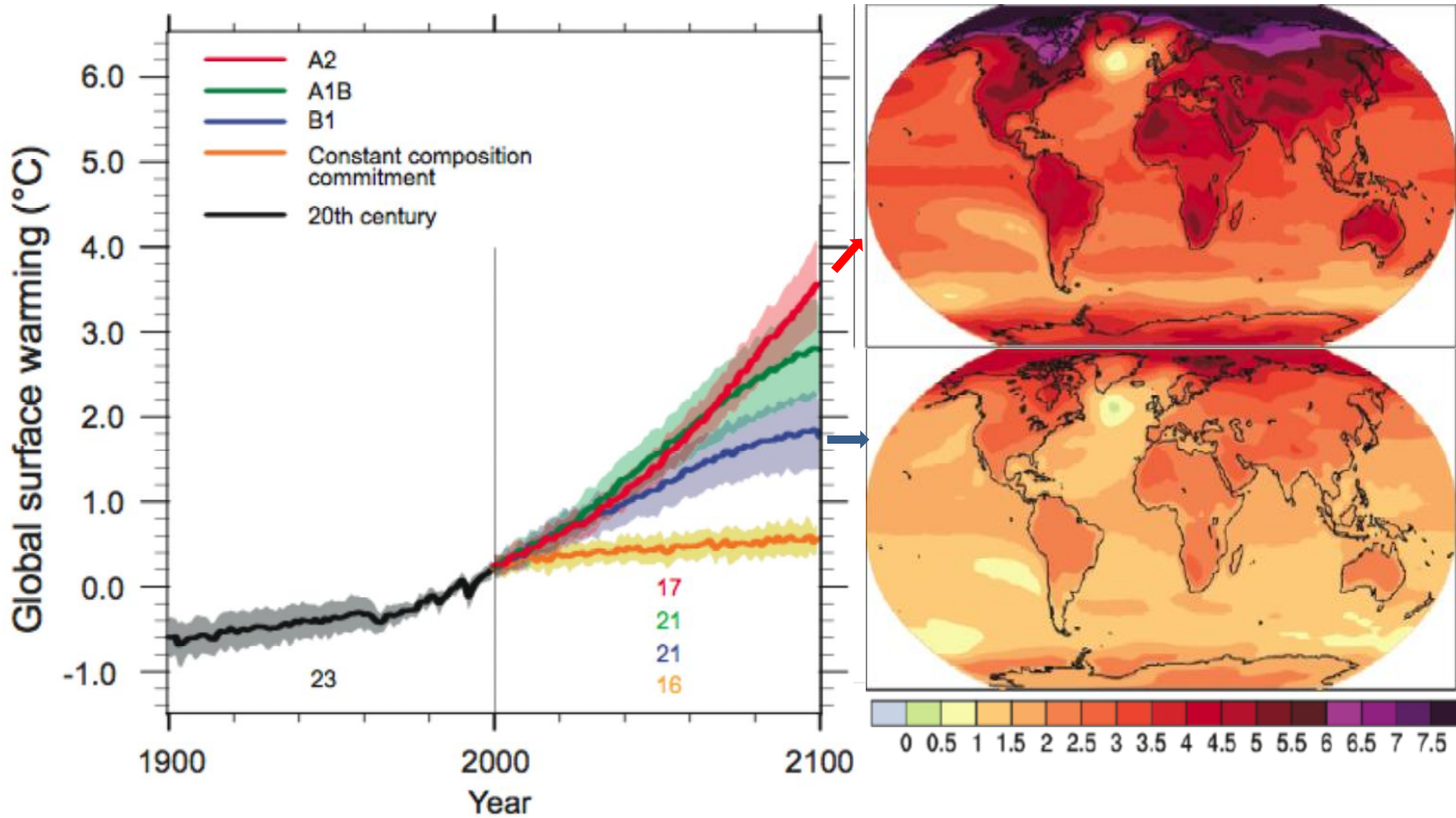
```
.. file
..CTER(*) pfilename
INTEGER,INTENT(IN) :: pin,pjm
REAL,DIMENSION(pin,pjm),INTENT(IN) ::
INTEGER,INTENT(IN):: par_orix, par_sz
INTEGER,INTENT(IN) :: pitau0
REAL,INTENT(IN) :: pdate0, pdeltat
INTEGER,INTENT(OUT) :: pfileid, phor:
INCLUDE "netcdf.inc"
INTEGER :: ncid, iret
INTEGER :: leng, lengf, lenga
ACTER(LEN=120) :: file, tfile
ER*30 :: timenow
```



Projections climatiques : scénarios d'émissions



Projections



Peut-on maîtriser l'évolution du climat?

a) Oui en 20 ans

b) Oui en 50 ans

c) Non



Comment le niveau des mers pourrait-il varier d'ici à 2100?

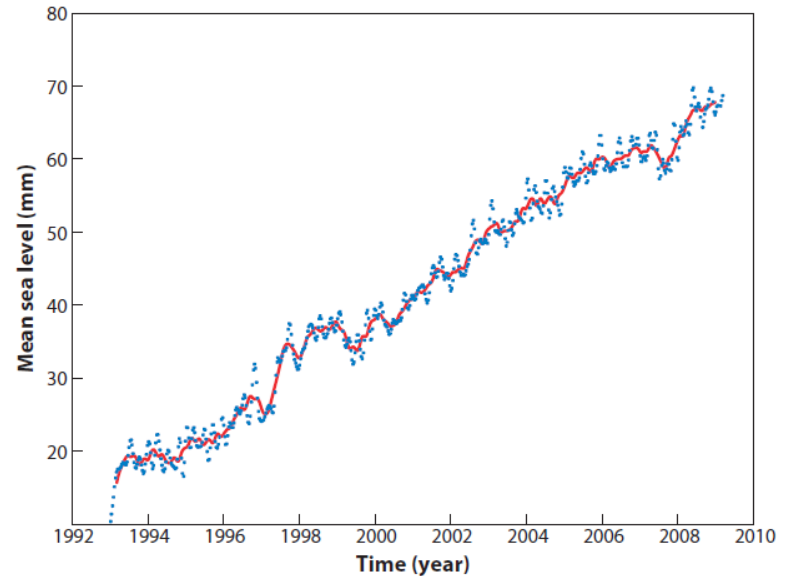
- a) + 30 cm
- b) + 80 cm
- c) + 200 cm



Comment le niveau des mers pourrait-il varier d'ici à 2100?

- 20^{ème} siècle: + 1.8 mm/an
- Actuellement : + 3 mm/an
- Dilatation thermique océans
- Fonte glaciers
- Ecoulement Groenland-Antarctique

- Maîtrise gaz effet de serre : +30-60 cm d'ici 2100
- « Business as usual » : + 50-80 cm d'ici à 2100
(rythme 2100 : 8 à 15 mm/an)



Comment le niveau des mers pourrait-il varier d'ici à 2100?

a) + 30 cm

b) + 80 cm

c) + 200 cm (2200-2300)



Un climat plus chaud sera-t-il:

- a) Sans effet sur le cycle hydrologique
- b) Plus sec
- c) Plus humide



Un climat plus chaud sera-t-il:

~~a) Sans effet sur le cycle hydrologique~~

b) Plus sec

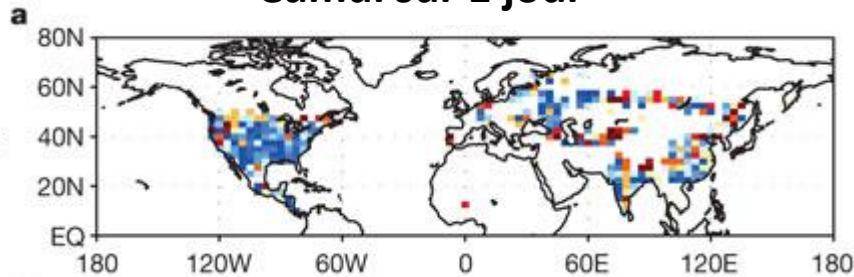
c) Plus humide



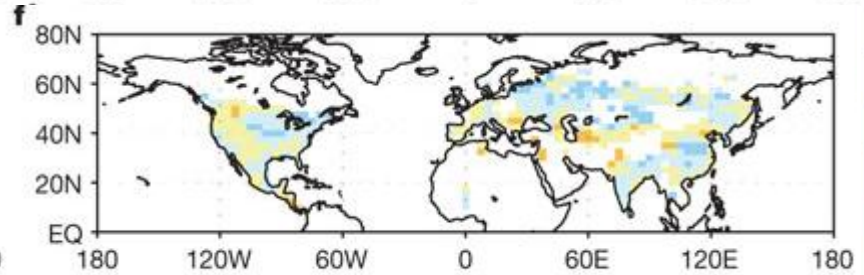
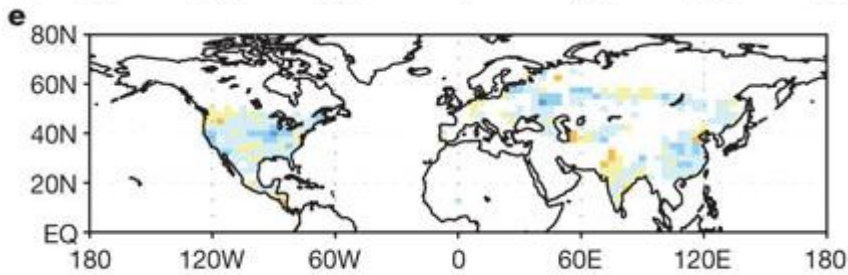
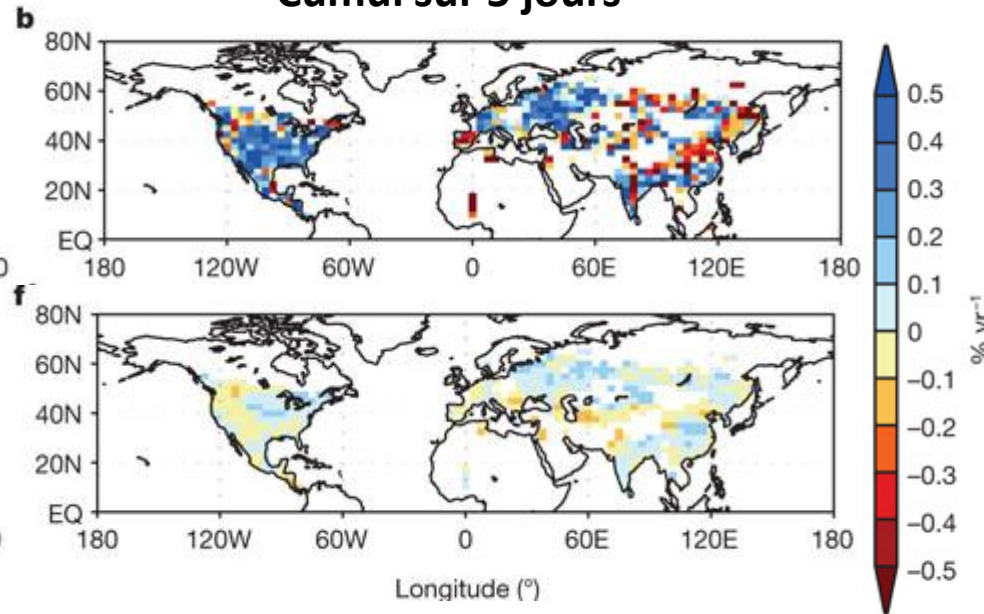
Records de précipitations

Observé

Cumul sur 1 jour



Cumul sur 5 jours



Longitude (°)

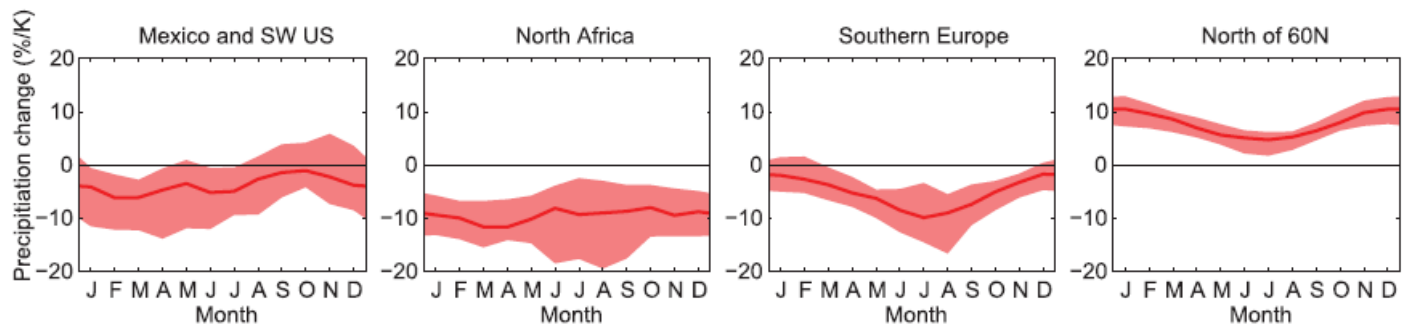
Longitude (°)

Simulé

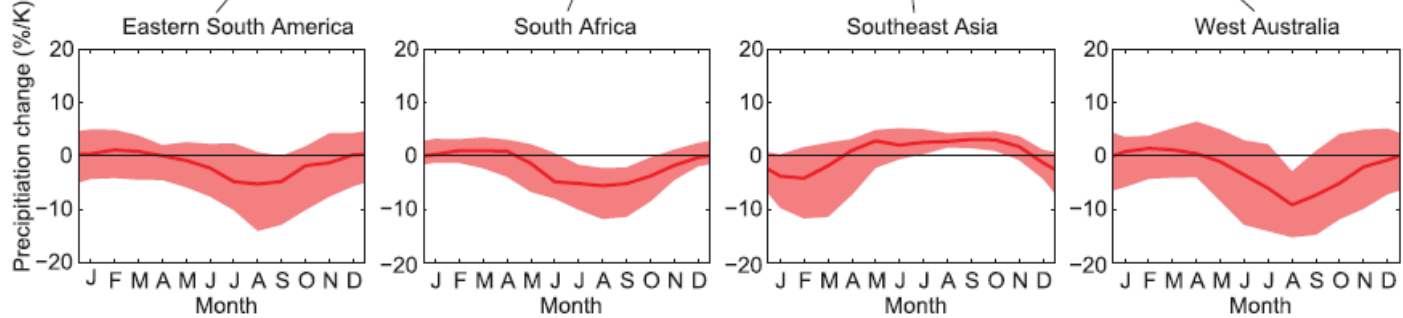
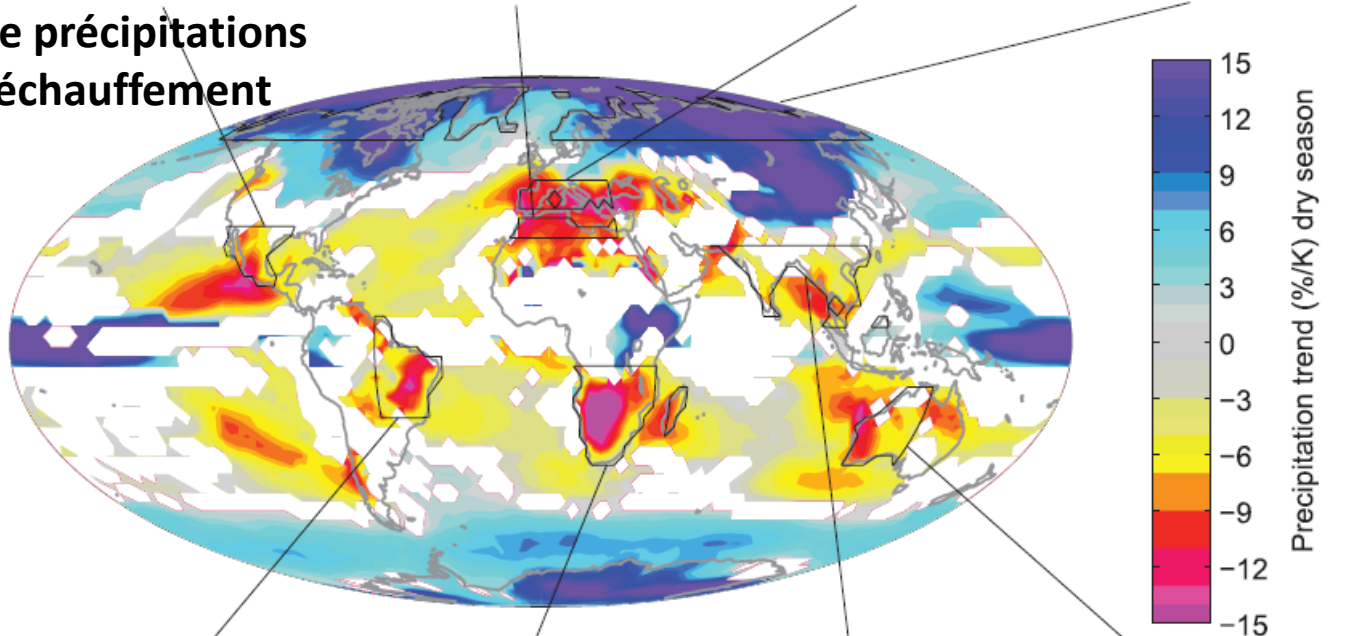
+7% d'humidité par °C de réchauffement global

Repenser la notion de « catastrophe naturelle »

Min et al, Nature, 2011



Changement de précipitations (%) par °C de réchauffement



Source : Solomon et al 2009

Principales incertitudes

- Phénomènes locaux (ex. tempêtes)
- Nuages - aérosols
- Variabilité (ex. ENSO)
- Rétroactions du cycle du carbone



Impacts potentiels du changement climatique

Ressources en eau



Risques naturels et assurances



Infrastructures



Energie (offre et demande)



Impacts potentiels du changement climatique

Agriculture, pêche



Tourisme



Qualité de l'air



Forêts



Ecosystèmes,
biodiversité



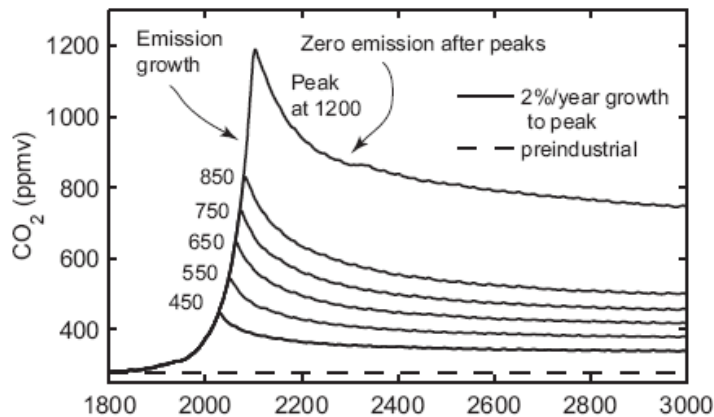
Santé



Pensez-vous que vos activités...?

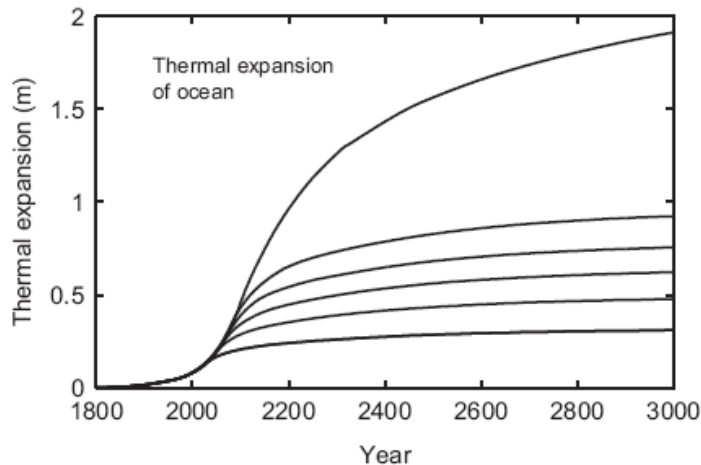
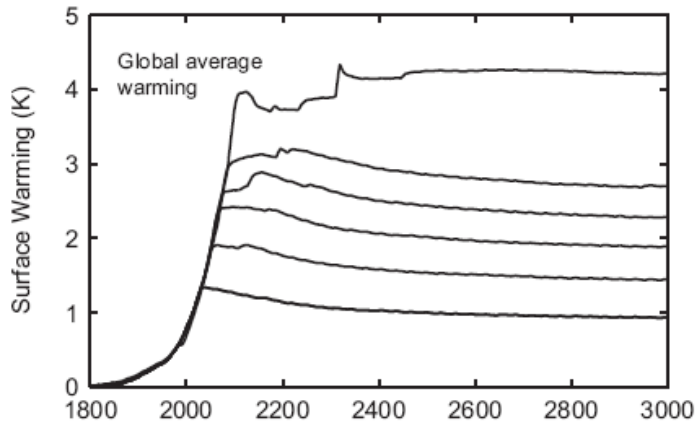
- a) N'ont pas de lien avec le climat
- b) Agissent sur les rejets de gaz à effet de serre
- c) Peuvent être affectées par les impacts du changement climatique





Effets sur le long terme (millénaire)

- Composition de l'atmosphère
- Réponse du climat y compris pour les perturbations du cycle de l'eau et le niveau des mers



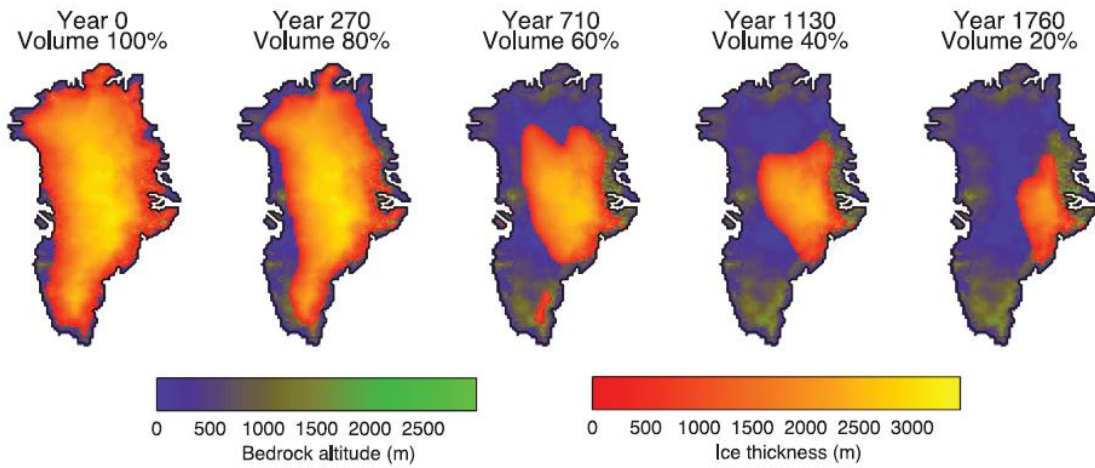
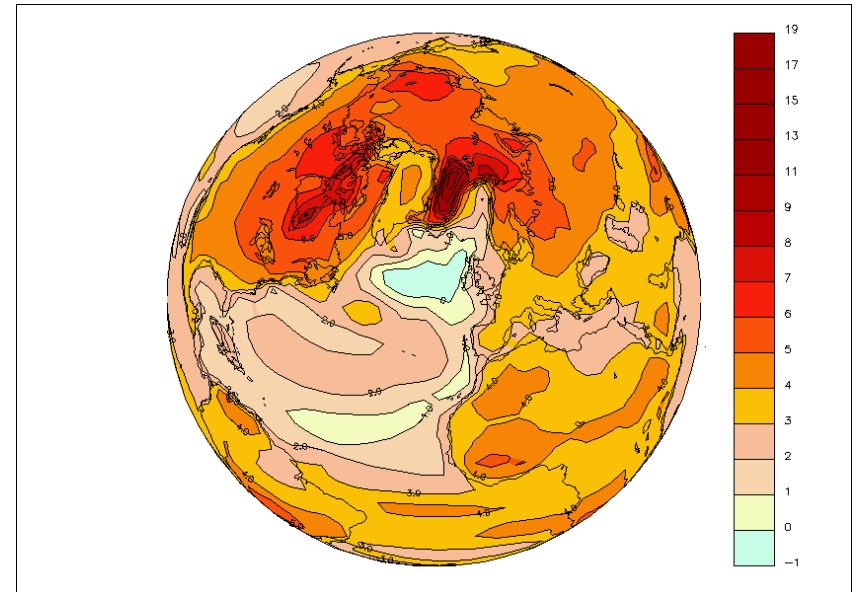
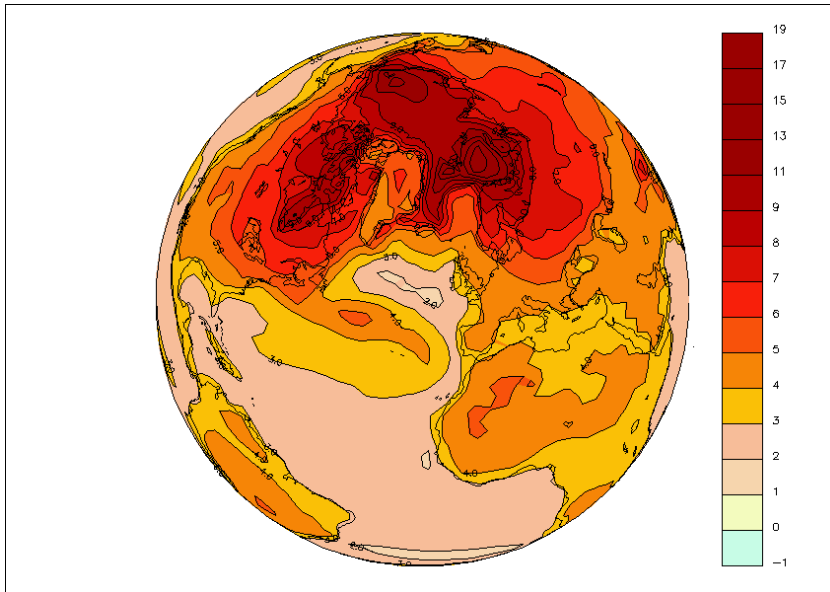


Figure 10.38. Evolution of Greenland surface elevation and Ice sheet volume versus time in the experiment of Ridley et al. (2005) with the UKMO-HadCM3 AOGCM coupled to the Greenland Ice Sheet model of Huybrechts and De Wolde (1999) under a climate of constant quadrupled pre-industrial atmospheric CO₂.

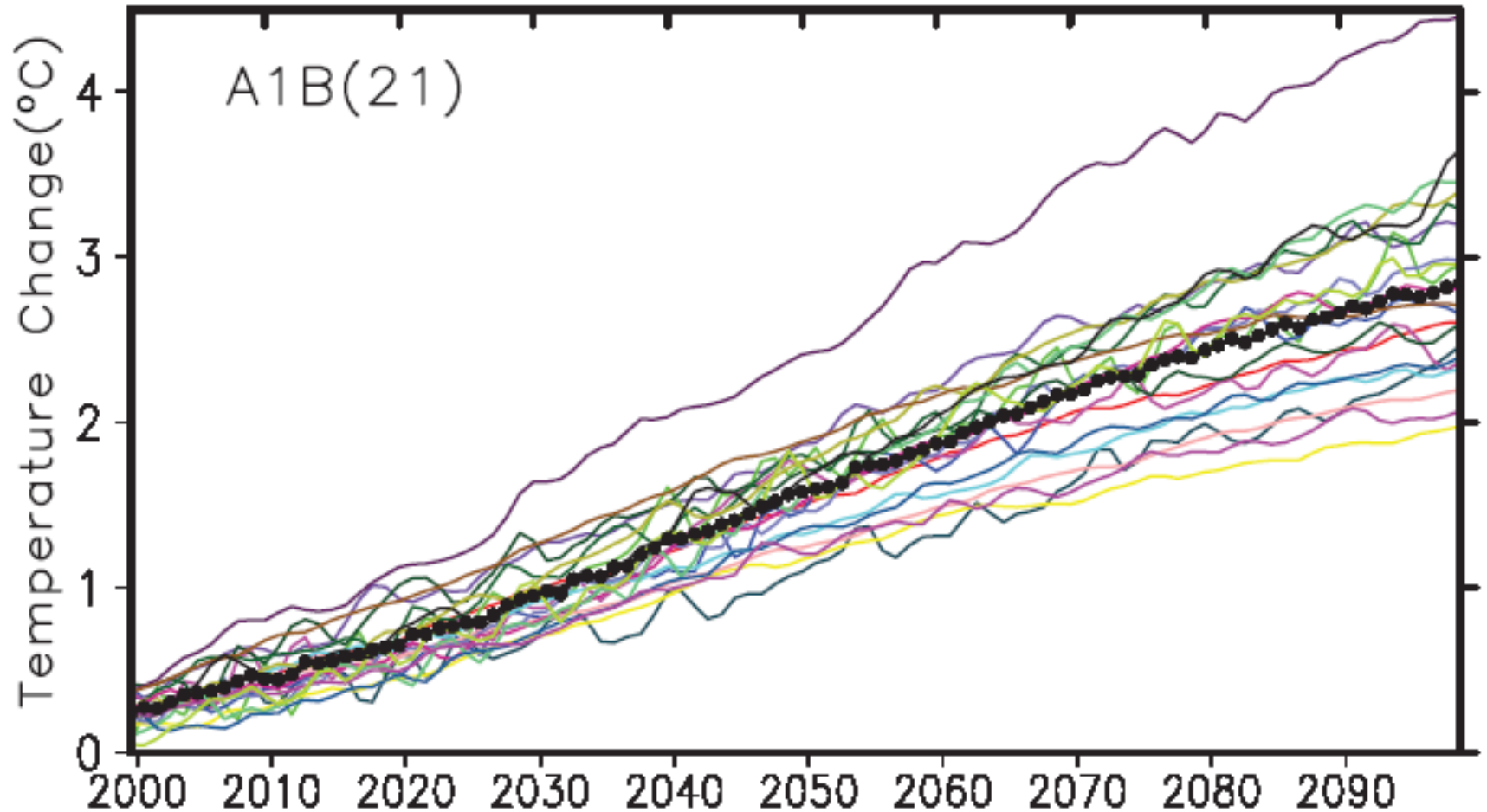
2xCO₂ during **500 years**

Without Greenland melt
Global : +3.4 C

With Greenland melt (**2.5 m sea level rise**)
Global : +3.1 C

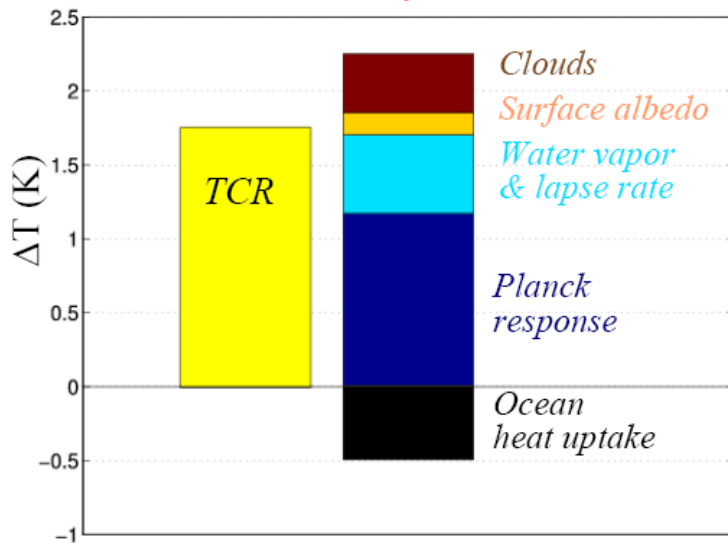


Ne pas attendre un changement régulier, linéaire (+ forçages naturels!)



D'où vient la dispersion entre modèles

Température moyenne de surface ($2\times\text{CO}_2$)



■ Dispersion entre modèles ($^{\circ}\text{C}$)

