

L2 STEP, UE L'homme et la Planète, J. Gaillardet (gaillardet@ipgp.jussieu.fr)

Cours 2 (29/10/2007)

Le climat de la Terre est-il en train de
changer?

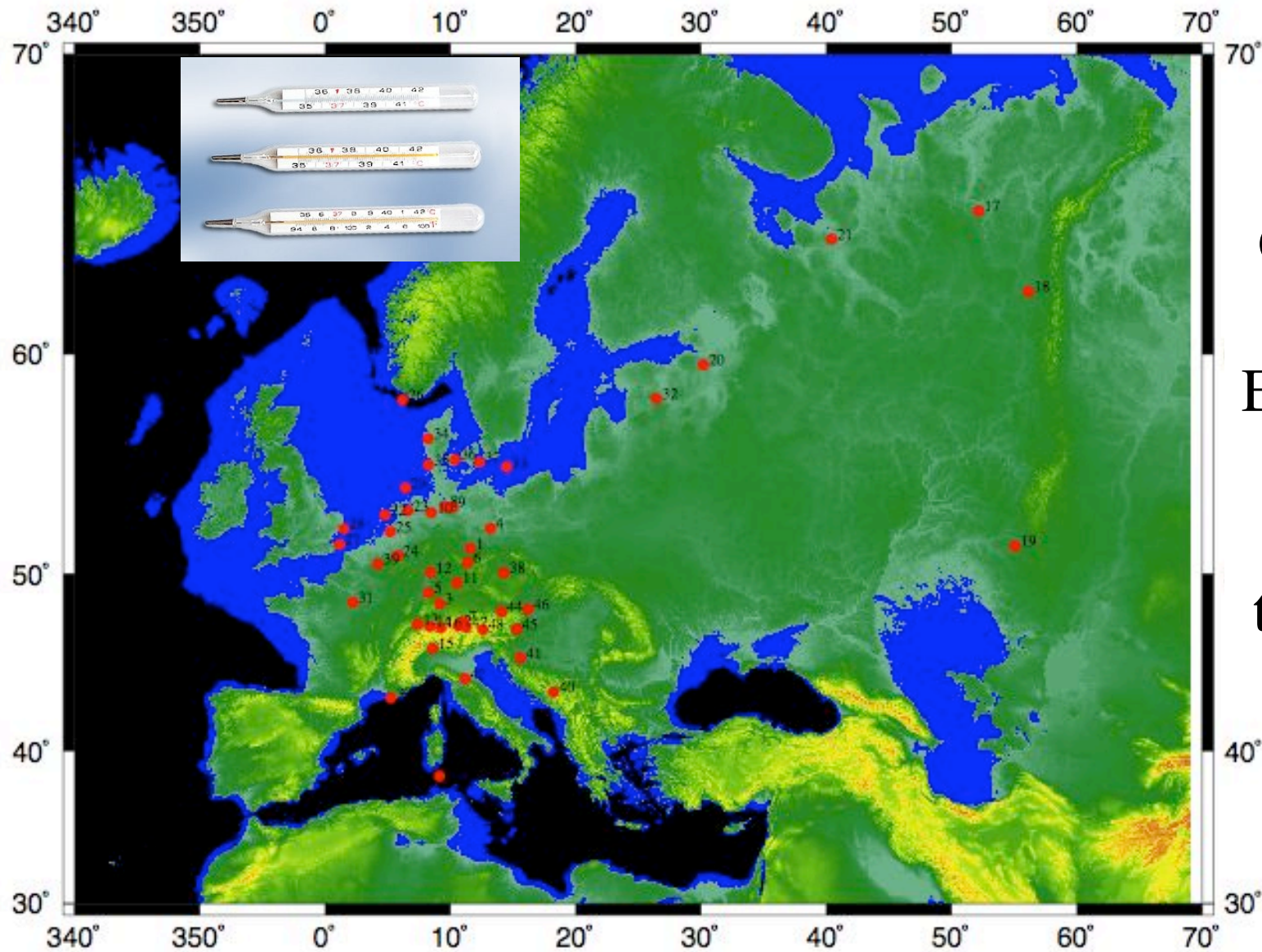
1° les variations de la température mondiale au cours du temps.

- Sur le siècle
- Sur le millénaire
- Sur le Quaternaire
- A l'échelle des temps géologiques

- La température n'est pas le seul paramètre qui permet de décrire le climat, il y a aussi le cycle hydrologique, les précipitations, les extrêmes, les aérosols et in fine le forçage radiatif.
- Lire chapitre du GIEC+ Courtillot
- Forçage radiatif : regarder P la Science.

Comment mesure t-on la température mondiale?

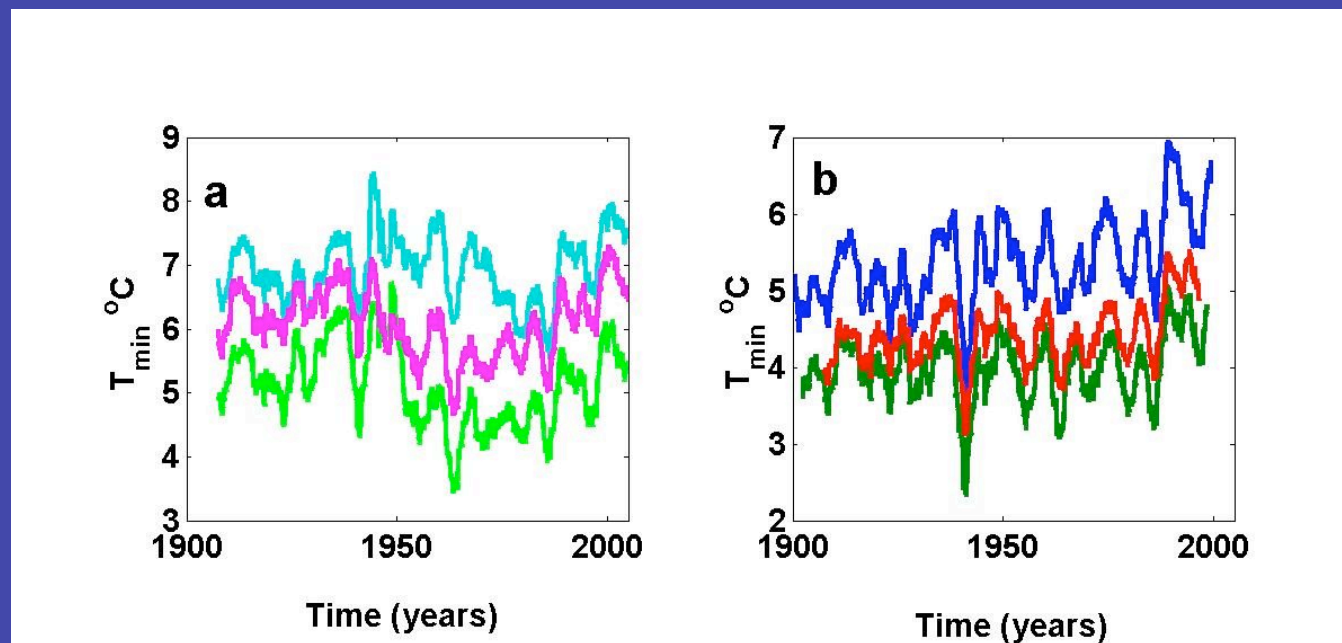
- Terre et mer.
- difficile, : géographiquement, prise en compte des extrêmes, a quelle heure, ou, avec quelle précision?
- Influence des villes, microclimat, land-use effect.
- Mer : on a les SST, la peau des océan, mesuré par satellite, mais on a pas assez de recul.
- Il reste des trous ; antarctique, montagnes, océan.
On extrapole
- Océans : bateau et bouées.



Carte de 48
stations
Européennes
avec
données de
température

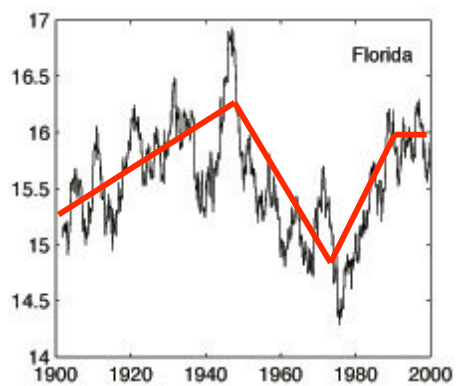
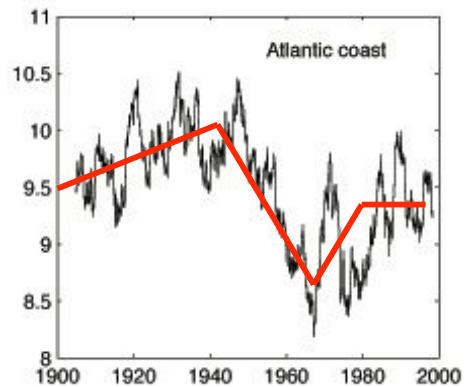
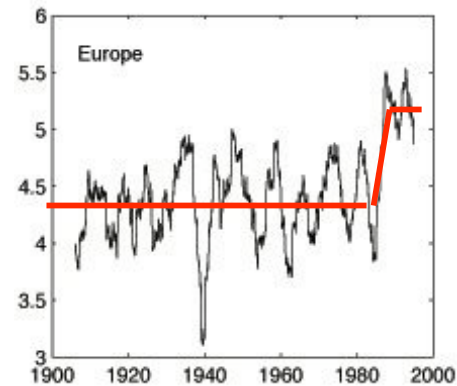
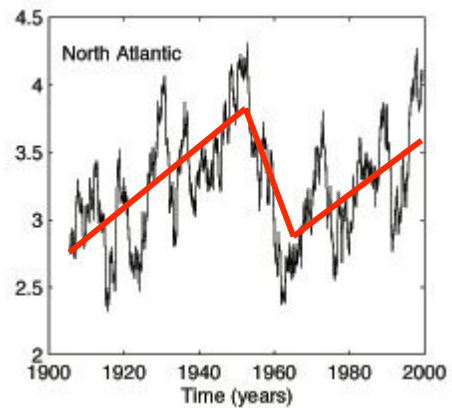
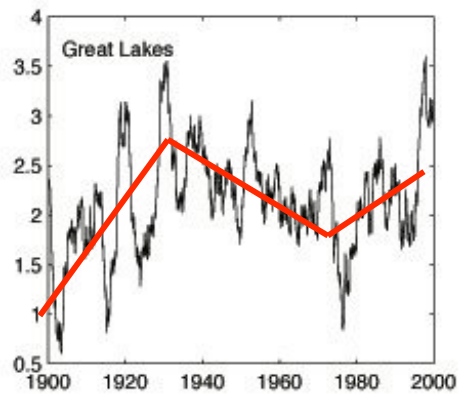
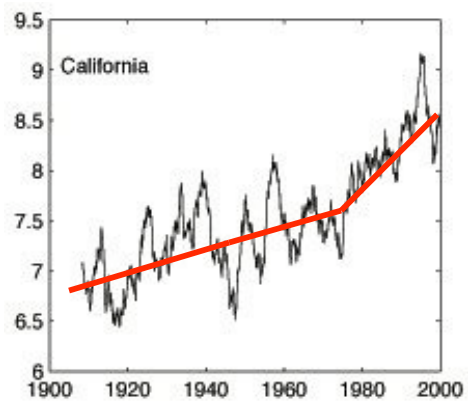
- Différents modèles de calcul des moyennes géographiques pour tenir compte des trous dans les mesures. 71 % de la surface de la terre est couverte. Les zones tropicales sont sous représentées.
- La courbe donne les écarts par rapport à la moyenne 1961-1990, les zones tropicales

Séries de température européennes (moyennes sur 3 ans)

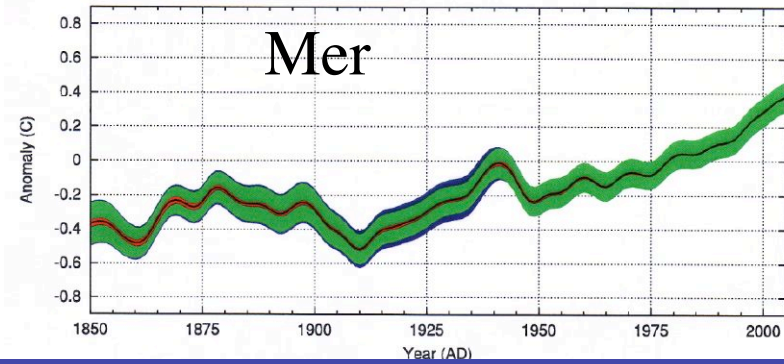
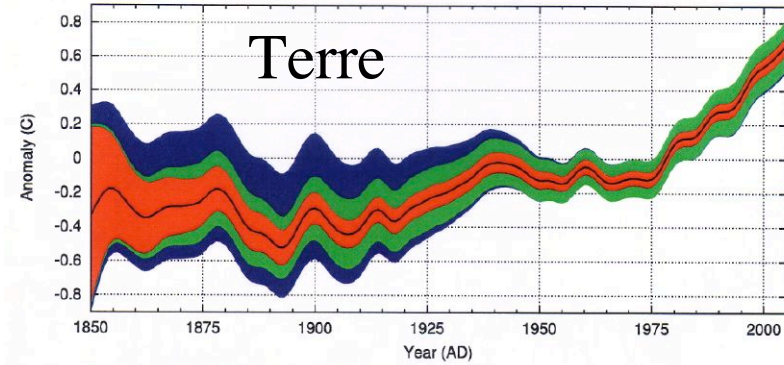
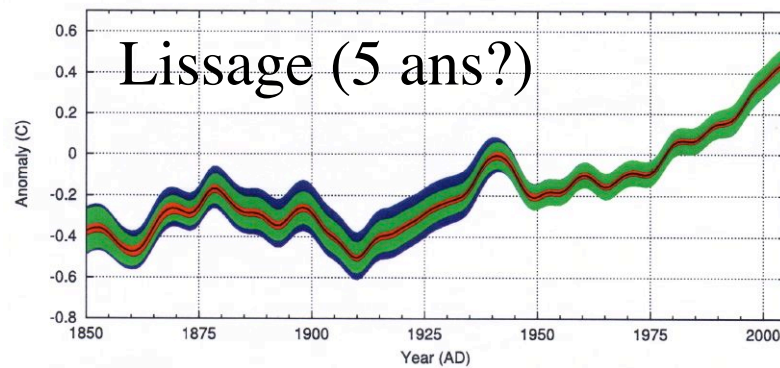
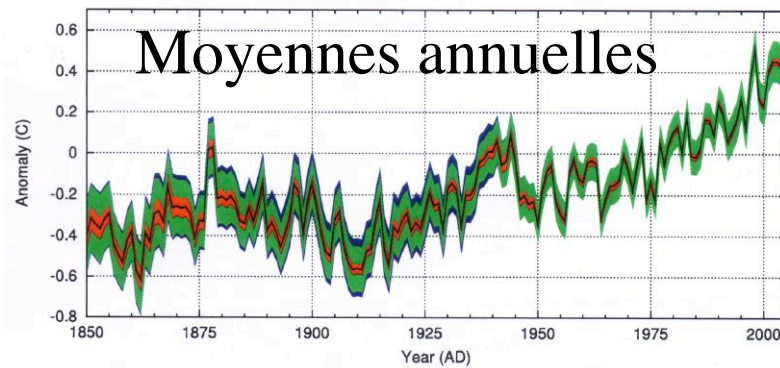
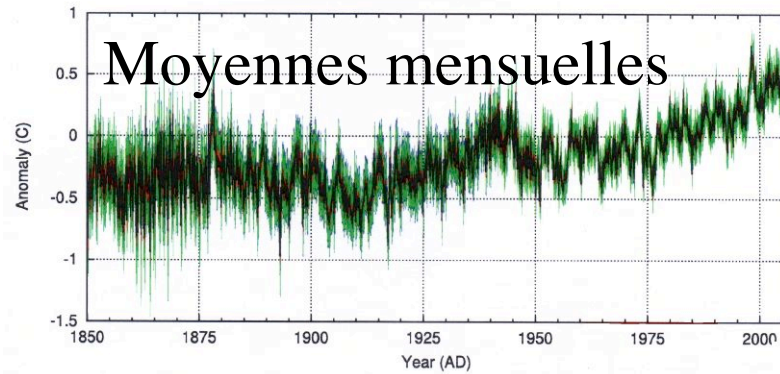


Den Helder de Kooy (cyan),
Maastricht (magenta),
Eelde (vert)

Danemark (bleu),
Europe (rouge),
Suisse (vert)

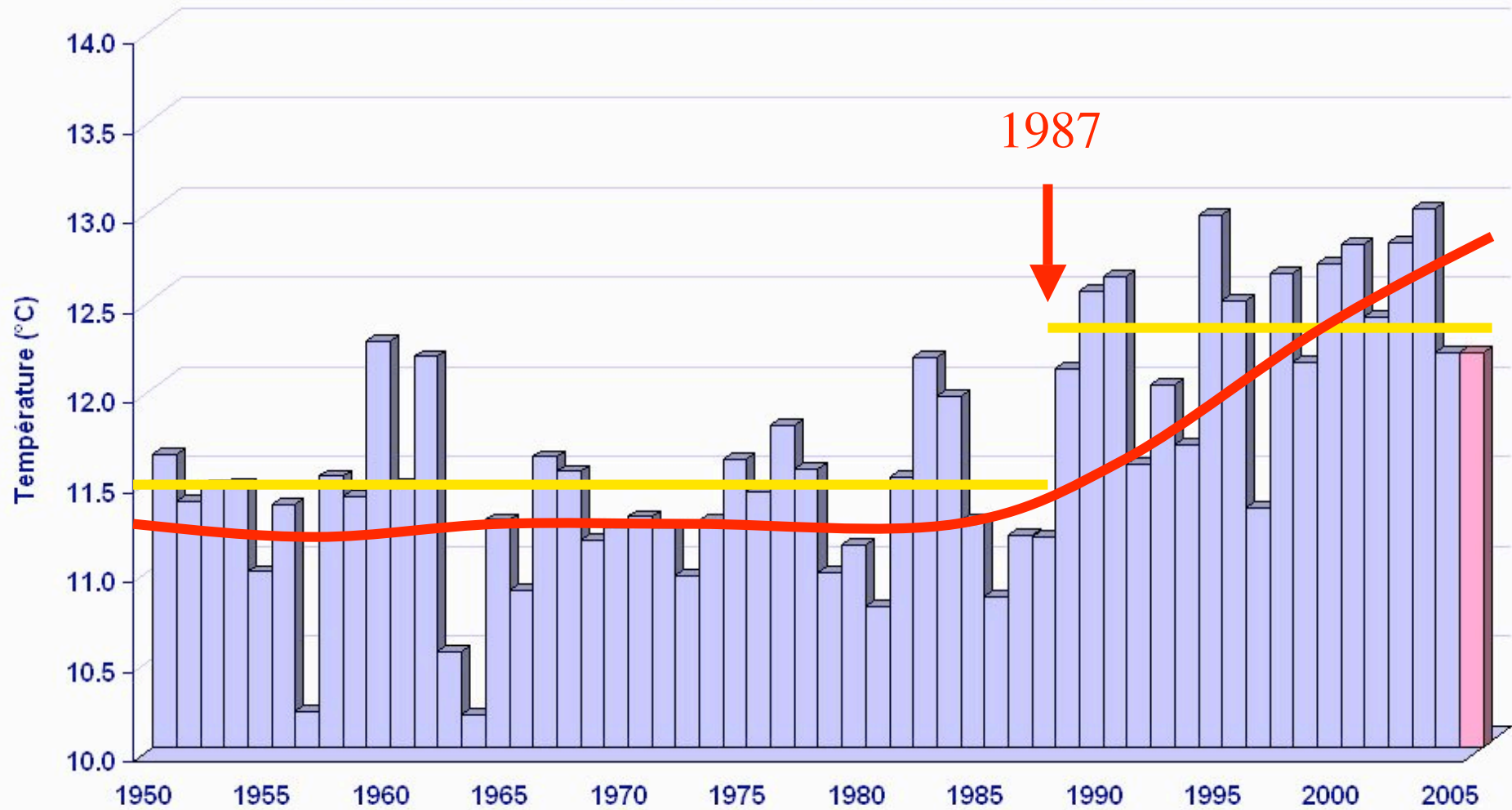


Les dangers du lissage

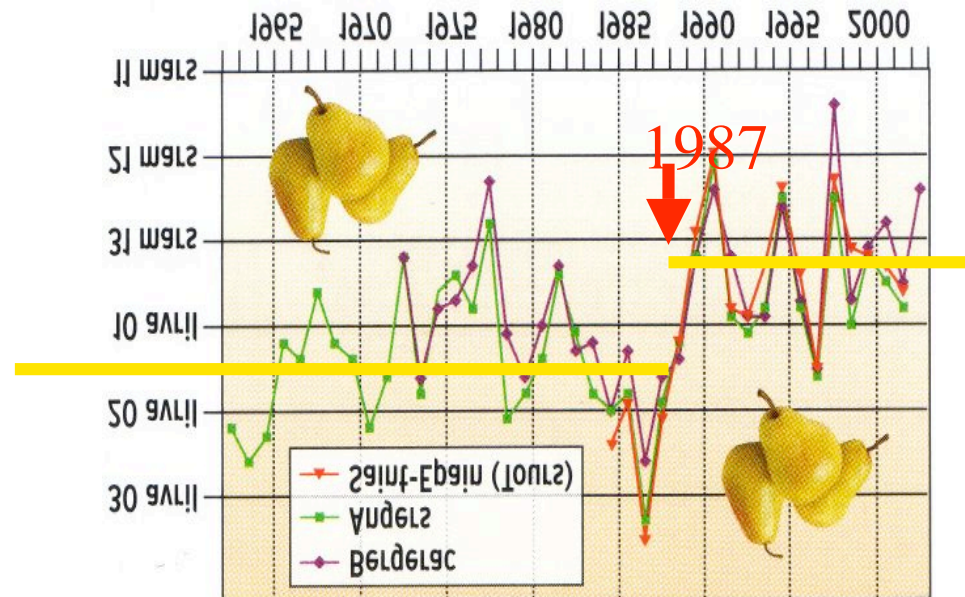
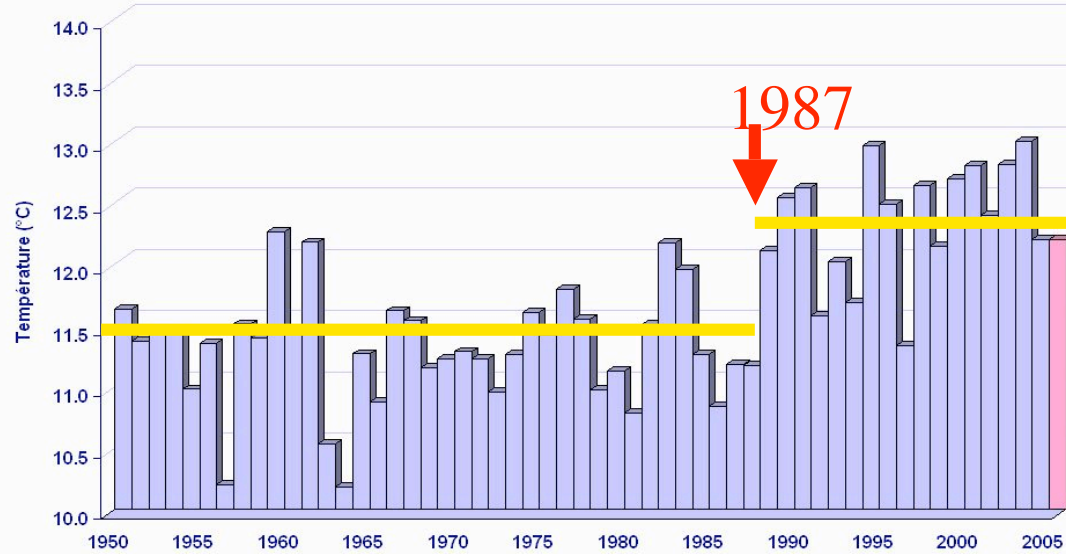


(°C)

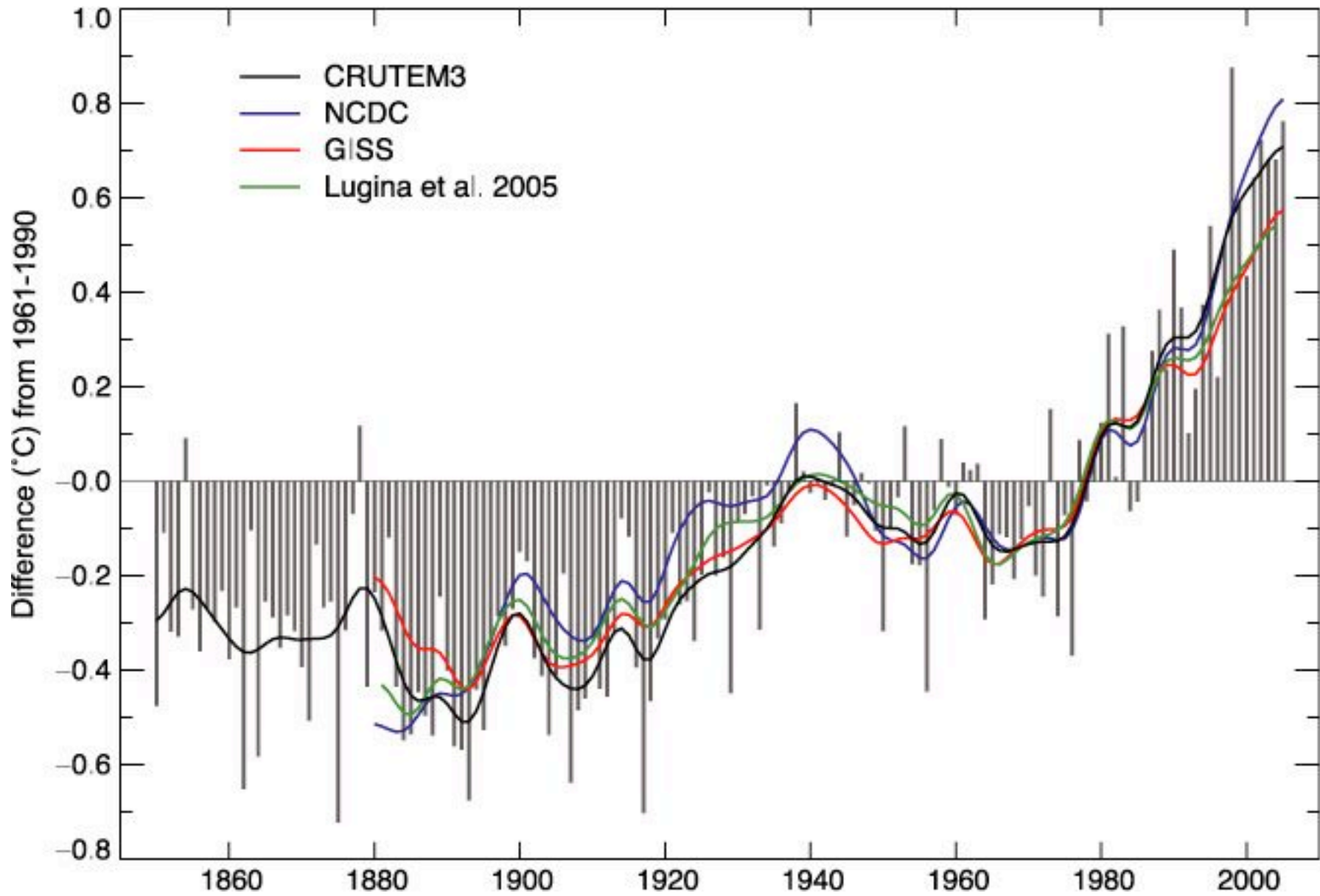
Température moyenne annuelle en France (moyenne des températures moyennes de 22 stations métropolitaines)

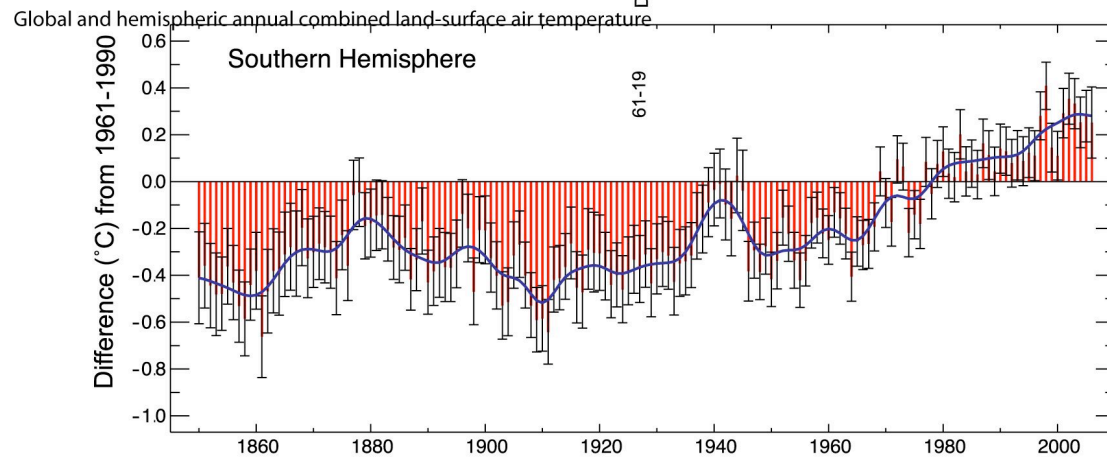
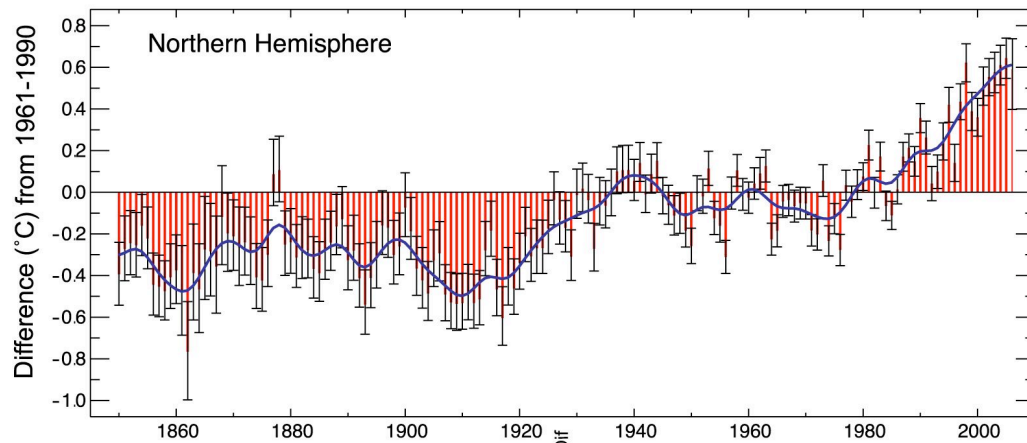
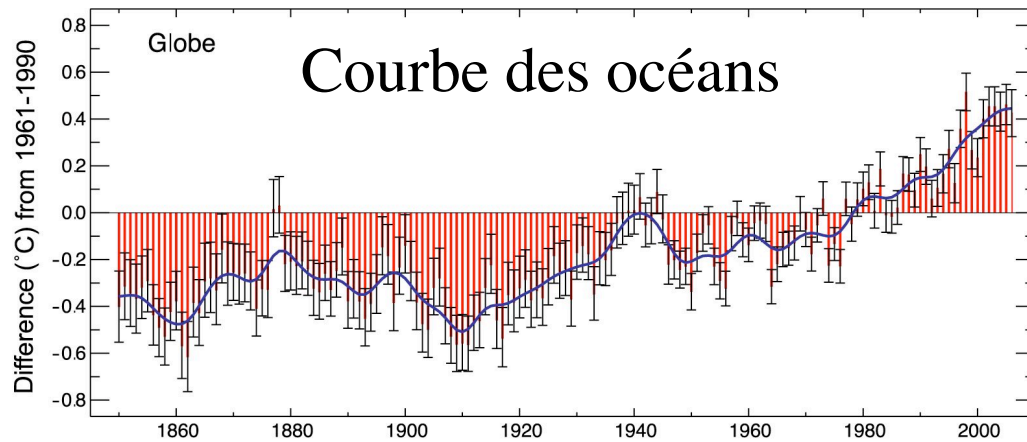


Température moyenne annuelle en France
 (moyenne des températures moyennes de 22 stations métropolitaines)



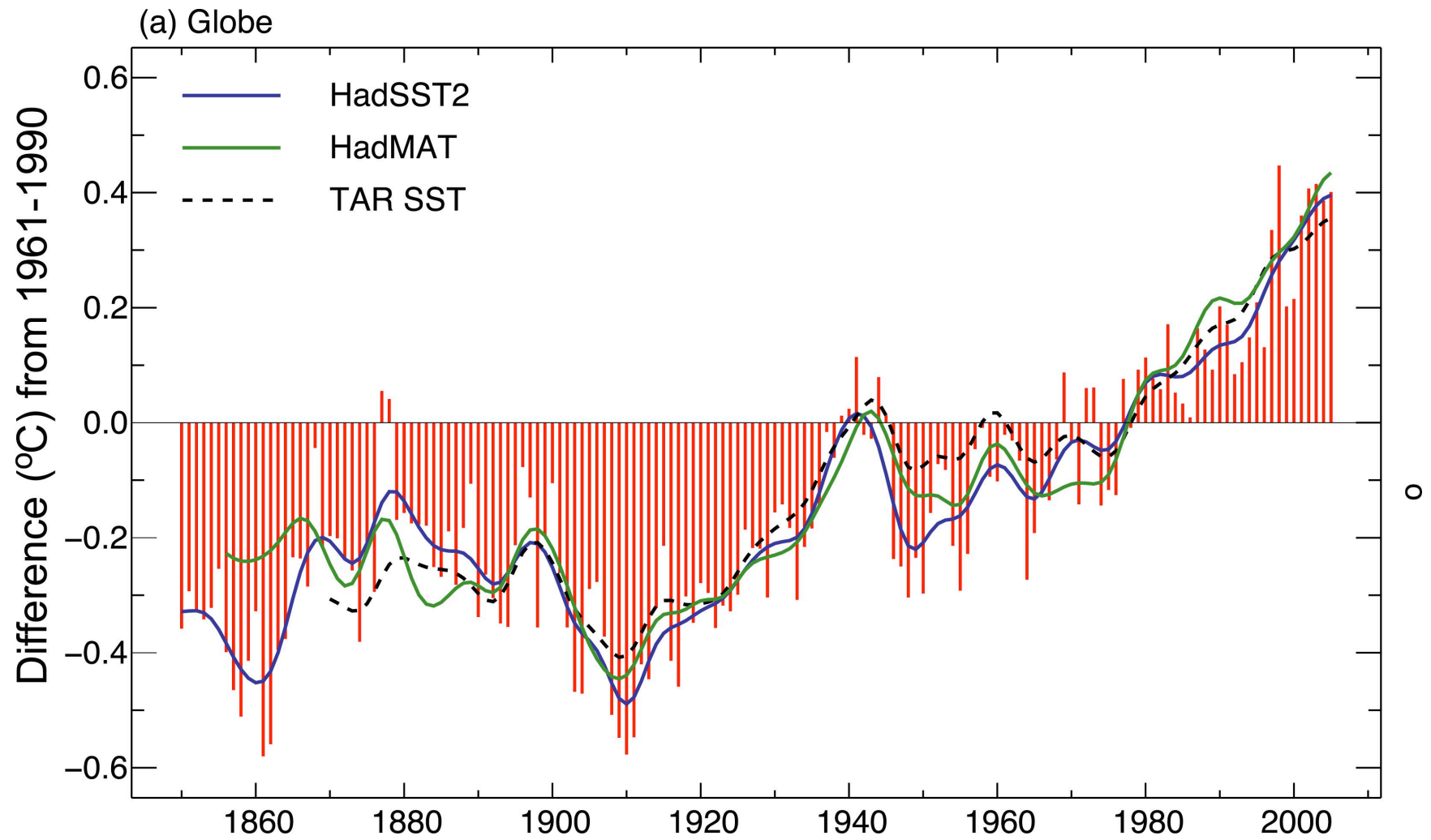
Courbe des températures instrumentales sur les Terres.



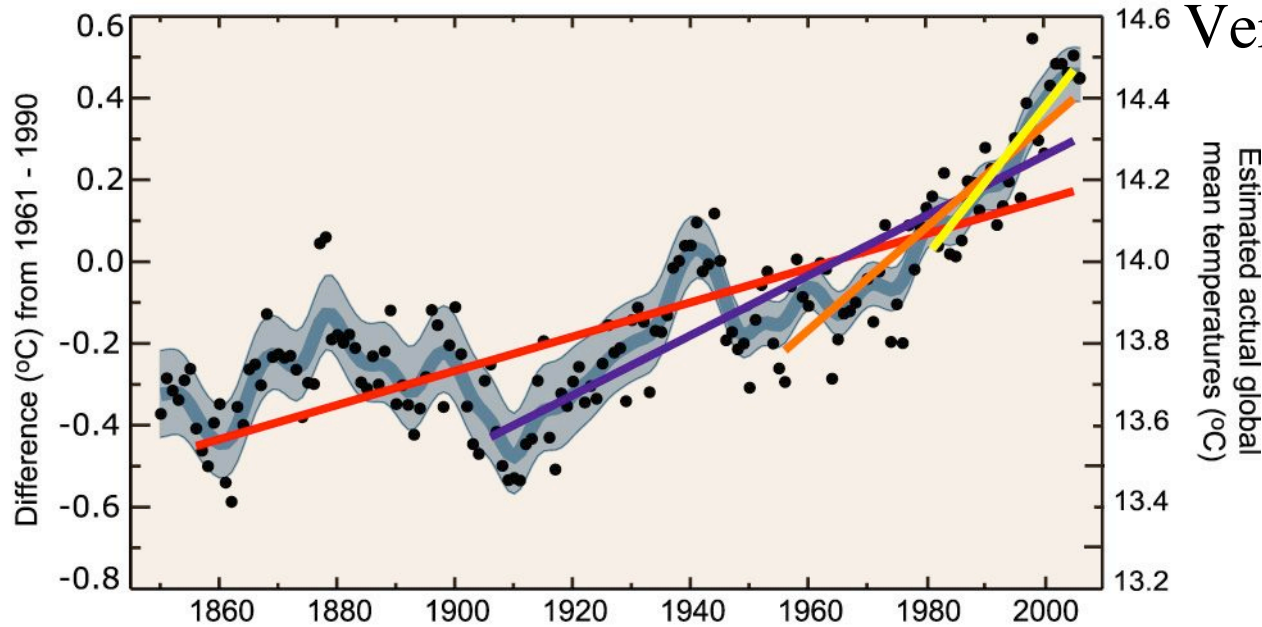


Températures
SST, données
brutes et courbe
lissée.

Courbe combinée ocean + Terres



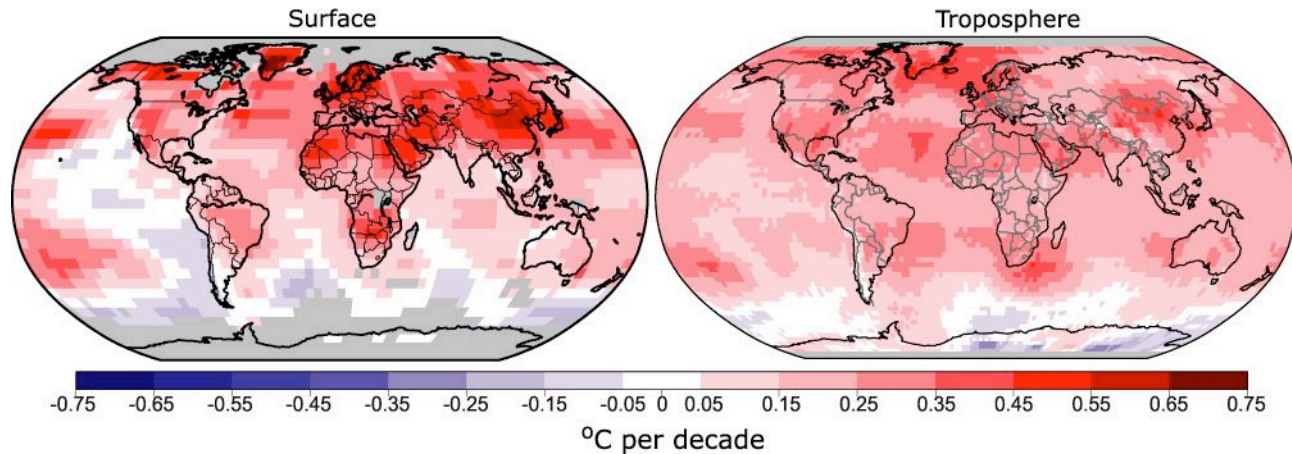
Global Mean Temperature



Version « grand public ».

Terres +
océans

Legend	Period (Years)	Rate (°C per decade)
● Annual mean		
— Smoothed series		
■ 5-95% decadal error bars		
	25	0.177±0.052
	50	0.128±0.026
	100	0.074±0.018
	150	0.045±0.012

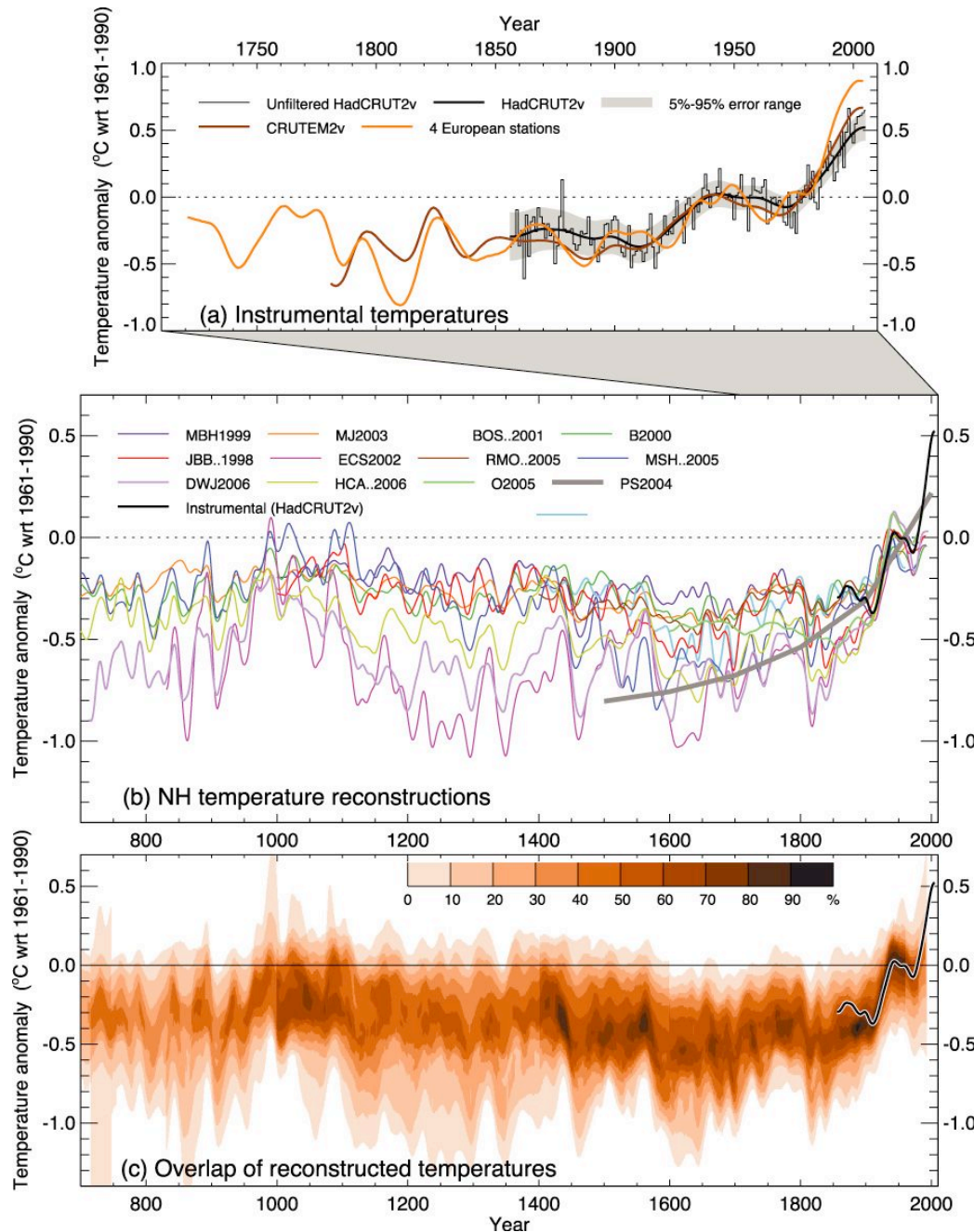


Changements
1979-2005

résultats

- Les 5 années les plus chaudes se sont produites depuis 1997. 11 des 12 années les plus chaudes depuis 150 ans se sont produites ces dernières 25 ans. Retenons 0,55 ° depuis les années 70 d'augmentation de la température globale.
- En degré par décade, pour la Terre entière, les chiffres du GIEC sont: 0,16 à 0,17 °C/décade de 79 à 2005, 0,06-0,07 pour la période 1901-2005. L'hémisphère nord se réchauffe plus.

Avant 1850

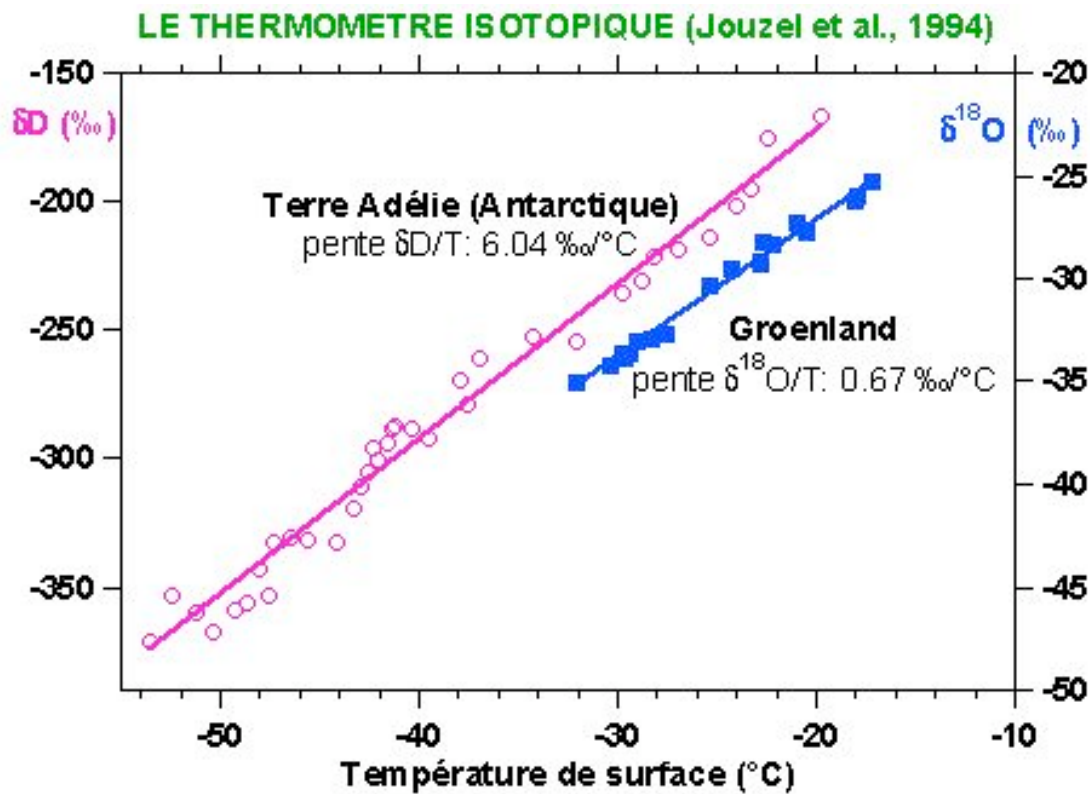


- Indicateurs
- Anneaux d'arbres, archives, isotopes dans les glaces, les sédiments.

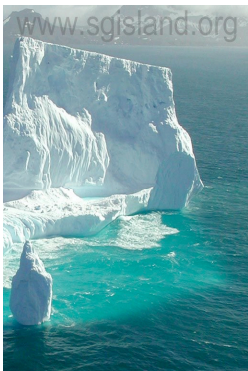
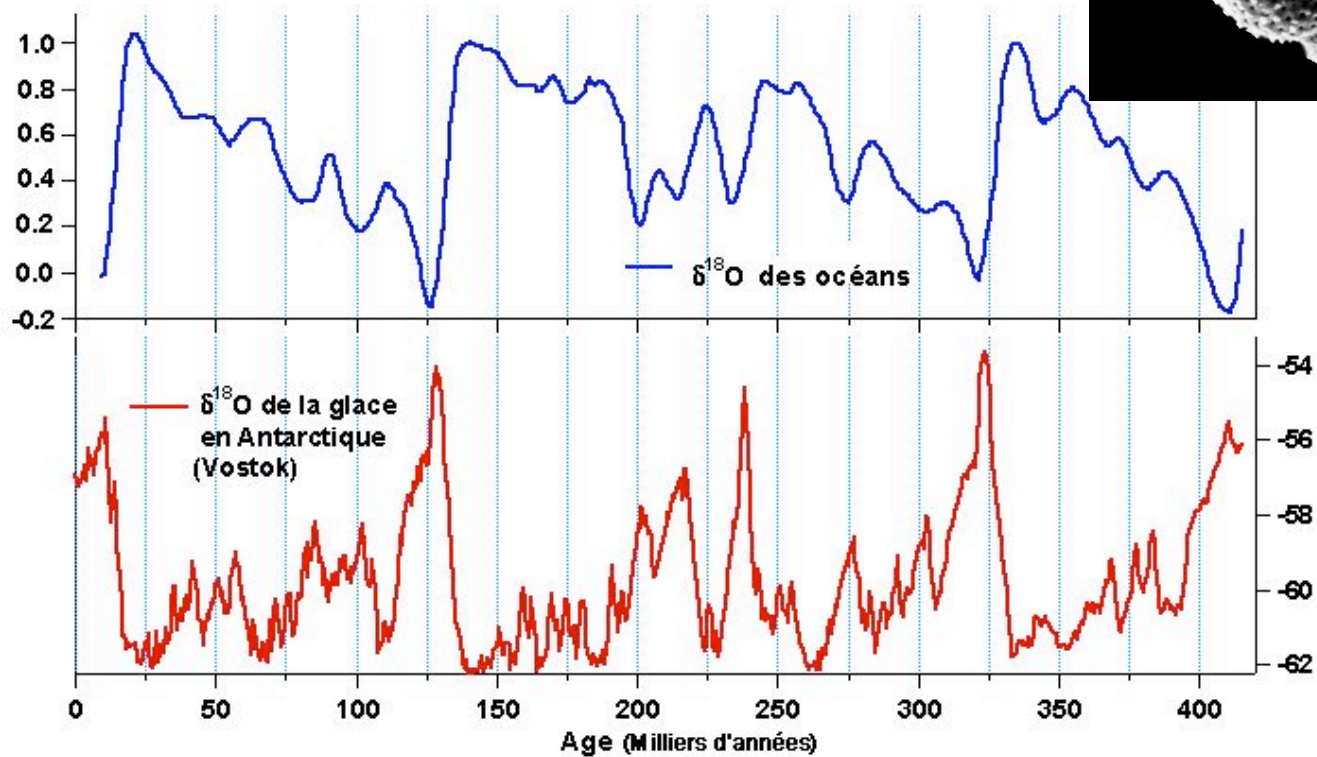
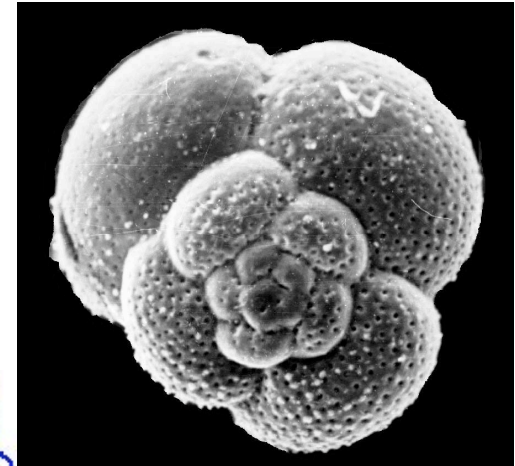
Bilan

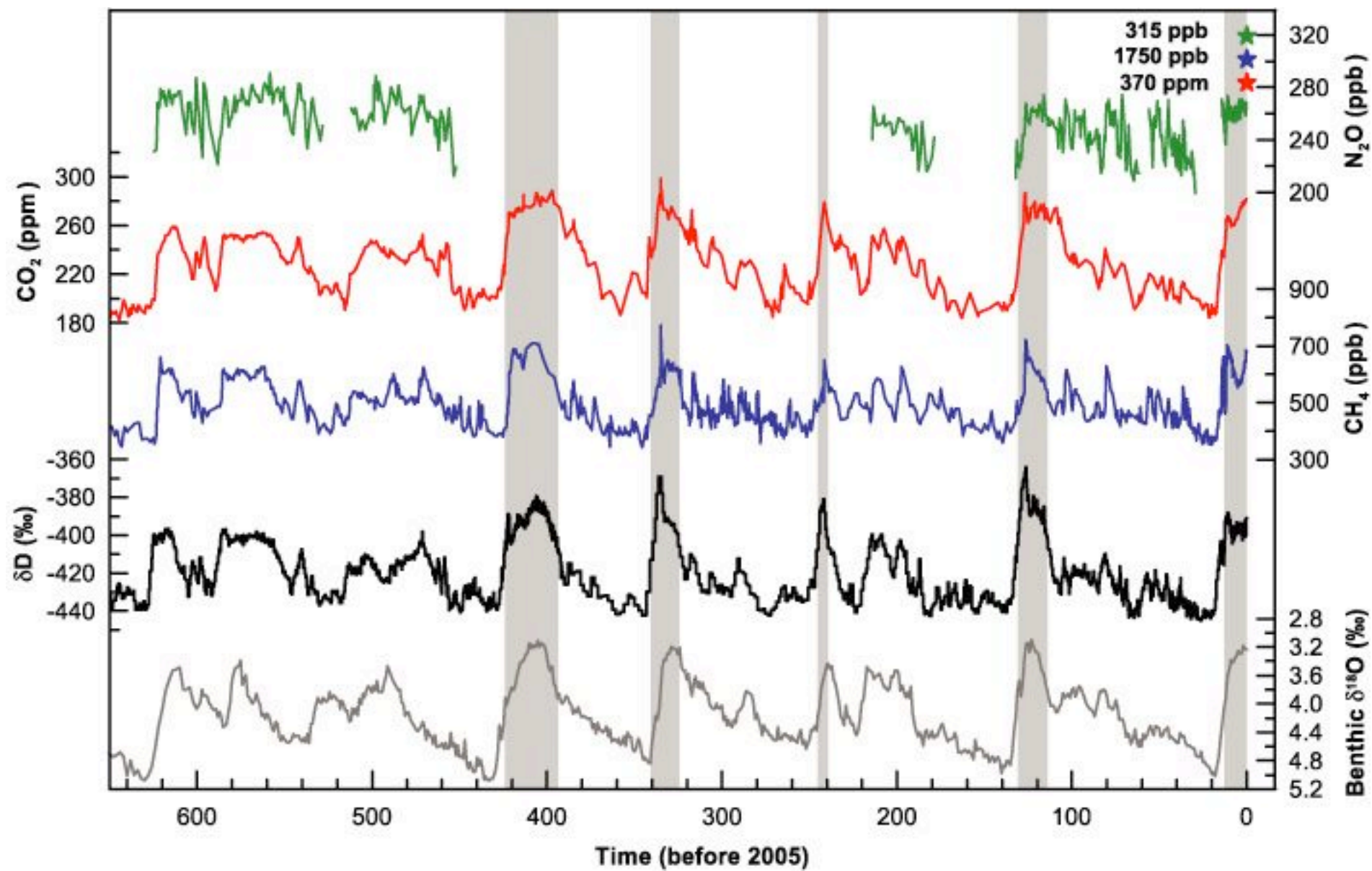
- Des incertitudes grandes avant les mesures instrumentales.
- Une période chaude dans l'hémisphère nord au moyen age. Variabilité climatique
- Le réchauffement ne semble vraiment probant que depuis 50 ans.

Et avant, le thermomètre isotopique



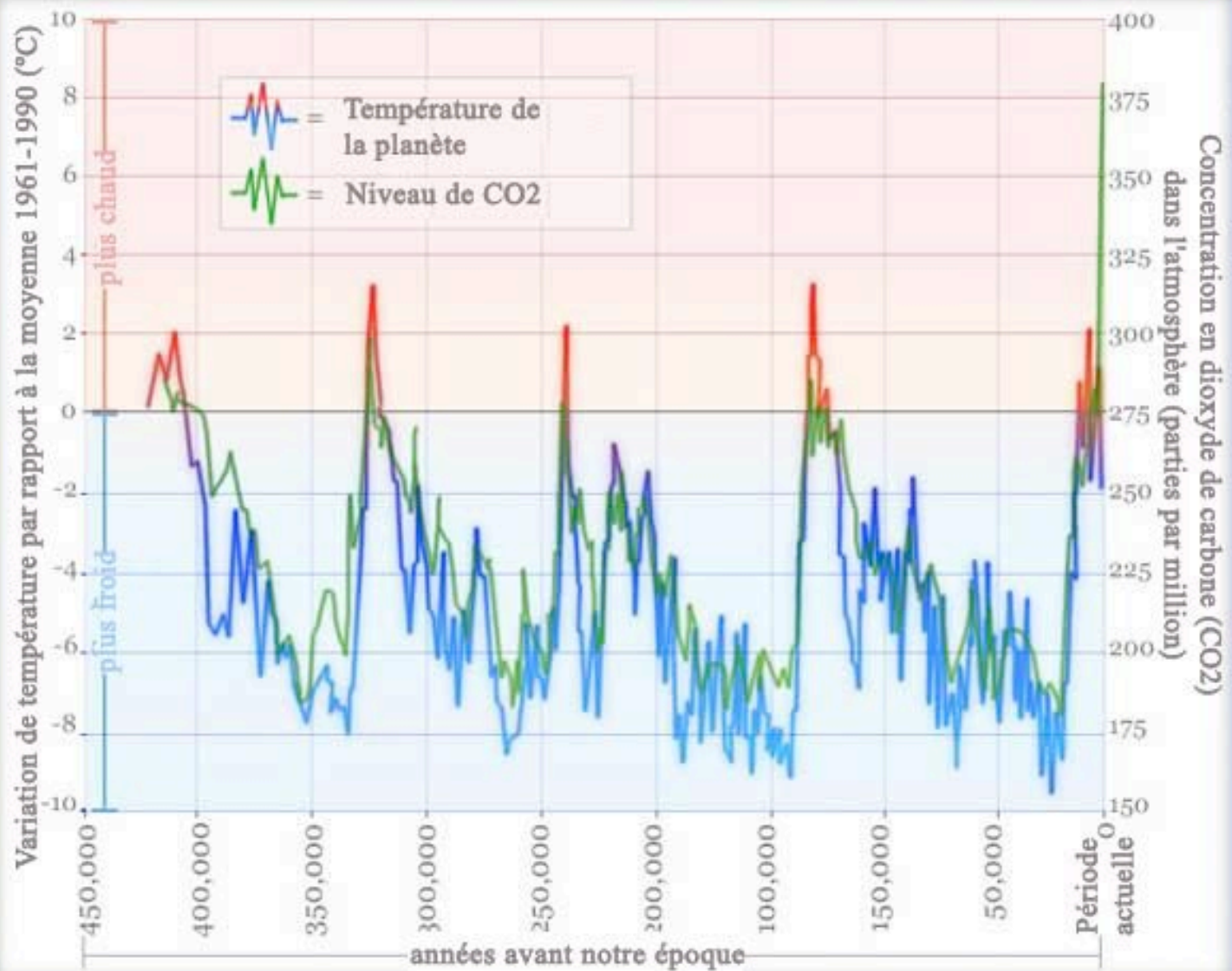
Et avant, le thermomètre isotopique

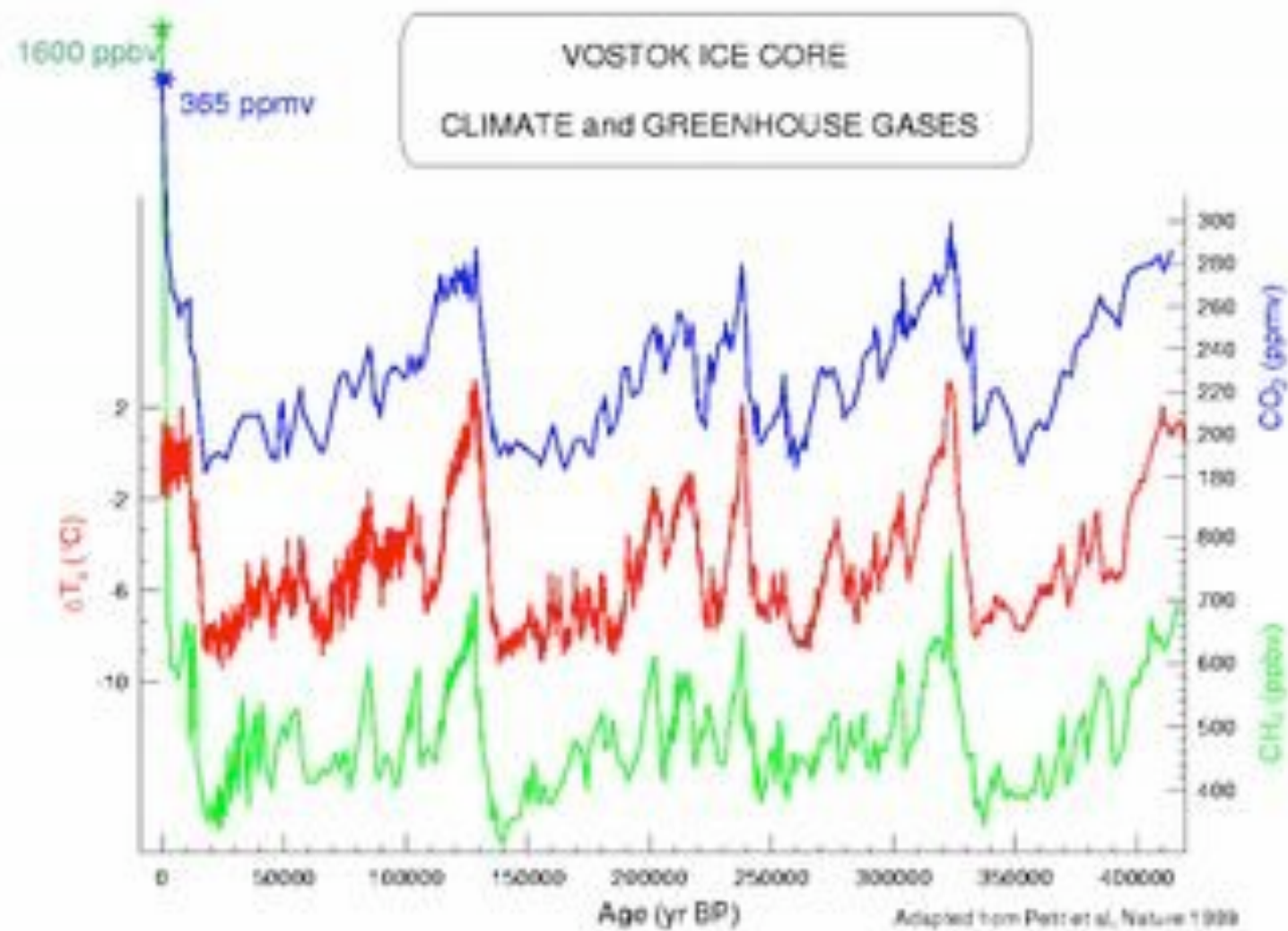






Concentration en dioxyde de carbone

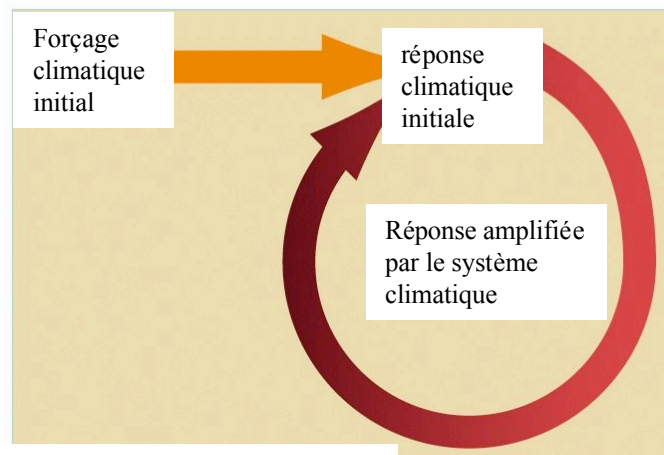




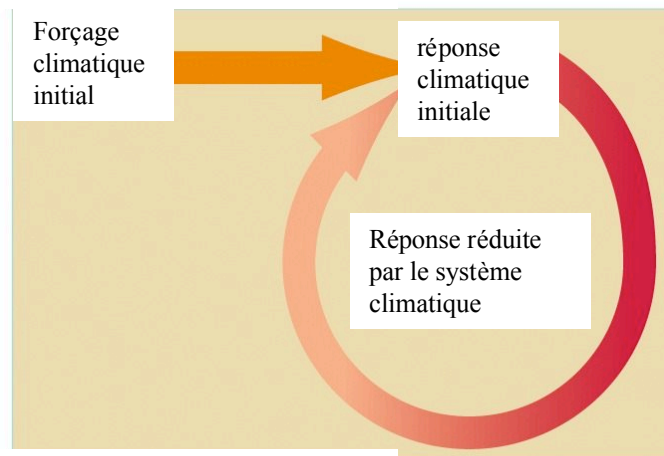
Bilan

- La climat de la Terre n'a pas cessé de varier et les teneurs en CO₂ et CH₄ suivent fidèlement les variations de la température terrestre (mesurée au pôle sud).
- Les variations de T sont plus grandes que celles prévues par les variations d'ensoleillement. Il y a donc un forçage par les gaz atmosphérique
- L'analyse des carottes de glace montre le lien CO₂ et T, mais les relations sont sûrement complexes.

Le système climatique



Rétroaction positive



Rétroaction négative

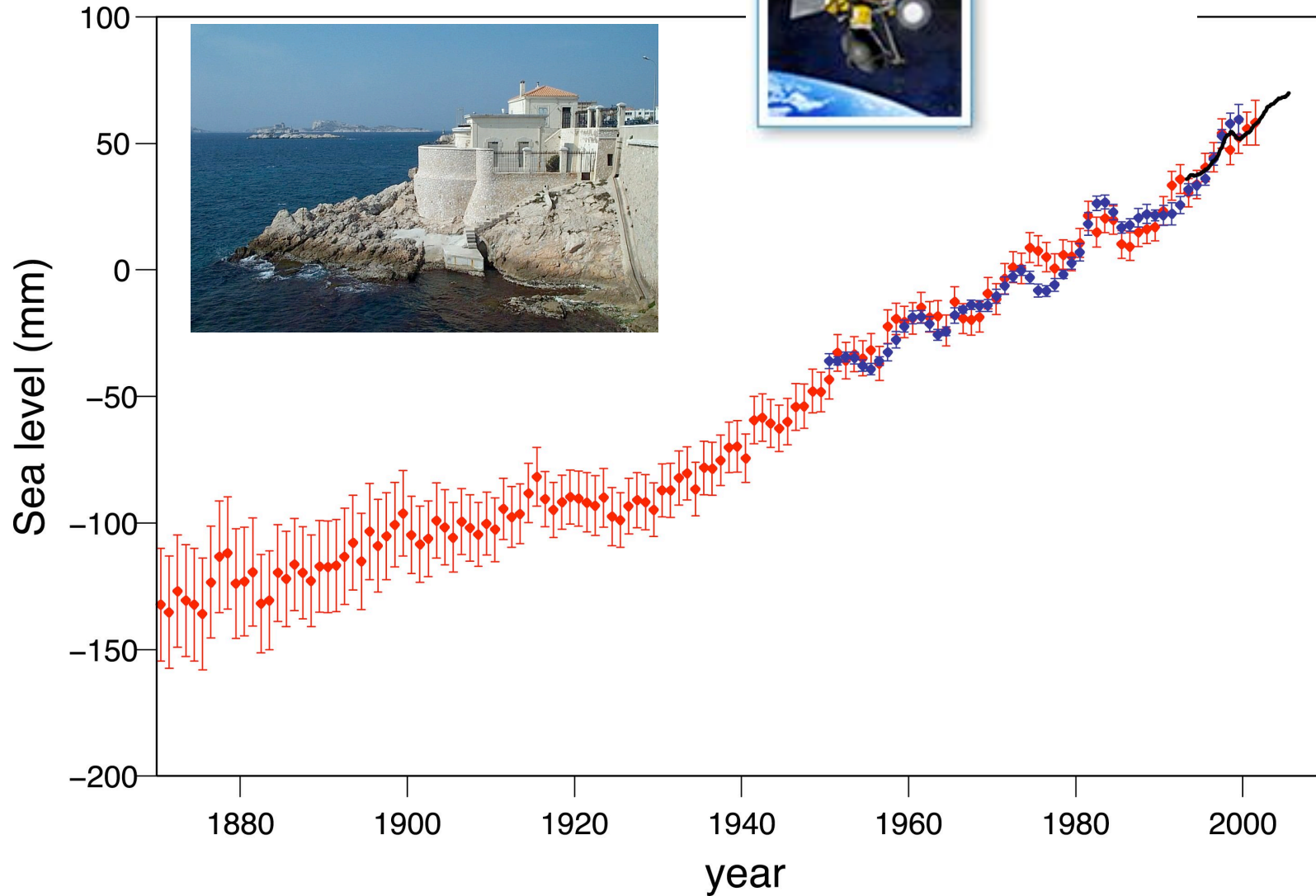
2° Augmentation du niveau marin.

- Memes échelles de temps emboîtées
- Calcul de la dilatation thermique de l'océan
- Apport des satellites

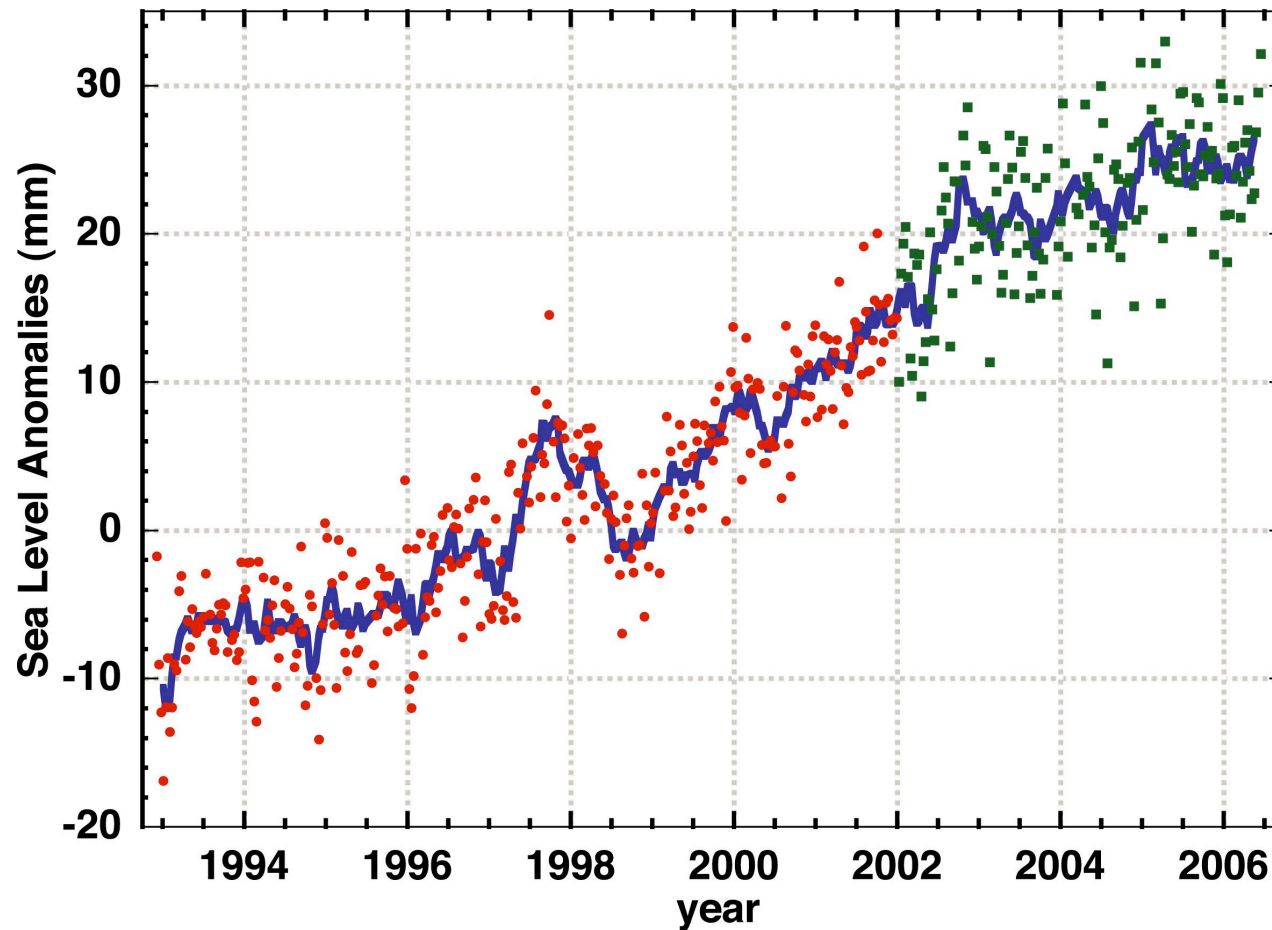
Bilan changements océaniques

- Réchauffement des océans, sur les premiers 700 m de 1961 à 2003, $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Changement de la salinité, avec une baisse dans les latitudes nord.
- Pas de changement clair dans la circulation océanique.
- Le niveau marin change, de 1961 à 2003: $1,8 \pm 0,5$ mm/an, idem sur tout le siècle. Grande variabilité spatiale et temporelle.
- Les causes sont incertaines : de 93 à 2003, l'augmentation de $3,1$ se décompose comme suit : expansion thermique ($1,6 \pm 0,5$) + fonte des glaces ($1,2 \pm 0,7$).

Le niveau monte

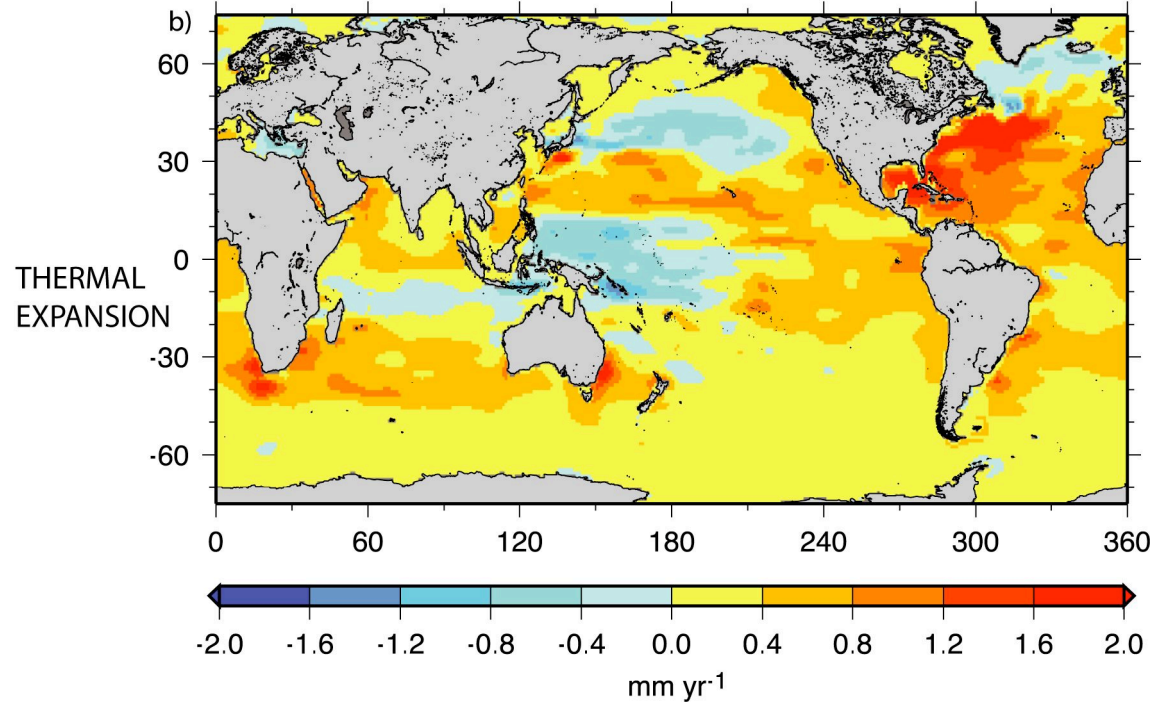
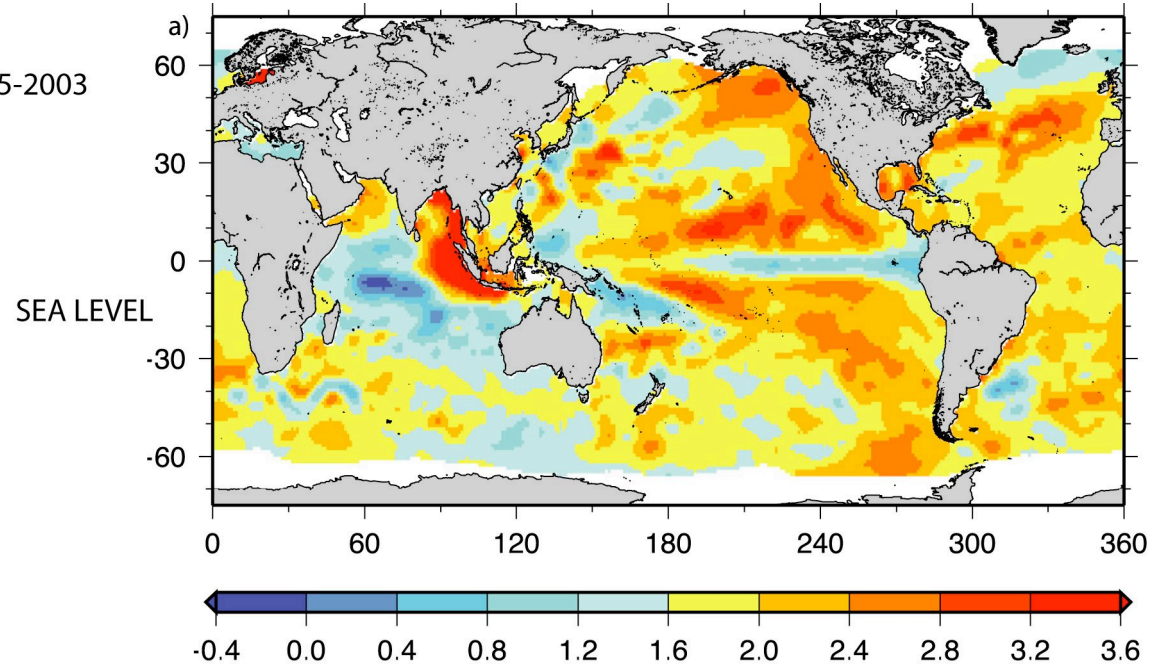


Topeix-Poseidon (tous les 10 j , précision de 5 mm)



La puissance des ordinateurs est le facteur limitant

1955-2003



Une très grande
variabilité
géographique et
temporelle

Role des
éruptions
volcaniques,
courants, ENSO,
El Nino...

Augmentation du niveau de la mer et expansion thermique

- Origine de l'augmentation du niveau marin:
 - dilatation thermique de l'océan
$$\Delta T = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ coeff} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Thermocline de 1000m

L'expansion thermique n'explique de 23 % de l'augmentation du niveau des océans.

Les glaciers de montagne fondent

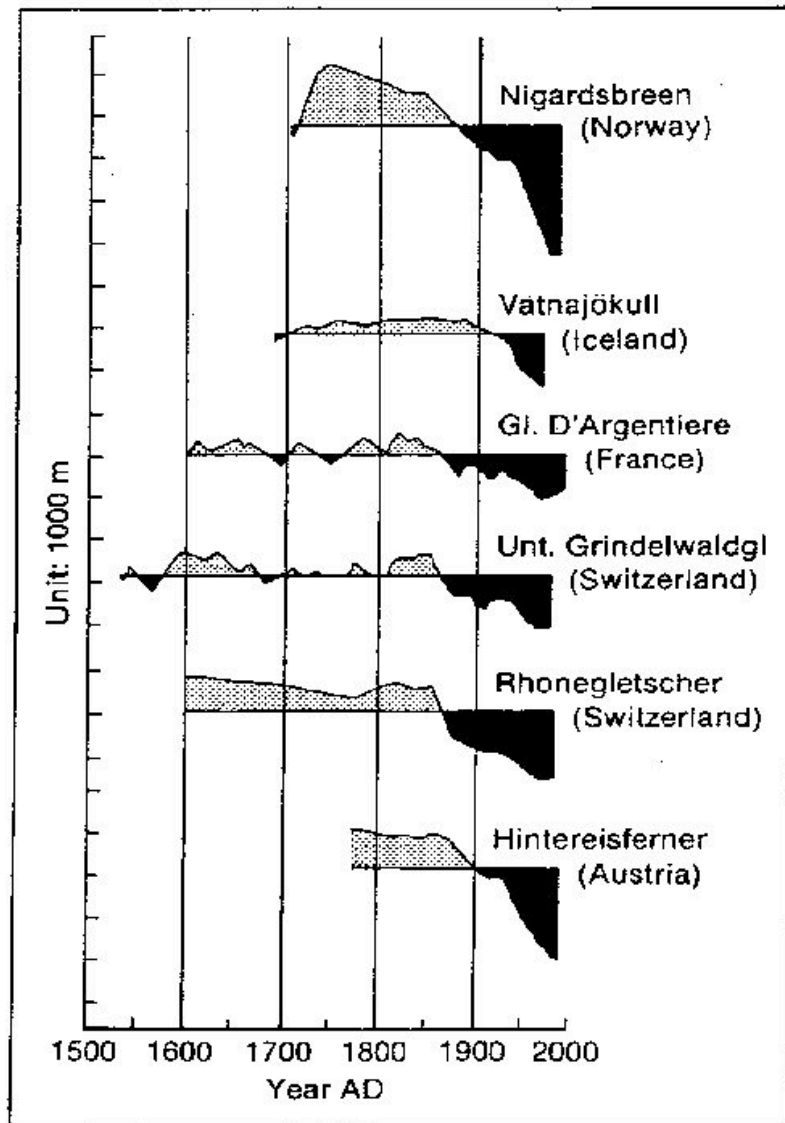
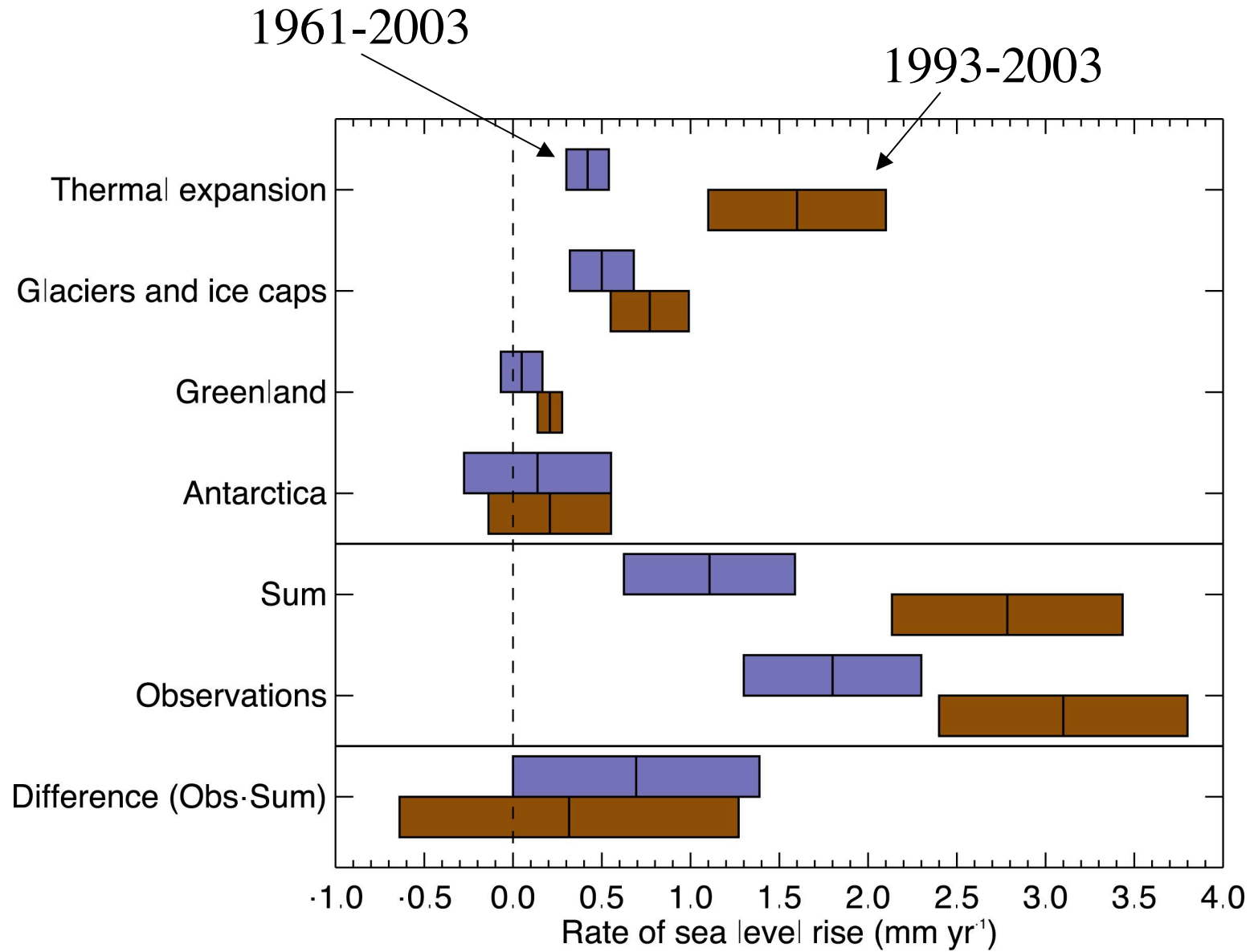
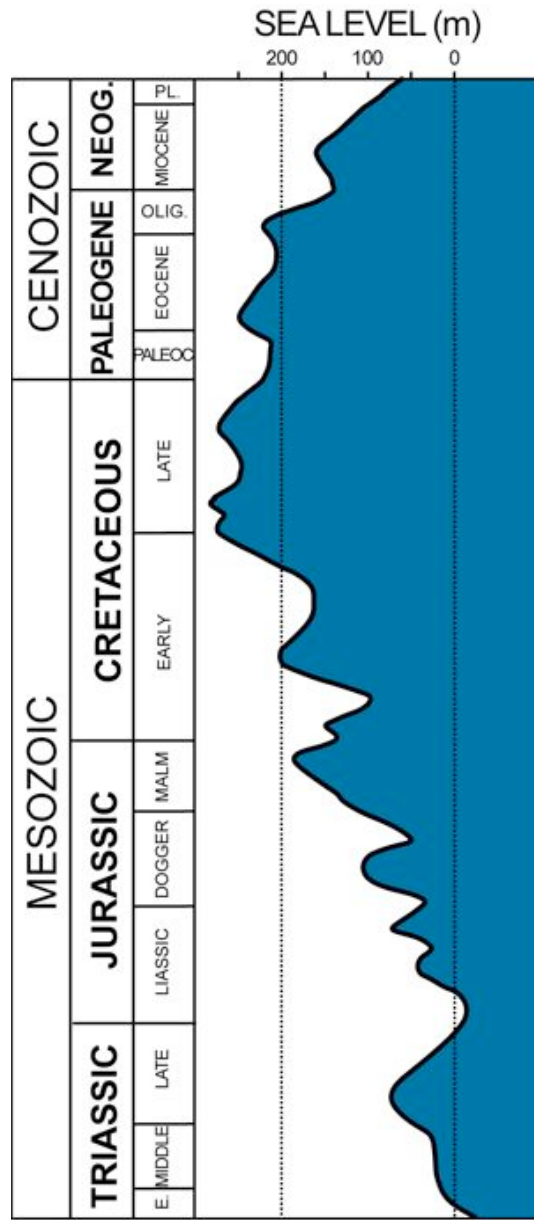


Figure 9.4: Variations of some selected glaciers as measured by their length. Data from Bjornsson (1979); Ostrem et al. (1977); Kasser (1967, 1973); Kasser and Haeberli (1979); Muller (1977); Vivian (1975); Haeberli (1985).

Bilan



- 1961-2003
- Expansion thermique : $0.42 \pm 0,12$ mm/an
- Glaciers : $0.52 \pm 0,18$ mm/an
- Groenland : $0.05 \pm 0,12$ mm/an
- Antarctique : $0.14 \pm 0,41$ mm/an
- Somme : $1,1 \pm 0,5$ mm/an
- Observé : 1,8 mm/an, restent 0,7 inexpliqués.
- Exploitation des eaux souterraines...

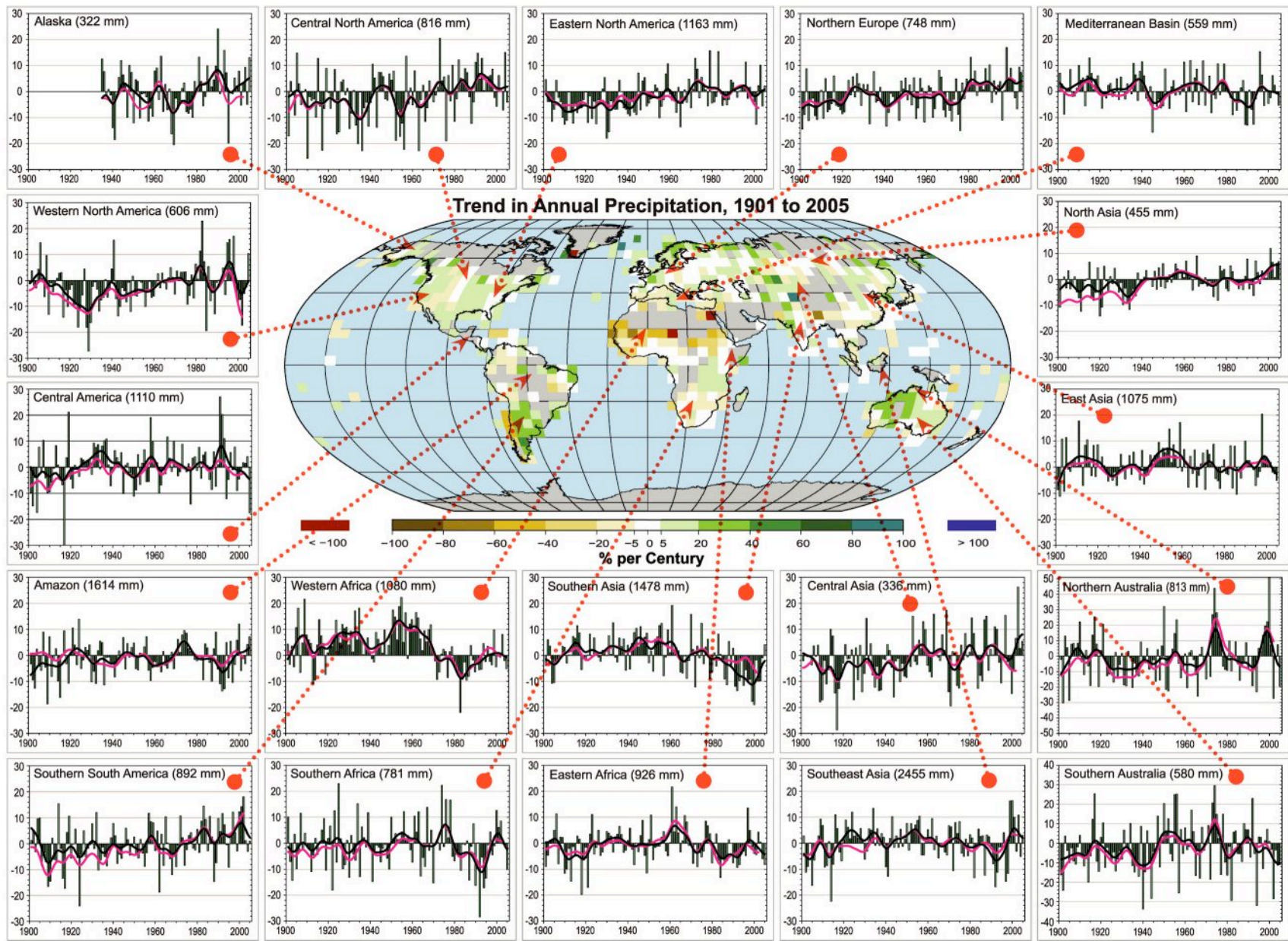


Lecons géologiques

- Il y a 20 mille ans on allait de pieds sec de Paris à Londres.
- Il y a 100 millions d'années, l'île de France était recouverte par 100 mètres d'eau. Dans cet océan se déposait la craie. Notion de transgression-régression.
- Le niveau de la mer n'a donc jamais cessé de varier

3° Les variations du cycle de l'eau.

- Cycle de l'eau et température sont liées. Le GIEC considère qu'une augmentation de la température fera augmenter l'humidité de l'atmosphère et pas l'inverse.
- Il est très difficile d'avoir une vue globale des changements de l'humidité de l'air, des précipitations, du cycle de l'eau. On ne dispose pas d'une courbe d'évolution globale.
- On a pas l'impression que les précipitations globales ont varié.

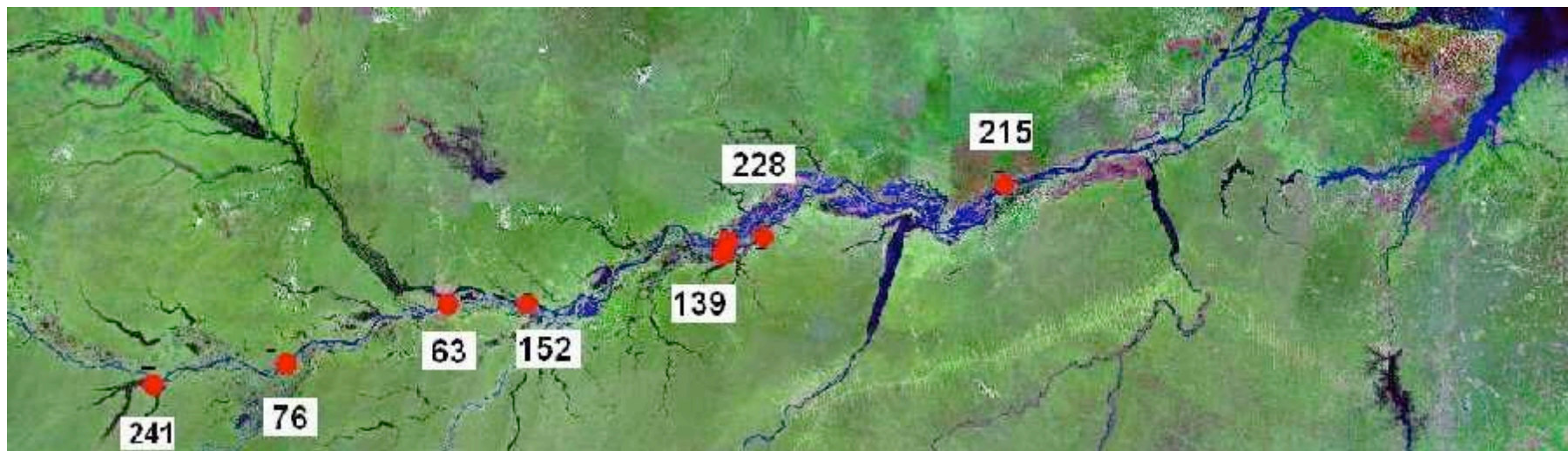
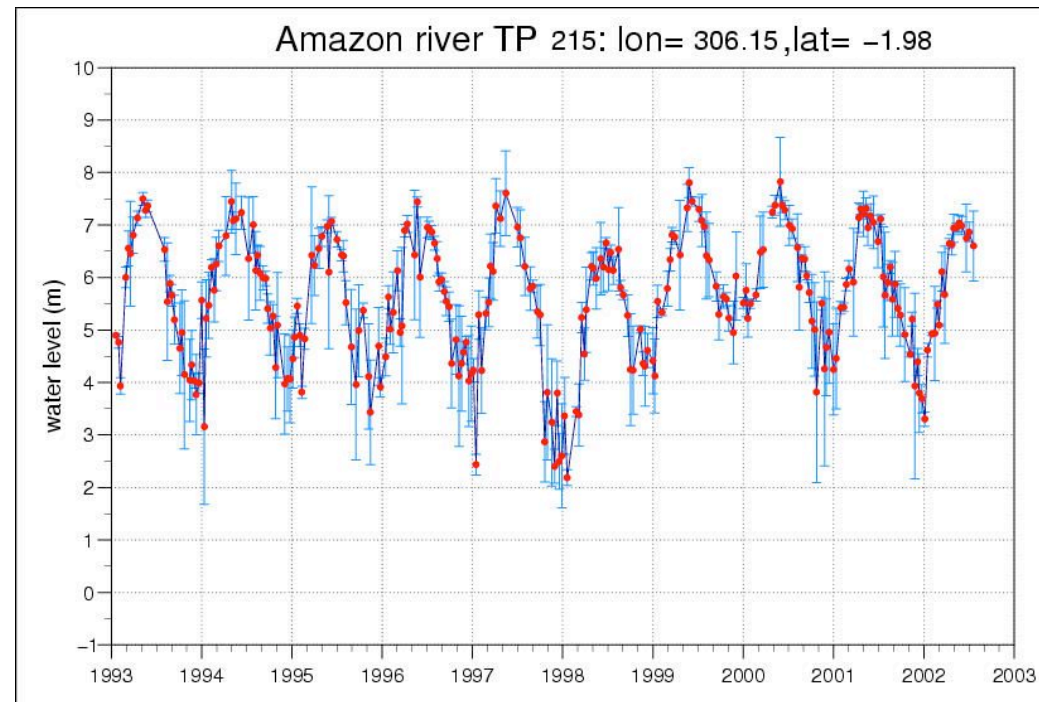


Des défis

- Humidité des sols et son évolution
- Débit des fleuves, problème des barrages, de l'irrigation
- Kilimandjaro

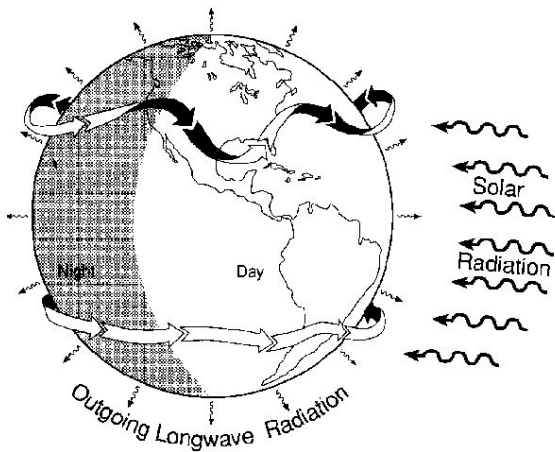
Évolution du débit de l'amazone, mesures au sol et mesures satellitaires

Surveillance satellitaire des fleuves (Topeix-poséidon)

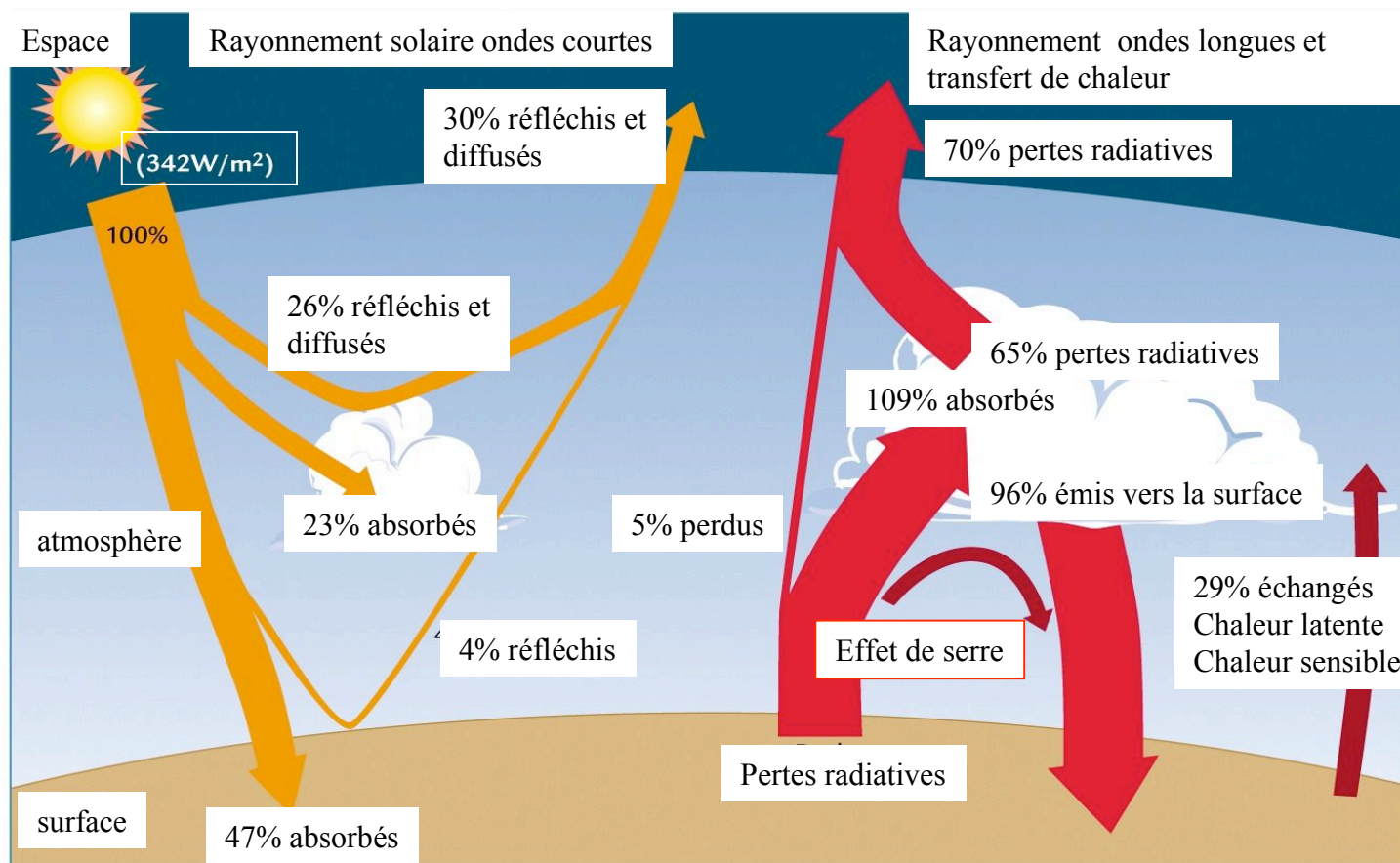


4° Les causes, le forçage radiatif.

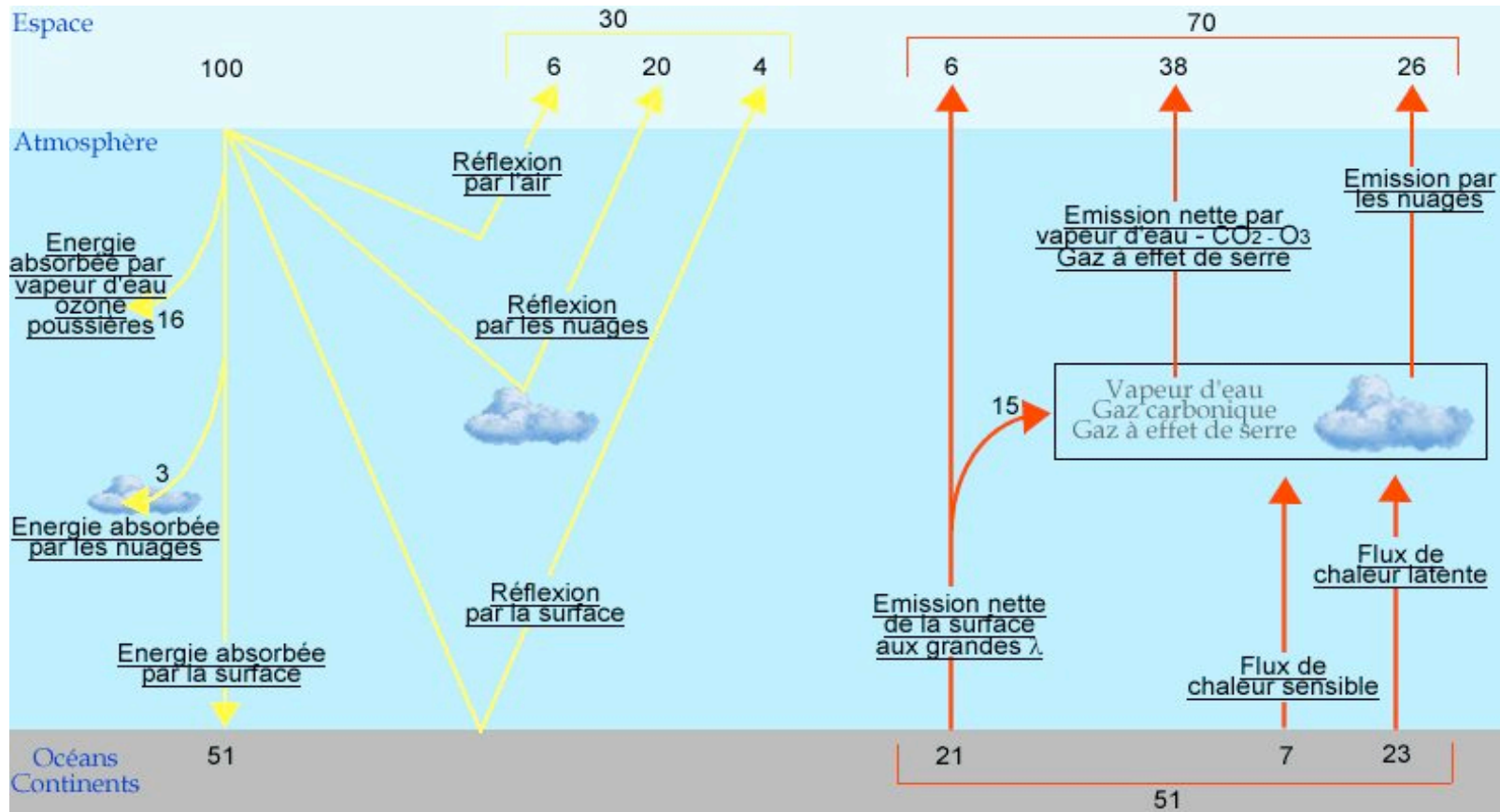
- Bilan radiatif
- Calcul de l'effet de Serre du CO₂



La machine thermique

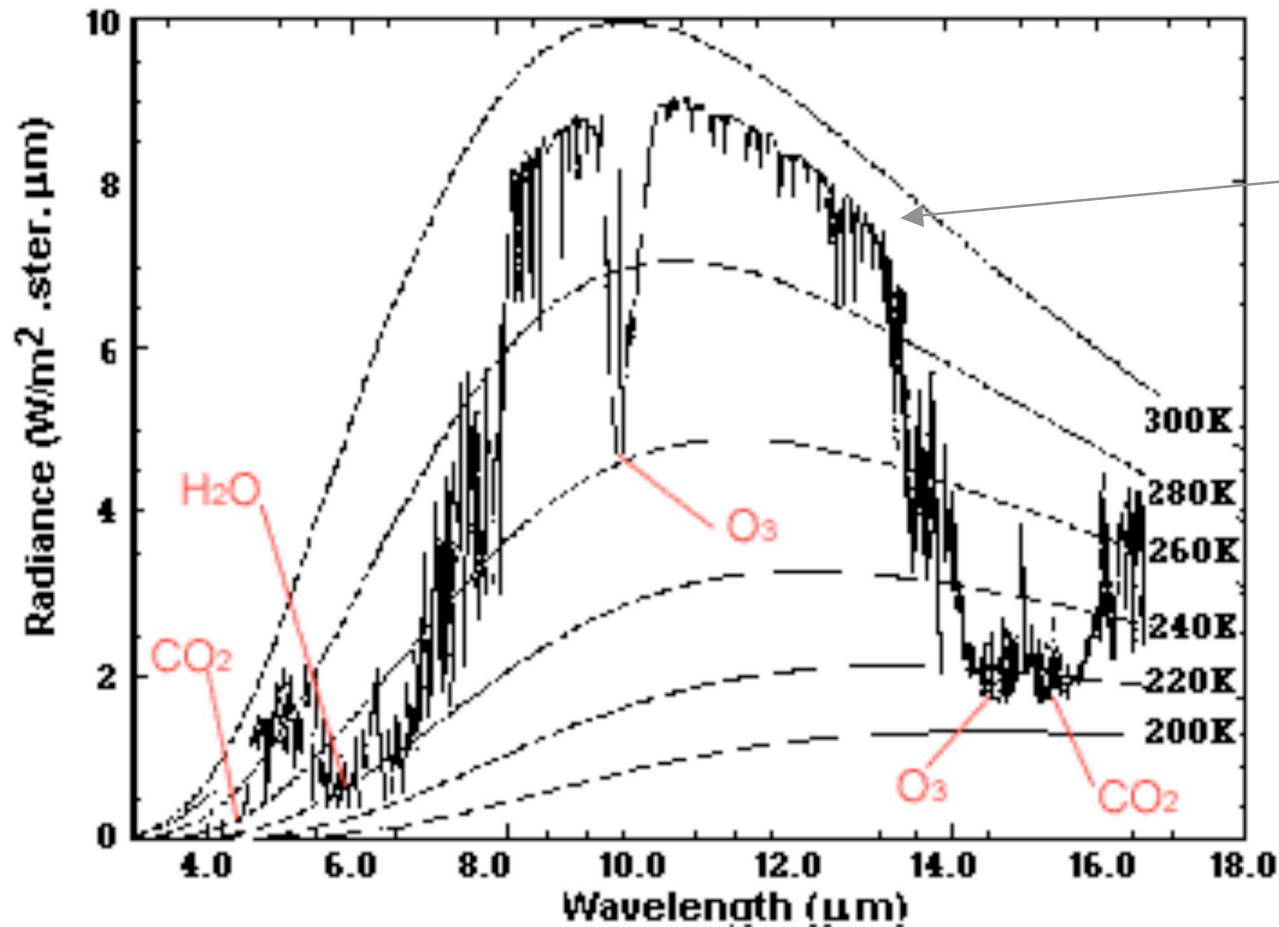


Bilan radiatif de la Terre



Les gaz à effet de Serre

Fig. 1a High resolution atmospheric absorption spectrum and comparative blackbody curves



Émission d'un corps
Noir $L = 0.0029/T$

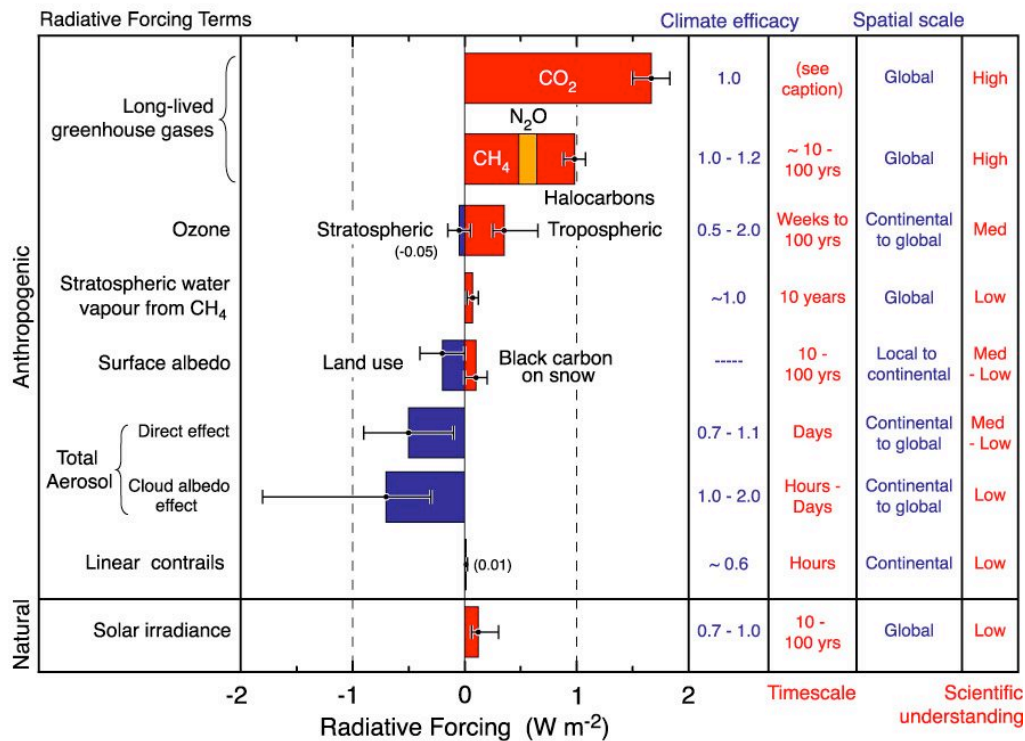
Forçage radiatif

- La planète Terre reçoit 342 W/m^2 , mais 30 % sont réfléchis, donc en fait seuls 235 W/m^2 arrivent à la surface. Cela correspond à une température de -19°C . ce qui n'est pas le cas.
- 3 mécanismes de refroidissement : rayonnement IR (390 W/m^2) + évaporation (78 W/m^2 , cycle de l'eau) + réchauffement de l'air par le sol (24 W/m^2)
- Le rayonnement IR est absorbé 90 % par les gaz à effet de Serre est les nuages. L'effet des nuages est complexe (ils jouent aussi le rôle de réflexion de l'énergie solaire), aussi CO_2 (10°C) et H_2O (20°C) sont les deux responsables de l'effet de Serre.
- Doubler le CO_2 : 4 W/m^2 de plus, 1 à 4° de plus.

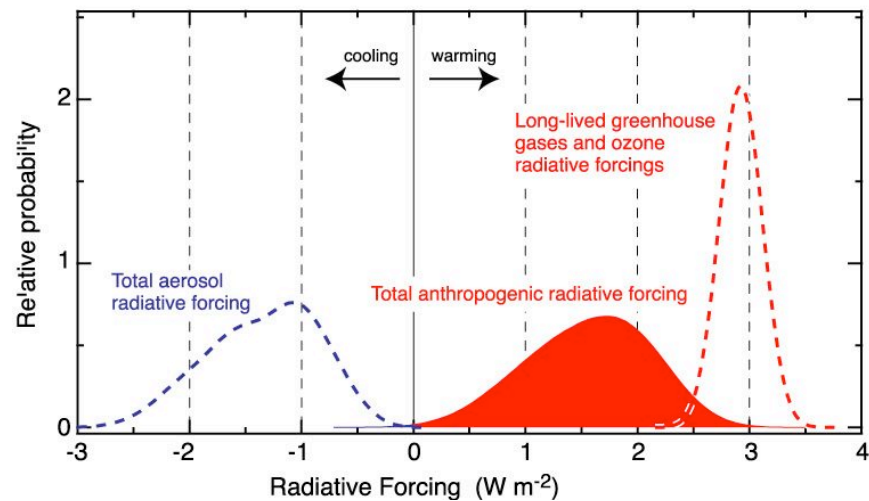
Les gaz à effet de Serre

- CO₂
- CH₄
- N₂O (protoxyde d'azote)
- Carbone halogéné (chloro et fluoro carbone)
- Hexafluorure de soufre
- Ozone troposphérique

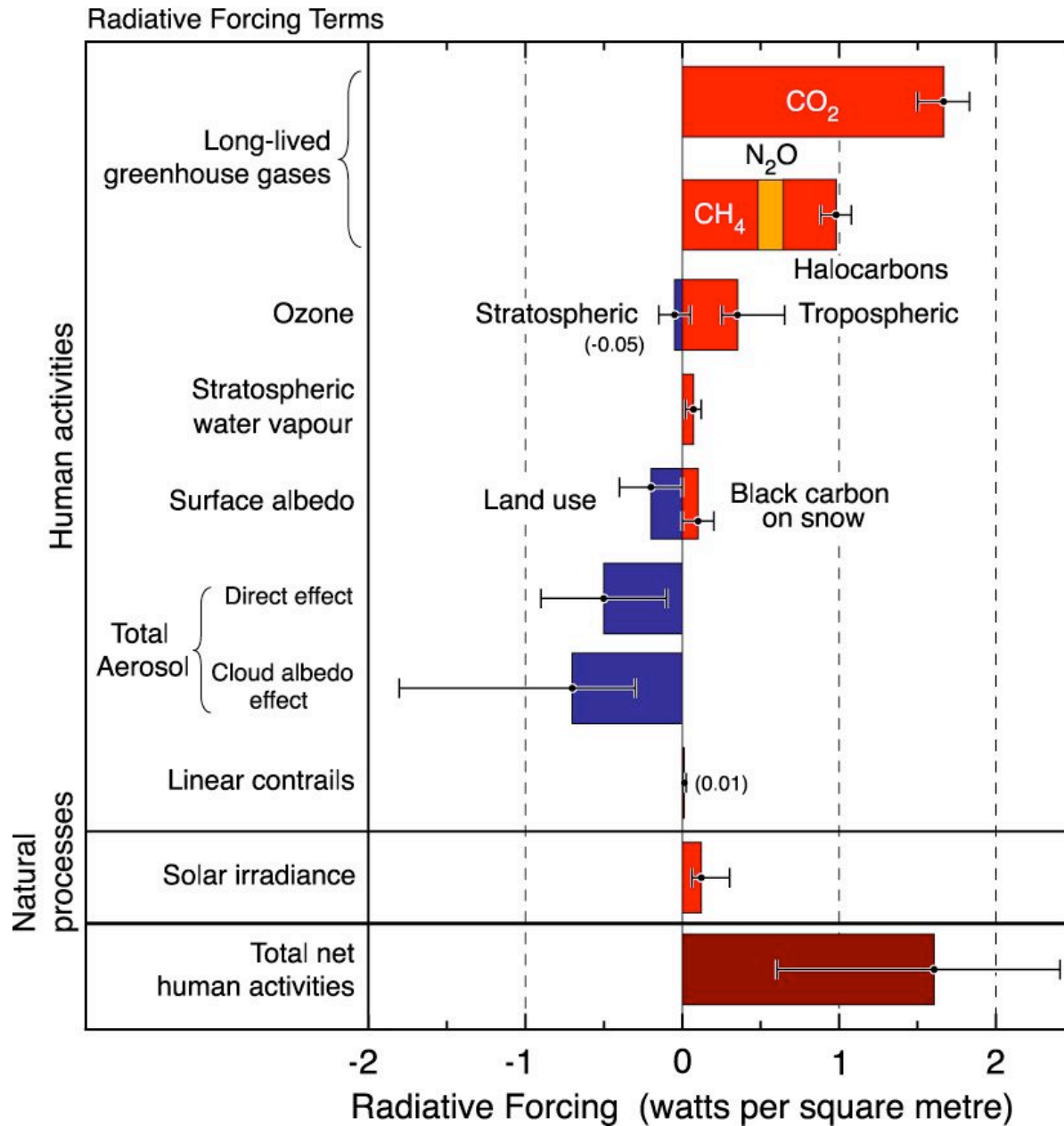
A. Radiative forcing of climate between 1750 and 2005



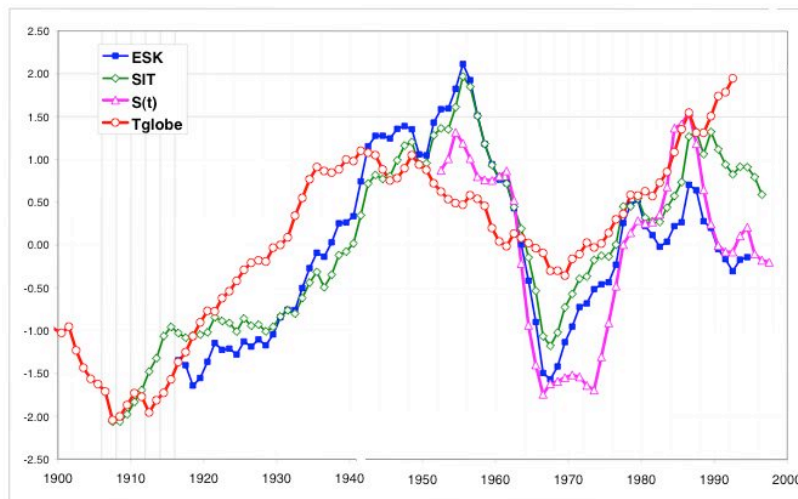
B.



Radiative forcing of climate between 1750 and 2005

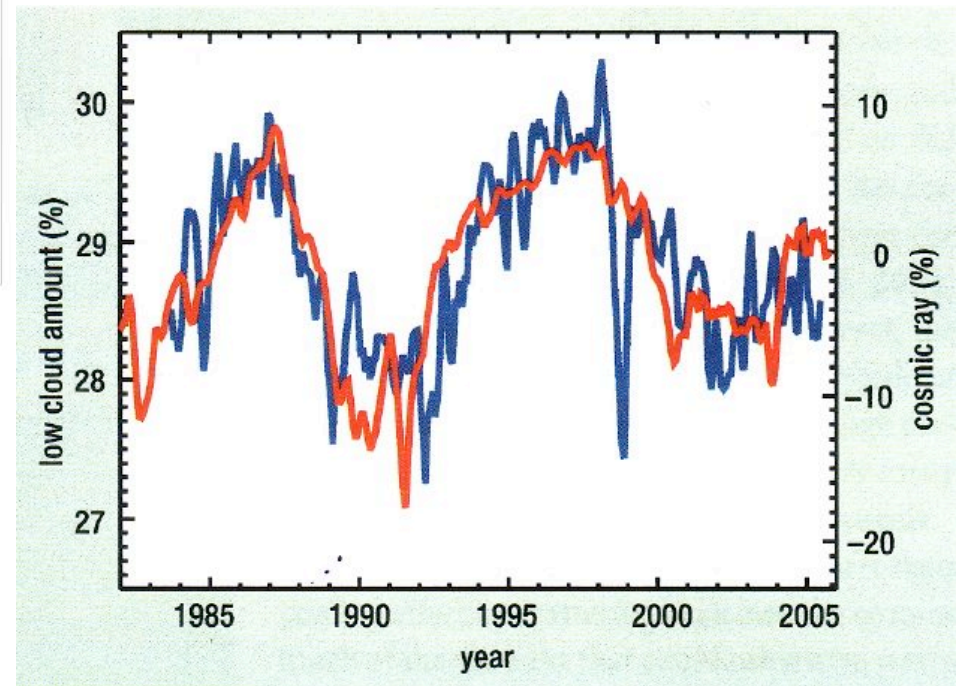


Des théories alternatives



Le soleil

Les rayons
cosmiques



Bilan

- Le climat change t-il?
- Nous n'observons pas le système depuis assez de temps.
- Une question complexe, le climat est le résultat d'un grand nombre de paramètres et les forcages attribués à chacun sont mal connus. Les rétrocontrôles sont mal connus.
- Il semble que depuis quelques décennies, on note un changement des températures globales. On observe un système complexe, depuis trop peu de temps avec des paramètres biaisés.