

# Cours 1

La composition de l'atmosphère a t-elle  
changé à cause des activités humaines ?

# 1° Oui, l'atmosphère change

- **Courbe du CO<sub>2</sub> atmosphérique.**

La quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère n'a jamais été aussi élevée depuis qu'elle est mesurée à l'observatoire du Mauna Loa. En 2005, la concentration est de 380 ppmV. Le CO<sub>2</sub> a augmenté de 100 ppmV en 250 ans (36%). 50 ppmV depuis 1970. La concentration pré-industrielle est de 275-285 ppmV. Sur la période 1960-2005, la taux d'augmentation est de 1,4 ppm/an.

Ces mesures sont dues à un réseau de 50 stations automatiques dispersées sur le globe et entretenues par la NOAA. Voir le Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) et le World data center for Greenhouse gases (WDCGG). Voir sites web.

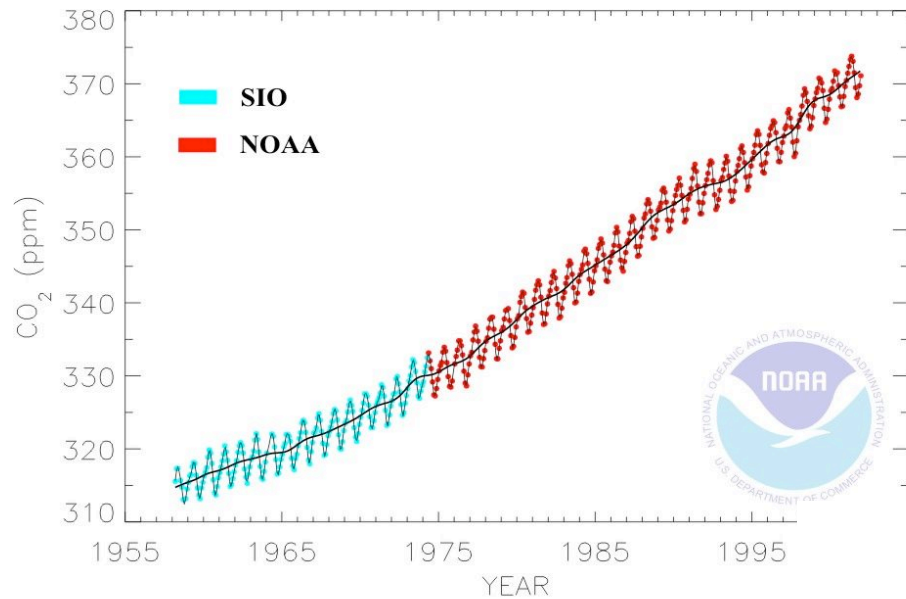
- **D'autres augmentations**

Les gaz du protocole de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFC). La quantité de méthane CH<sub>4</sub> augmente. 1,77 ppb en 2007. La teneur préindustrielle est de 400 à 700 ppb. Baisse du taux d'augmentation. N<sub>2</sub>O augmente également. Niveau pré-industriel de 270, actuel est de 320 ppb. Parmi les autres, l'augmentation des CFC se ralenti, L'ozone stratosphérique augmente.

- **Des baisses.**

La quantité d'oxygène baisse

## Mauna Loa Monthly Mean Carbon Dioxide



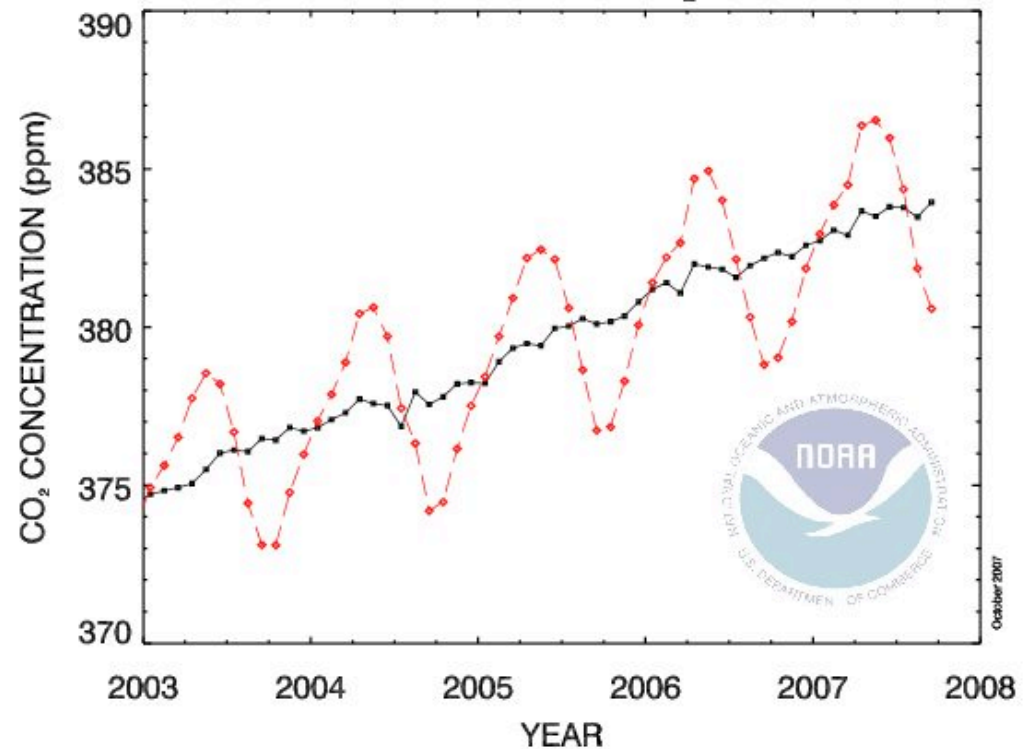
Atmospheric carbon dioxide monthly mean mixing ratios. Data prior to May 1974 are from the Scripps Institution of Oceanography (SIO, cyan), data since May 1974 are from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, red). A long-term trend line is shown. Principal investigators: Dr. Pieter Tans, NOAA CMDL Carbon Cycle Greenhouse, Colorado, (303) 497-6678, ptans@cmdl.noaa.gov, and Dr. Charles D. Keeling, SIO, La Jolla, California, cdkeeling@ucsd.edu.

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

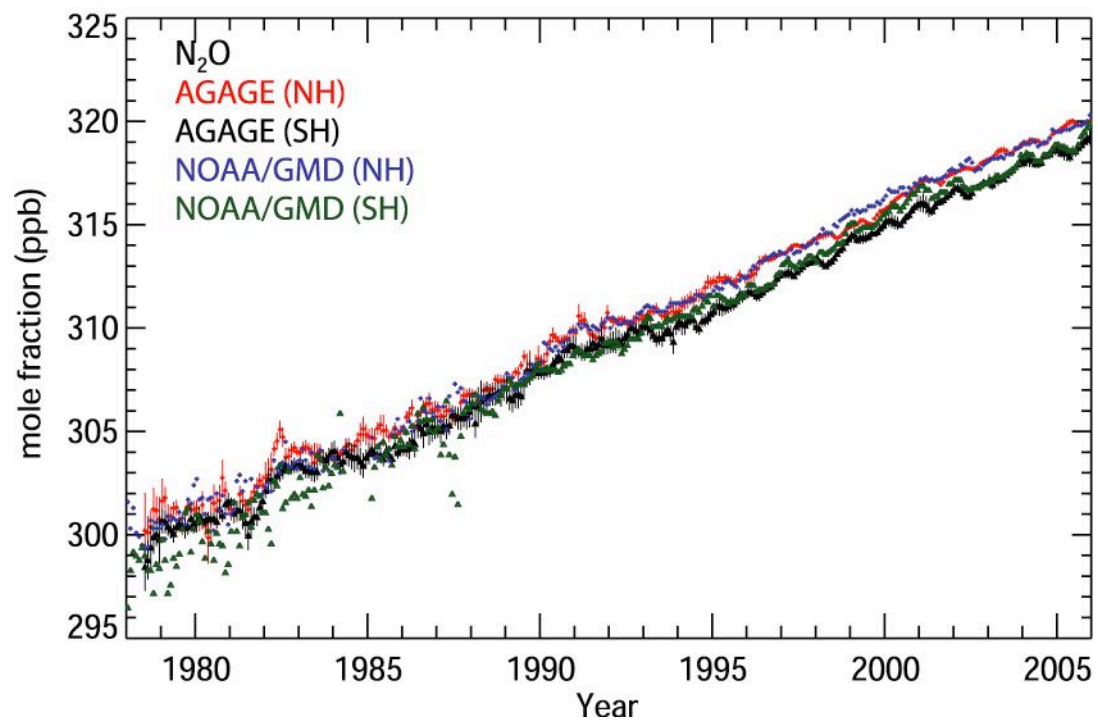
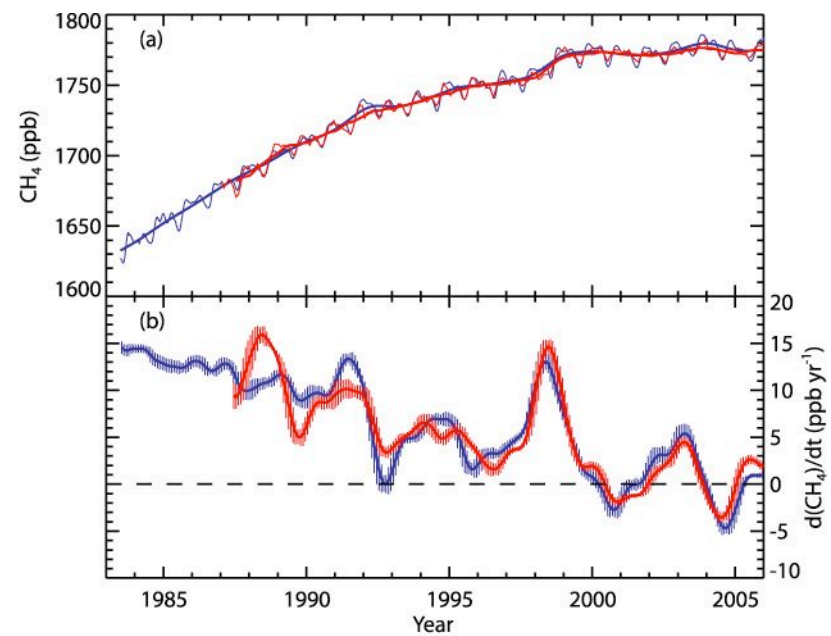
Site de la NOAA



## RECENT MONTHLY MEAN CO<sub>2</sub> AT MAUNA LOA



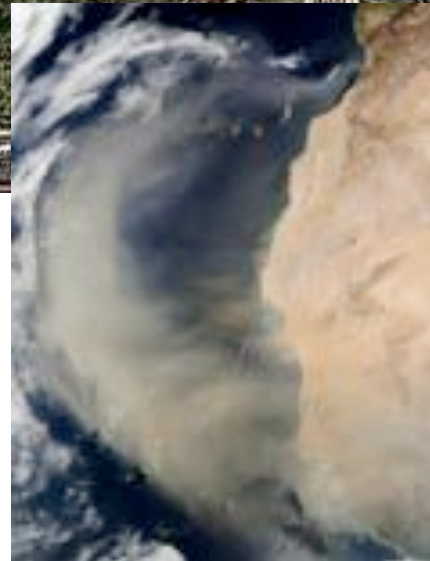
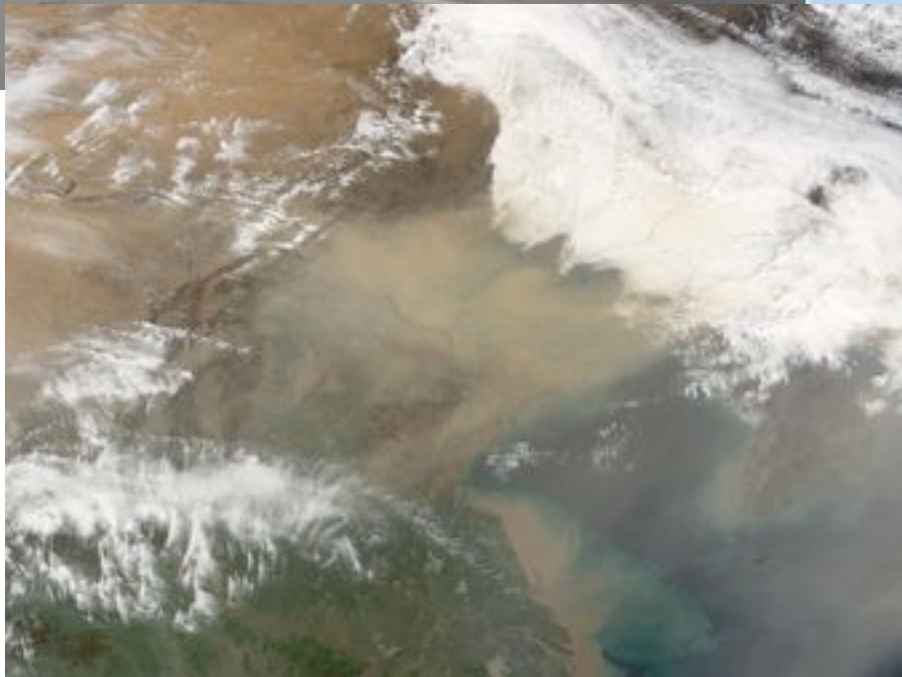
October 2007



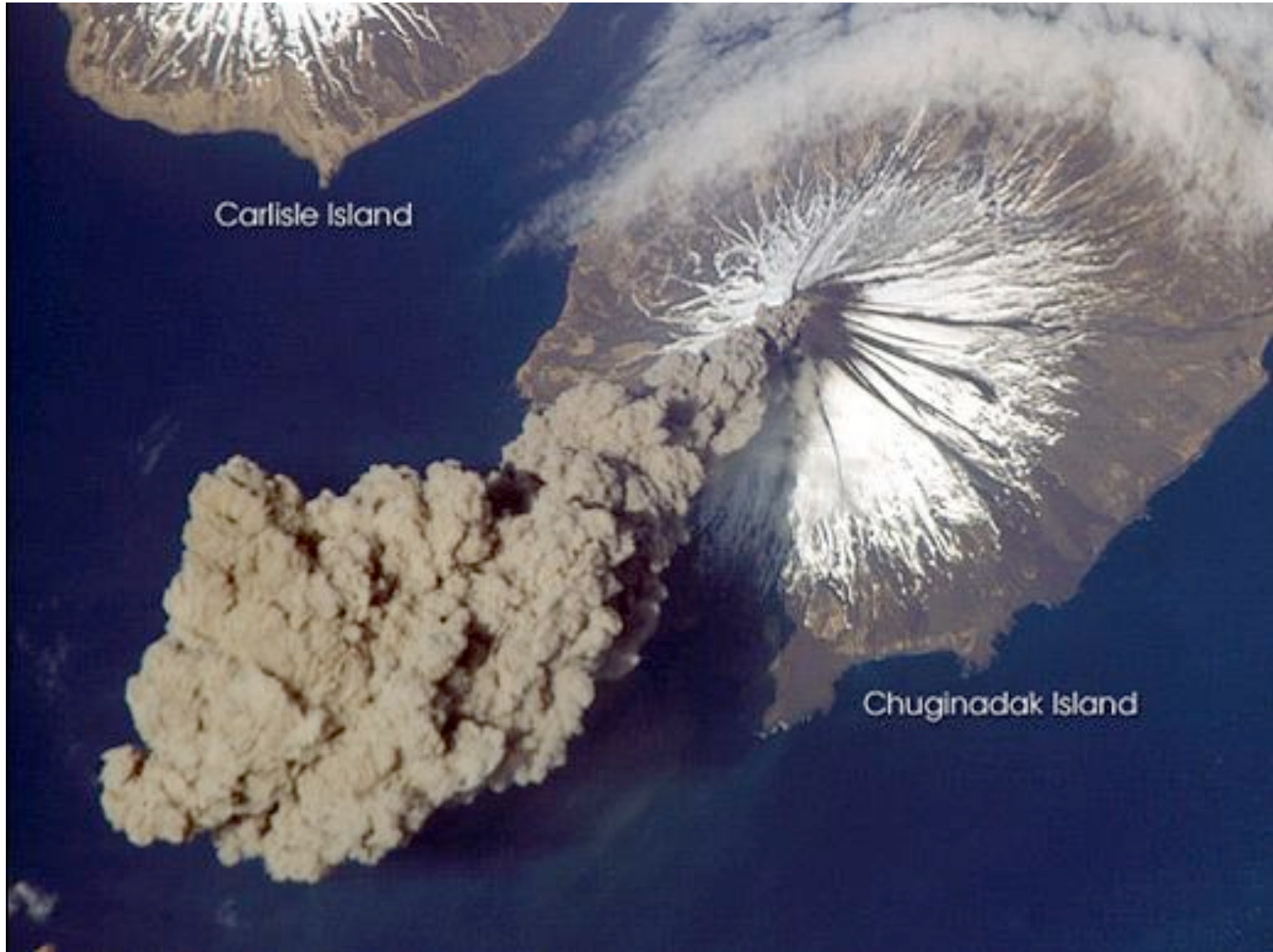
# Les aérosols

- Particules en suspension dans l'air, ils dispersent et absorbent les radiations énergétiques. Acide sulfurique, nitrate d'ammonium, carbone organique, suie (black carbon), aérosols minéraux. Les quantités et les propriétés des aérosols sont mesurés par satellite et par des mesures au sol. Carte de la profondeur optique de l'atmosphère.
- Les changements des concentrations en aérosols sont très difficiles à obtenir. En Europe, la concentration en aérosols a diminué au cours des 50 dernières années.

# Profondeur optique et aérosols



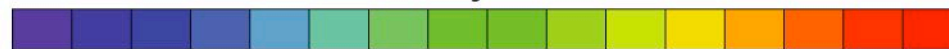
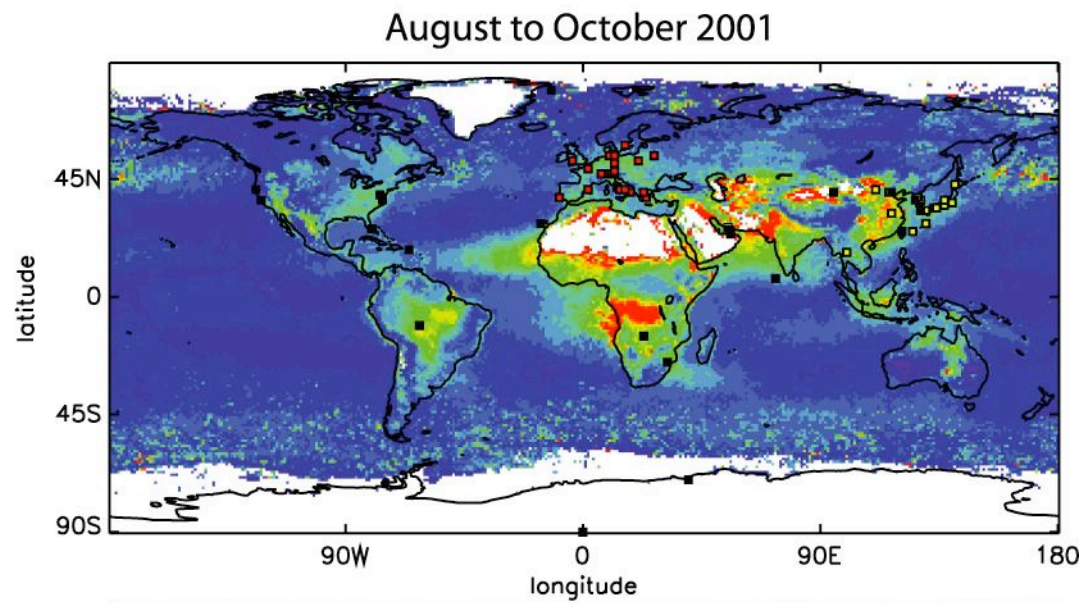
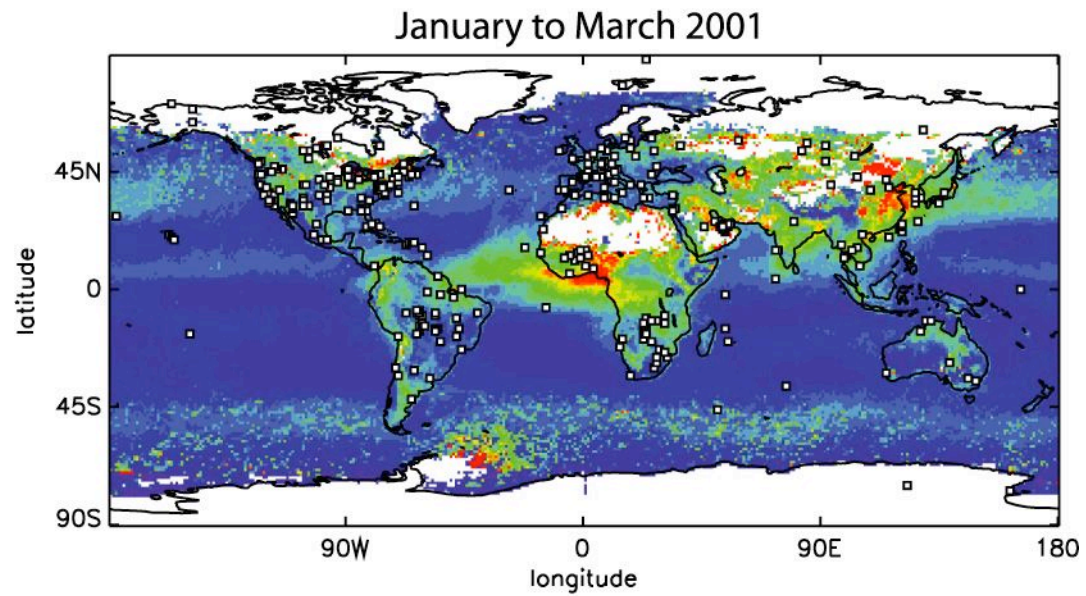




Carlisle Island

Chuginadak Island

# MODIS



0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7

Total Aerosol Optical Depth

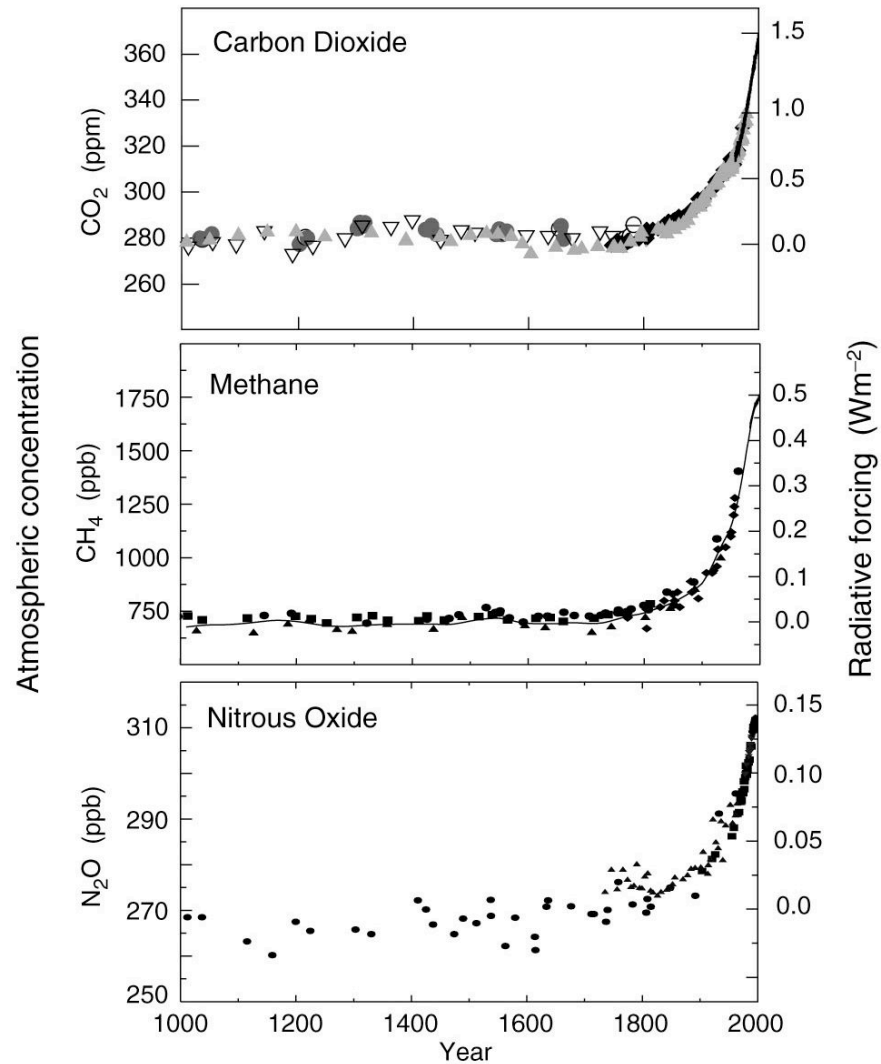


## 2° Oui, ces changements sont sans précédent

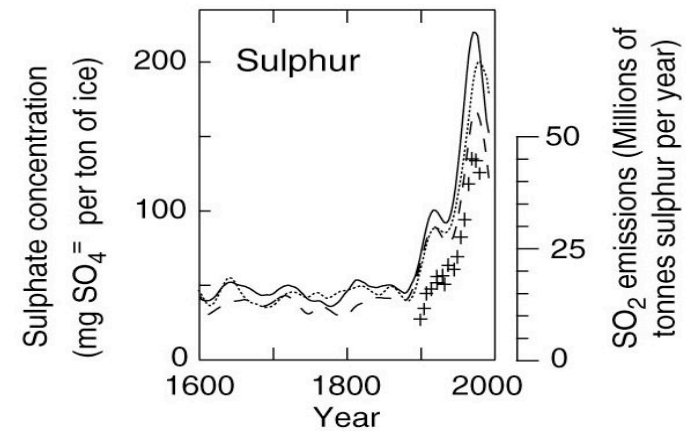
- Echelle de temps humaine
- Echelle de temps quaternaire
- Echelle de temps géologique

# Un changement de chimie de l'atmosphère sans précédent

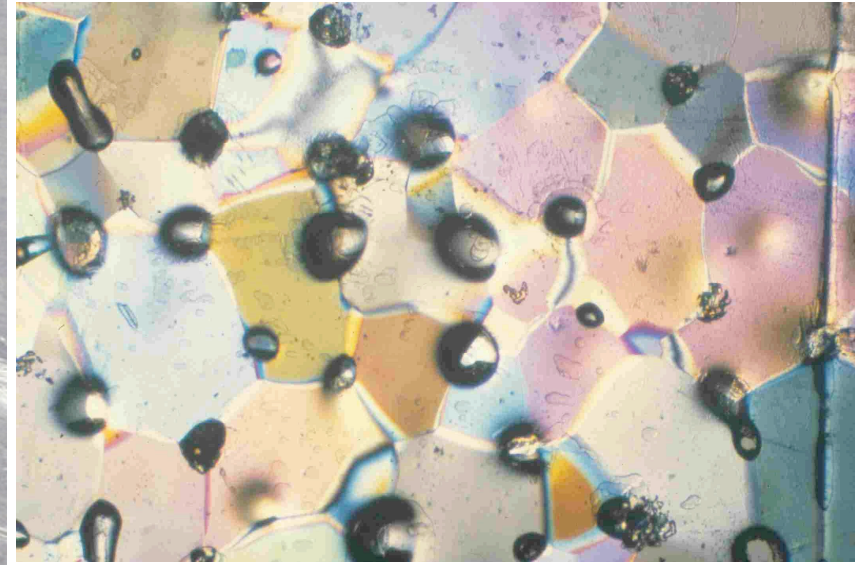
(a) Global atmospheric concentrations of three well mixed greenhouse gases



(b) Sulphate aerosols deposited in Greenland ice



# Vostok

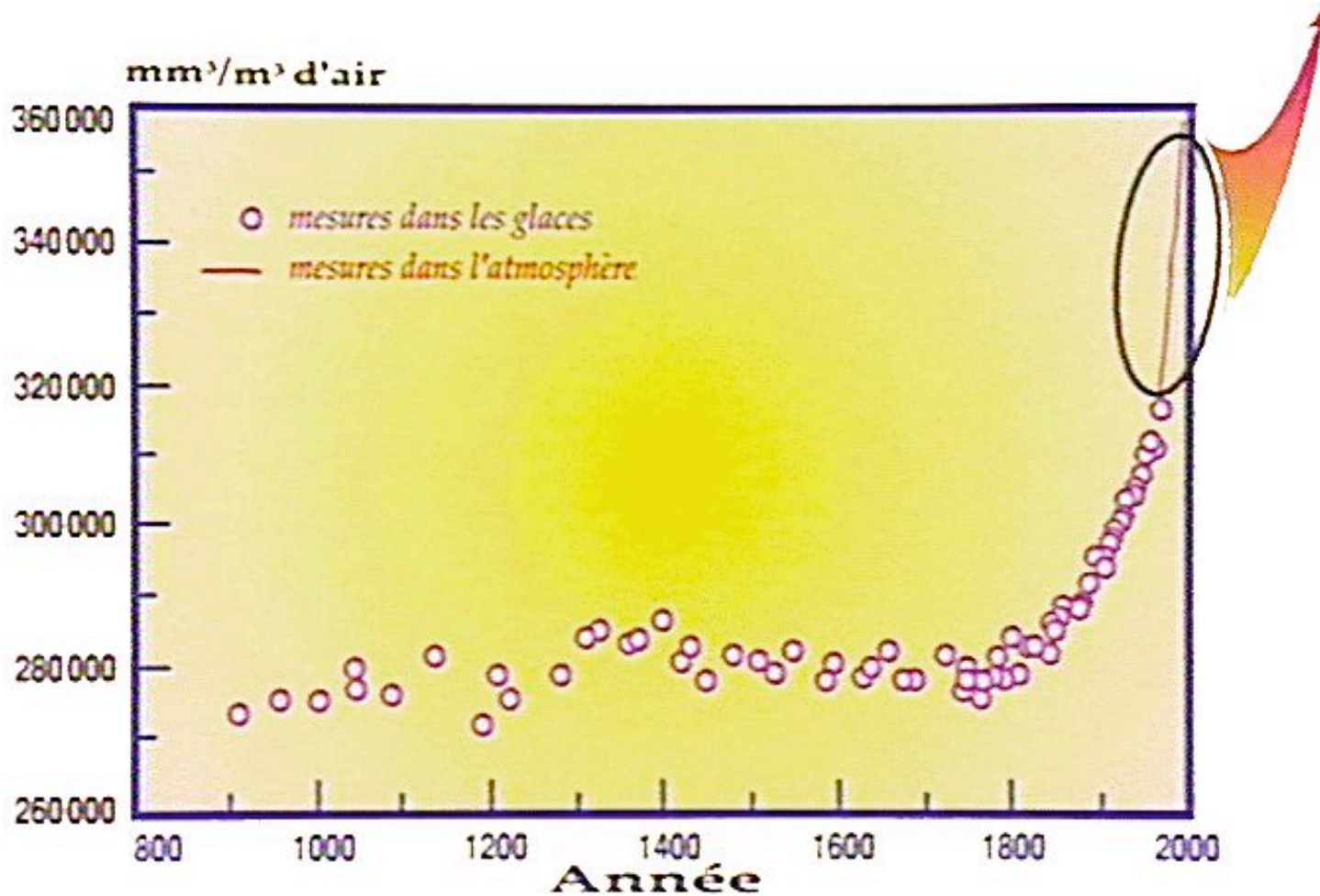


Projet  
EPICA

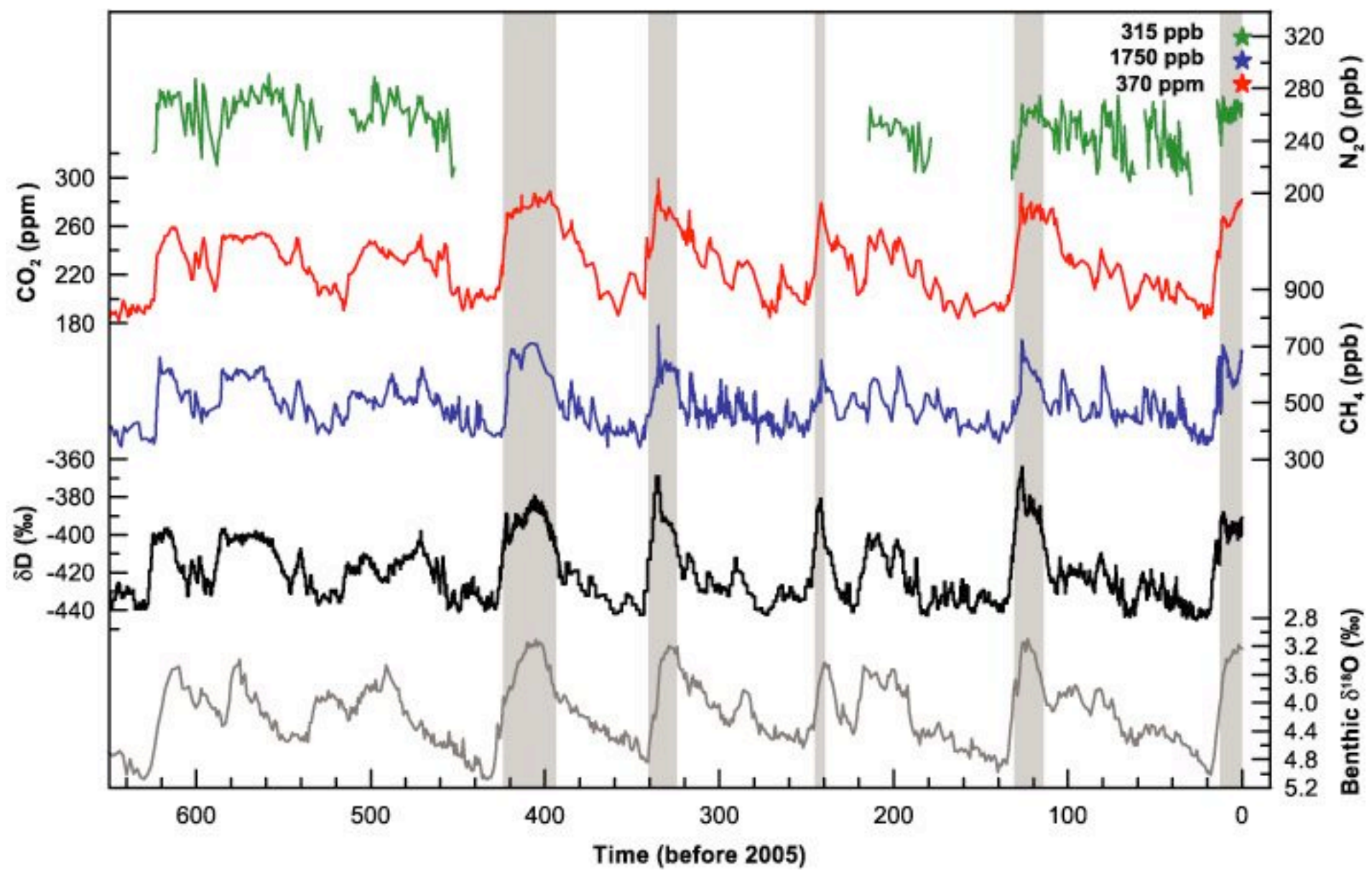


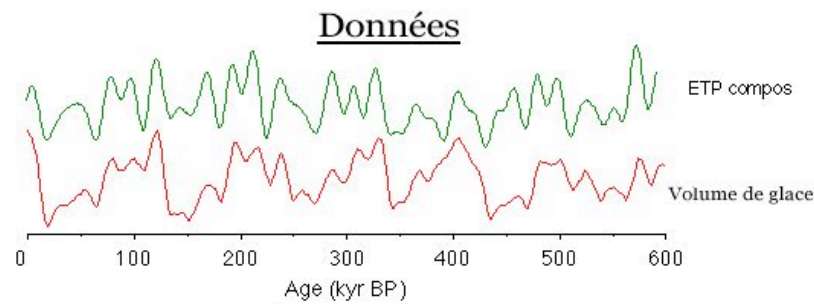


# Evolution du CO2 atmosphérique

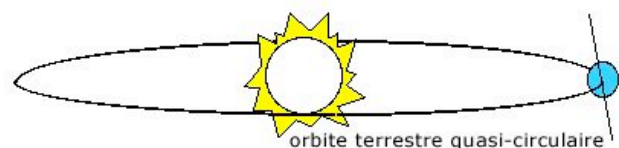








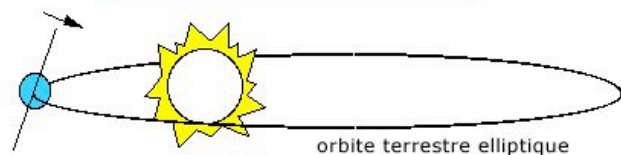
### Période glaciaire



Excentricité faible  
Inclinaison faible  
Grande distance Terre-Soleil en été

--> configuration orbitale favorisant une glaciation  
--> faible contraste entre les saisons

### Période inter-glaciaire



Excentricité forte  
Inclinaison forte  
Faible distance Terre-Soleil en été

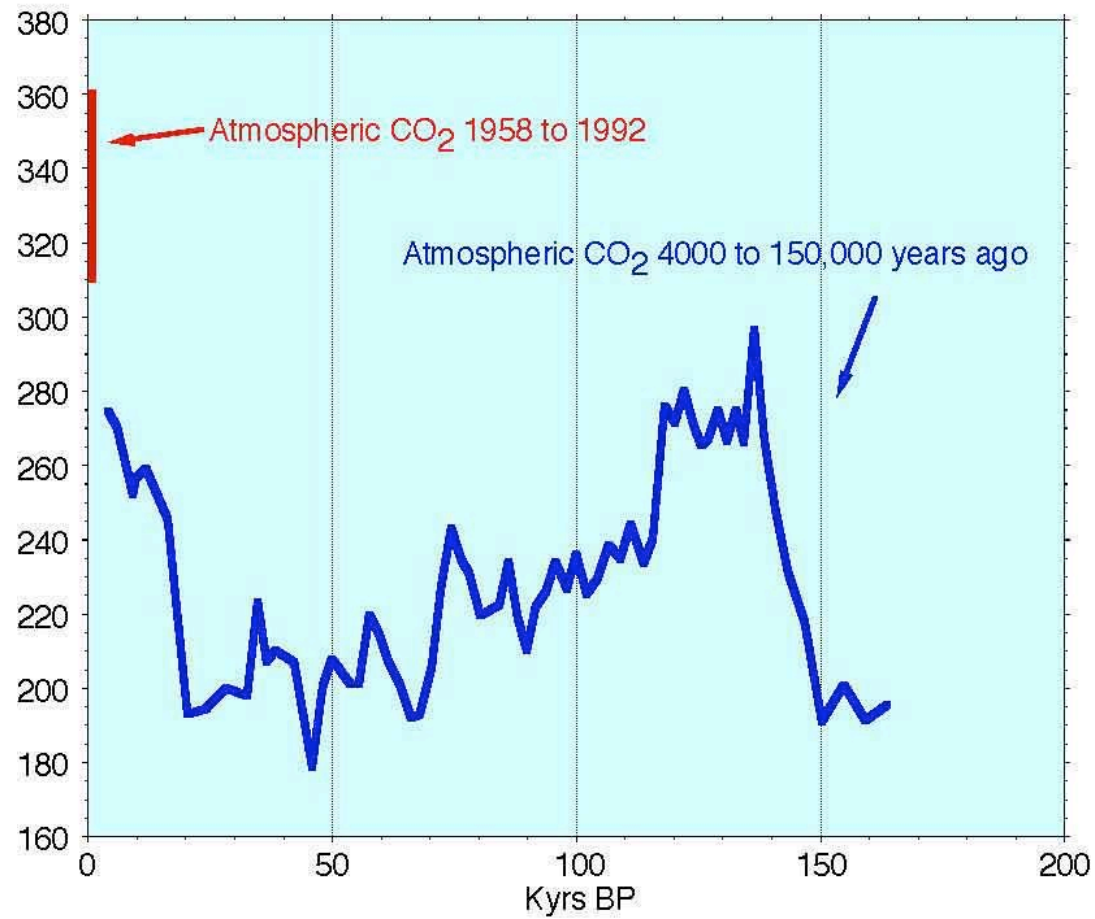
--> configuration orbitale favorisant une déglaciation  
--> saisons contrastées (étés plus chauds, hivers plus froids)

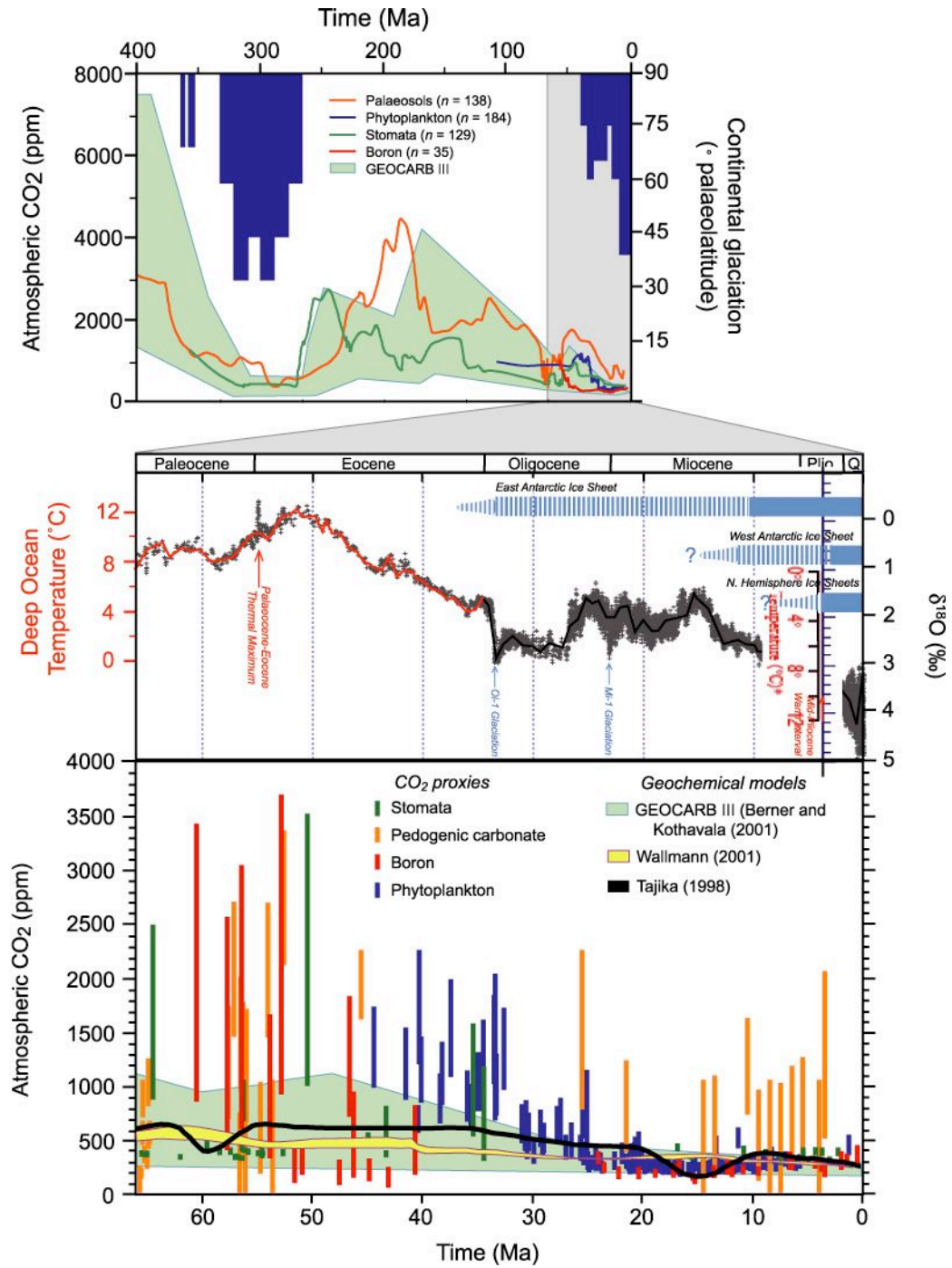
# Forçage orbital

- Théorie de Milankovitch
- Precession des équinoxes (19-23 kans), variations de l'excentricité de la Terre (100-400 kans et l'inclinaison de la Terre (41 j-kans)
- Pas le temps de le traiter :
- <http://planetterre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-milankovitch-2005-09-27.xml>

# Evolution du CO<sub>2</sub> atmosphérique

Geological and Anthropogenic Changes in Atmospheric CO<sub>2</sub>





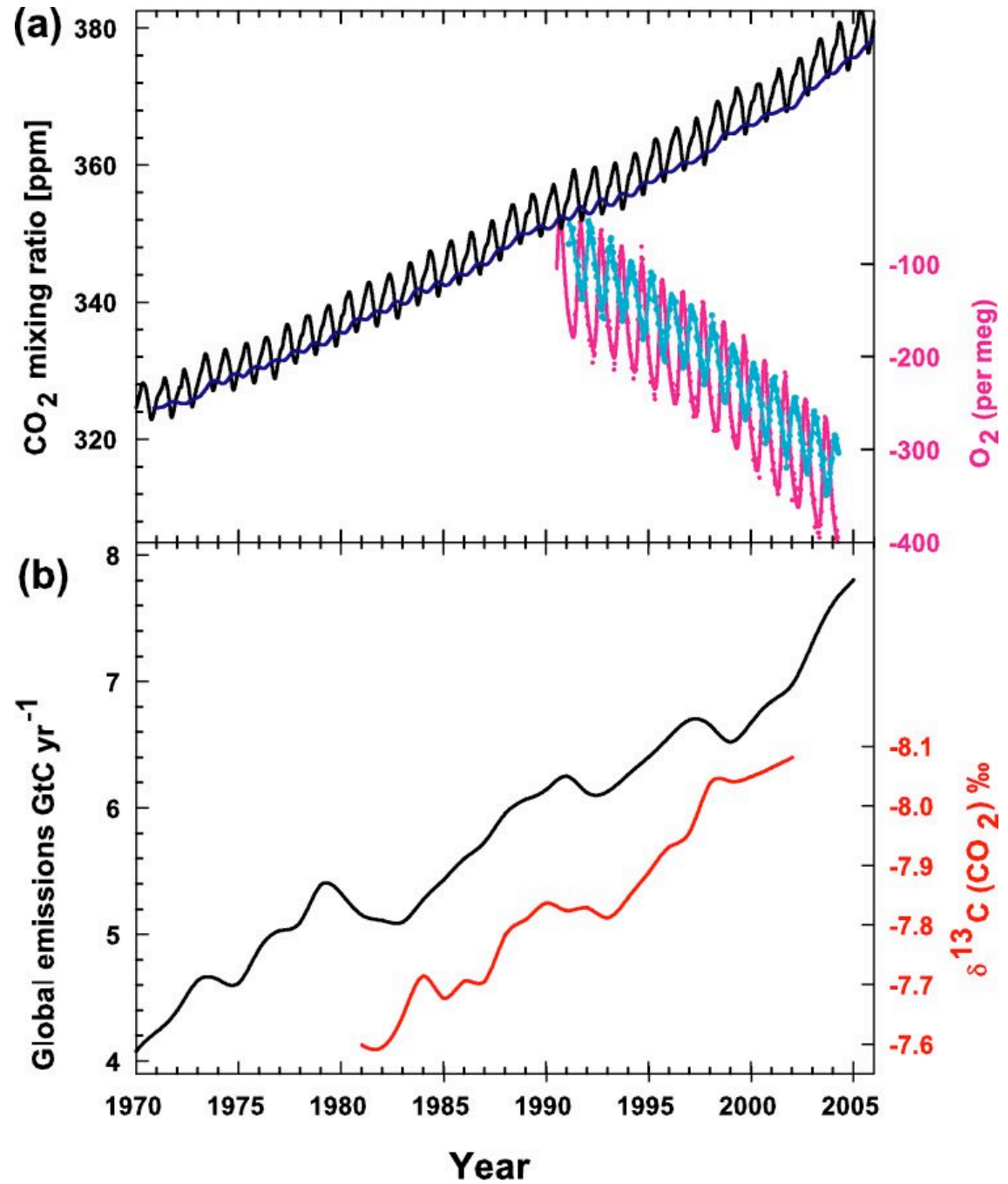


### 3° Oui, l'augmentation du CO<sub>2</sub> est d'origine humaine

- Emissions de carbone humaines, calcul basé sur la combustion des hydrocarbures
- Déforestation, ciments
- Pb de bilan
- Isotopes du carbone

Argument 1 :  
isotopes du C

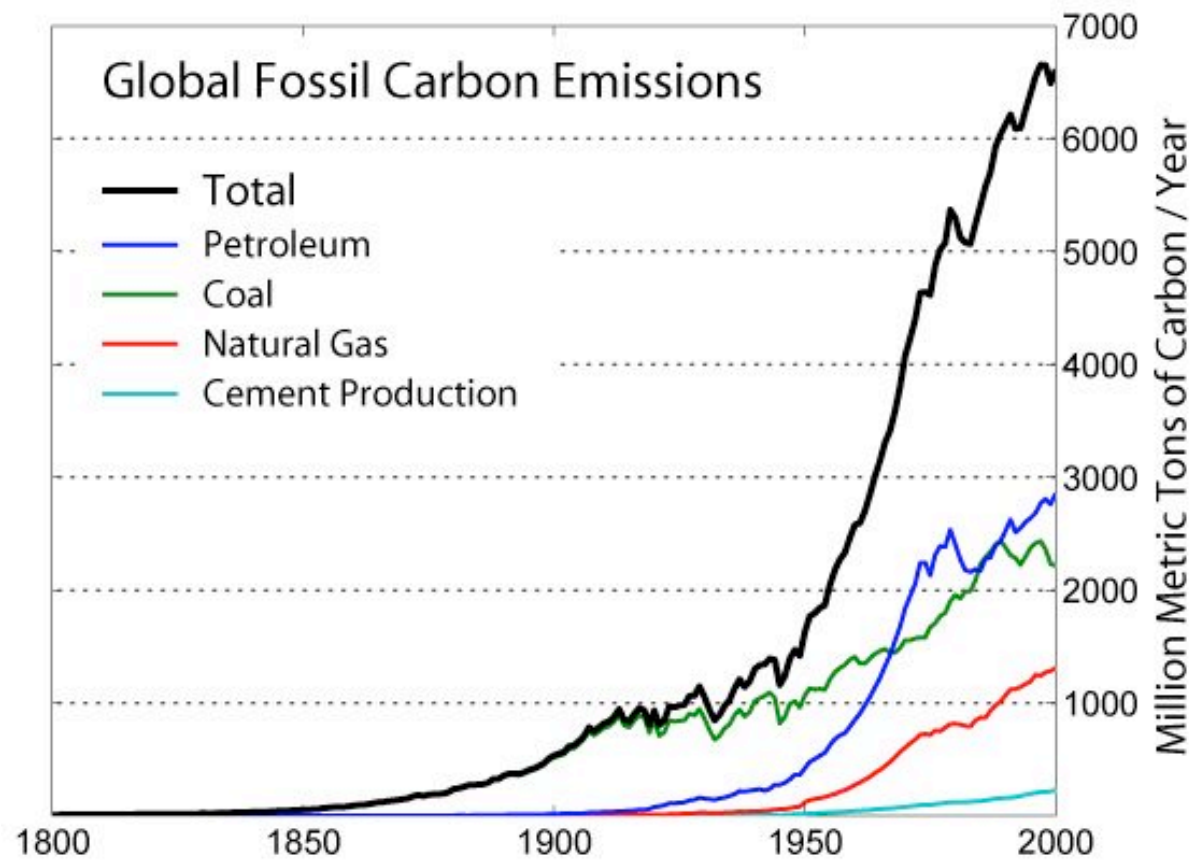
Argument 2 :  
l'oxygène



Argument 3 : calcul des émissions dues à la combustion des MO fossiles (MOF).

- Masse de l'atm et teneur en CO<sub>2</sub>:  $3,9 \cdot 10^9$  km<sup>3</sup> (masse :  $5,1 \cdot 10^{18}$  kg)
- La Pierre de Rosette (A. Nicolas) :
- 1 ppmV = 2,1 PgC. Selon une injection mécanique.

Emission de carbone: entre 1999 et 2005, 6,5  
à 7,8 GtC/an d'augmentation





# modélisation

- Avant 1950

$T=0$ ,  $Y = a.T$  avec (150, 1,3 GtC/an)

- Après 1950

(150, 1,3GtC) et (200, 7GtC)

Équations des droites

$Y = 0,00867T$  avant 1950

$Y = 0,114T - 15,8$  après 1950

Intégrale = émissions de 305 GtC, soit  $305/2,1 = 150$  ppmV en un siècle, ceci sans tenir compte des changements d'occupation des sols.

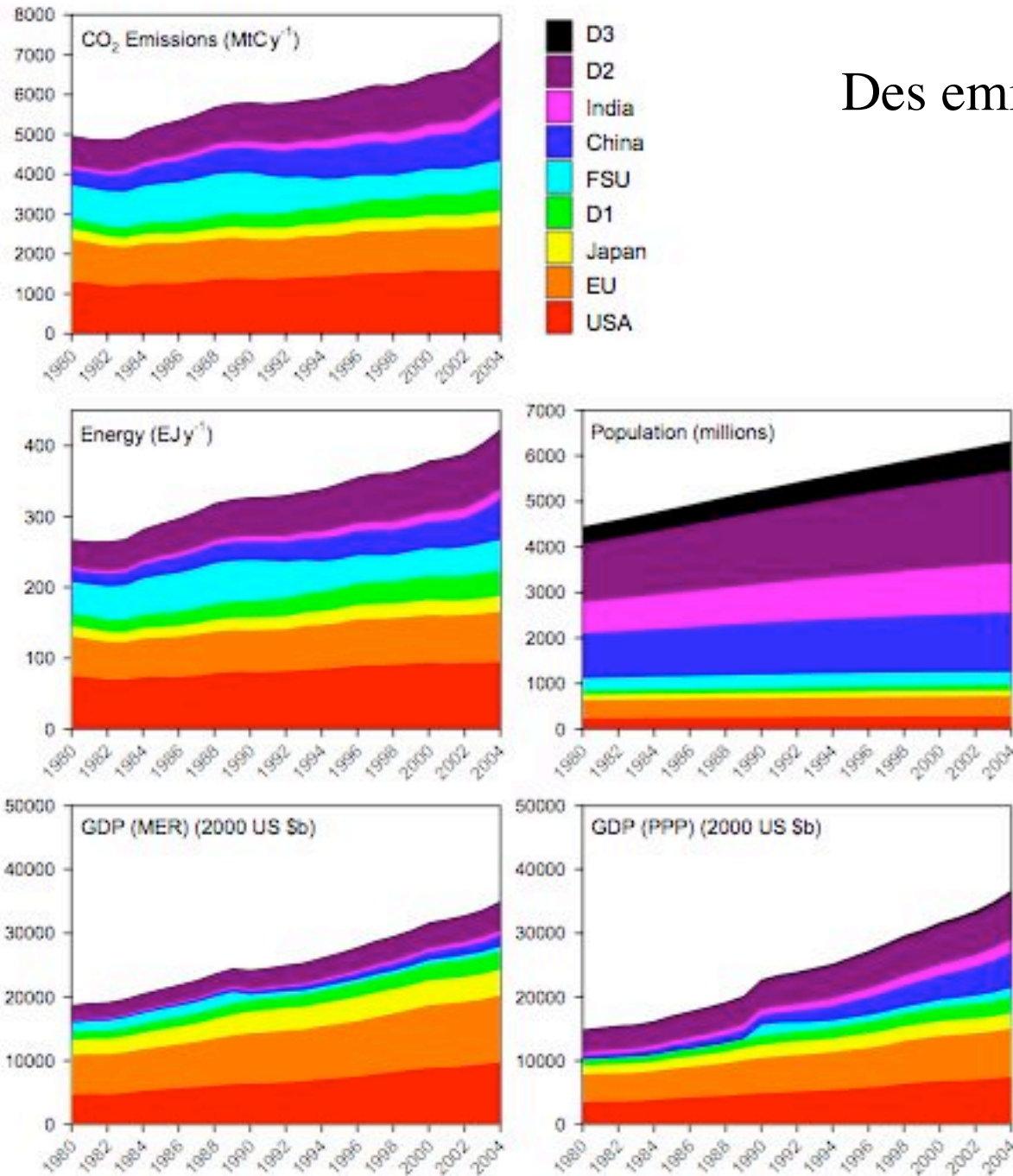
Les changements d'occupation des sols ont provoqué une émission de 156 GtC depuis 1850 (Brovkin et al., 2004).

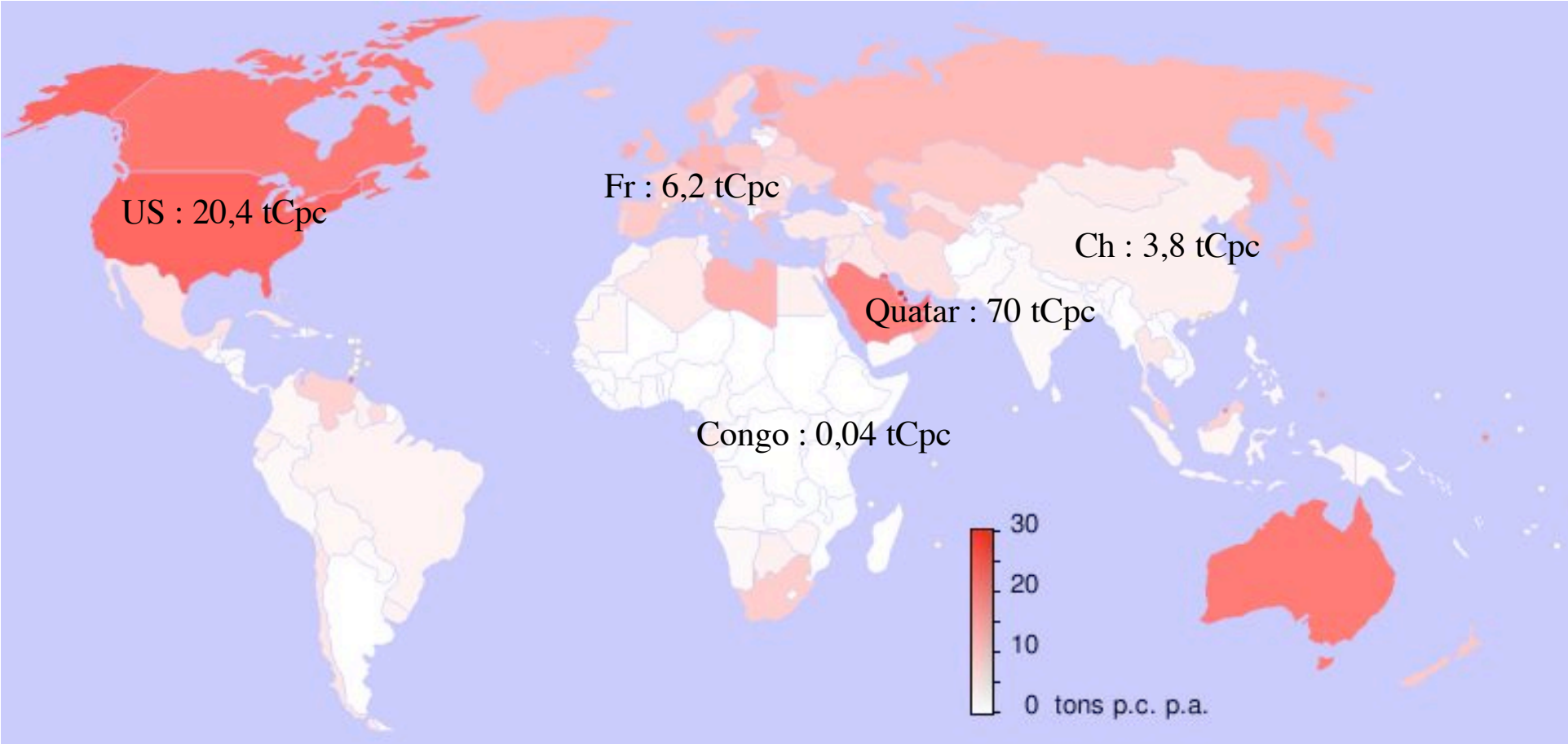
Donc le total injecté est  $156+305 = 460$  PgC.

# BILAN

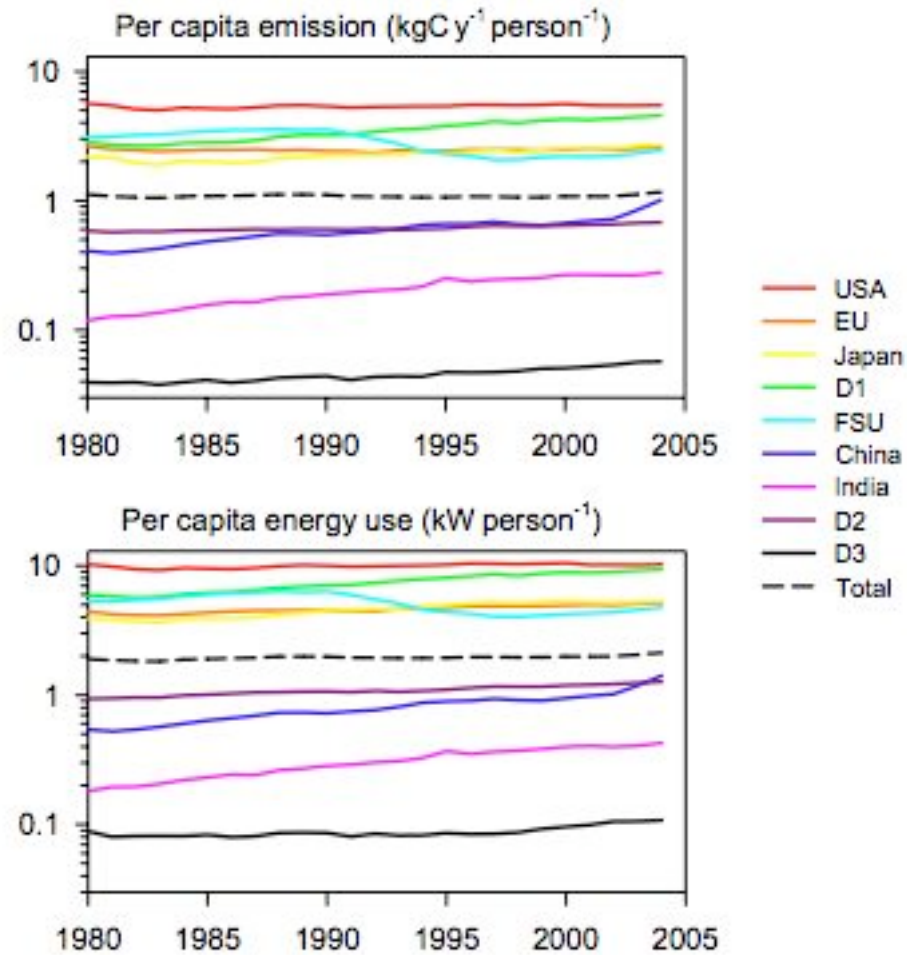
- 460 GtC = ppmV injectés = 220 ppm, 100 ppm mesurés: 50% du CO<sub>2</sub> injecté dans l'atmosphère y est resté.
- <http://www.pnas.org/cgi/content/full/0700609104/DC1#F6>
- In 2005, the cumulative global fossil-fuel emission of CO<sub>2</sub> was  $C(t) = 319$  GtC and the cumulative emission from the other major CO<sub>2</sub> source, land use change (J. G. Canadell, C.L.Q., M.R.R., C.B.F., E. T. Buitenhuis, et al., unpublished data) was 156 GtC (3). Of the total cumulative emission from both sources (»480 GtC), less than half (»210 GtC) has remained in the atmosphere, the rest having been taken up by land and ocean sinks (4). For the recent period 2000–2005, emission fluxes averaged 7.2 GtC y<sup>-1</sup> from fossil fuels and 1.5 GtC y<sup>-1</sup> from land use change; through this period the fossil-fuel flux grew rapidly at »3% y<sup>-1</sup>, and the land use change flux remained approximately steady. A time-dependent indicator of sink effectiveness is the airborne fraction, the fraction of the total emission flux from fossil fuels and land use change that accumulates in the atmosphere each year. Recent work (J. G. Canadell, C.L.Q., M.R.R., C.B.F., E. T. Buitenhuis, et al., unpublished data) shows that the airborne fraction has averaged 0.44 for the period 1959–2005, increasing slightly through those 47 years to an average of 0.48 for 2000–2005. This implies a slight weakening of land and ocean sinks relative to total emissions.

## Des émissions inégales





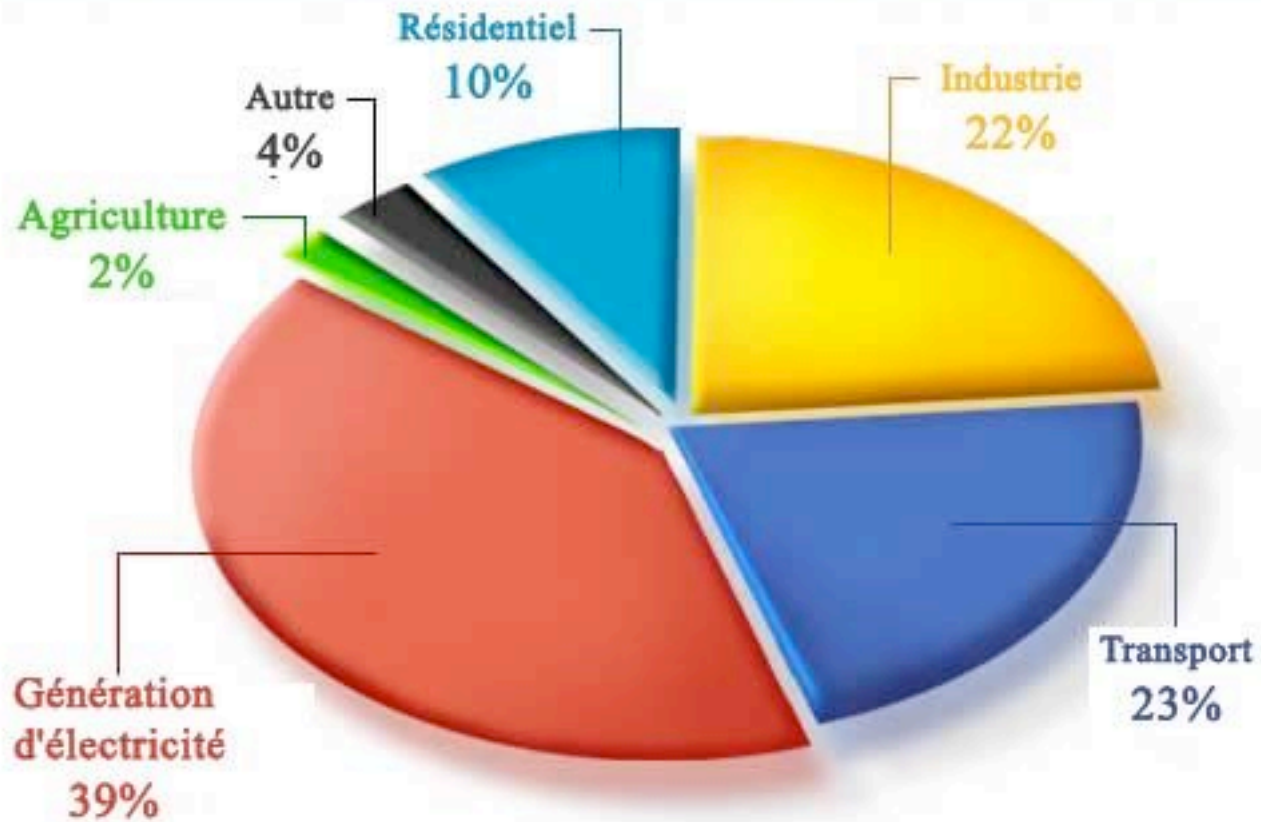




Le lien avec la  
dépense énergétique

Et la constance des  
émissions per capita

## Production de dioxyde de carbone par secteur



## Argument 4 : Argument final : les isotopes du carbone

- Isotopes du carbone
- Carbone 14
- Exercice à rendre:

On donne l'évolution de la composition isotopique du carbone dans l'atmosphère depuis 1980 (cf plus haut). Les matières organiques fossiles comme actuelles sont enrichies en  $^{12}\text{C}$  (composition de -20 à -30‰). Comme expliquez vous la courbe? Est elle compatible avec les chiffres des émissions de carbone par la combustion des matières organiques fossiles et les changements d'occupation des sols (la composition isotopique de l'océan est de 0 à 5 ‰).

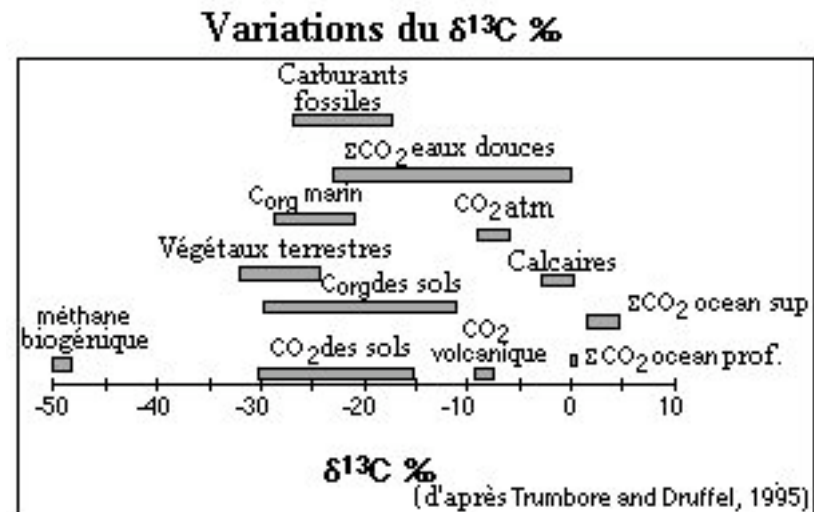
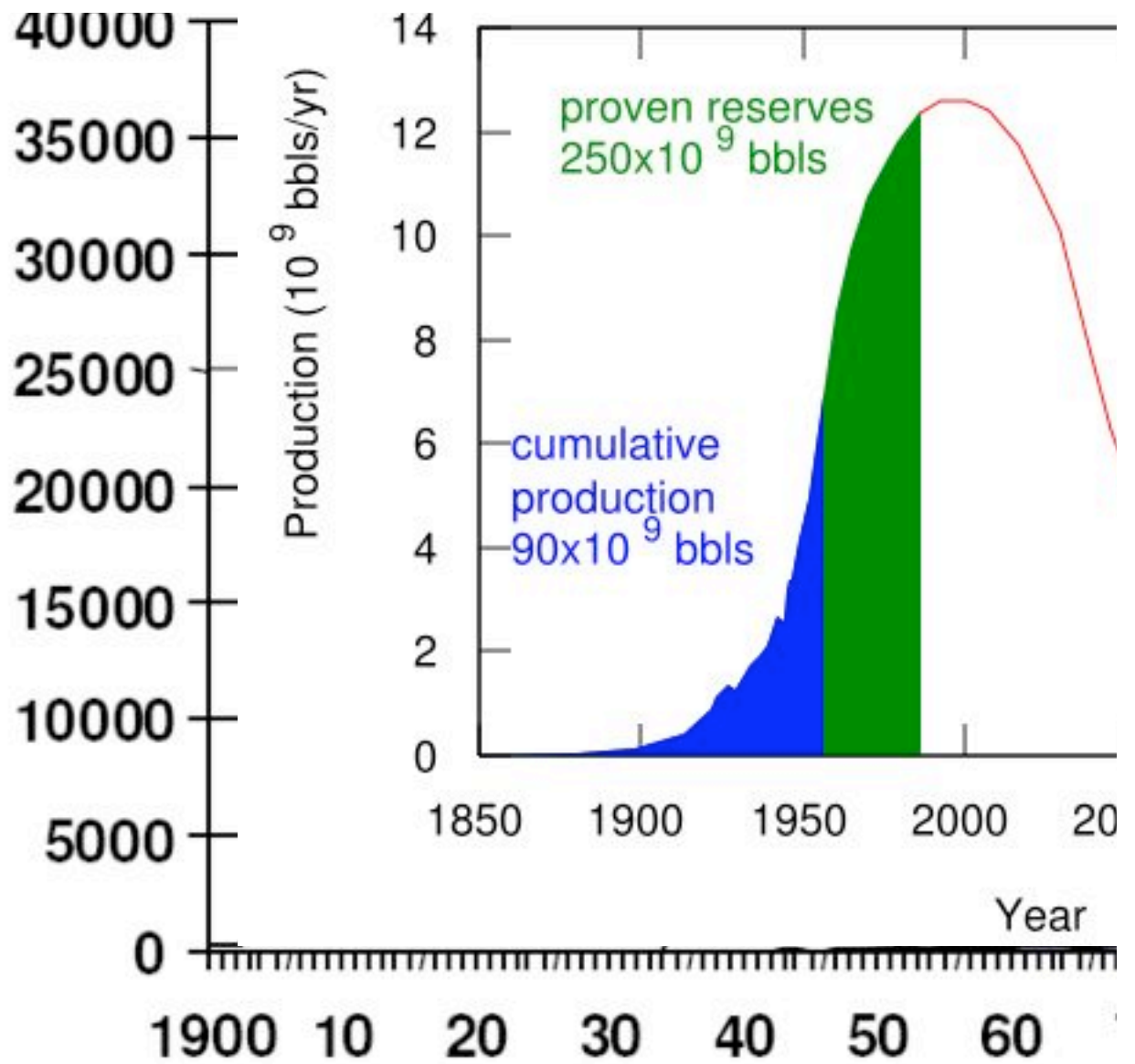


Figure 1 : Intervalles de variation du  $\delta^{13}\text{C}$  dans différentes formes du Carbone. Ces variations sont le résultat de différents mécanismes de fractionnement isotopique.

Hubbert peak  
theory wiki



Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)  
OGJ, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)