



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UMR 5204



LE POINT SUR... LE PASSÉ CLIMATIQUE DE LA PLANÈTE

**De la théorie astronomique des climats
aux surprises climatiques : preuves et mécanismes**

Marc DESMET, UMR CNRS 5204

Un gros orage c'est...

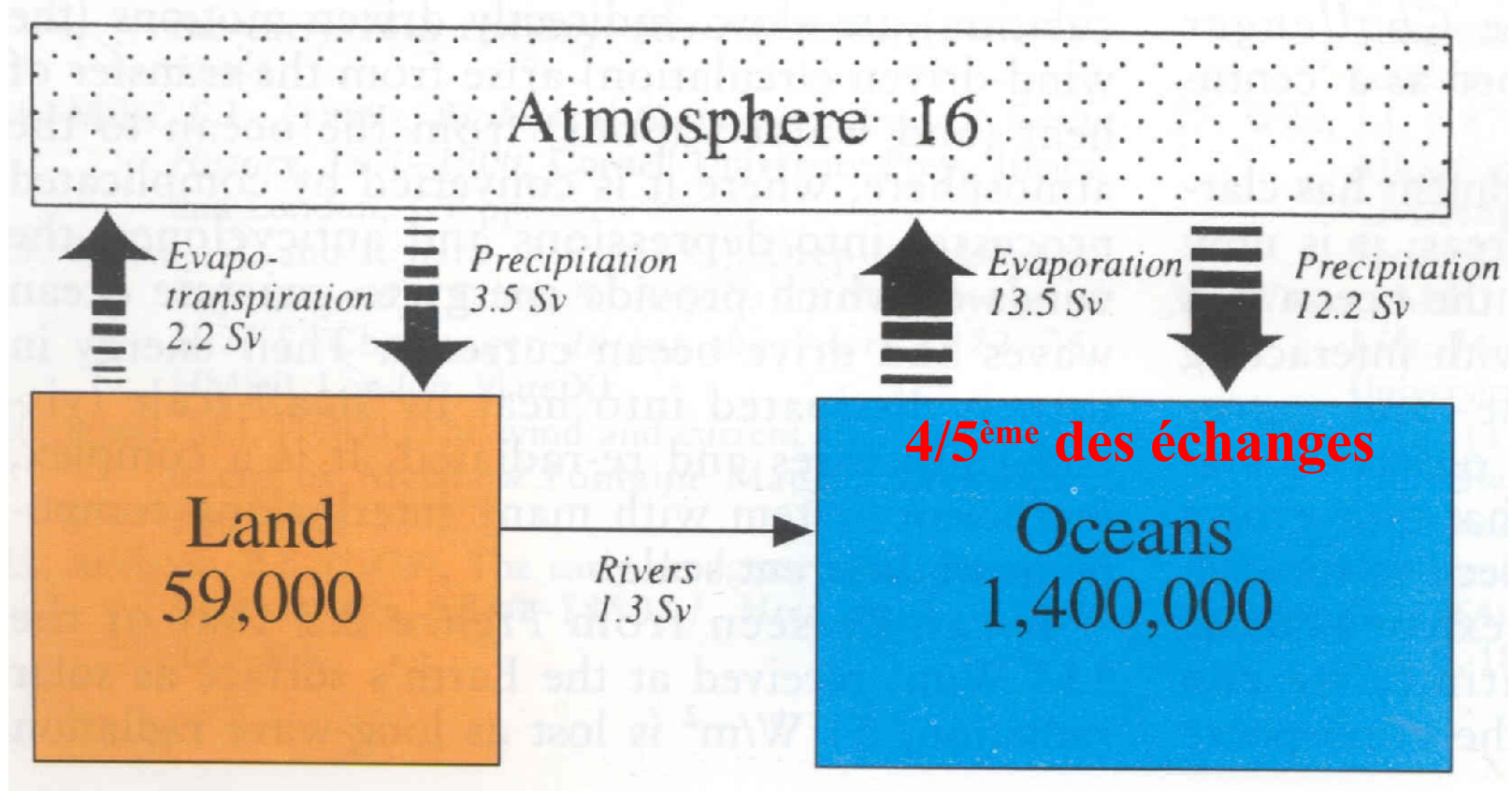
5 cm de pluies sur 10 km² : 500 000 Tonnes d'eau

Lors de la condensation à partir de la vapeur d'eau atmosphérique...
(le changement d'état gaz/solide libère de l'énergie)

L'orage libère 1.27 10⁶ J/Kg : 1220 milliards de KJ

100 Kilotonnes d'équivalent TNT
Hiroshima : 15 KT, Nagasaki : 20 KT

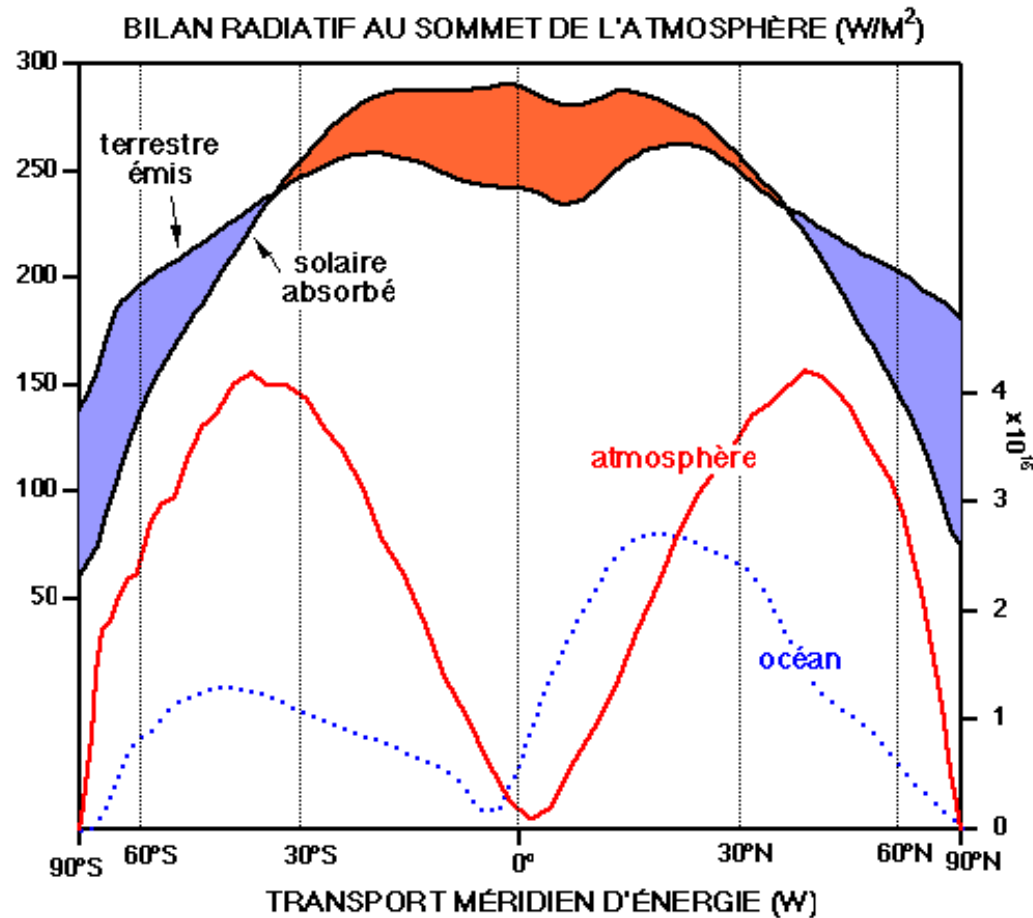
L'eau (et ses changements d'état) dans les réservoirs (10^3 km^3) et les flux (Sv)



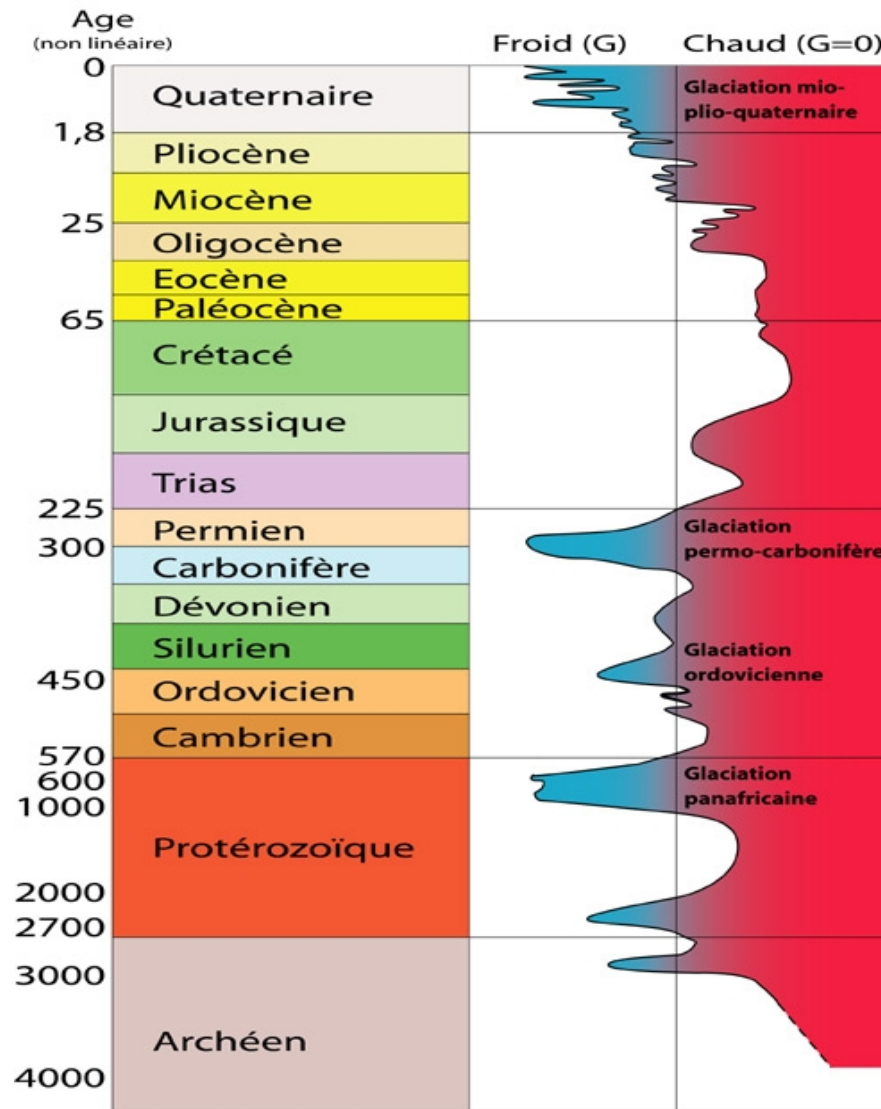
1 sverdrup : $1 \text{ M m}^3/\text{s}$

Le système climatique....

un moteur des échanges méridiens de chaleur



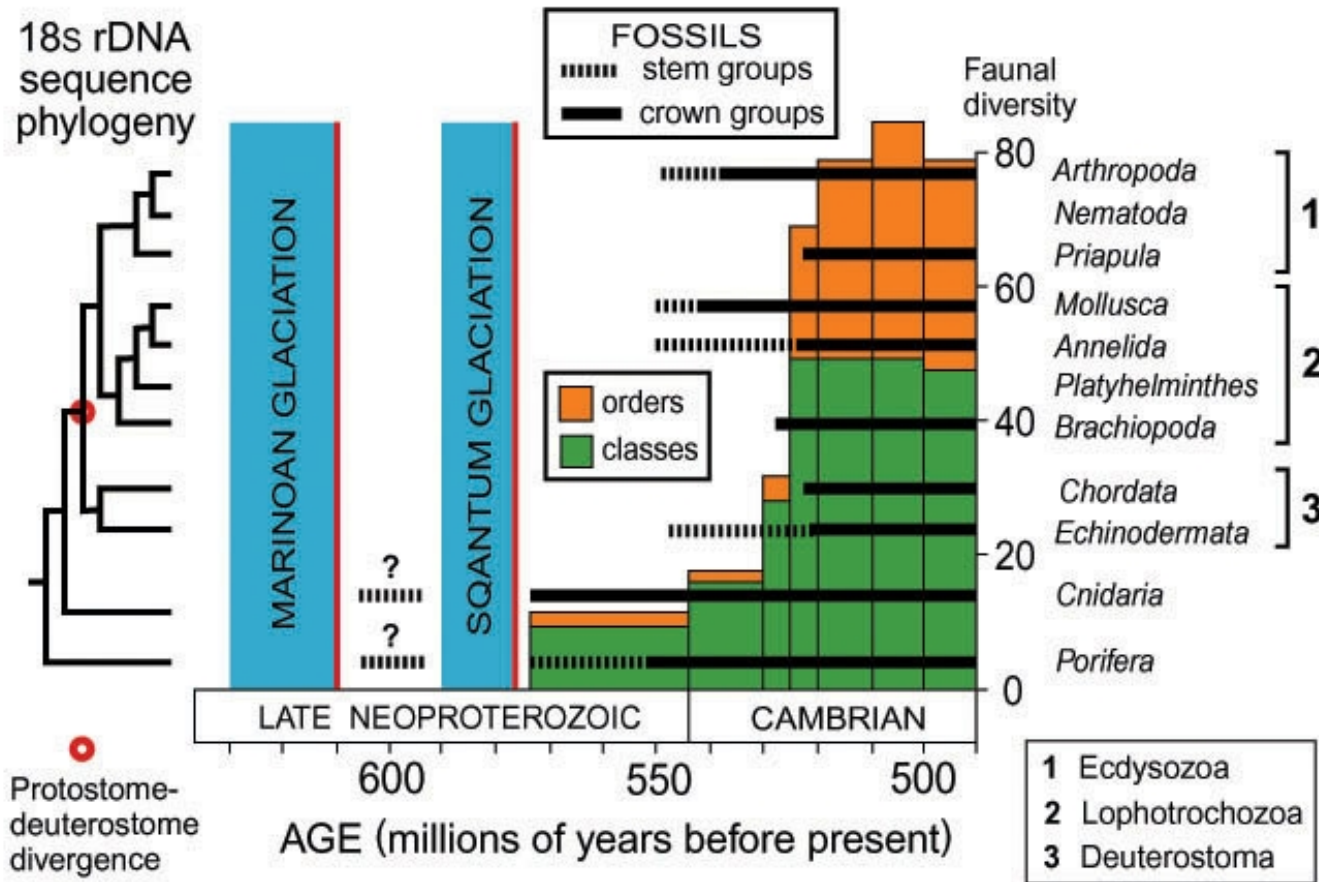
Les grands coups de froids de la planète

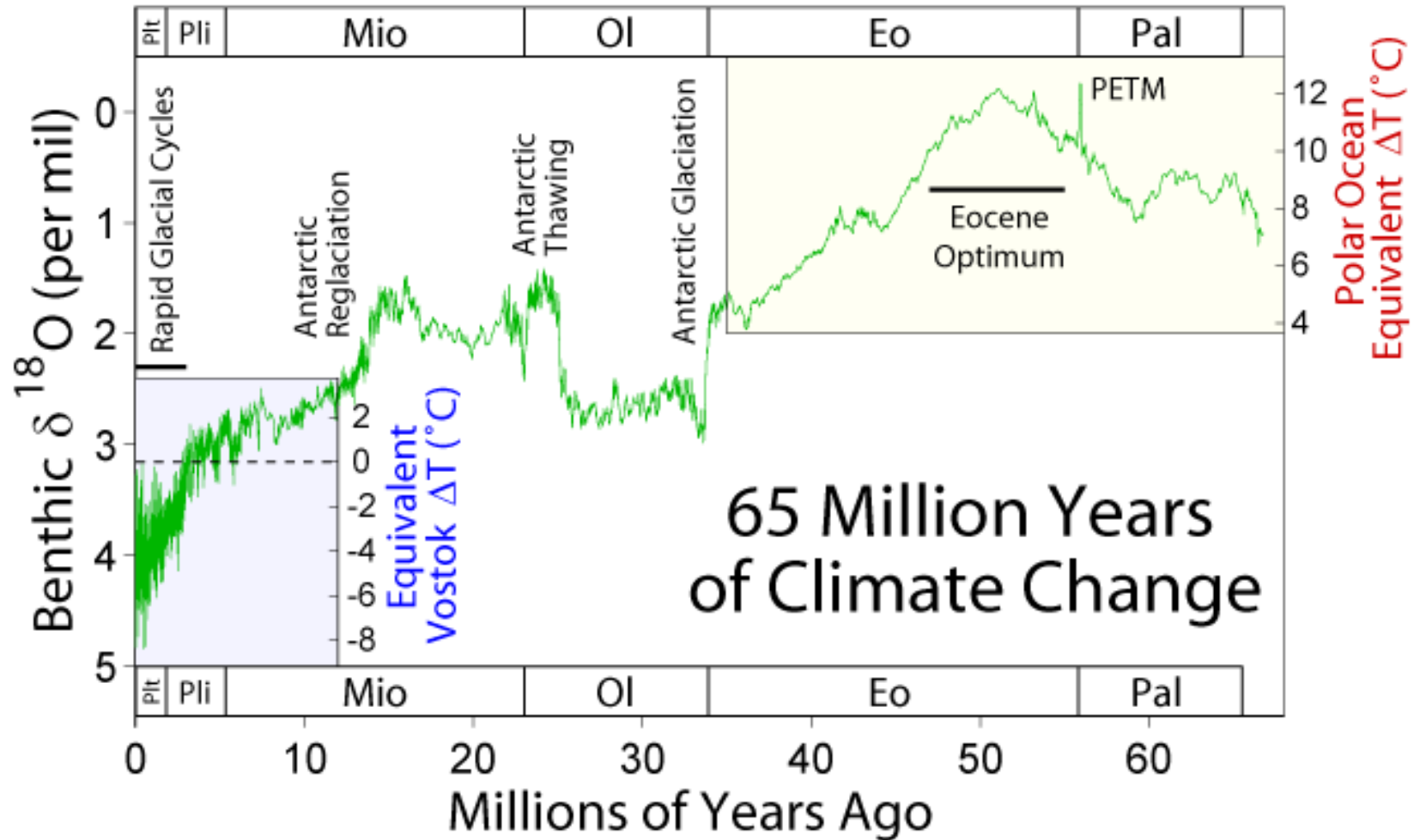


Dessin A. Paillet, Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM

Evolution de la température moyenne (Frakes 1979)

L'explosion des métazoaires, contemporaine de la déglaciation néoprotérozoïque

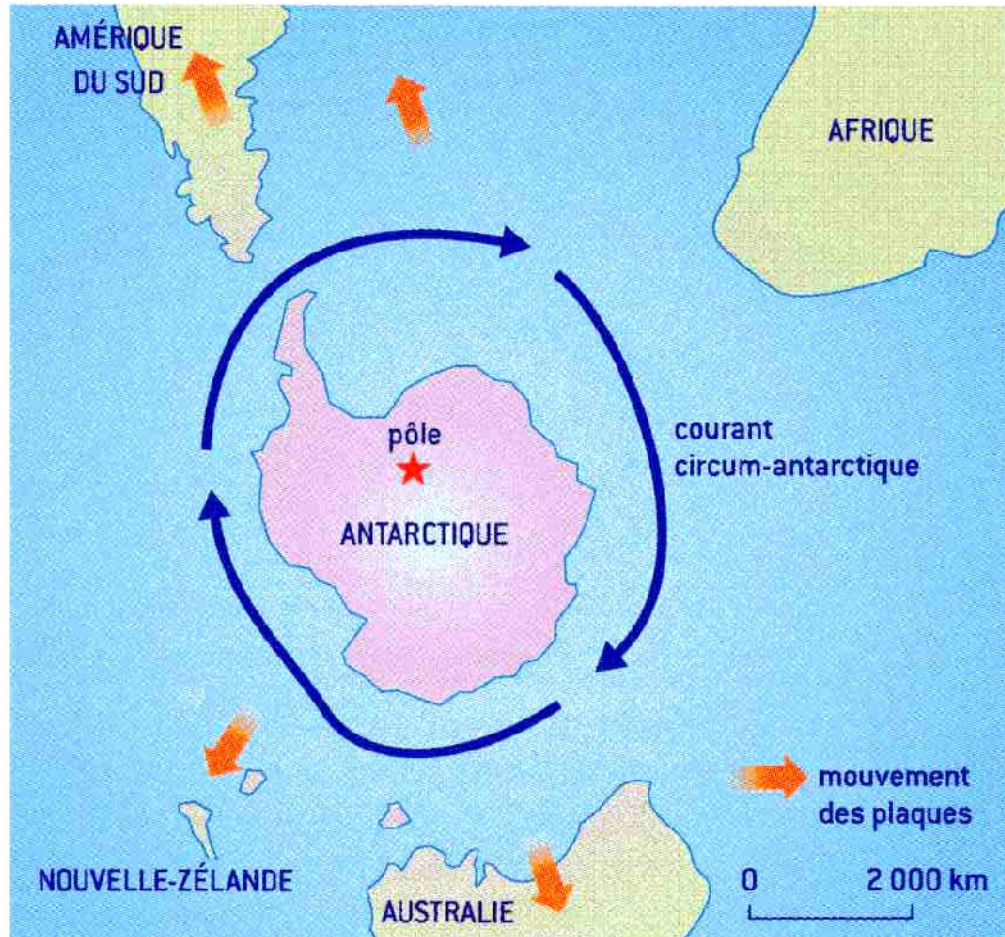




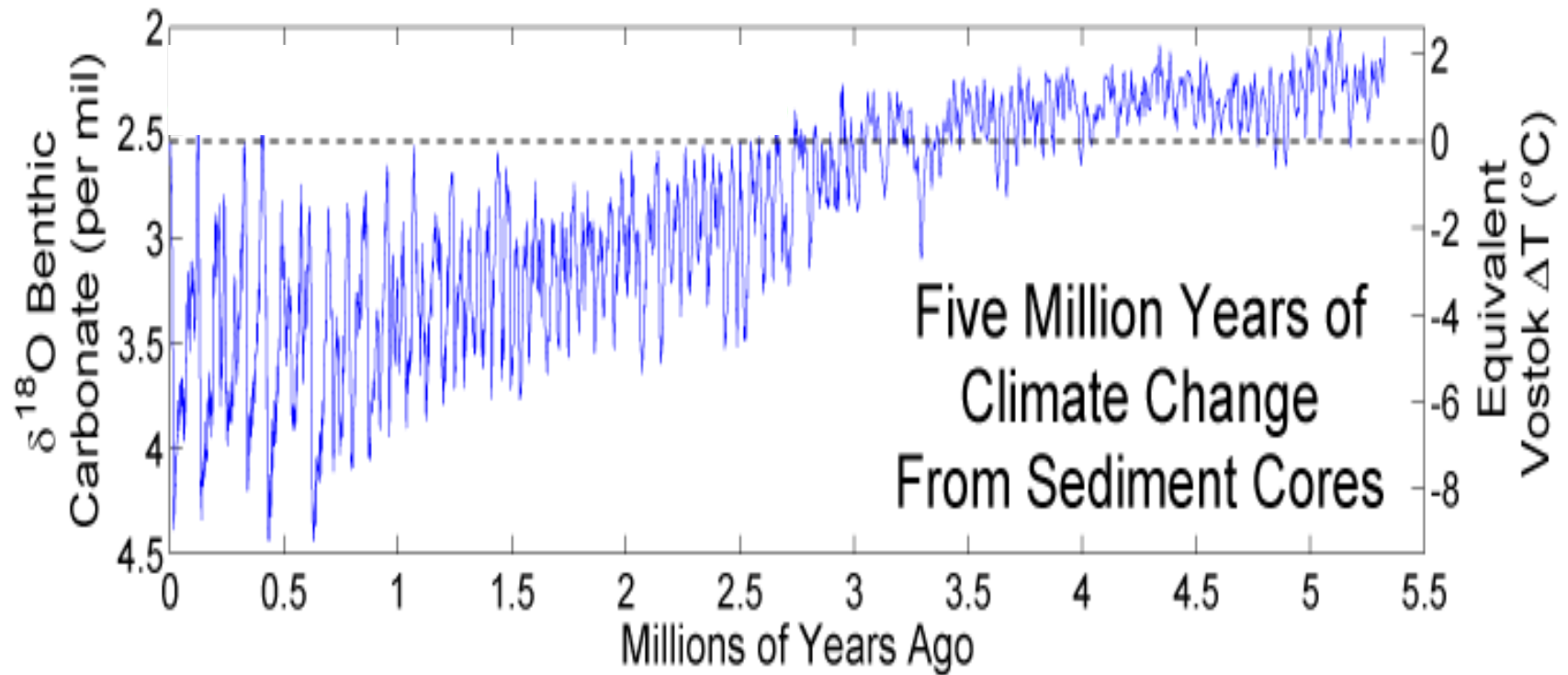
Zachos et al., 2004

L'ouverture du Passage de Drake et la mise en glace Antarctique

(Ruddiman, 2002 ; Trompette, 2003)



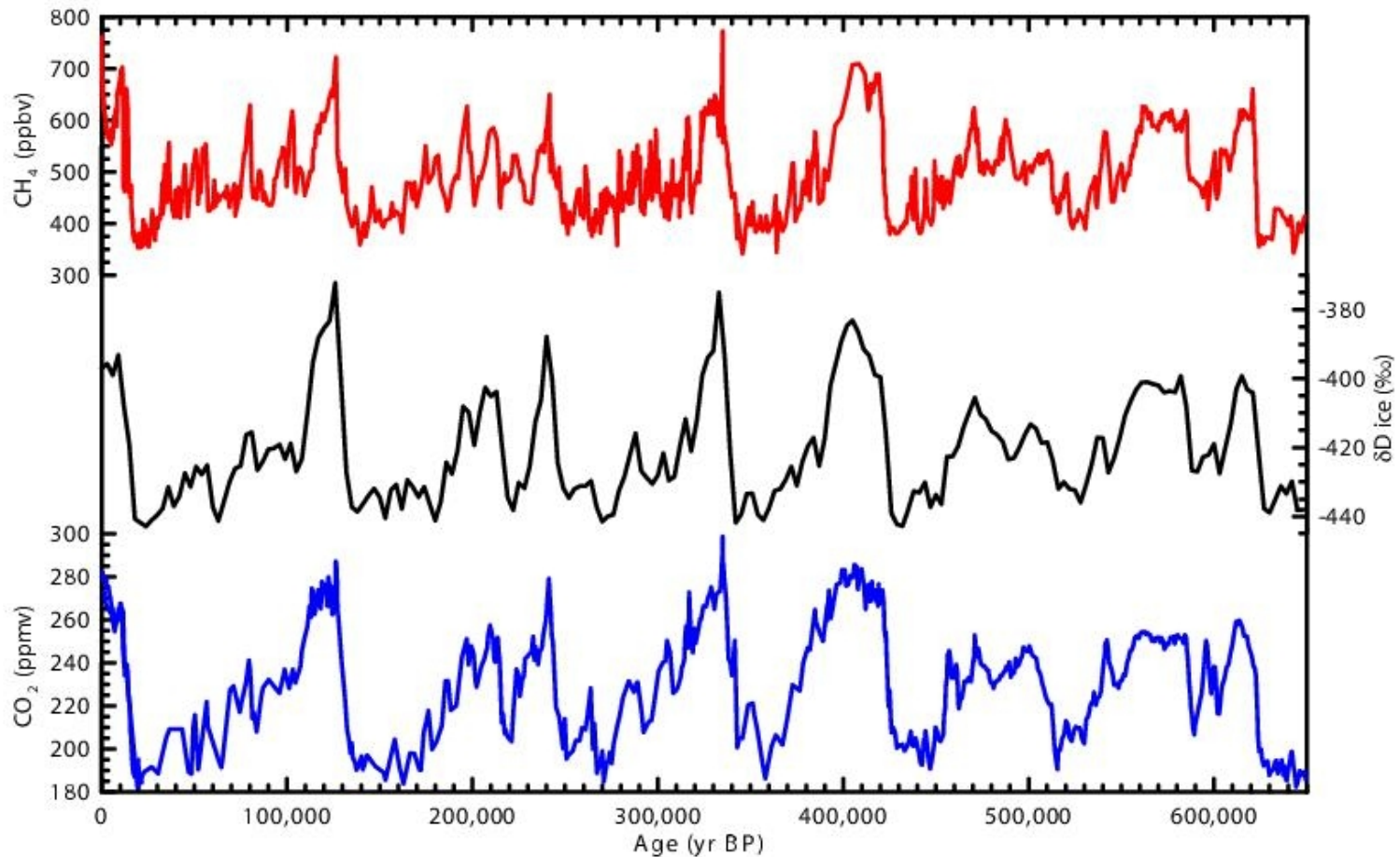
Les sédiments océaniques : archives du climat



Raimo et al., 1998

EPICA (Antarctique) :

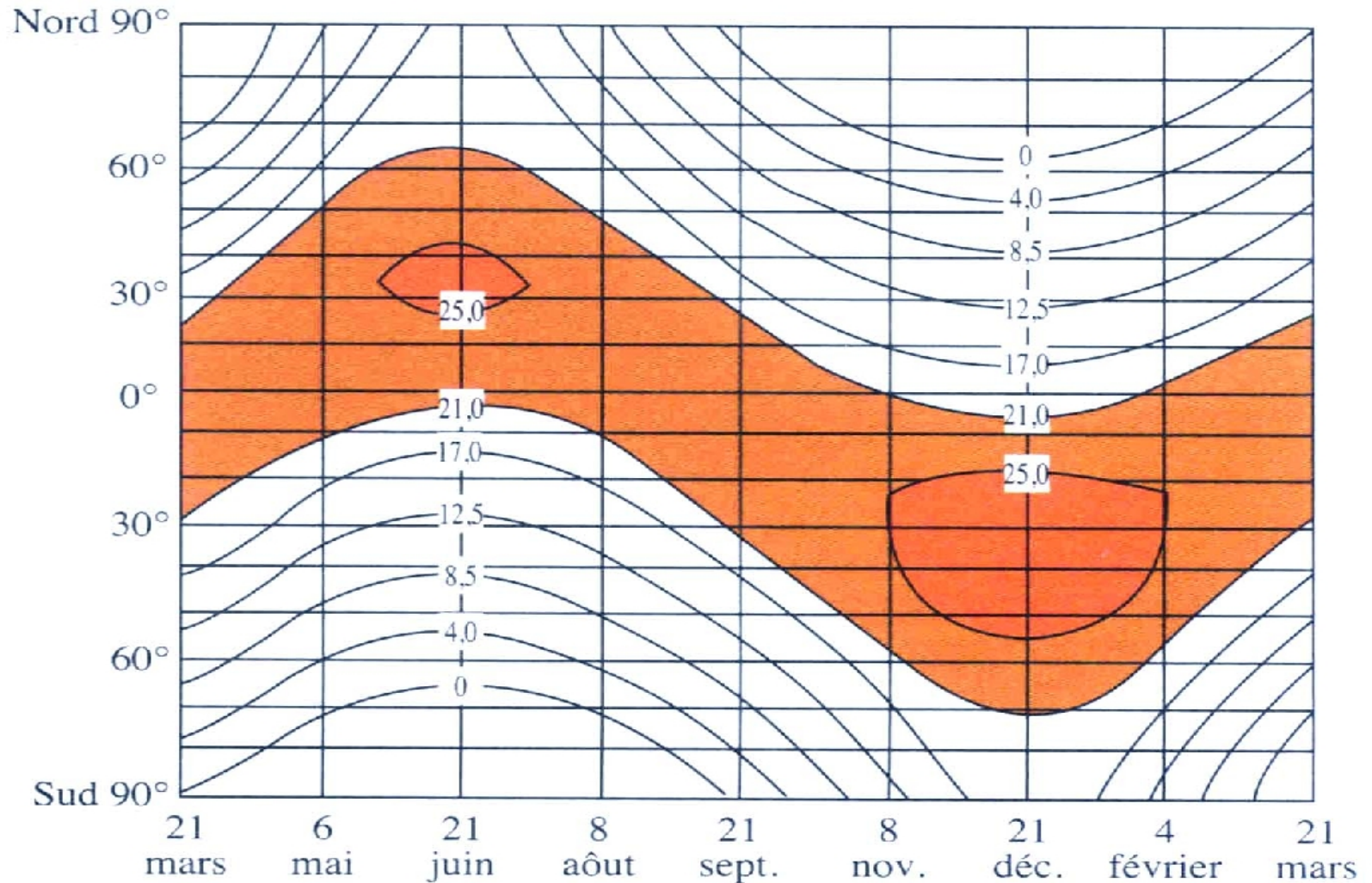
La plus grande archive glaciaire et la mise en évidence du contrôle astronomique des climats



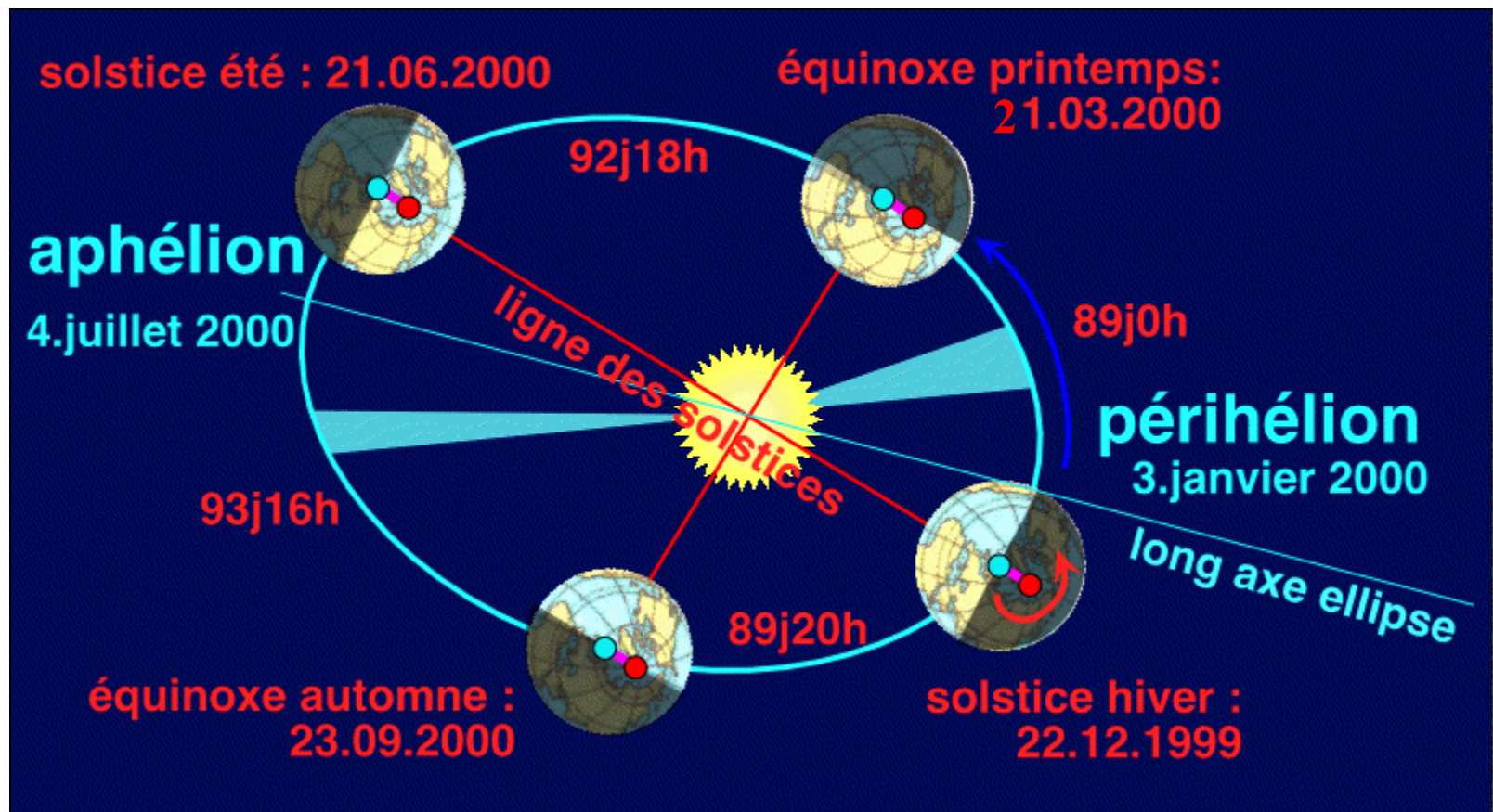
A l'époque où le contrôle orbital forçait le CO_2 atmosphérique...

(Stocker et al., 2005)

Une année de bilan radiatif (10^6 J.m^2)...



...montre un excès d'énergie dans l'Hémisphère Sud dû à un solstice d'été austral coïncidant avec le périhélie



Aphélie : point le plus éloigné

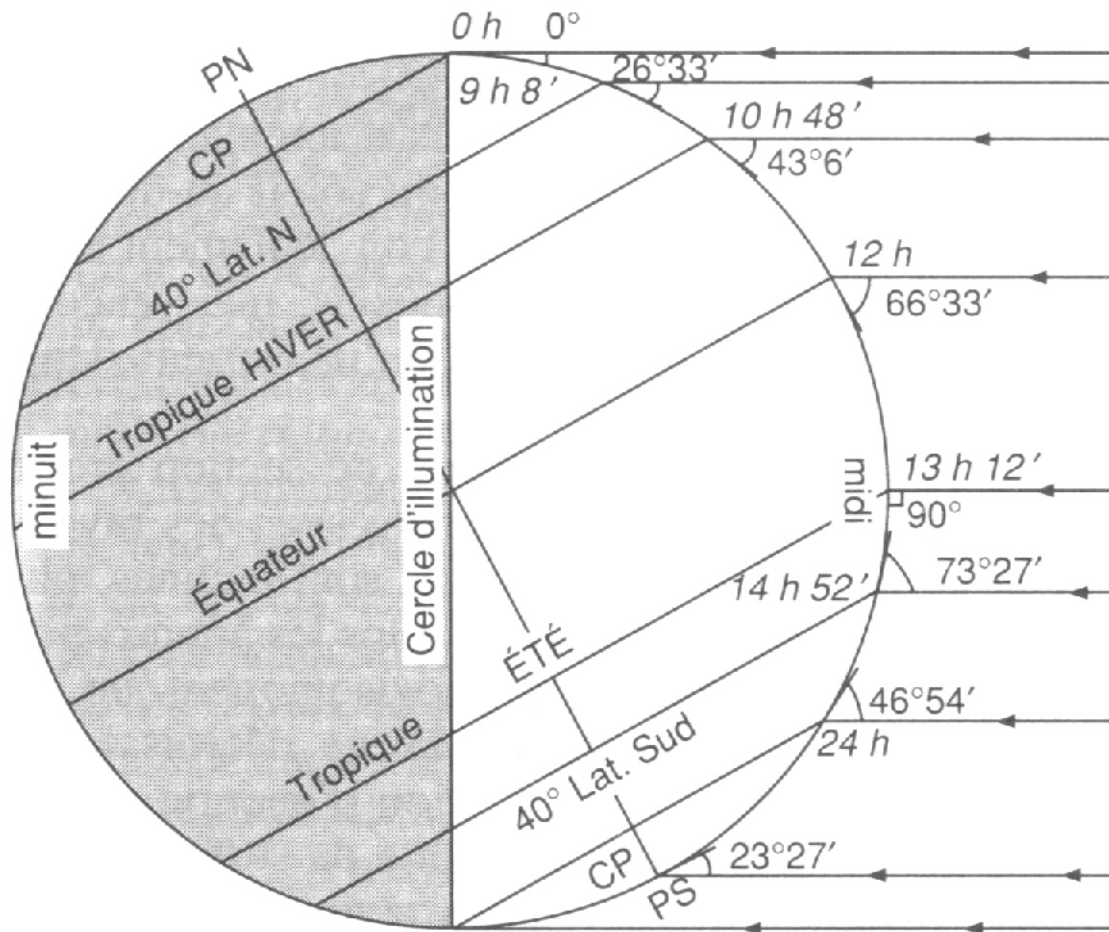
329 W/m²

Périhélie : point le plus proche

351 W/m²

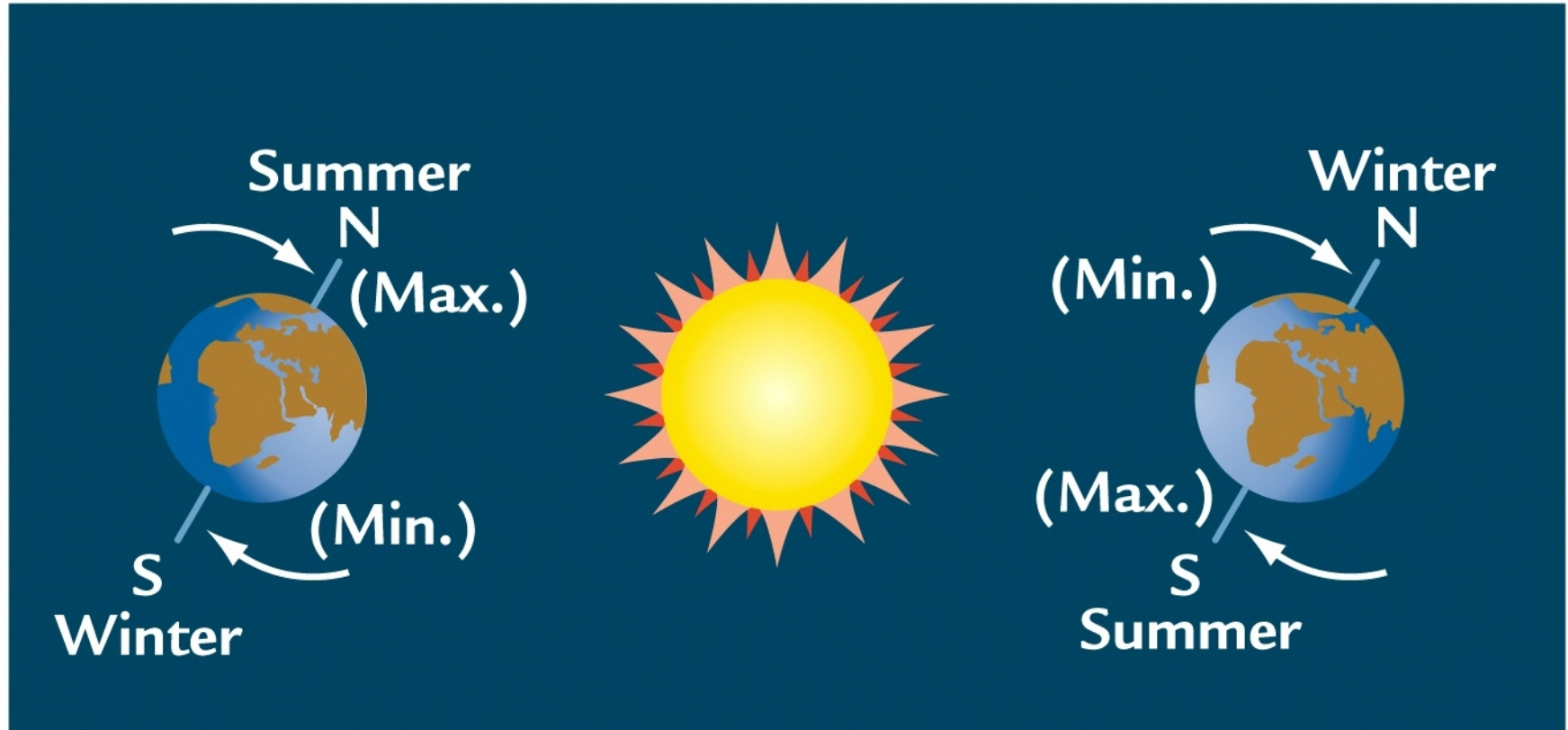
- Quatre saisons calées entre les solstices et les équinoxes
- Les lignes des solstices et des équinoxes passant par l'un des foyers de l'ellipse, les automne et les hivers sont courts.
- Une inclinaison orbitale responsable de la saisonnalité

Au 22 décembre, Lyon reçoit autant de « chaleur »
Que le Pôle Sud!!



210 W/m² à 45°N et 280 W/m² au pôle Sud
(selon le modèle de Laskar, 1990)

L'obliquité ou inclinaison de l'axe de rotation

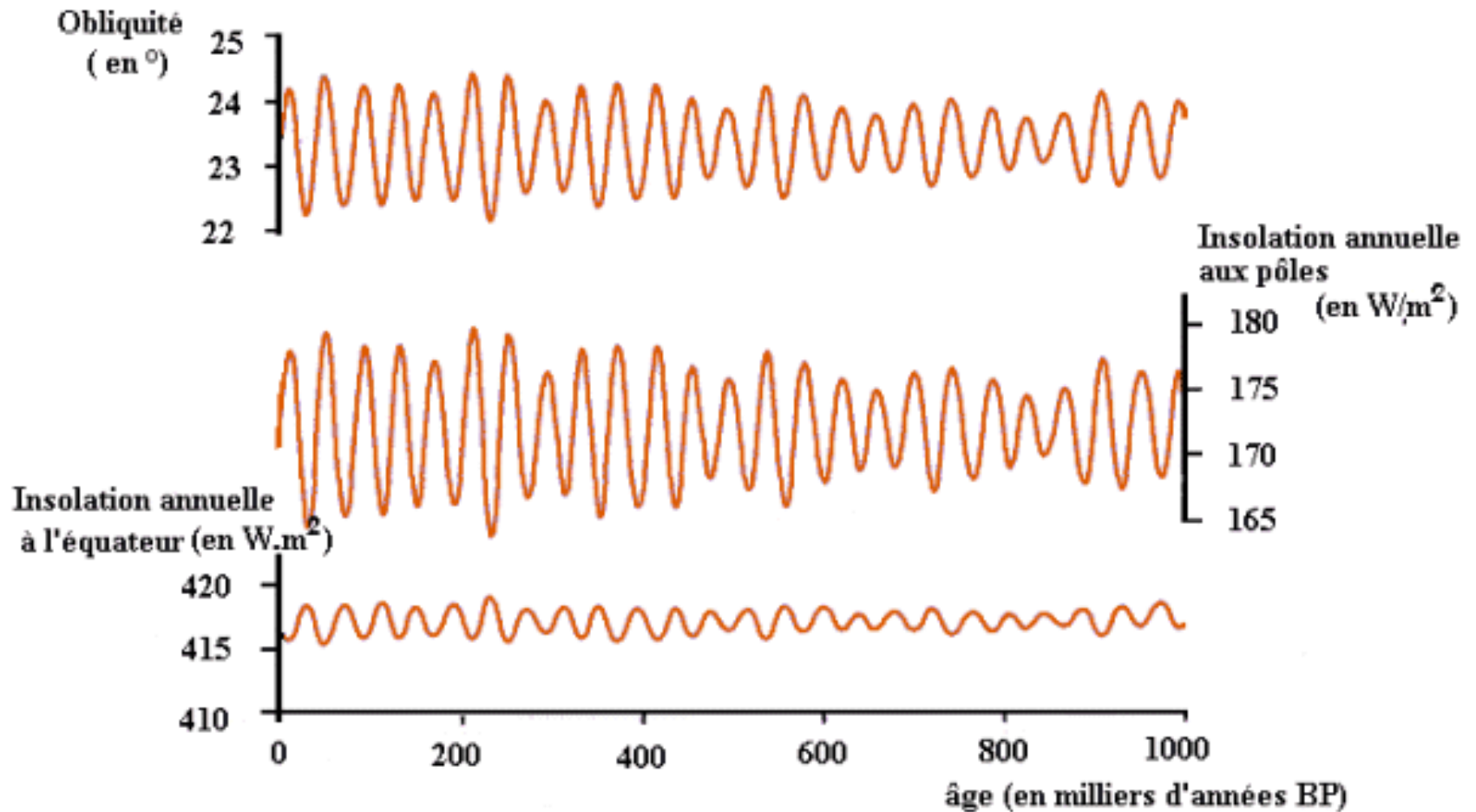


Angle : 21.8 à 24.4 & Périodicité : 41 ka

Au voisinage des pôles la variation
d'énergie est de 14% au solstice d'été

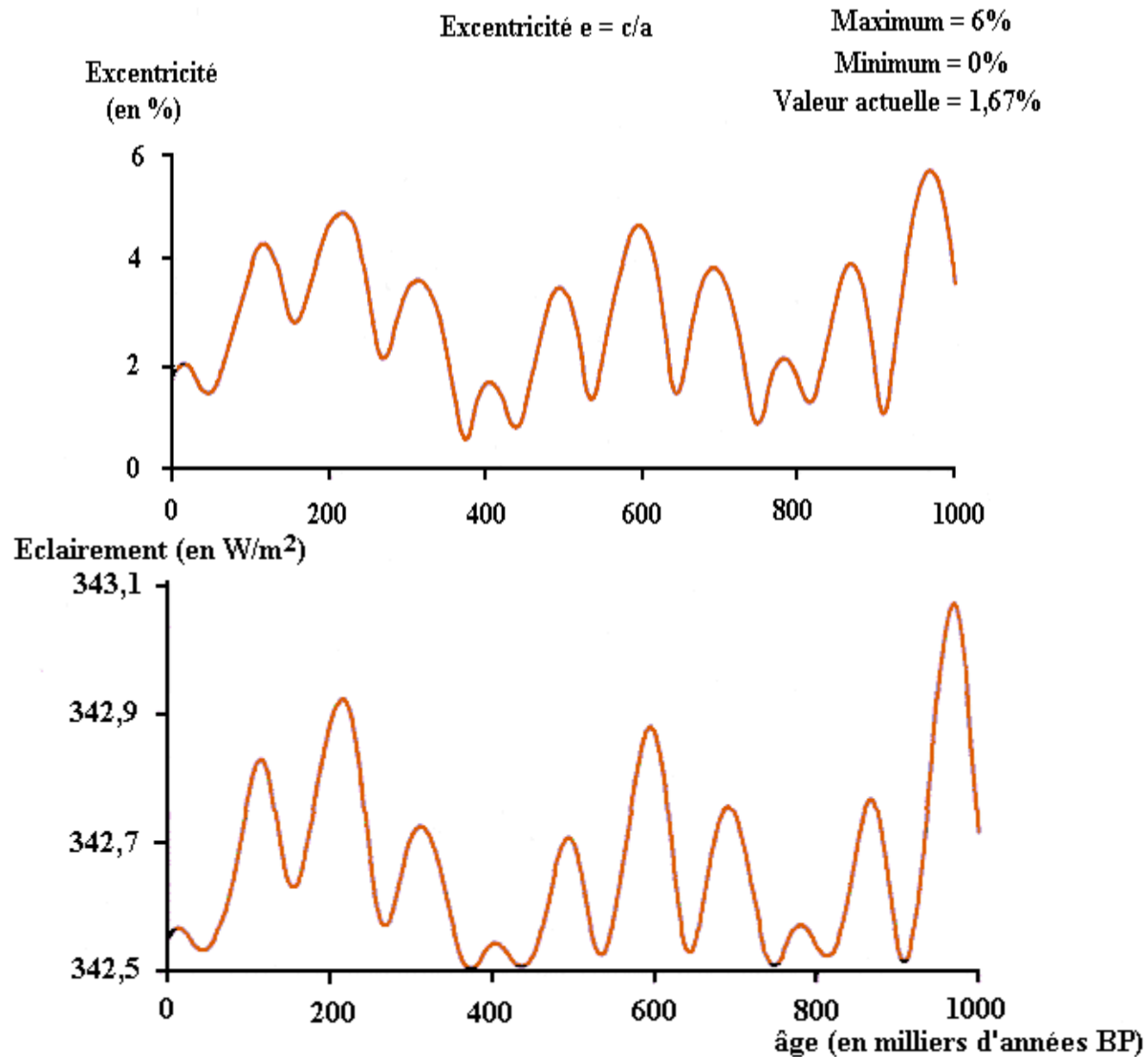
Forte inclinaison : fortes saisons
Faible inclinaison : faibles saisons

Quelle est la configuration favorable à la mise en glace?

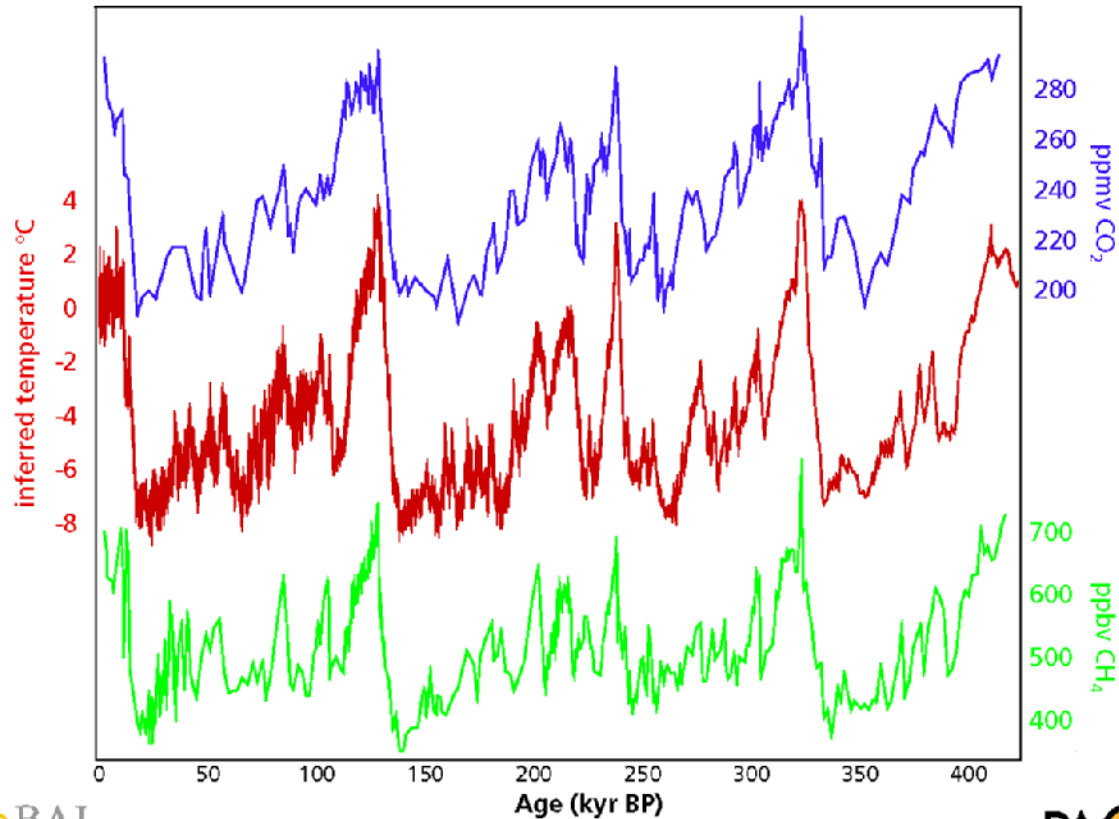


www.inrp.fr

L'excentricité joue sur la durée des saisons...
...les variations d'insolation sont très faibles



4 glacial cycles recorded in the Vostok ice core



GLOBAL
I G B P
CHANGE

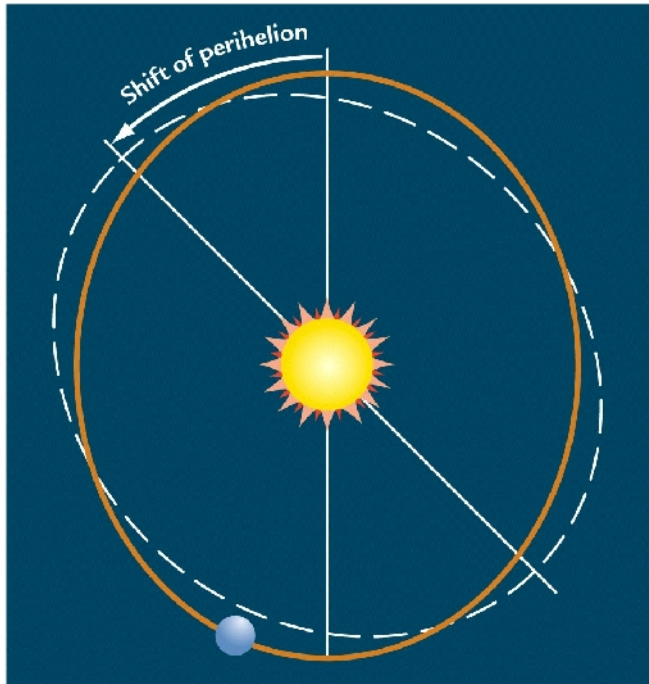
J.R. Petit et al., *Nature*, **399**, 429–36, 1999.

PAGES
FAST GLOBAL CHANGES

6.1

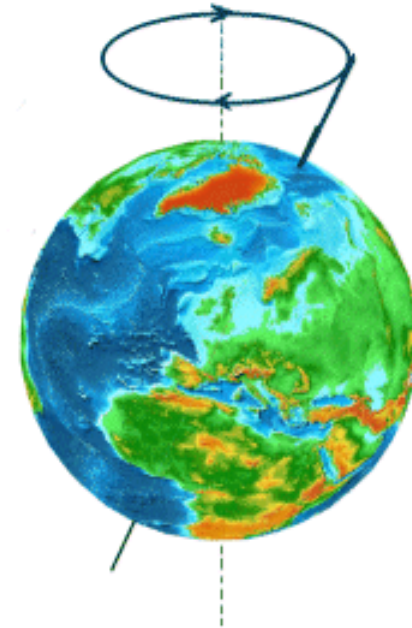
La précession climatique

Angle entre le périhélie et l'équinoxe de printemps



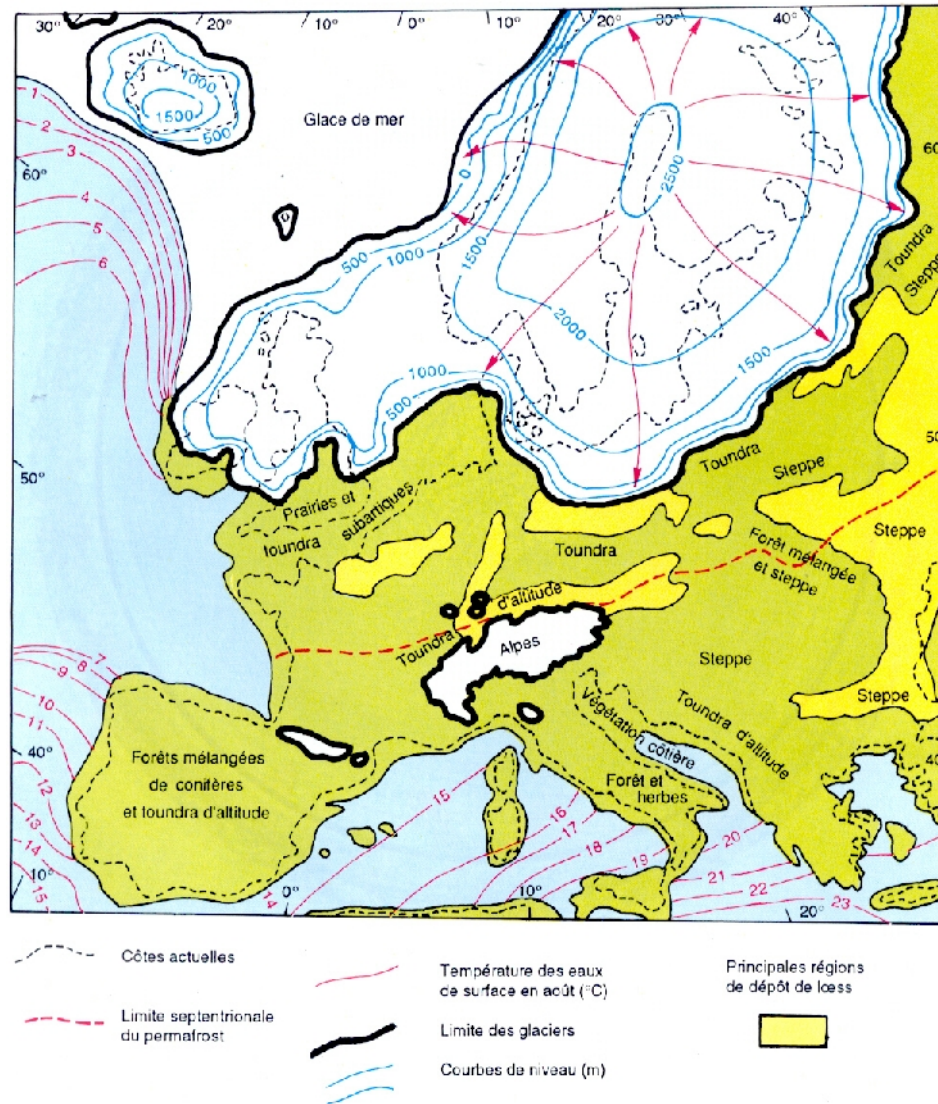
**Une rotation en 135 000 ans qui modifie
le mois de l'année du périhélie**

+

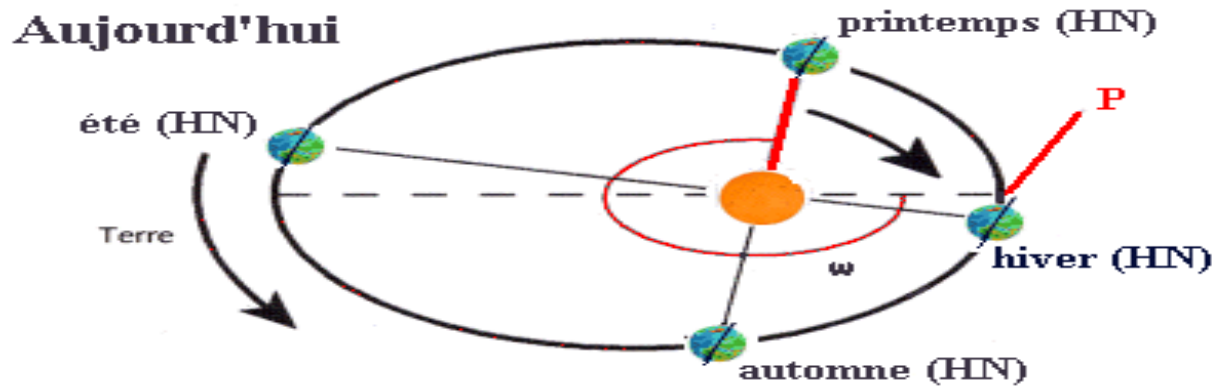


**Un cône de précession axiale
De 26 000 ans de période**

L'europe, il y a 20 000 ans

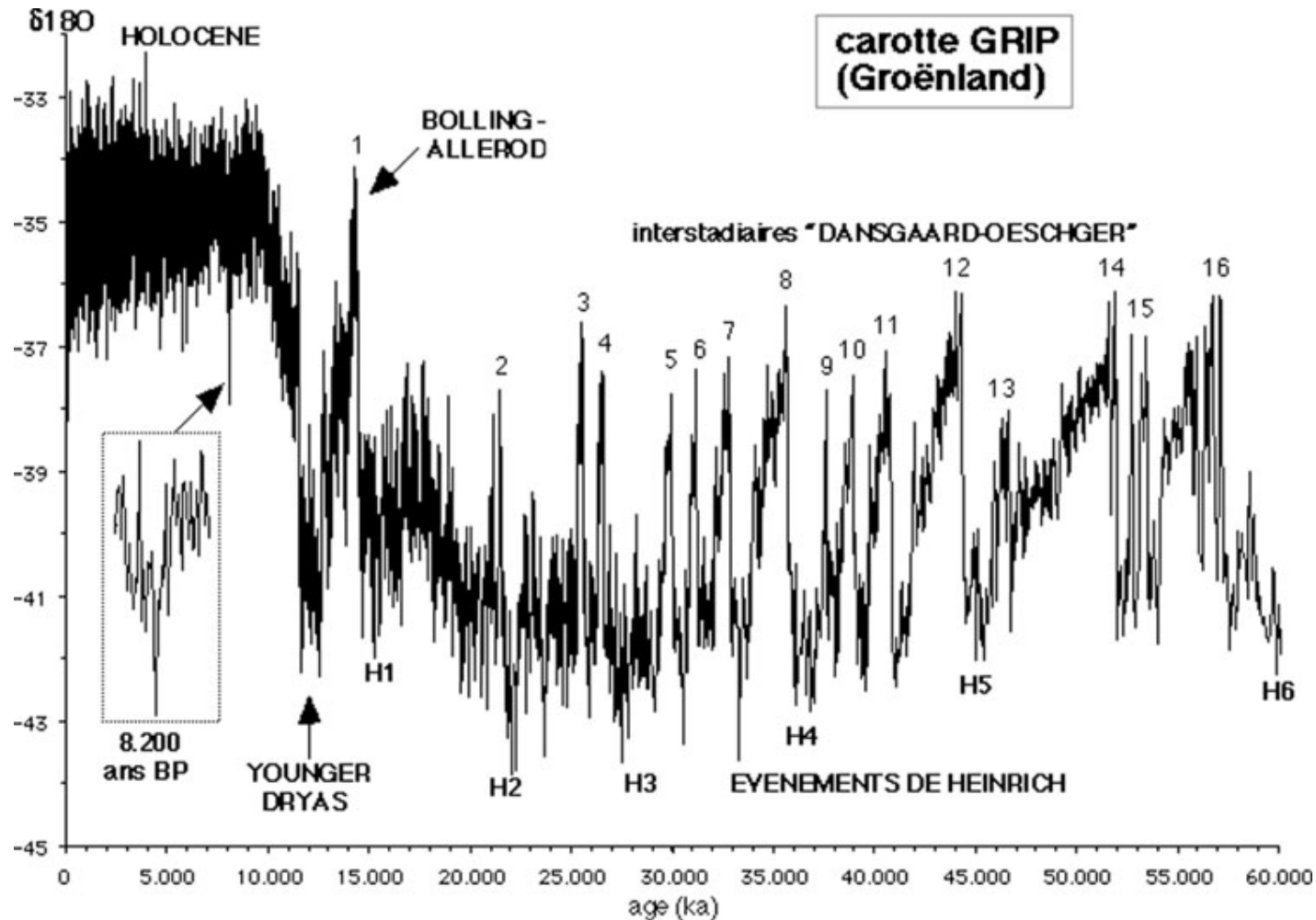


Berger & Morel, 1992

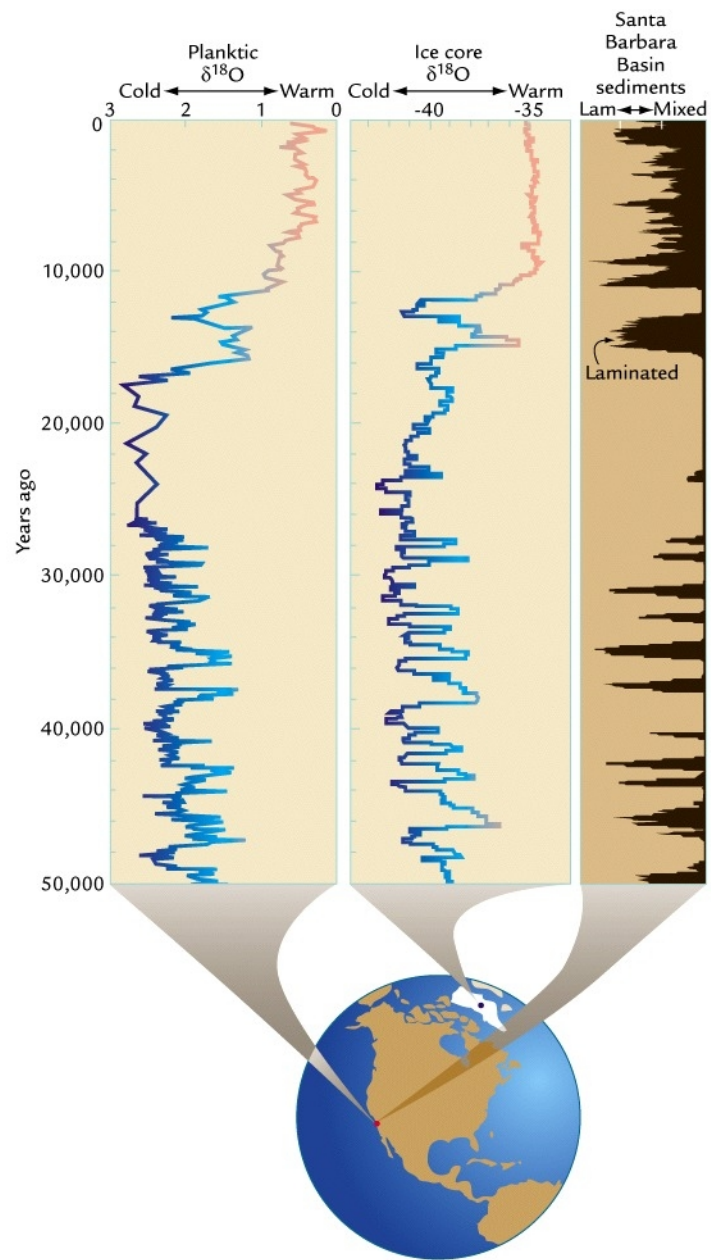


- ➡ Il y a 11 000 ans, au solstice d'été (pour l'hémisphère nord), la Terre était presque au périhélie.
- ➡ Les hivers étaient plus froids mais les étés plus chauds.
- ➡ Cette situation a favorisé la disparition des grands inlandsis édifiés lors de la dernière glaciation.

Des surprises climatiques chaudes qui ponctuent la dernière période glaciaire

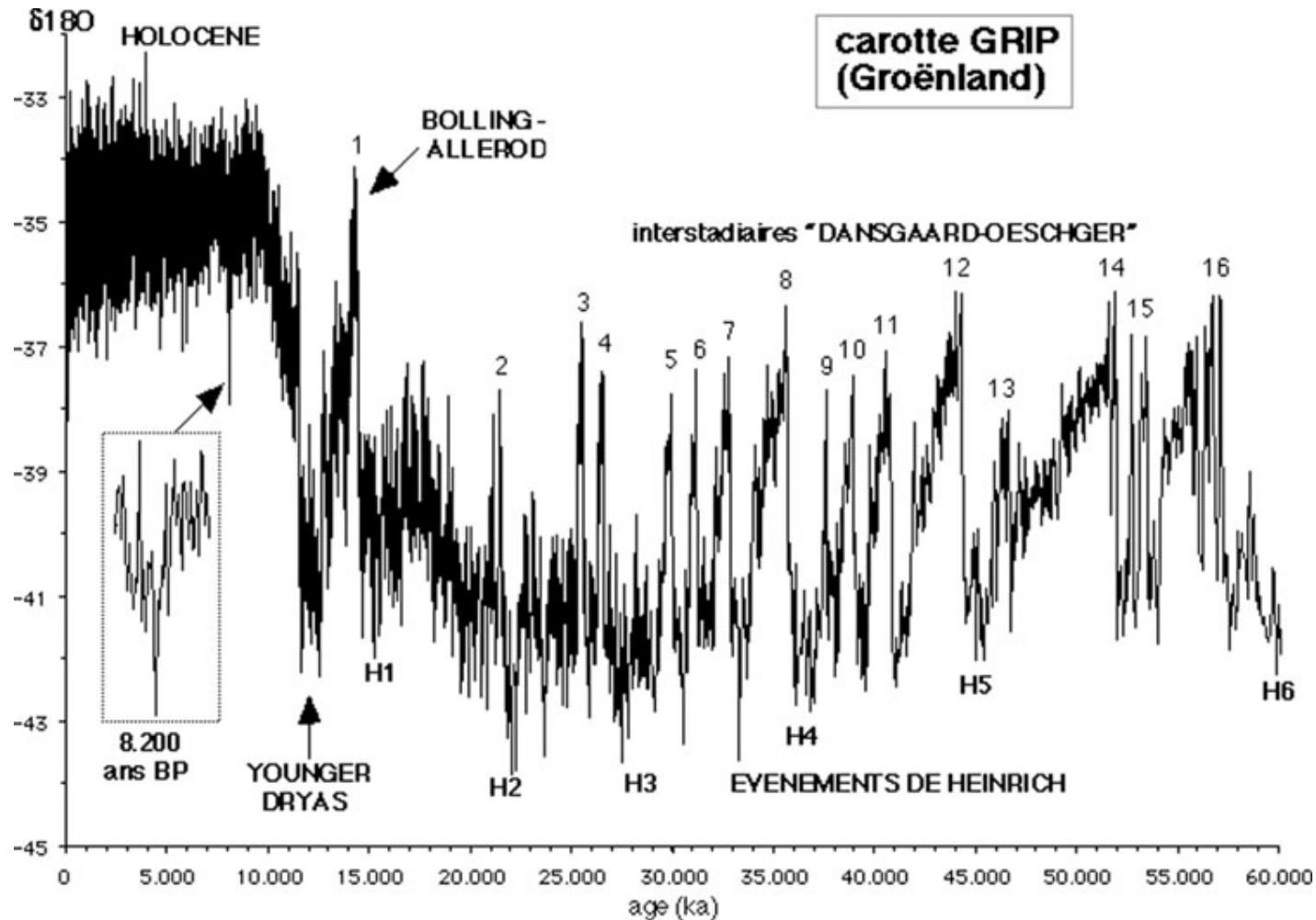


Grousset et al., 2000

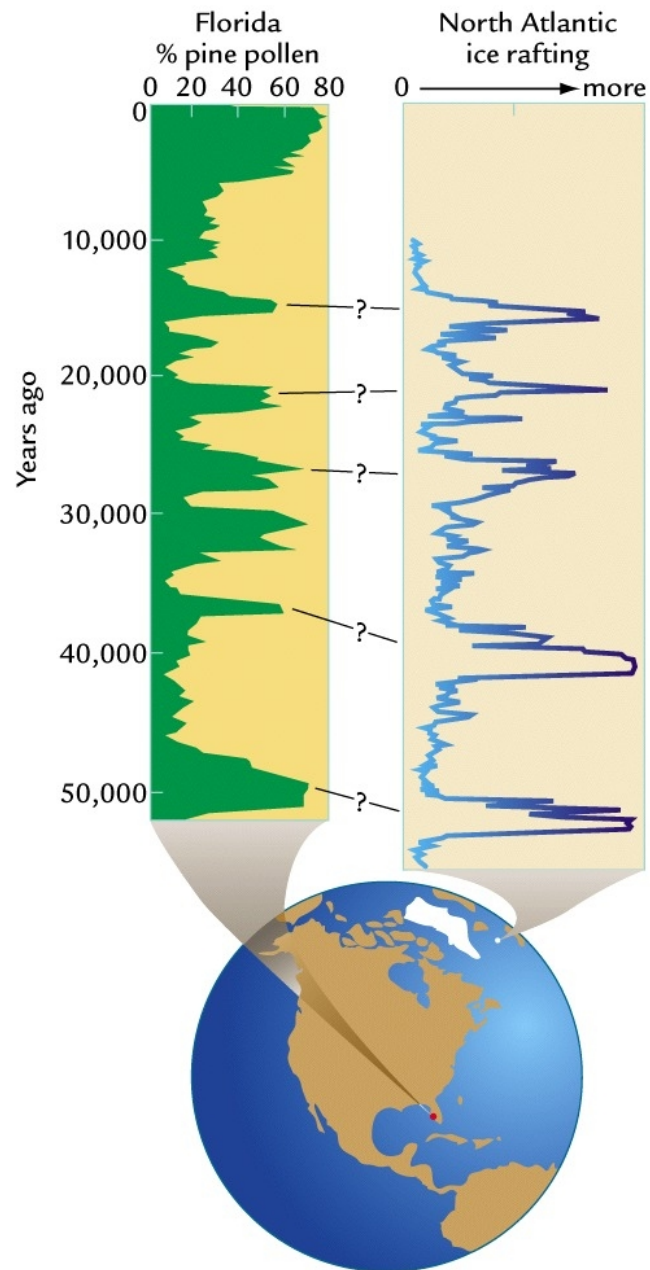


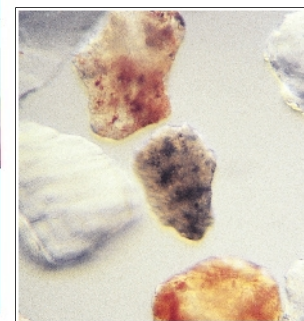
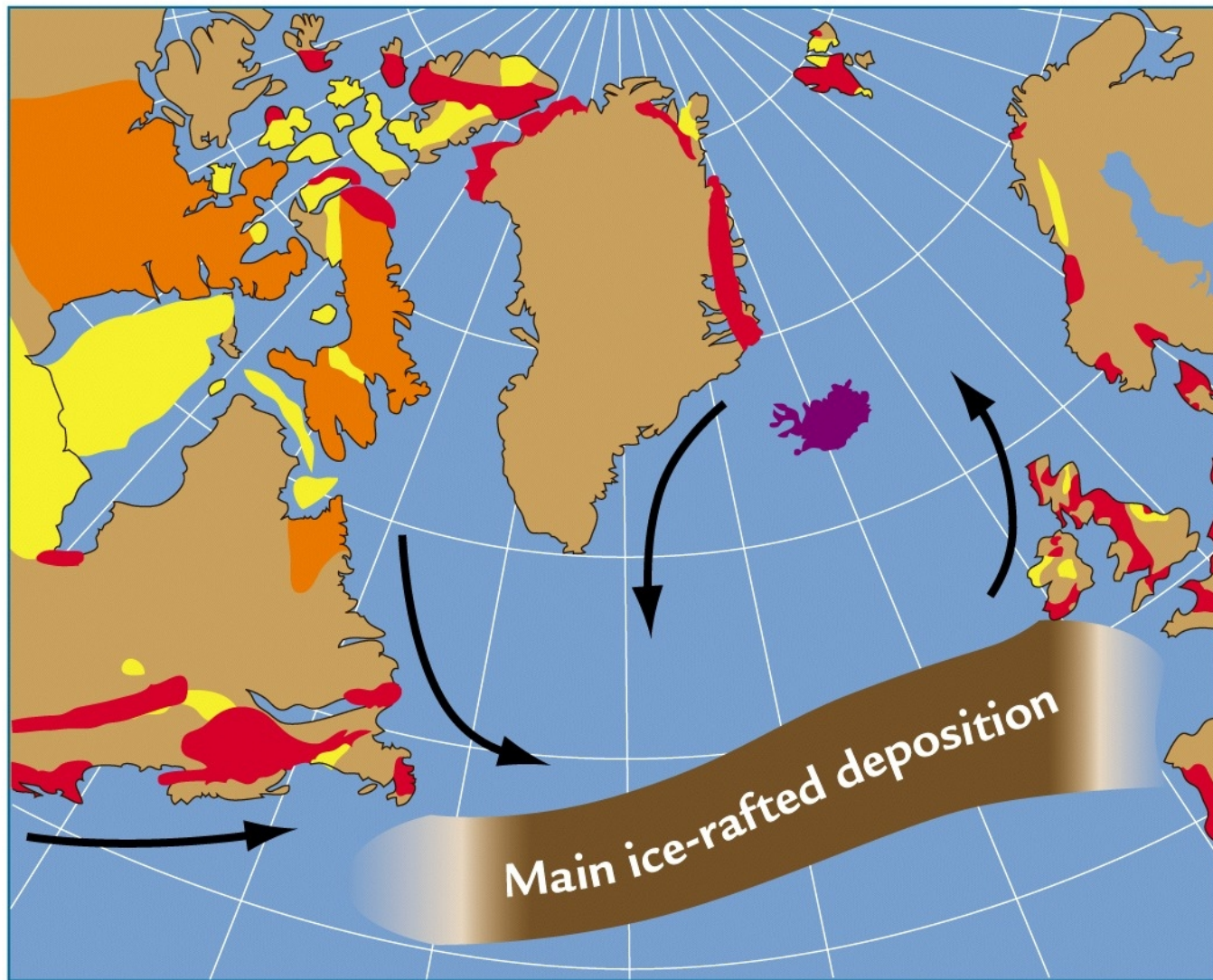
Ruddiman, 2001

Quelle est l'origine des évènements de Heinrich ?



Grousset et al., 2000

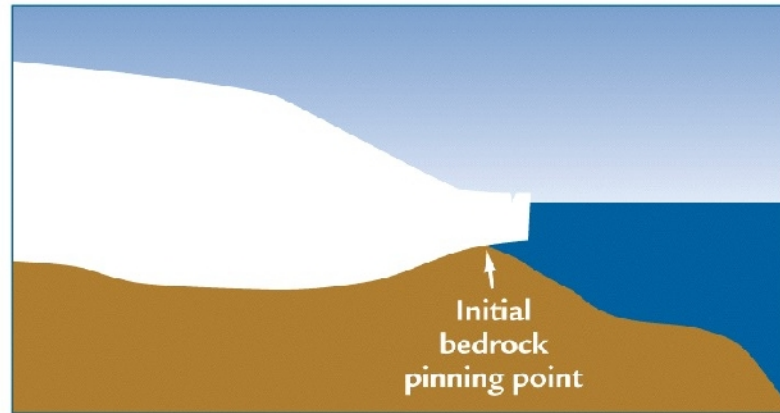




- Volcanic rocks
- Red sandstones
- Limestones
- Chemically distinctive rocks

Ruddiman, 2001

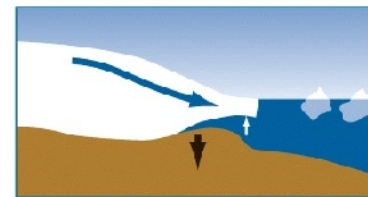
Le vélôge de la calotte à l'origine des évènements de Heinrich



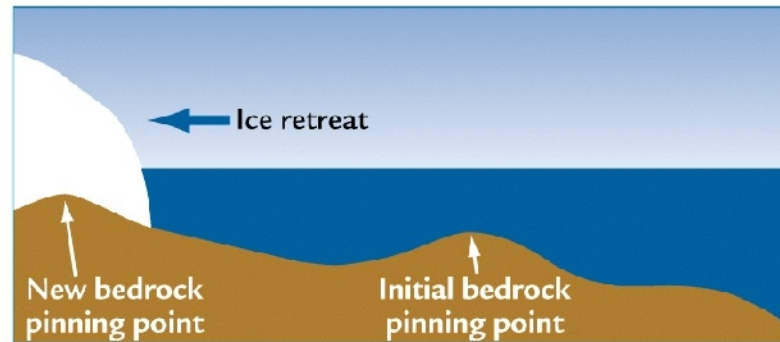
A Initial ice margin



B Heat from below



C Depression of bedrock

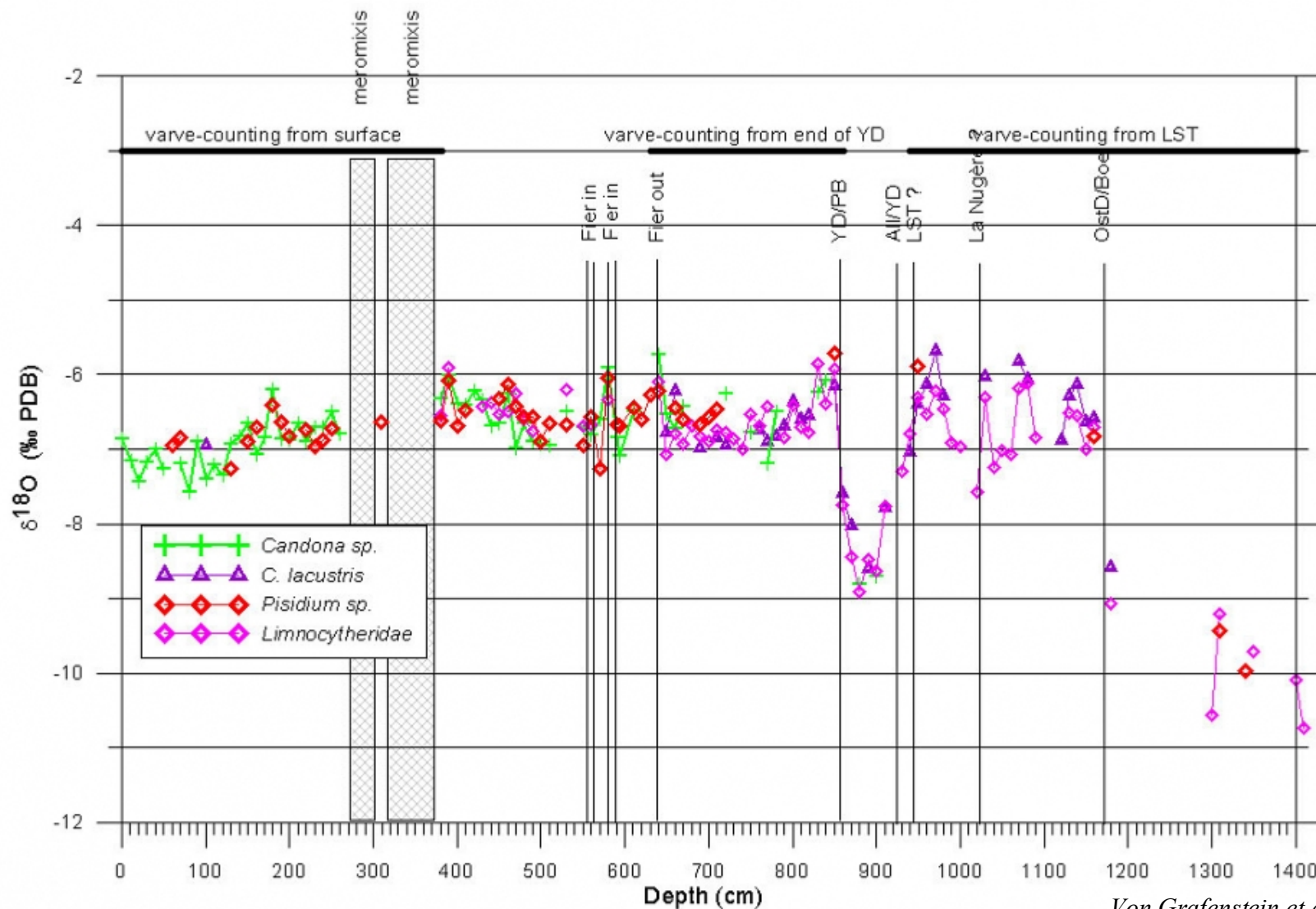


D New ice margin

Ruddiman, 2001

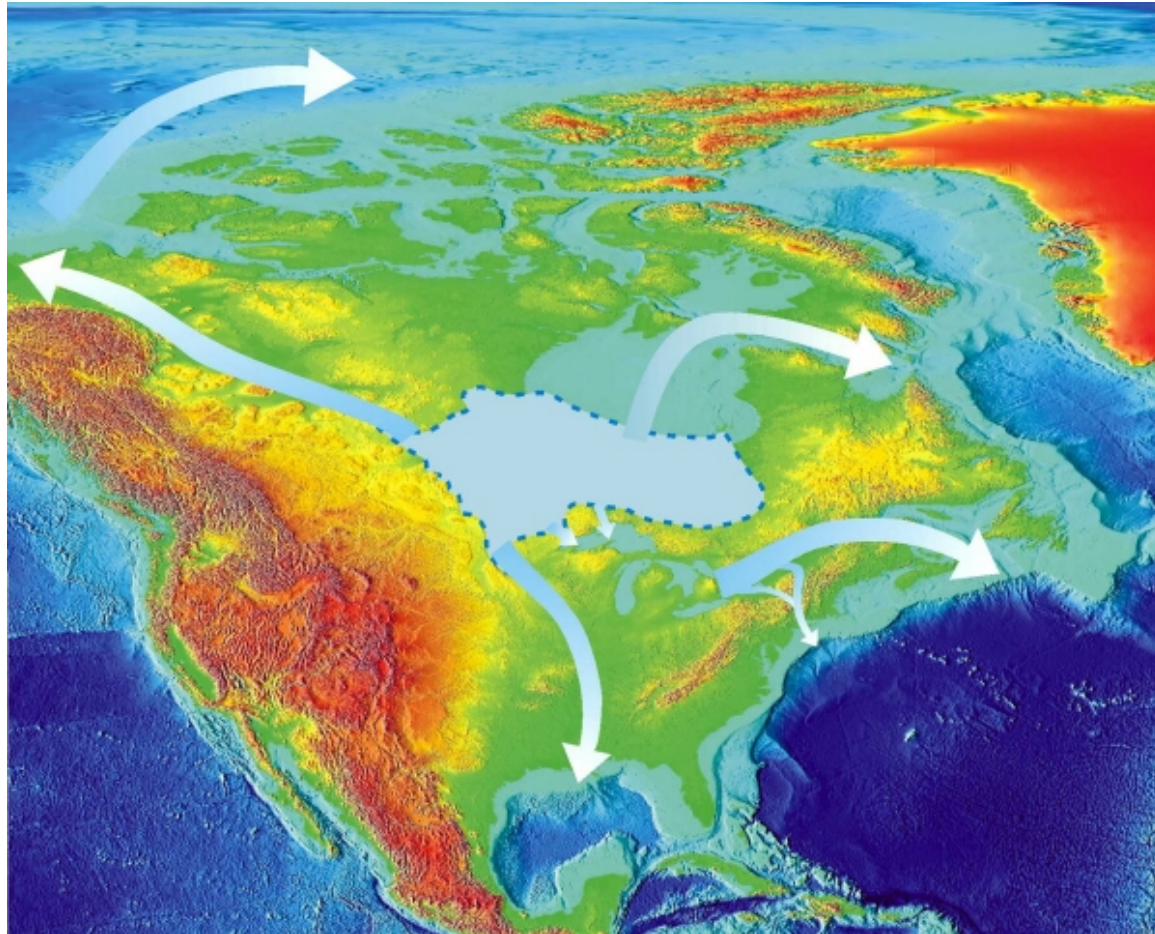
Depuis 11 500 ans, le climat paraît stable !

Reconstitution isotopique des températures à Annecy

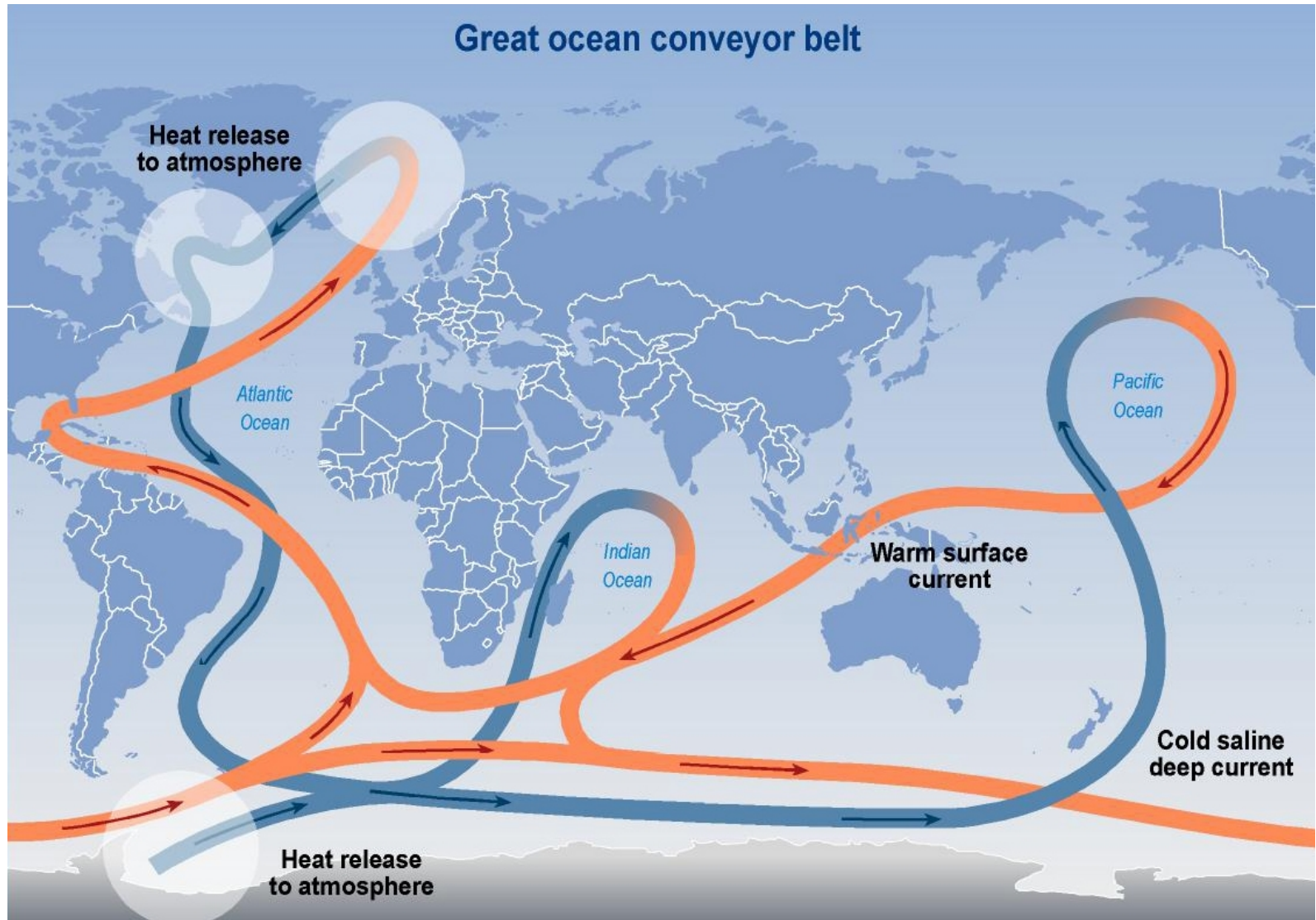


Von Grafenstein et al., non publié

Effondrement d'une calotte résiduelle il y a 8 200 ans : Libération de 10^{14} m³ d'eau douce dans l'atlantique Nord

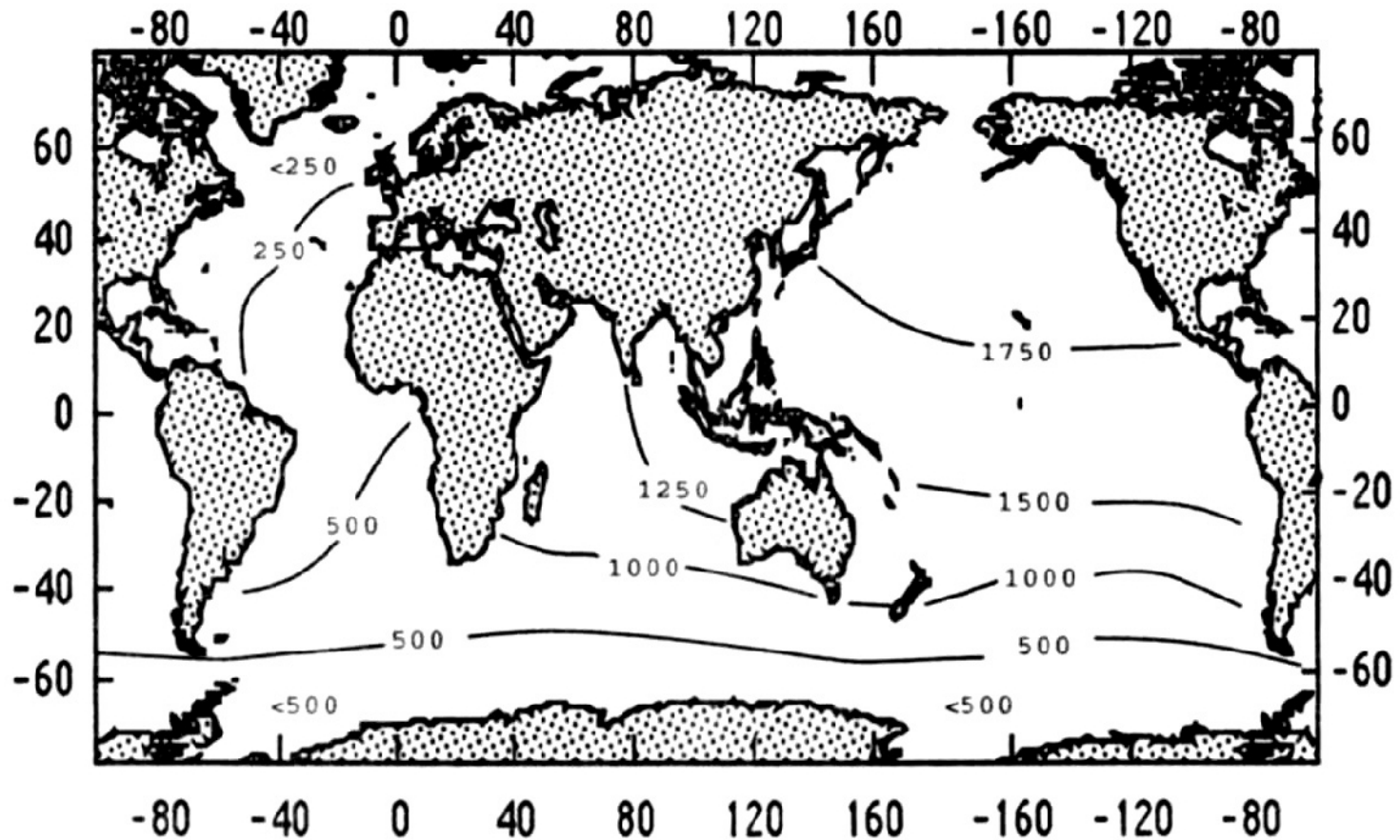


La circulation thermohaline



Broecker, 1992

Age de la masse d'eau vers 3000 m de profondeur

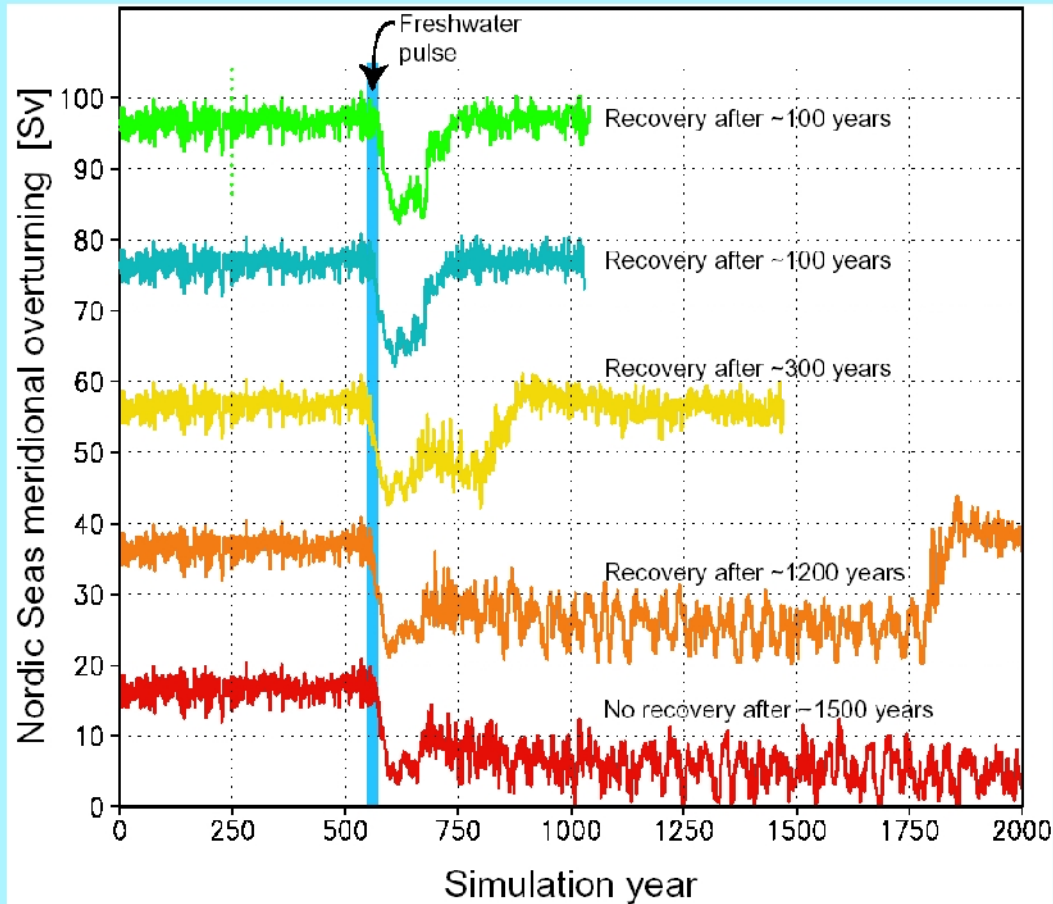


Broecker in Duplessy, 1996

0,75 millions m³/s d'eau douce pendant 20 ans

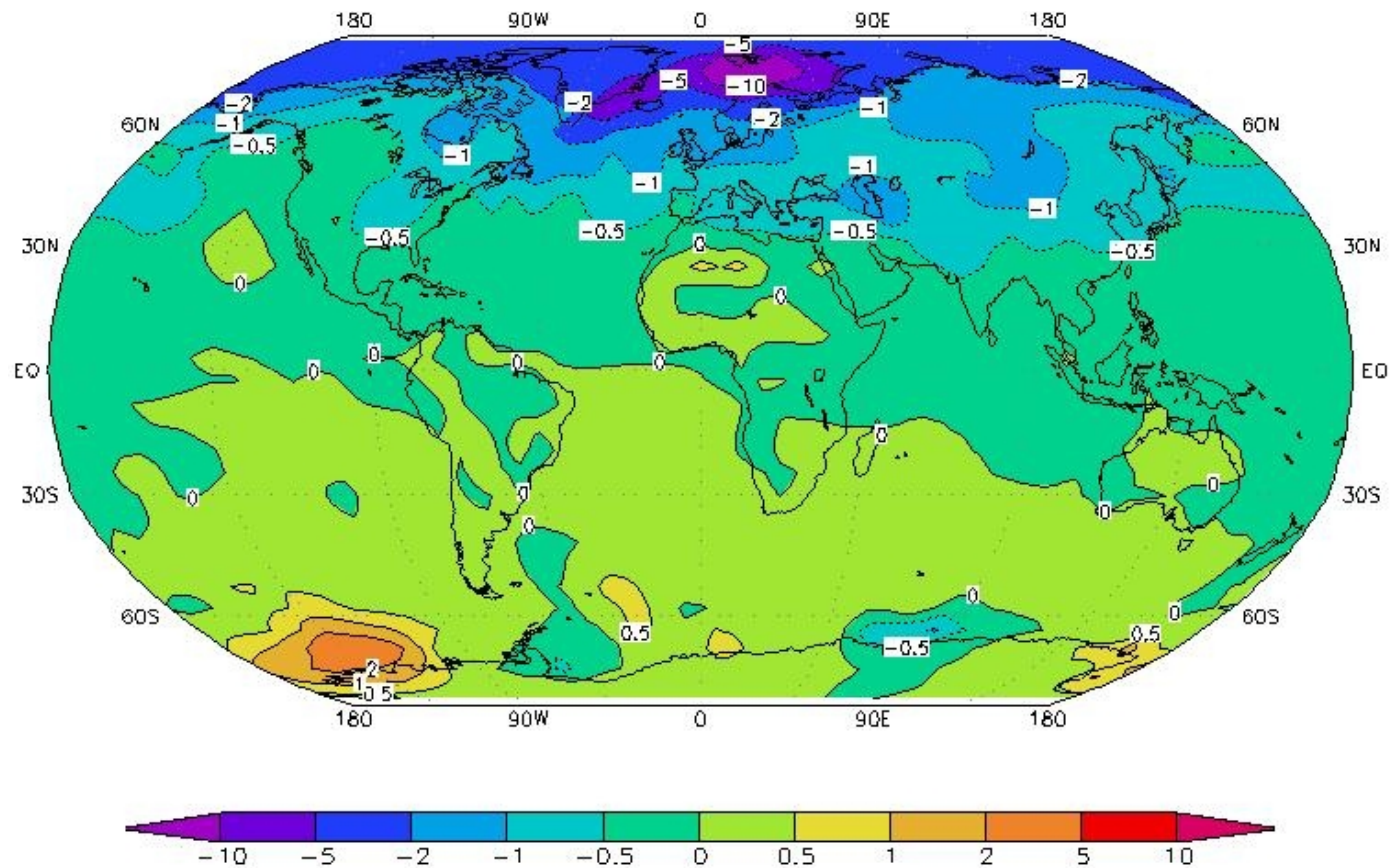
Abrupt Climate Change at 8.2 ky BP

- Response of the THC in model simulations -



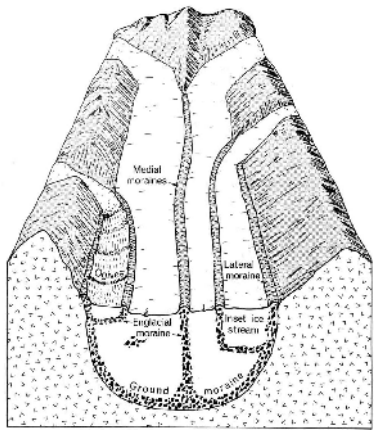
Renssen et al., 2005

Le blocage thermohalin (partiel) refroidit l'atlantique Nord pendant 300 ans

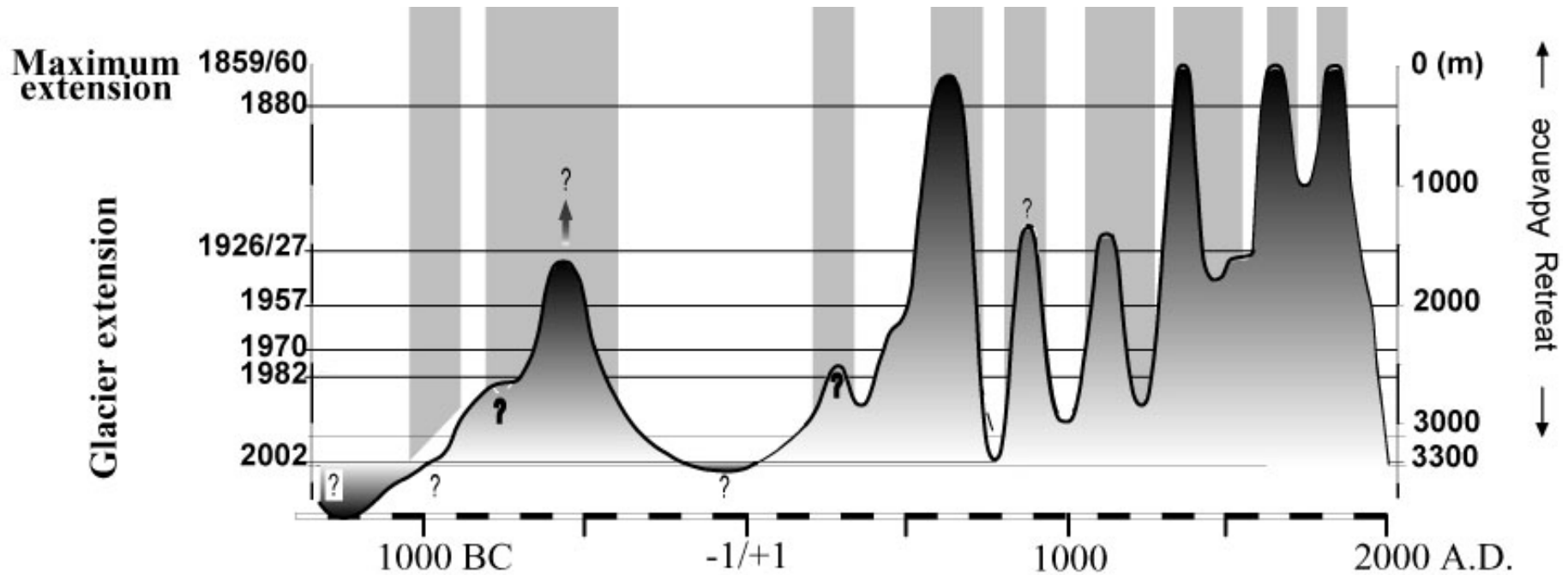


Source: Renssen, Goosse & Fichefet, 2002, *Paleoceanography* vol. 17 (2)

Renssen et al., 2005



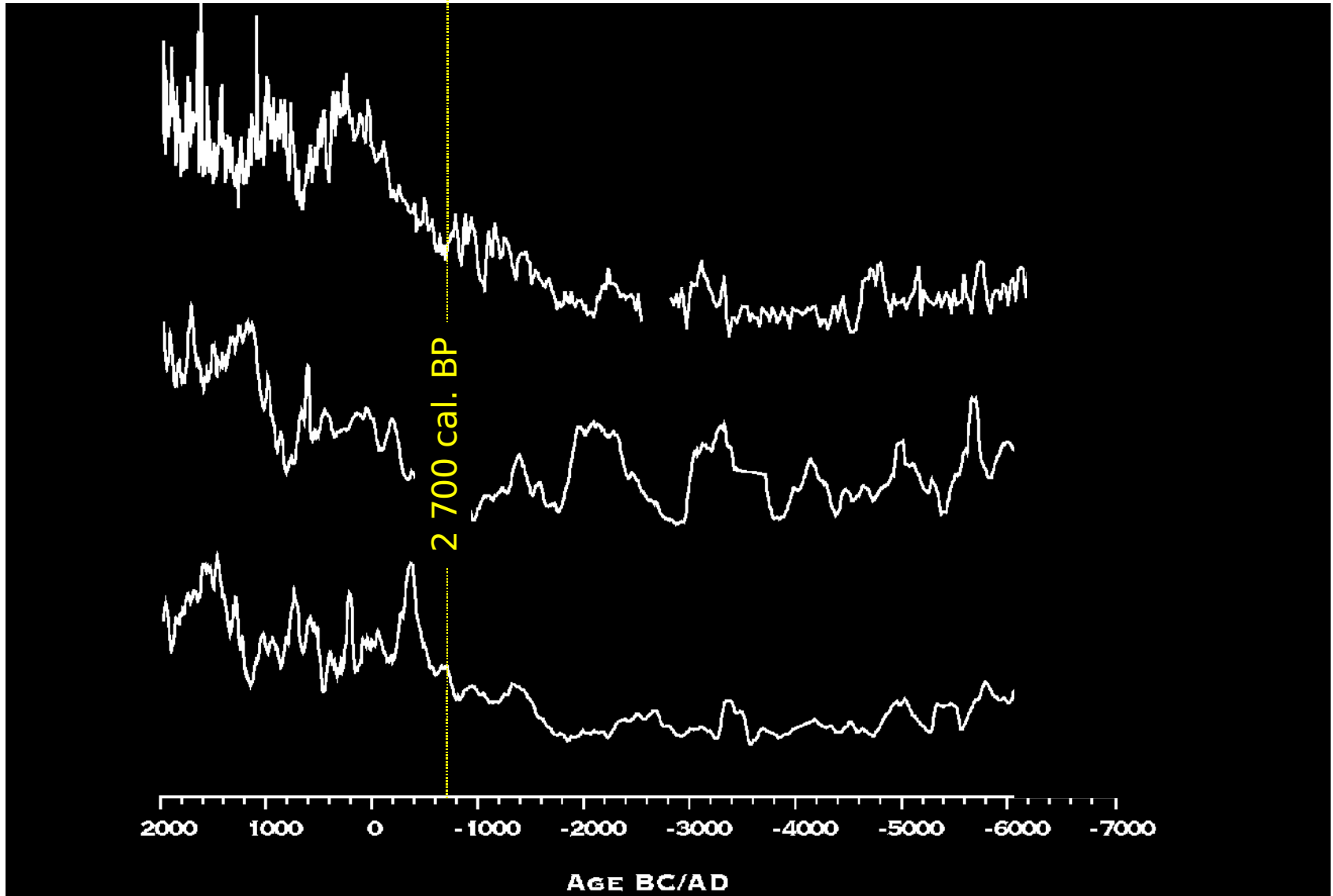
Les glaciers suisses (français, et les autres...) bougent depuis 3000 ans...



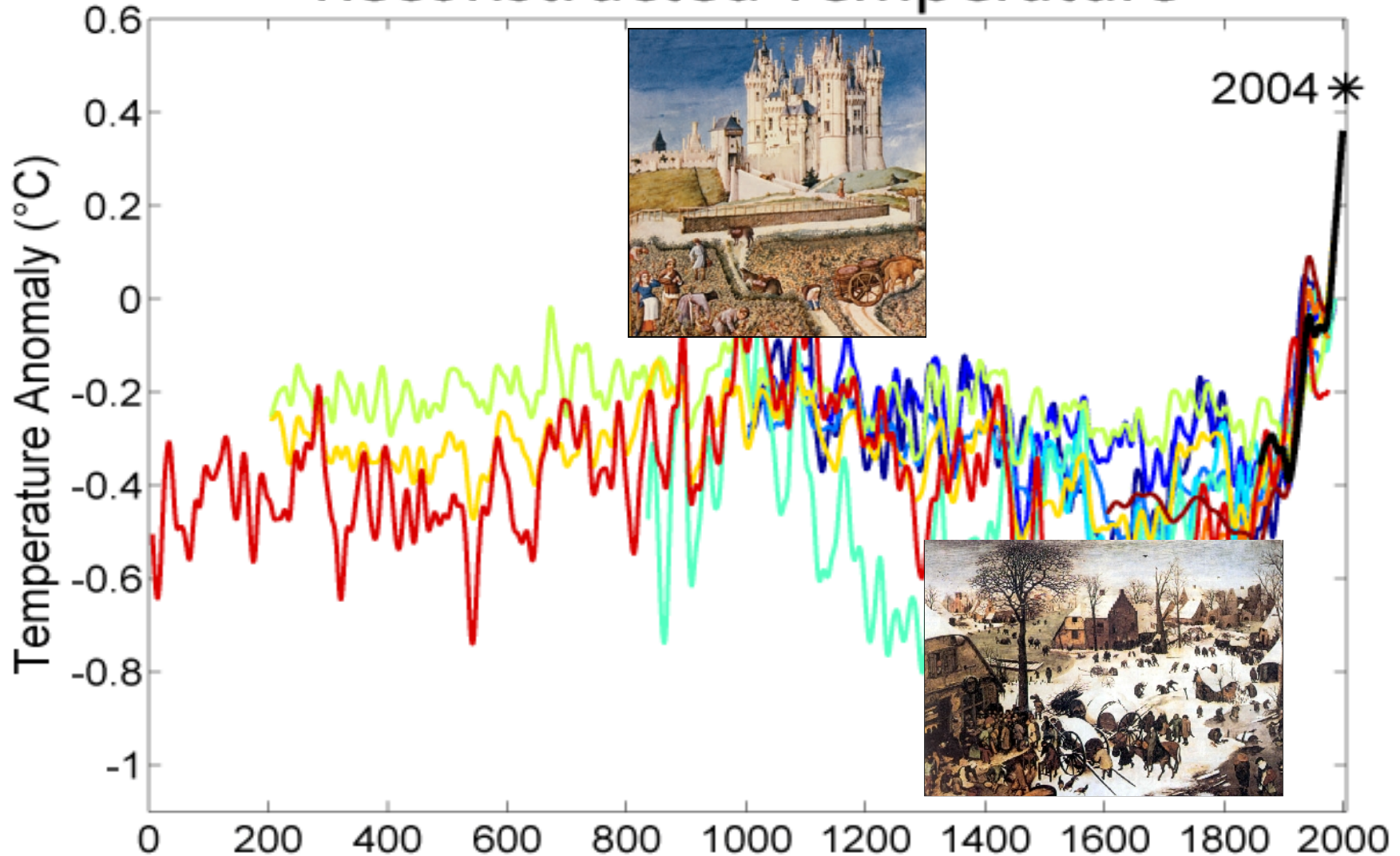
Holtzauer et al., 2005

La crise du Bronze final

(Desmet, 2006)



Reconstructed Temperature



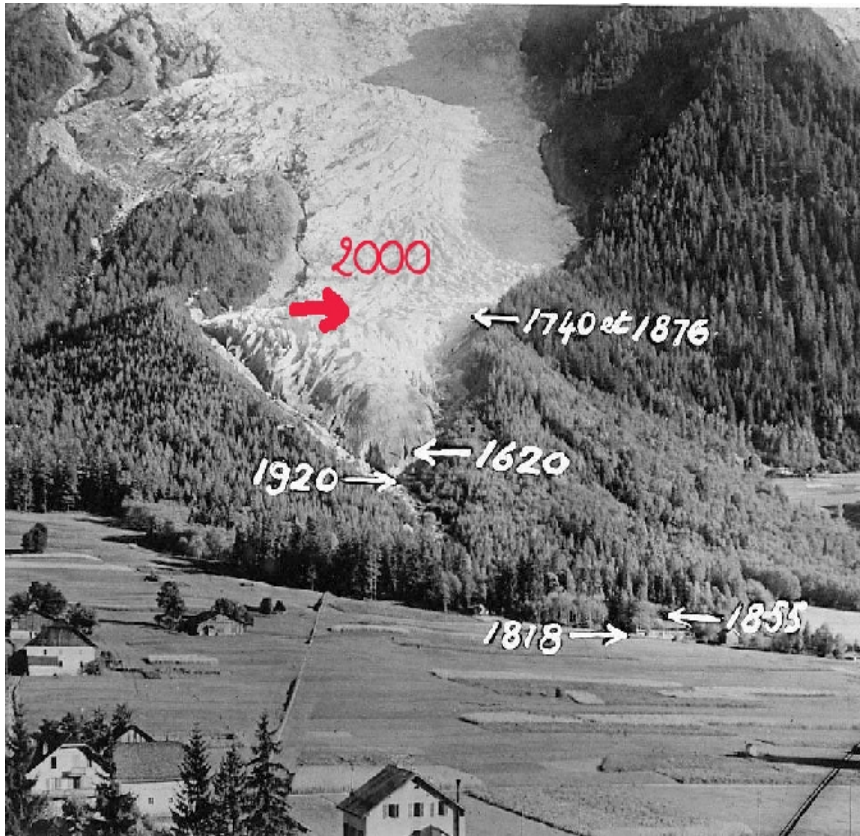
(synthèse collective, in realclimate.org)

Chamouni et le glacier des Bois

Jean Dubois, 1820 (In Reynaud, 2004)

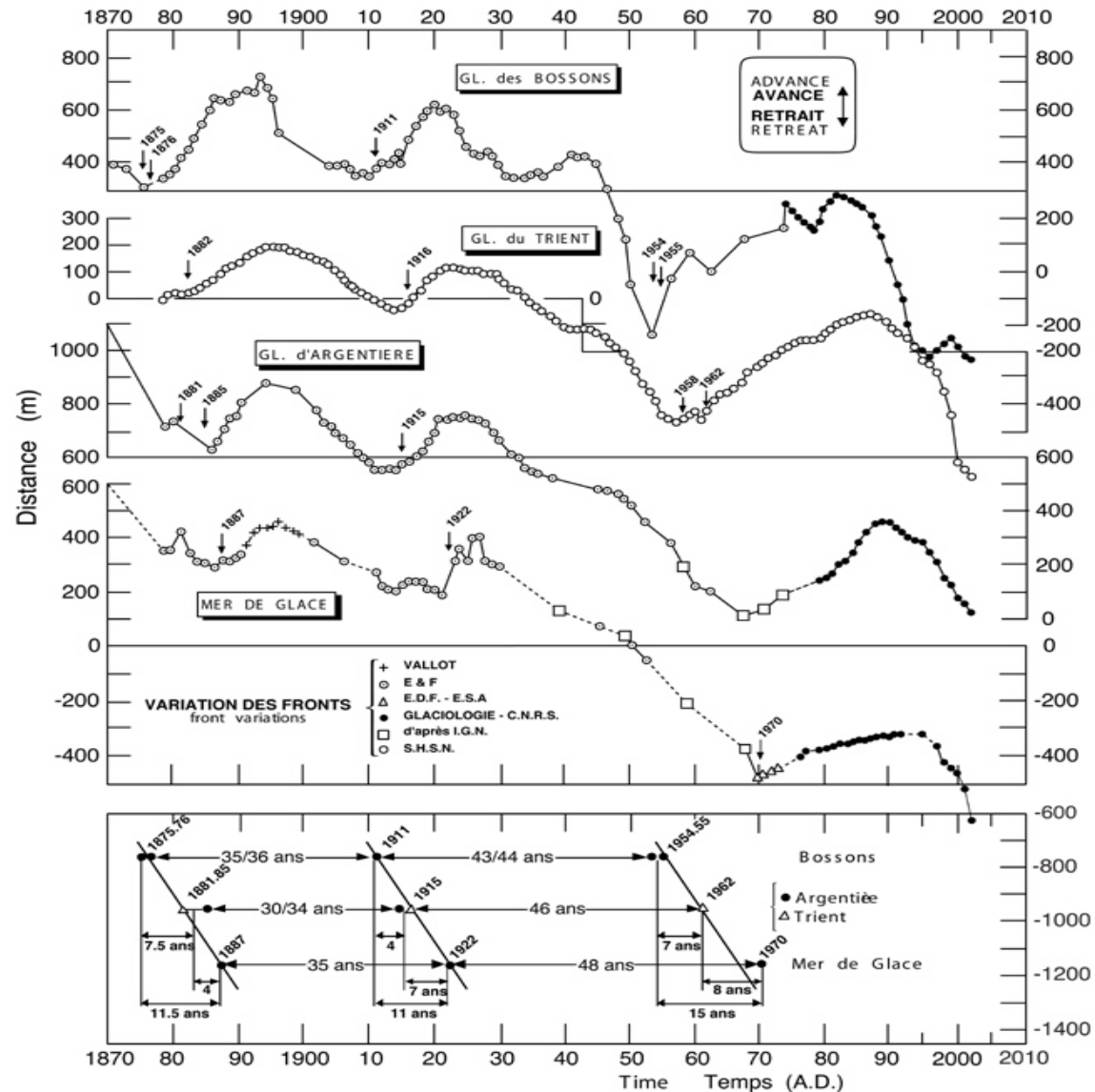


Le glacier des Bossons depuis 150 ans

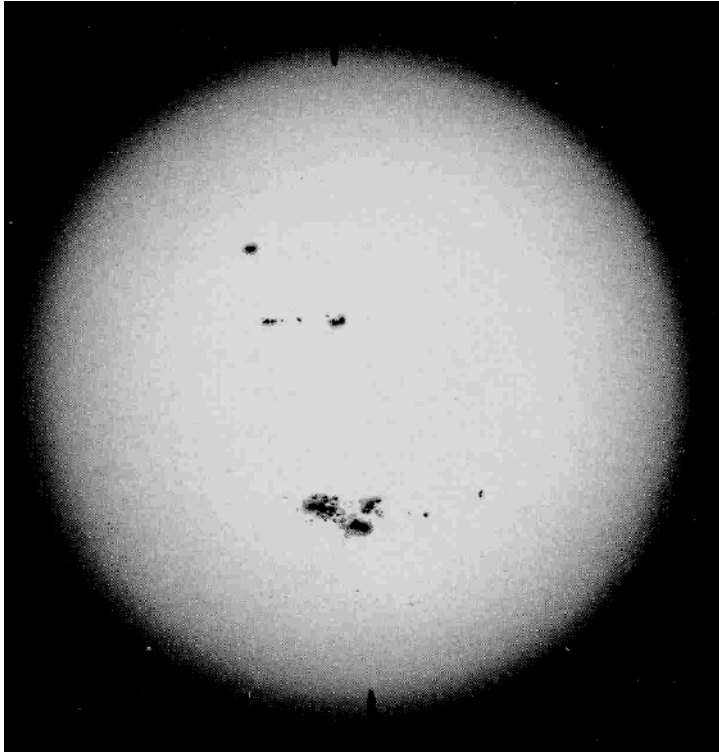


Vallot, 1920

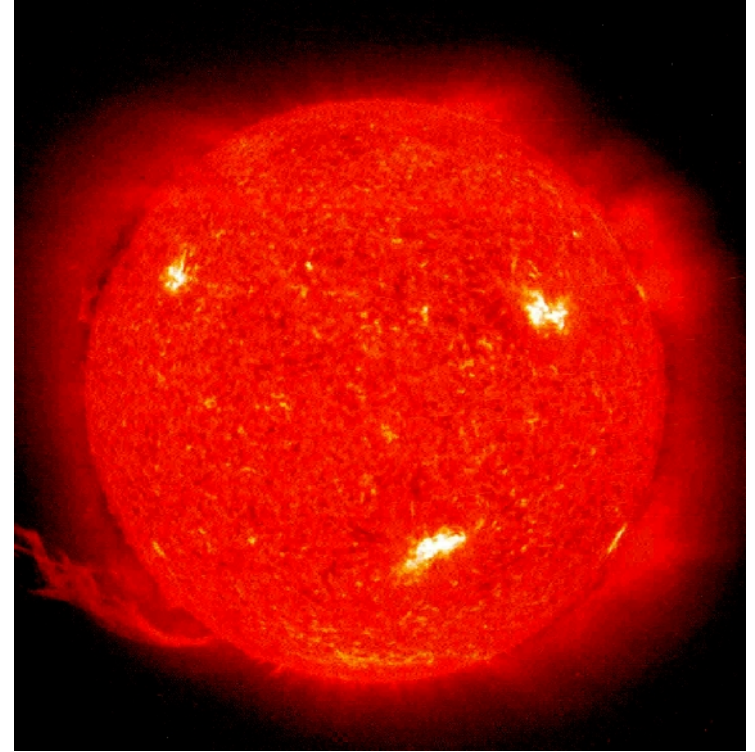
Les glaciers du Massif du Mont Blanc depuis 1850 *(reynaud, 2003)*



4 fronts, massif du Mont-Blanc, 1870-2002, doc. LGGE-Glacières, Louis Reynaud

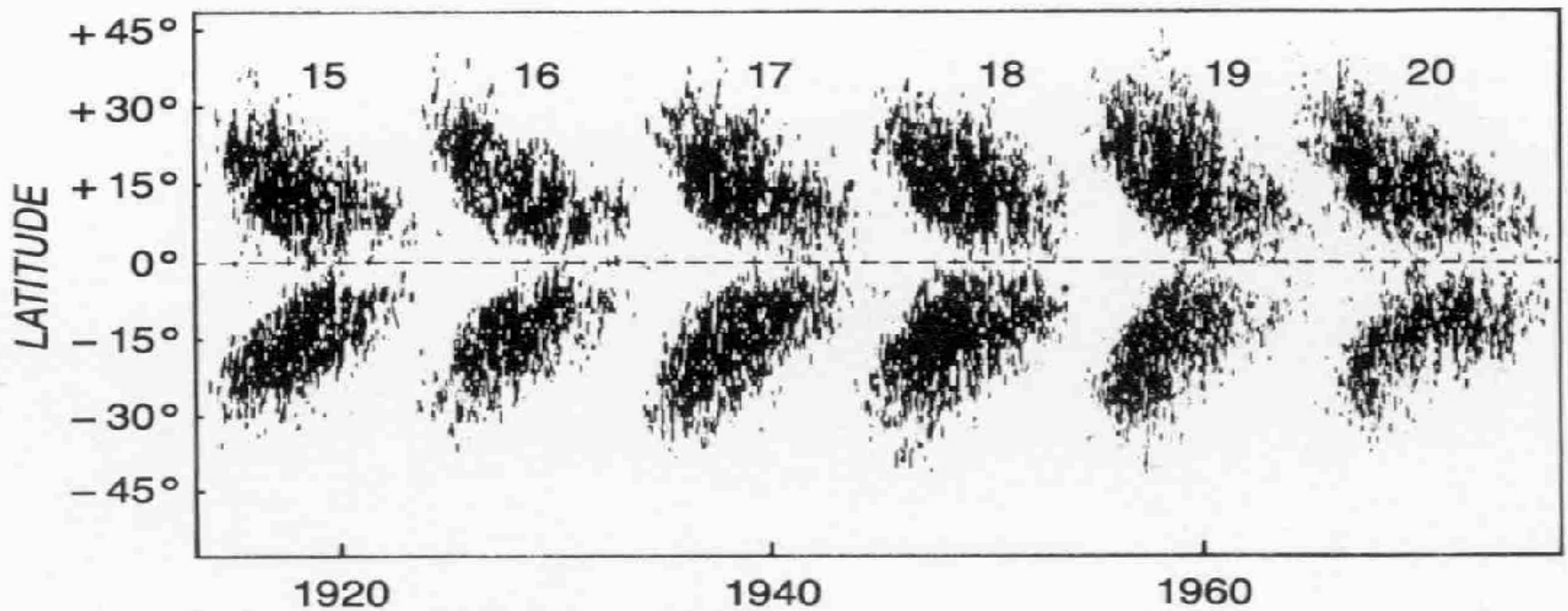


Taches solaires en 1987

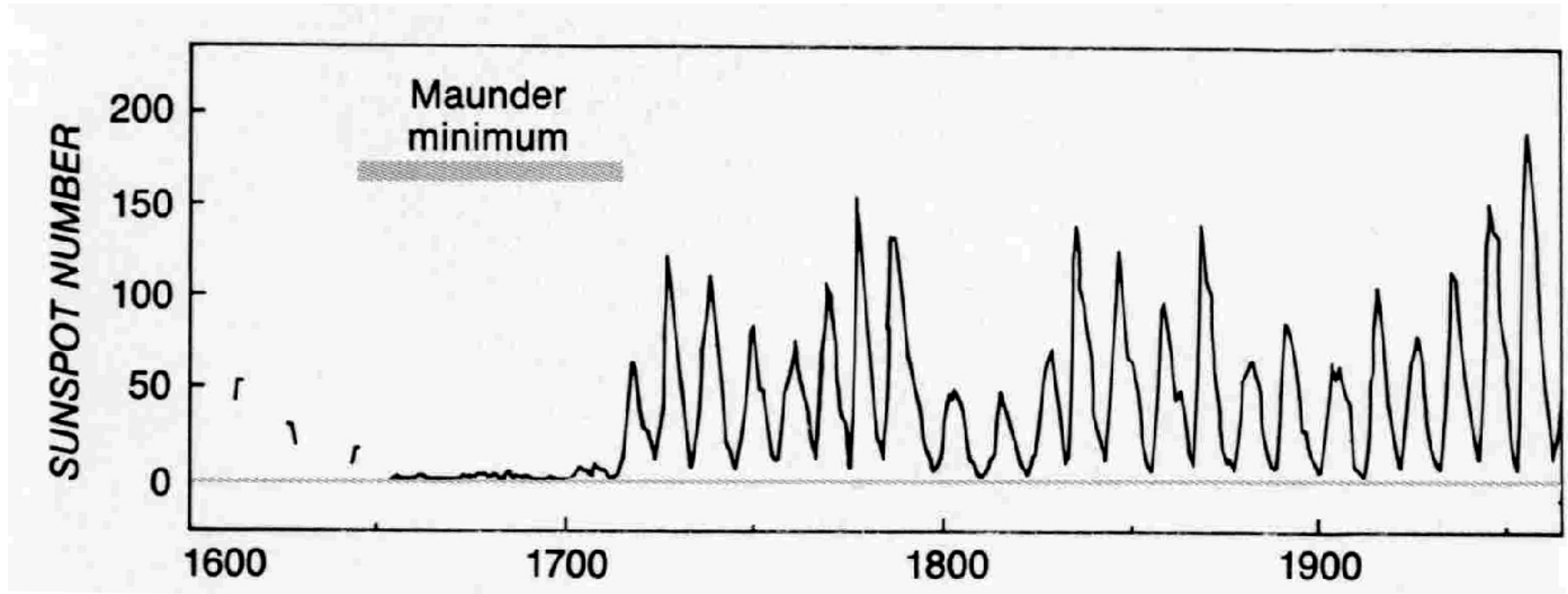


Une éruption solaire : 1996

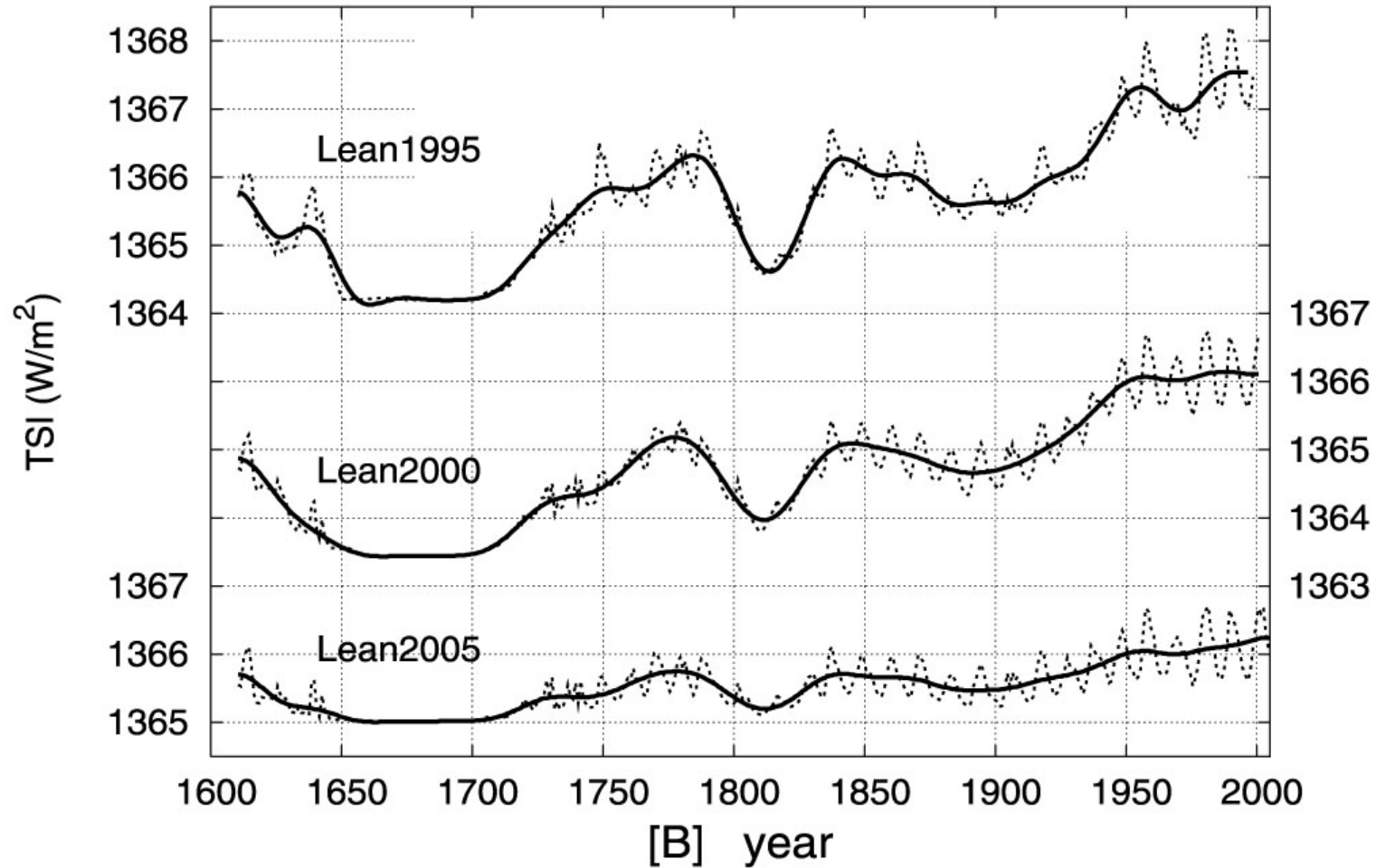
Le diagramme papillon de Maunder



L'activité solaire en baisse au Petit Age Glaciaire

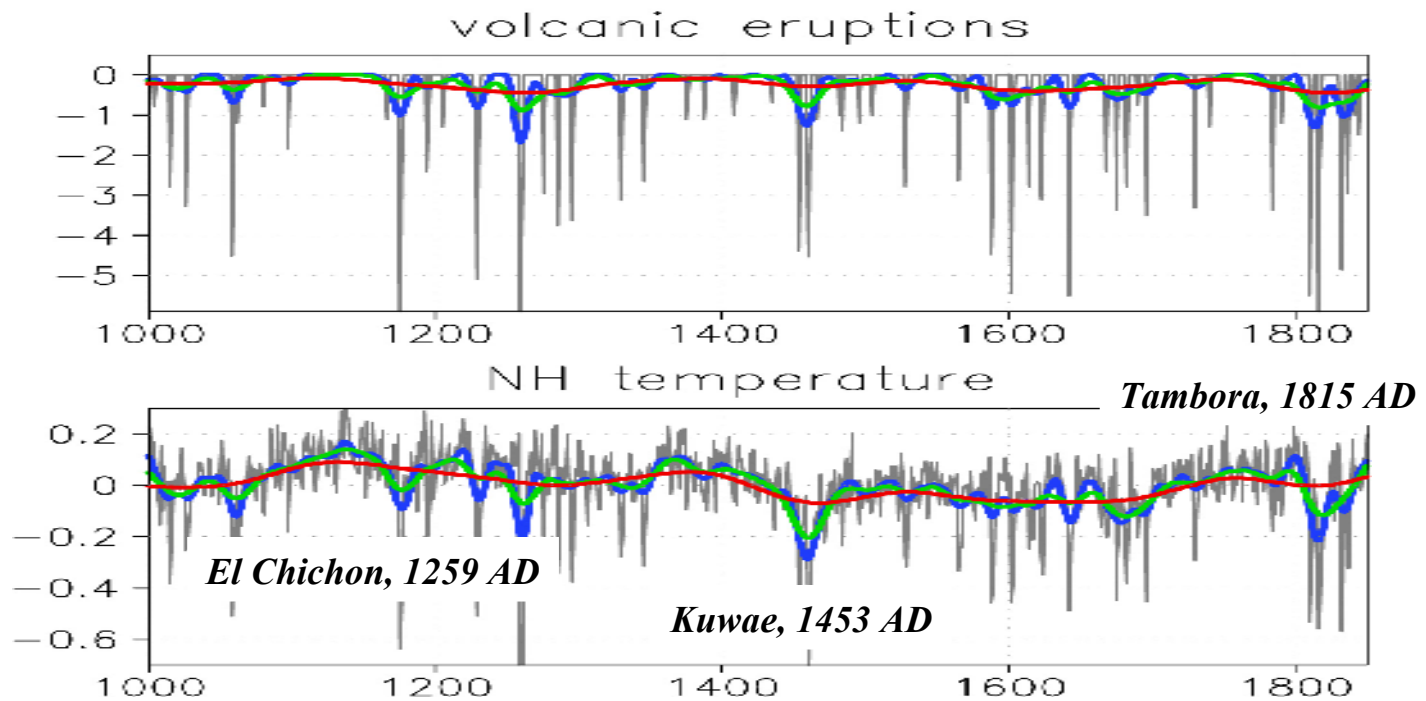


Irradiance Solaire Totale depuis de 17^{ème} siècle



Scafetta & West, in GRL. 2006

Volcanisme du dernier millénaire



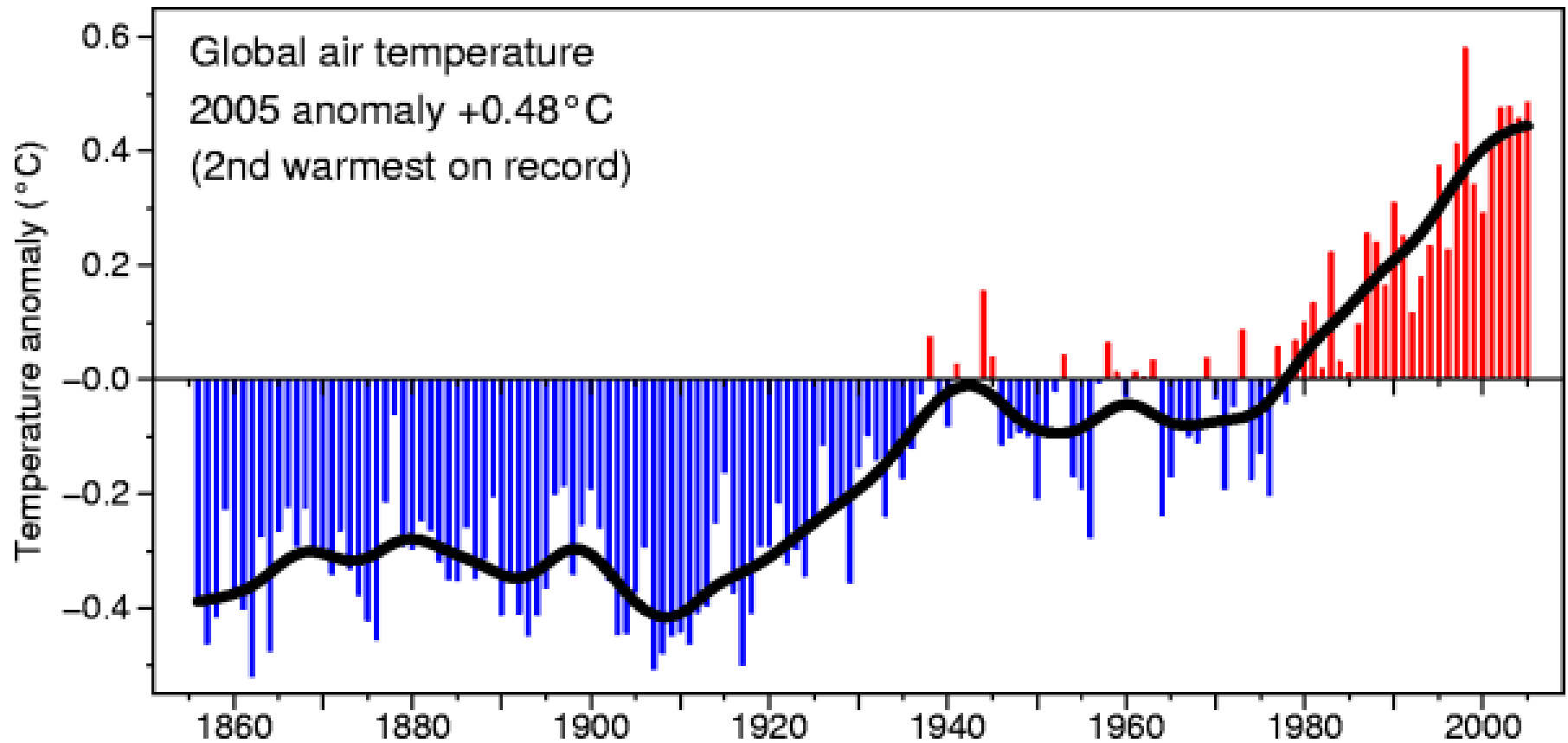
Weber, 2005 - Climate of the past Discussions

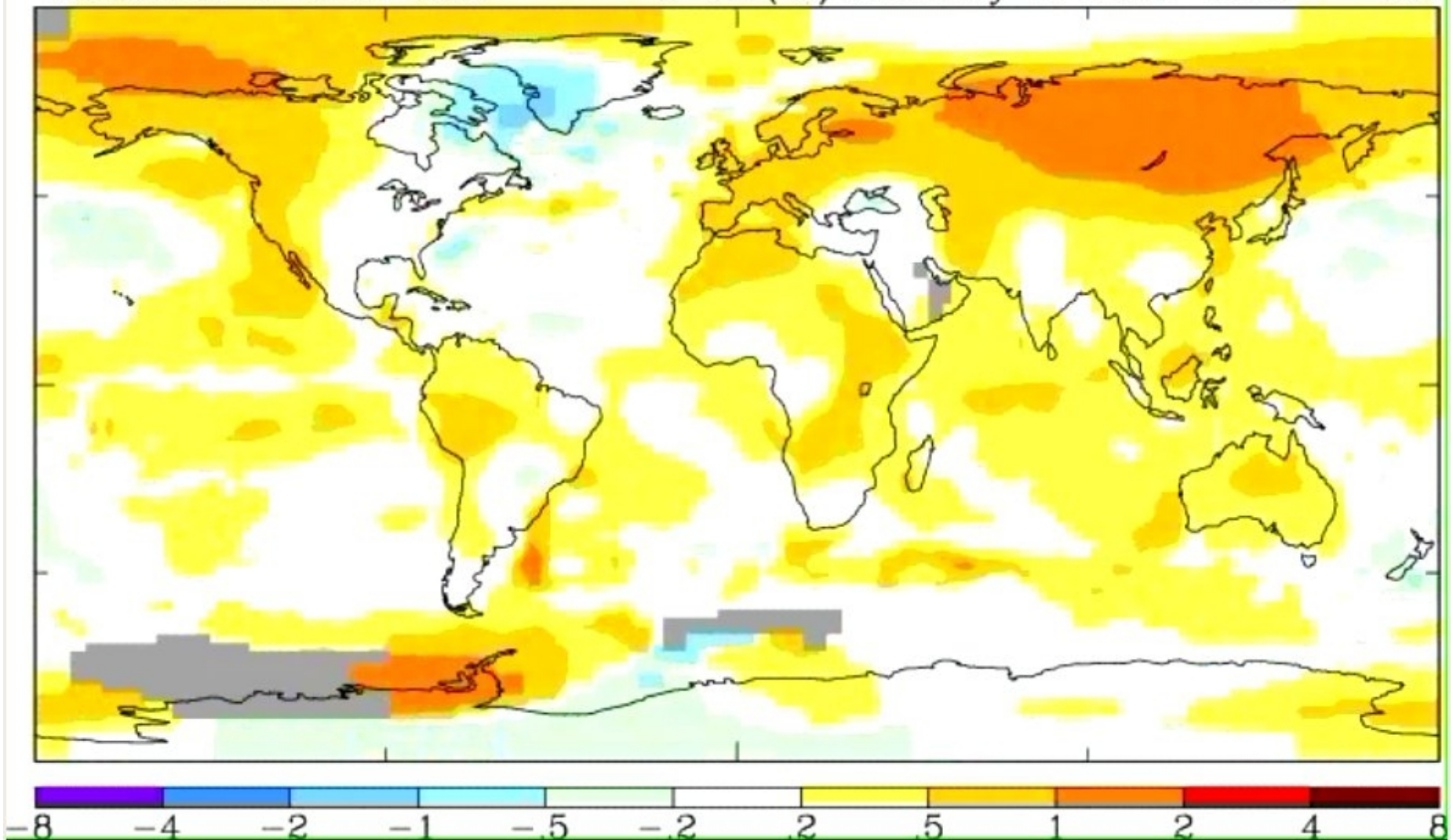
Volcanic Eruption Index depuis 1400 AD

Aniakchak	1450C	5?
Kuwae	1452	6
Sakurajima	1471	5?
Bardarbunga	1477	5?
St. Helens	1480D	5+
St Helens	1482D	5
St. Helens	1540	5
Billy Mitchell	1580C	6
Kelut	1586	5?
Raung	1593	5?
Huaynaputina	1600	6?
Kamaga-Take	1640	5
Parker	Jan. 4, 1641	6
Long Island	1660	6
Usu	Aug. 16, 1663	5
Tarumai	Aug. 6, 1667	5
Gamkonora	1673	5?
Tongkoko	1680	5?
Tarumai	Aug., 1739	5
Katla	Oct. 17, 1755	5
Tambora	April 5, 1815	7
Galunggung	Oct. 8, 1822	5?
Cosiguina	June 20, 1835	5
Sheveluch	Feb. 17, 1854	5
Askja	March 29, 1875	5
Krakatau	Aug. 26, 1883	6
Tarawera	June 10, 1886	5
Santa Maria	Oct., 24, 1902	6
Ksudach	March 28, 1907	5
Katmai	June 6, 1911	6
Cerro Azul	April 10, 1932	5
Bezymianny	March 30, 1956	5
St. Helen	May 18, 1980	5

Newhall & Self, 1982 in GRL

La température de la Planète depuis 1850

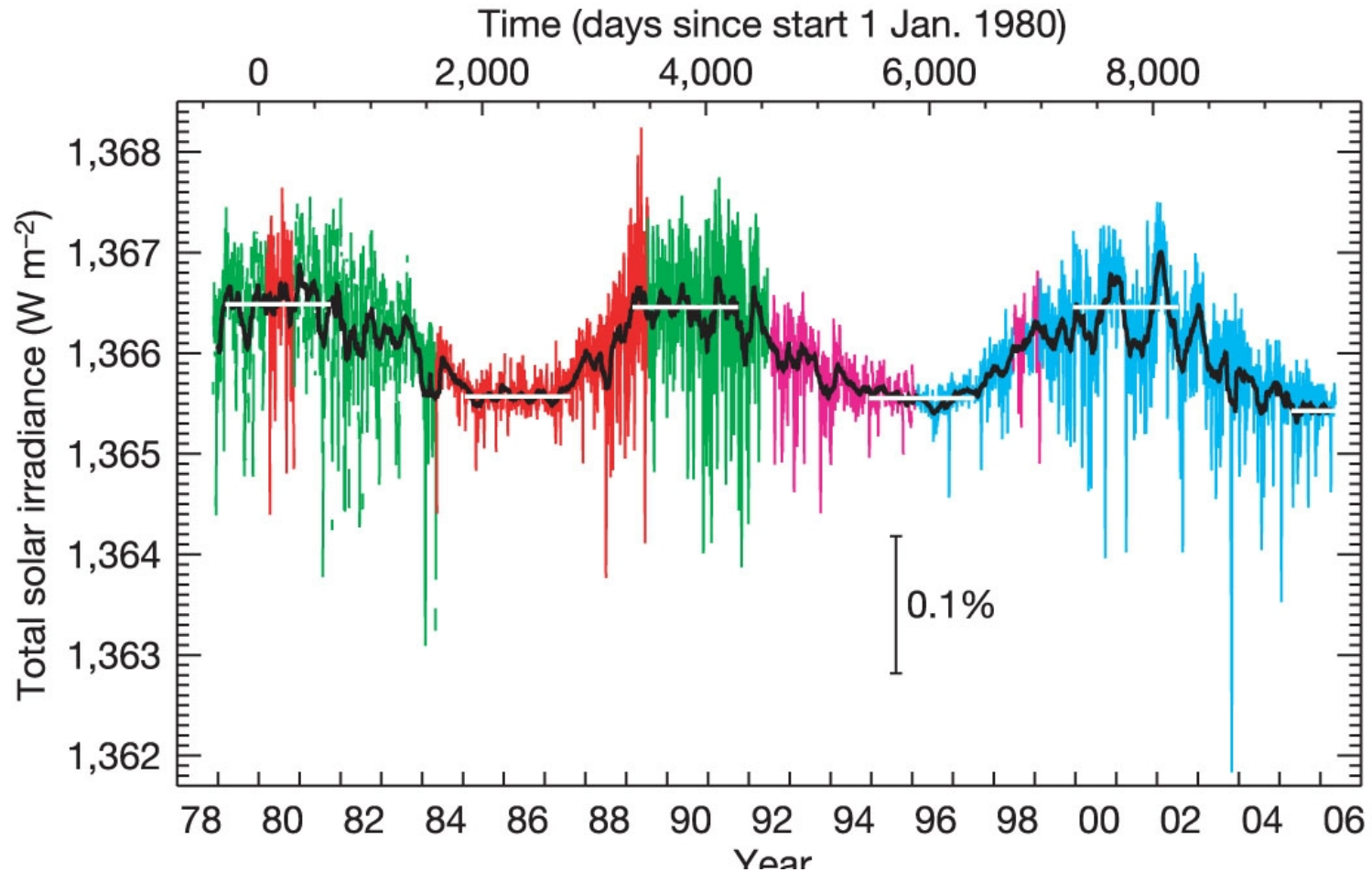




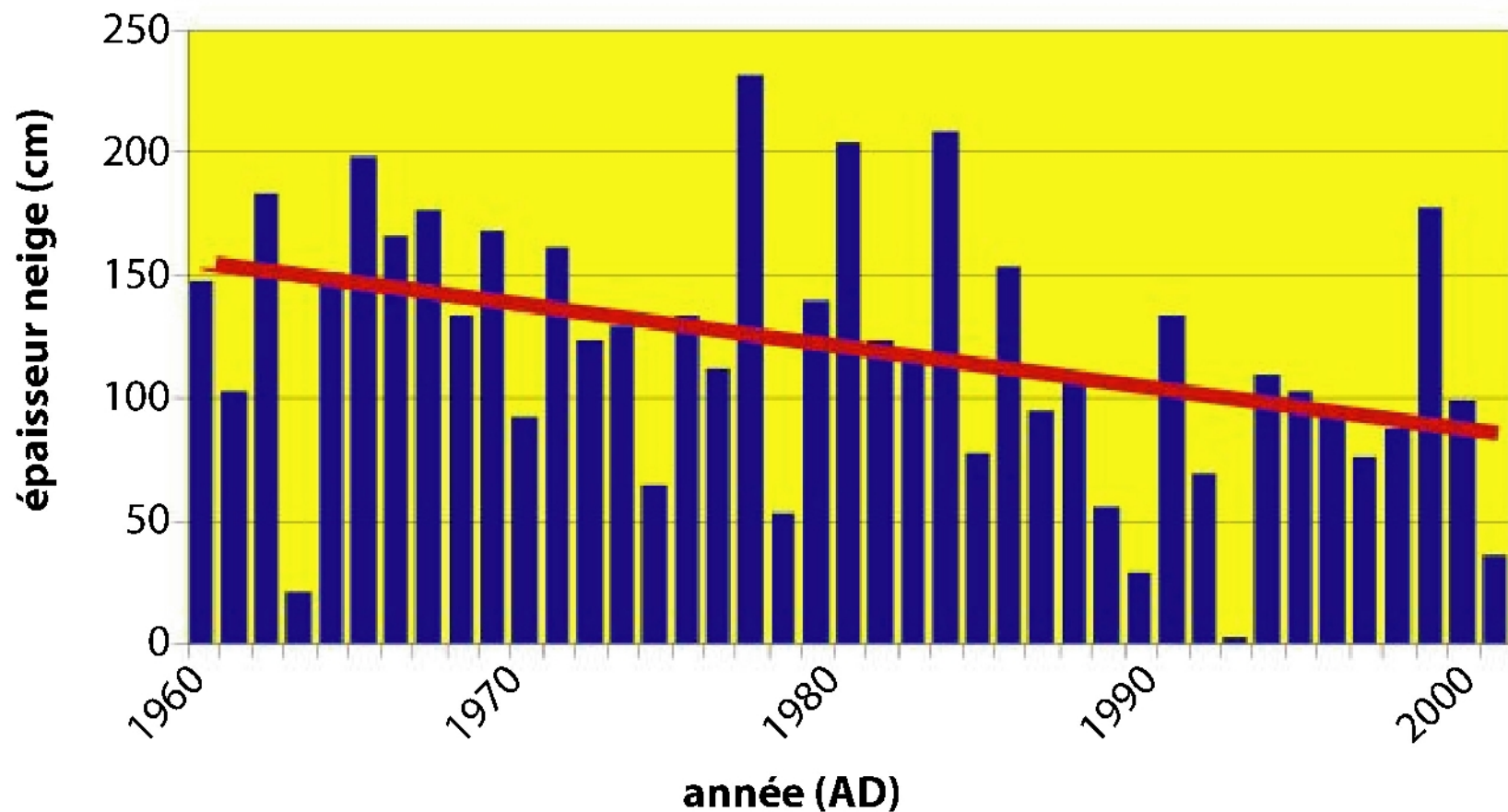
L'hémisphère Nord se réchauffe plus vite...

Les cycles décennaux solaires de la fin du 20ème siècle

Fukal et al. Nature - 2006

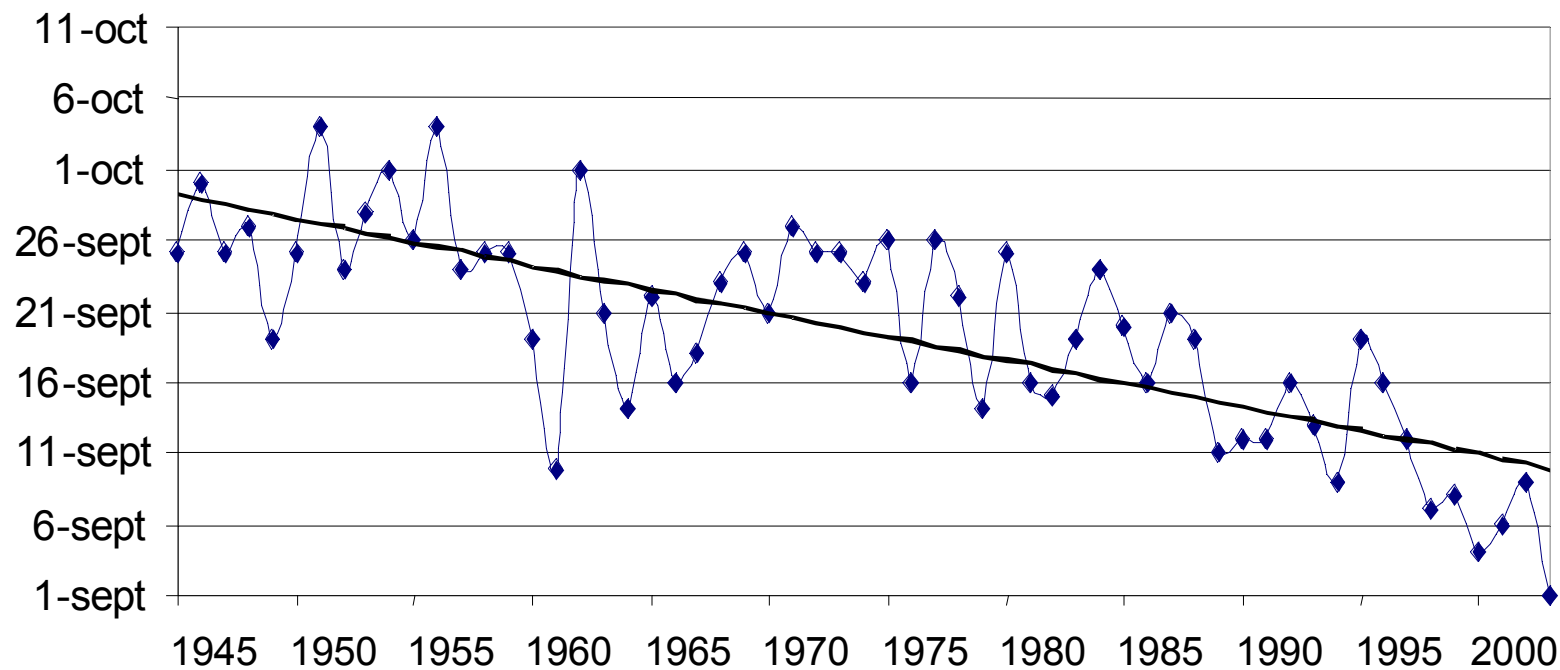


Evolution de la couverture neigeuse au col de Porte (1325 m asl.)



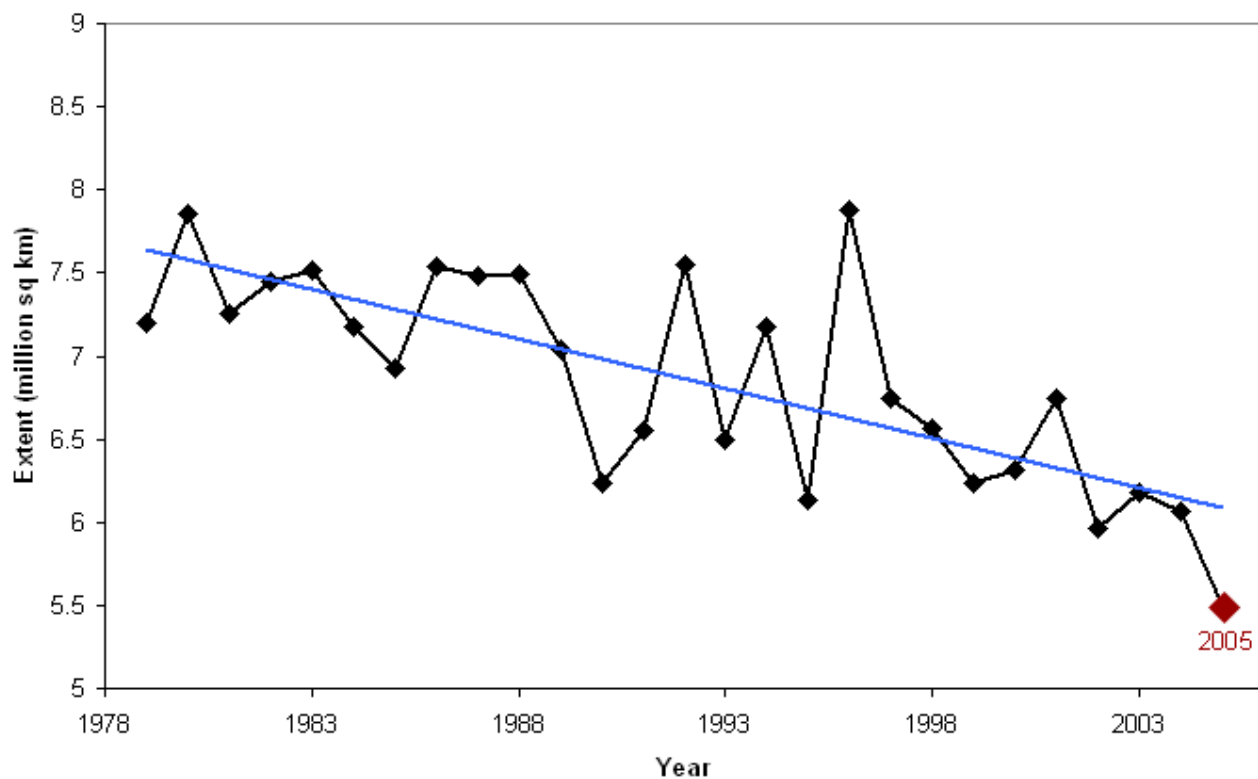
CEN, Grenoble, 2003

DATE DE DEBUT VENDANGES A CHATEAUNEUF DU PAPE depuis 194

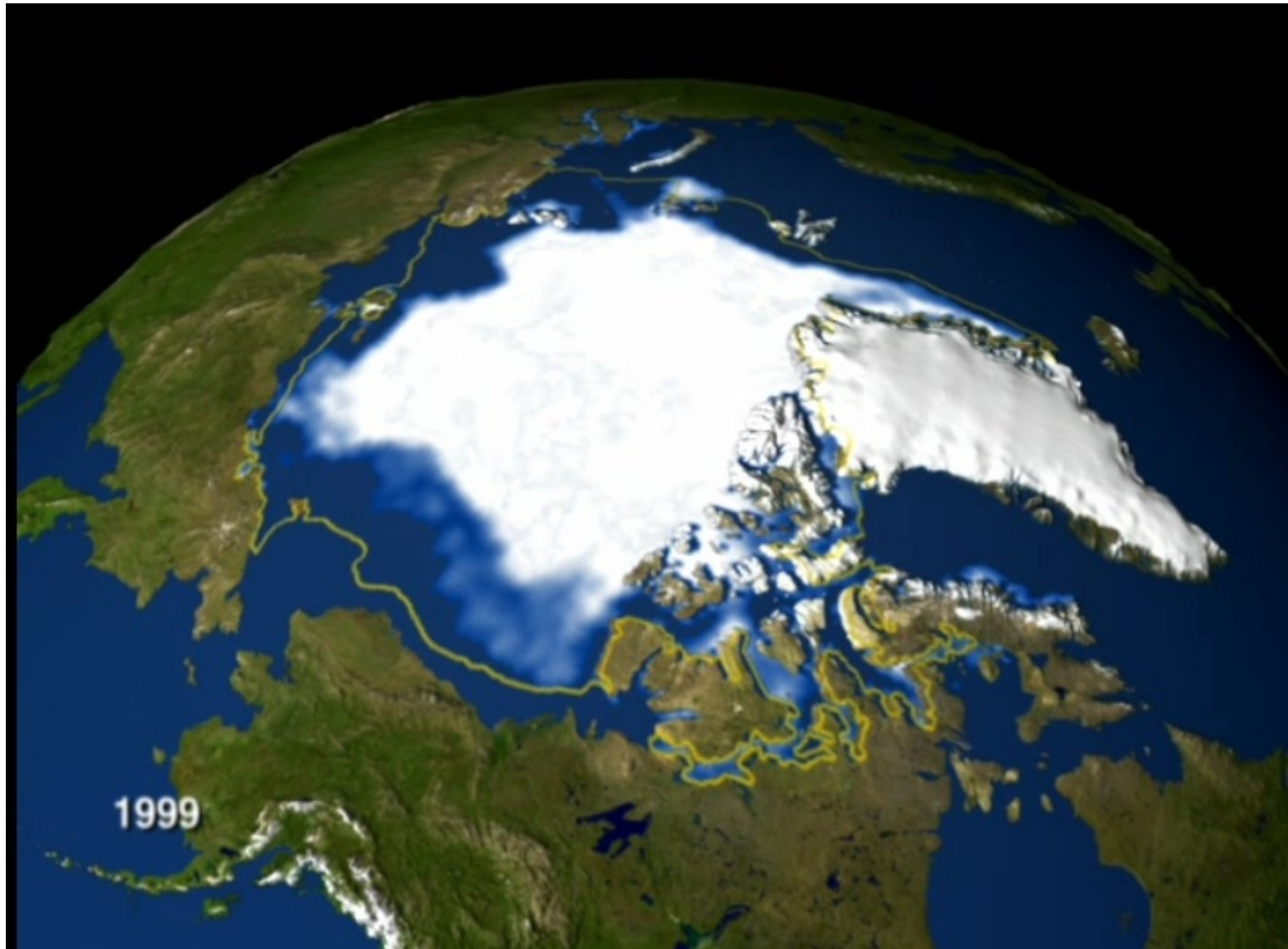


INRA Avignon

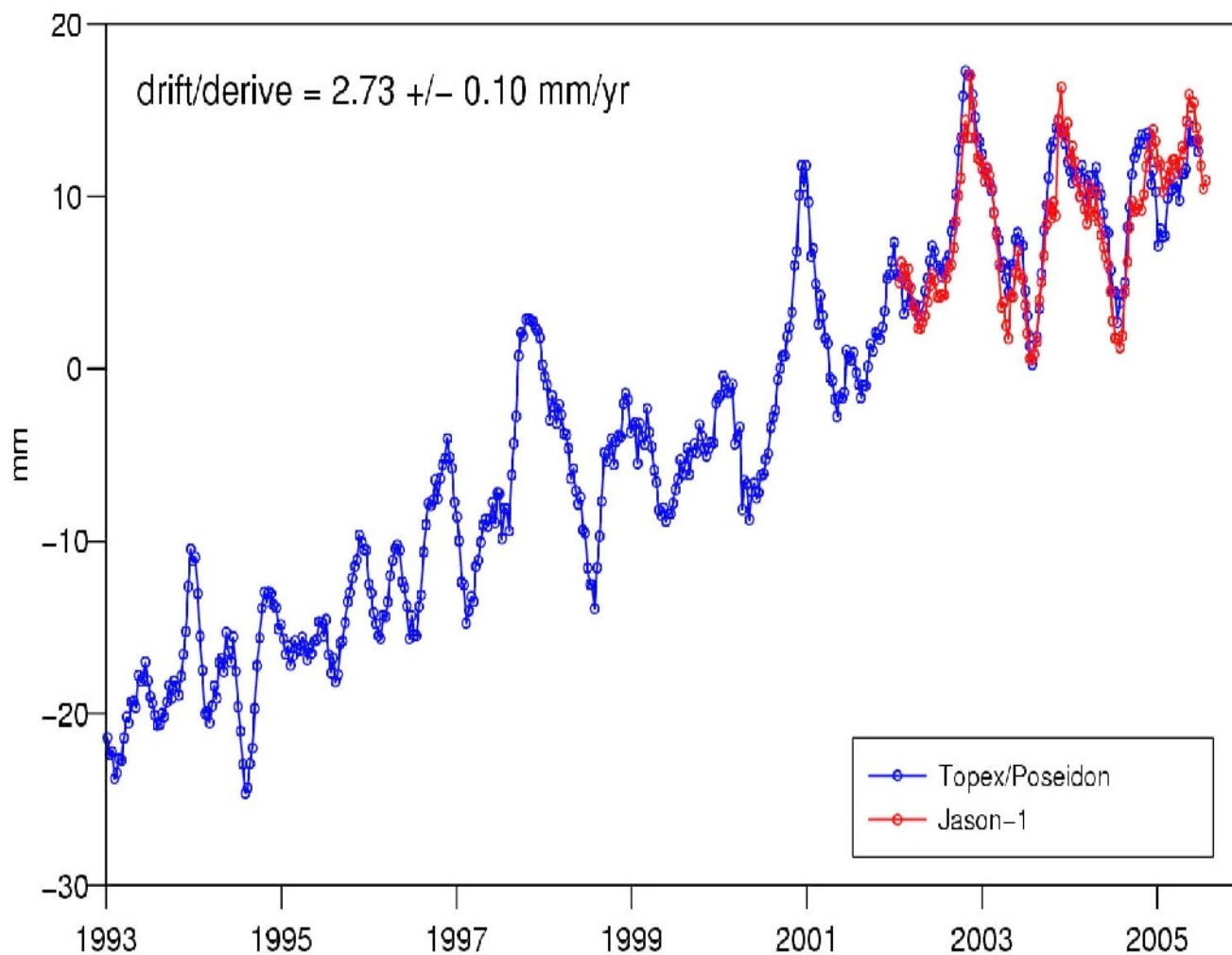
La glace de Mer arctique



La glace de Mer arctique



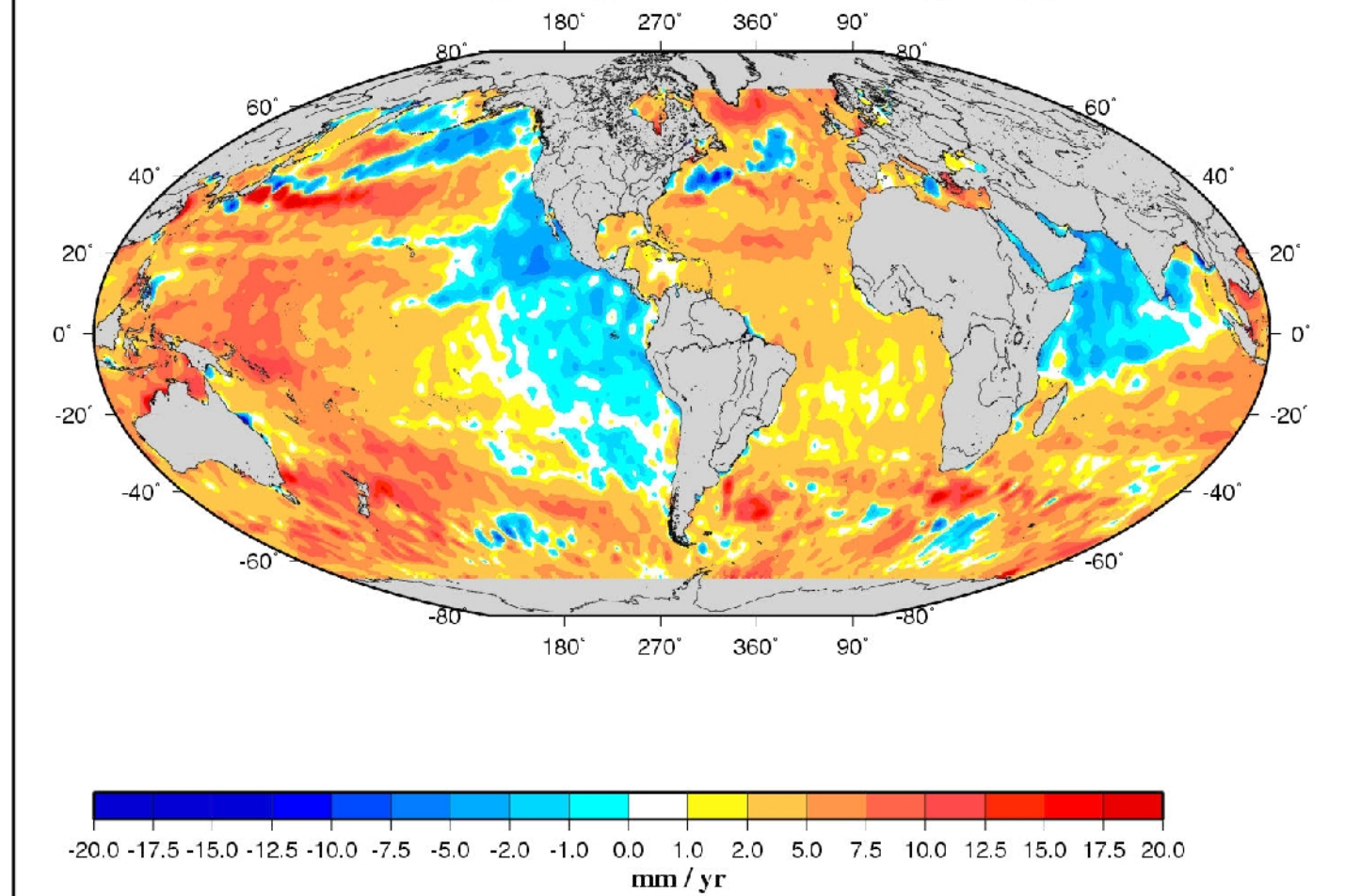
Le niveau des mers mesuré par Topex-Poseidon & Jason



Cazenave, 2006

Sea level trends from Topex-Poseidon (Jan.1993-Mar.2005)

LEGOS/CNES (Jan 2006) (chamberptmr hnbi 11a460 ppalixkdm)

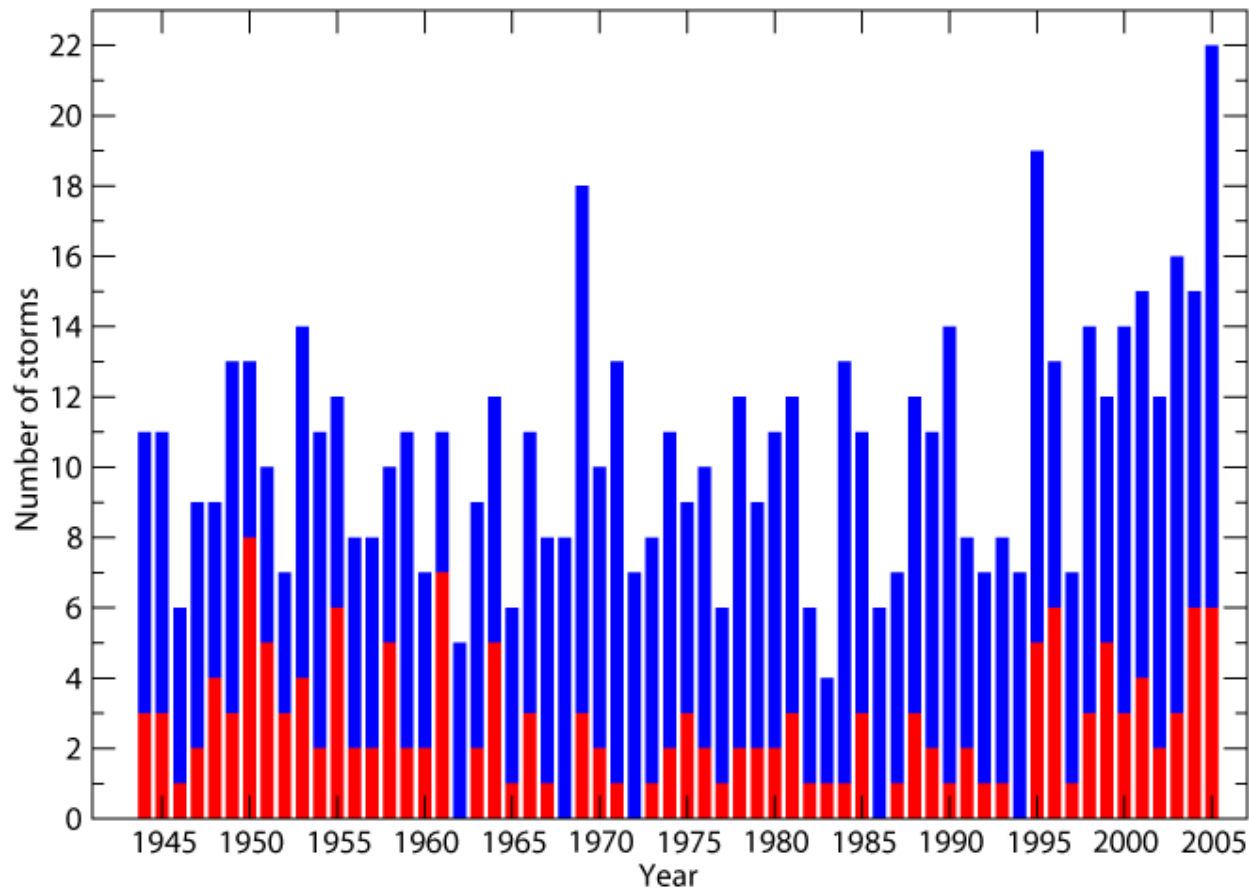


Cazenave, 2006

Extrêmes climatiques sur l'Atlantique Nord

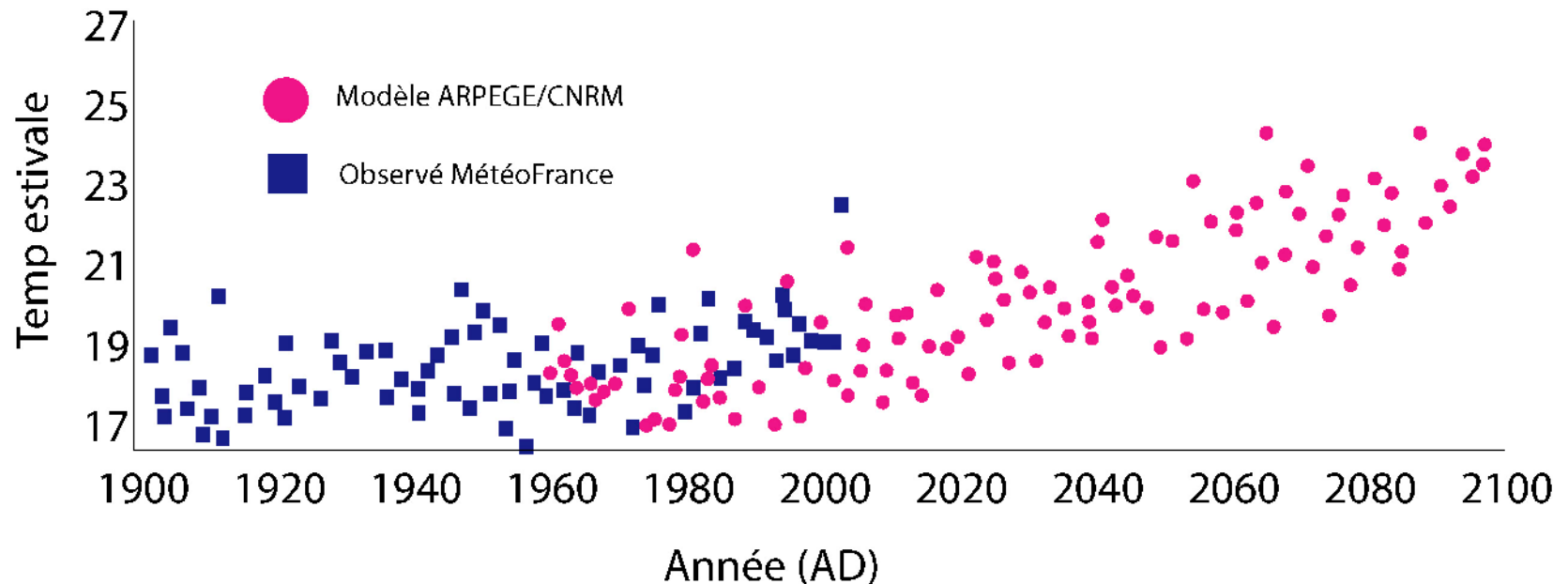
Annual Number of Named Storms and Major Hurricanes

Atlantic, 1944-2005 (preliminary number for 2005)



Ncdc.noaa.gov

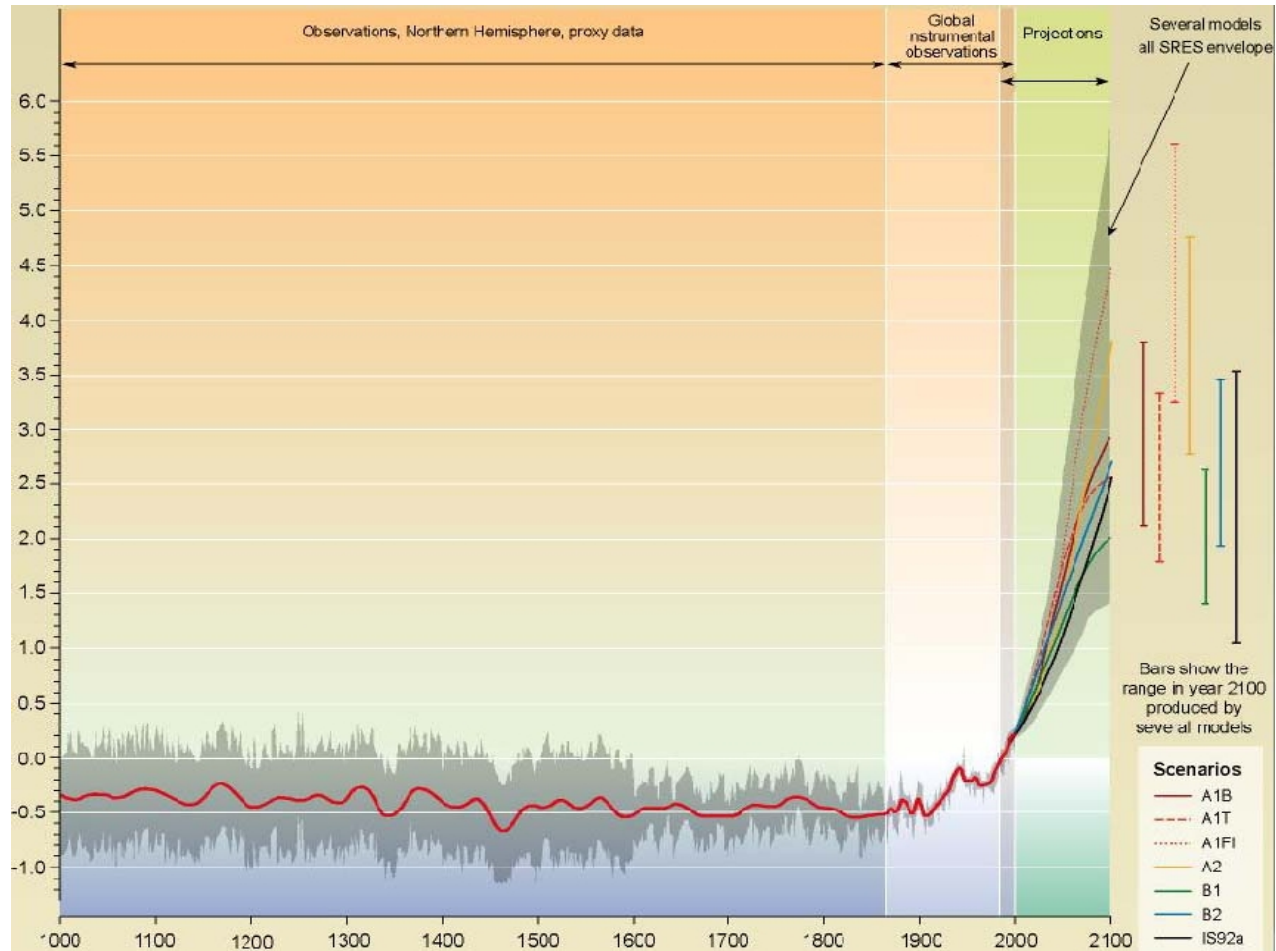
De 1900 à 2100 : Température en France observées et simulées



➤ *Dans 50 ans, un été 2003 parmi d'autres...*

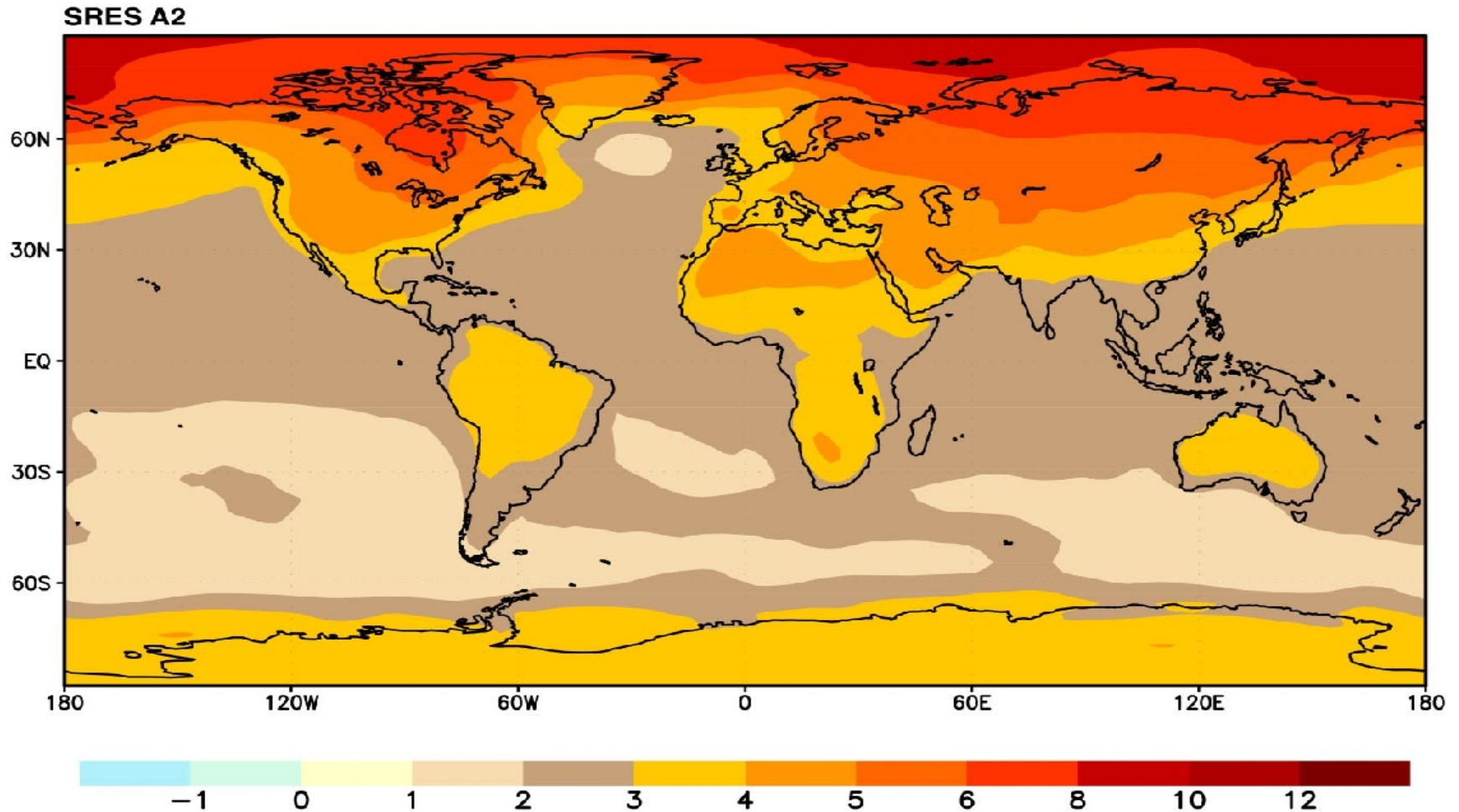
Déqué/CNRM, 2004

Et demain???



GIEC, 2001

Les continents et l'hémisphère Nord se réchauffent plus vite...

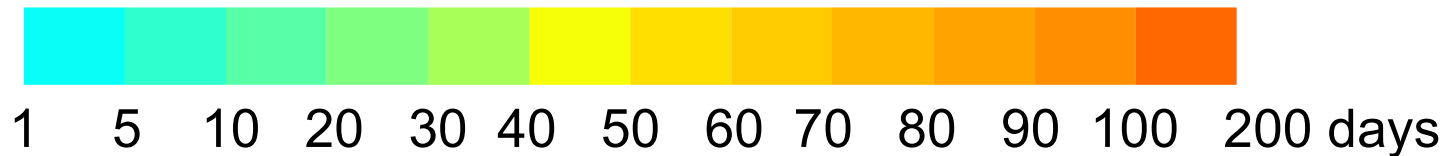
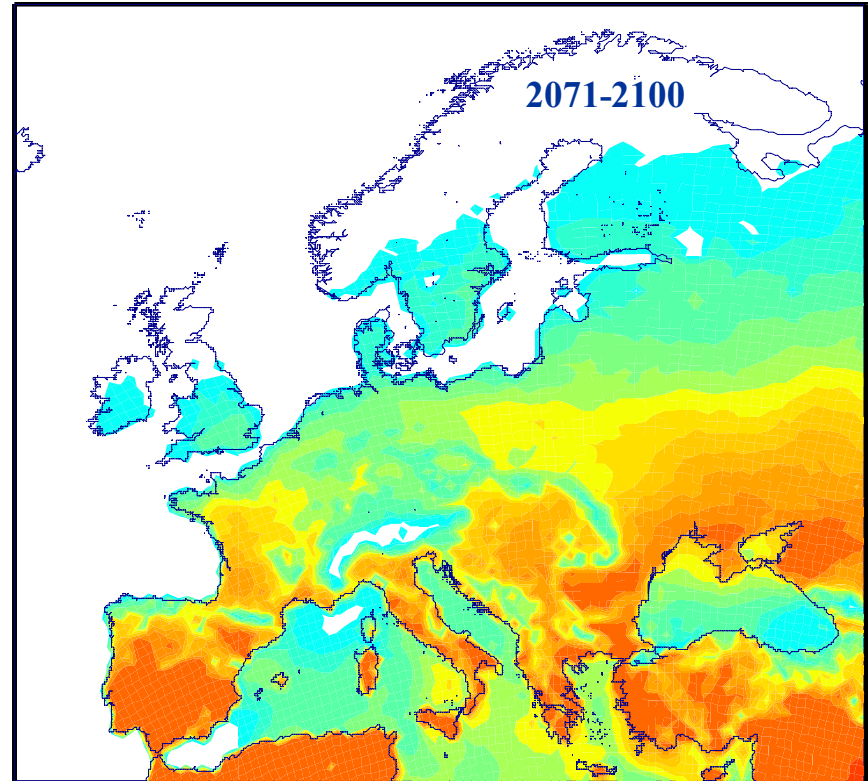
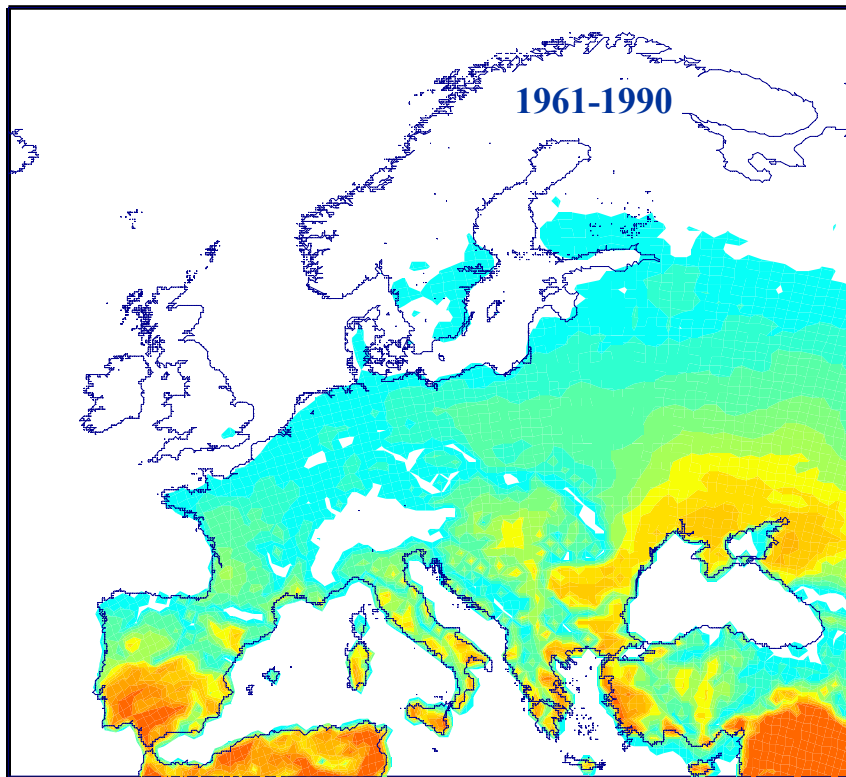


Différence de température entre la période 1961-1990 et la période 2071-2100

IPCC, 2001

Nombres de jours : $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$

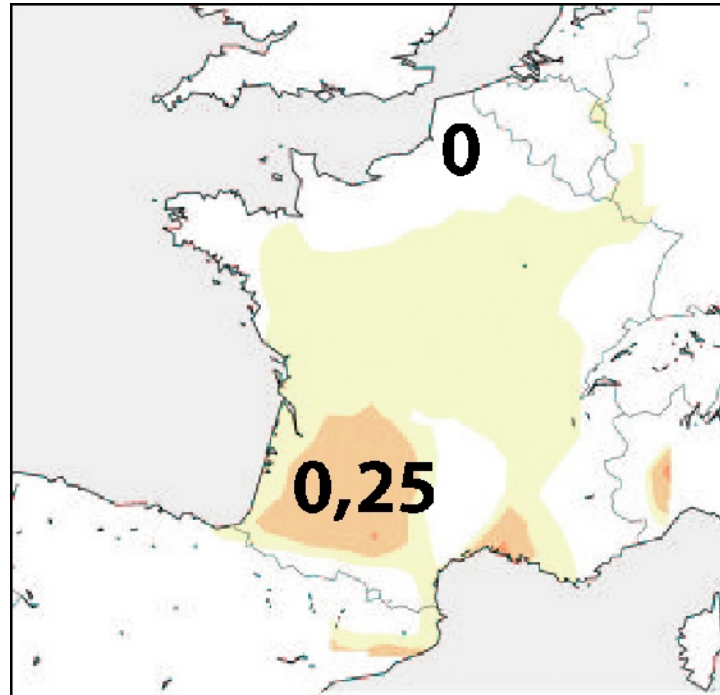
(selon le modèle HIRHAM RCM)



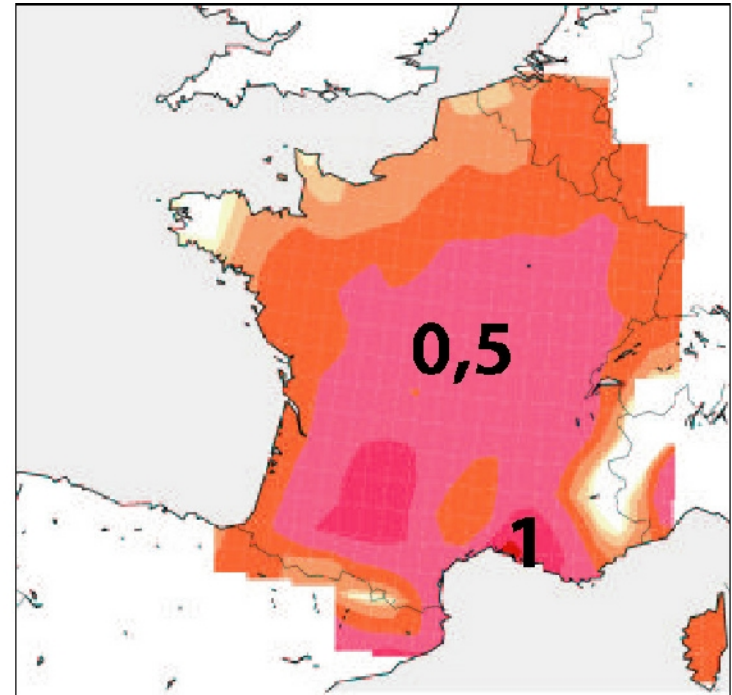
Brigitte Koffi, University of Fribourg

Probabilité de température max $> 35^{\circ}\text{C}$ en été

1961-1990



2071-2100

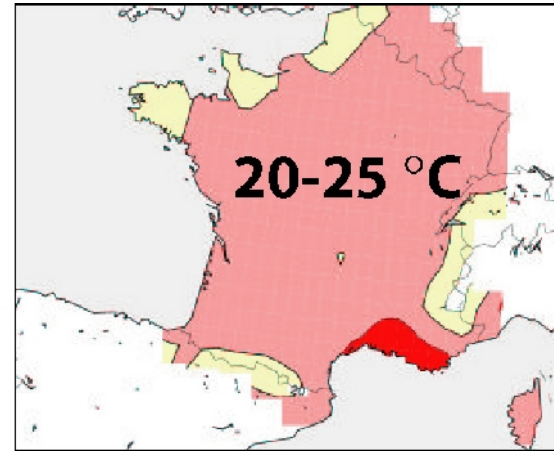


GICC/IMFREX, Déqué, 2004

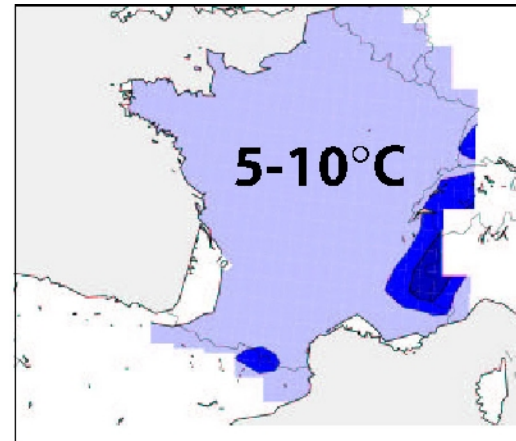
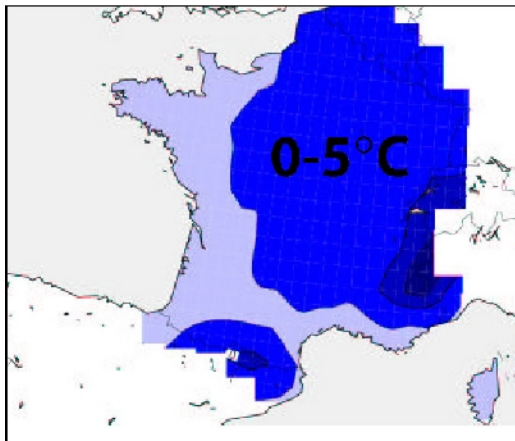
La France des températures d'été et d'hiver



1960-1990



2070-2100



Arpège/CNRM, 2001



Dans la même quinzaine, on a vu les photos spectaculaires de Yann Arthus-Bertrand montrant le Kilimandjaro déplumé, sans ses neiges, et l'on a immédiatement entendu le refrain sur le réchauffement de la planète et lu dans la revue *Science* un important article d'une série d'éminents glaciologues qui montre que, en trente ans, le volume des glaces antarctiques n'a pas varié (1). Tous les spécialistes sont d'accord : si un réchauffement général du globe a lieu, il sera beaucoup plus important près

Après le mois d'août qu'a connu la moitié nord de la France, les Cassandre du réchauffement auront du pain sur la planche pour faire avaler leurs certitudes à nos compatriotes. Il y a sans doute un changement climatique, mais ce dernier est caractérisé plus par de brusques fluctuations, à la fois dans l'espace et dans le temps (la canicule ou l'« été pourri » en sont des exemples, comme les tornades extrêmes ou l'augmentation des inondations), que par un réchauffement général. La cause de cette modification climatique est inconnue. Est-ce

12 CLÉS POUR LA GÉOLOGIE - Belin, 1999

"En brûlant des combustibles fossiles, l'homme a augmenté le taux de gaz carbonique dans l'atmosphère, ce qui fait, par exemple, que depuis un siècle la température moyenne du globe a augmenté d'un demi-degré. »

des chercheurs français ont montré que cette désertification était largement due à des mouvements tectoniques responsables de la remontée progressive du continent africain, modifiant la circulation météo. L'effet de serre n'a aucun rôle majeur là-dedans.

La cause de la modification climatique reste inconnue.

Donc, prudence

puissance protestataire est devenue un business très lucratif pour quelques-uns ! ● allegre.express@ipgp.jussieu.fr

(1) A. Monaghan *et al.*, *Science*, vol. 313, 11 août 2006.

<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2006/10/con-allegre-ma-non-troppo/>
<http://www.manicore.com/documentation/serre/ouvrages/allegre.html>
<http://www.manicore.com/documentation/serre/ouvrages/allegre.html>