

Les évolutions passées du climat : *ce que nous apprennent les carottes de glace*

67^e Congrès des Professeur·e·s de Physique et de Chimie
xavier.fain@univ-grenoble-alpes.fr



Institut
des géosciences
de l'environnement



Depuis 80 ans, nos connaissances
hélissent de nouveaux mondes

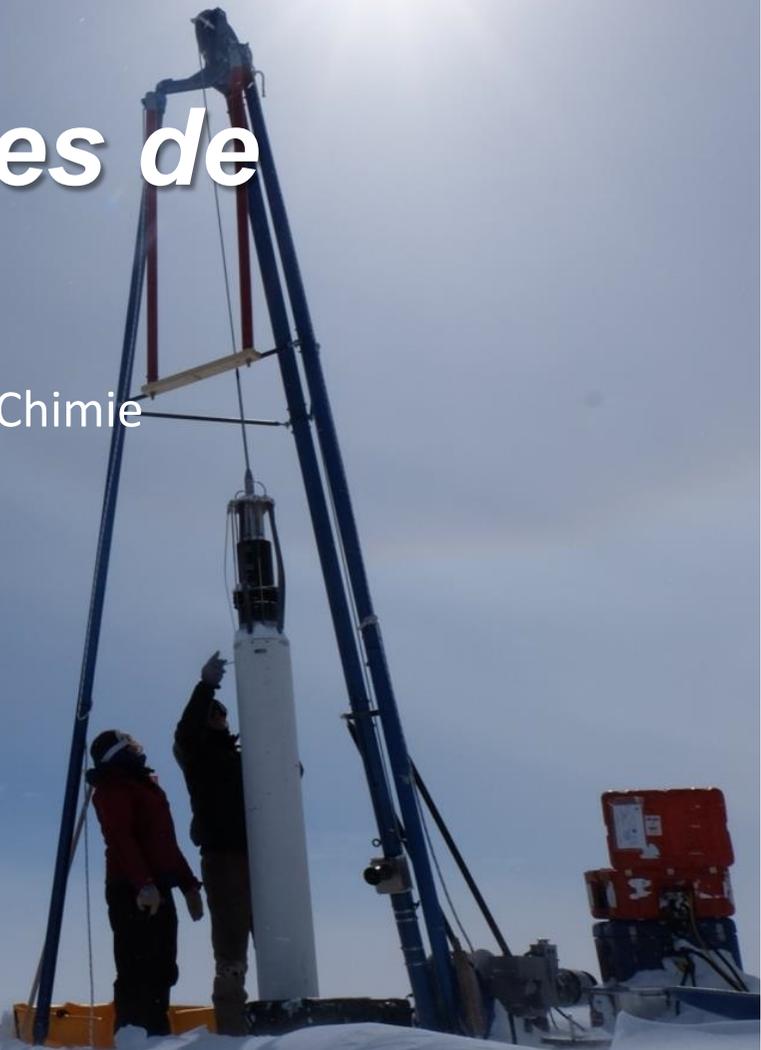


UNIVERSITÉ Grenoble Alpes
INP



OSUG

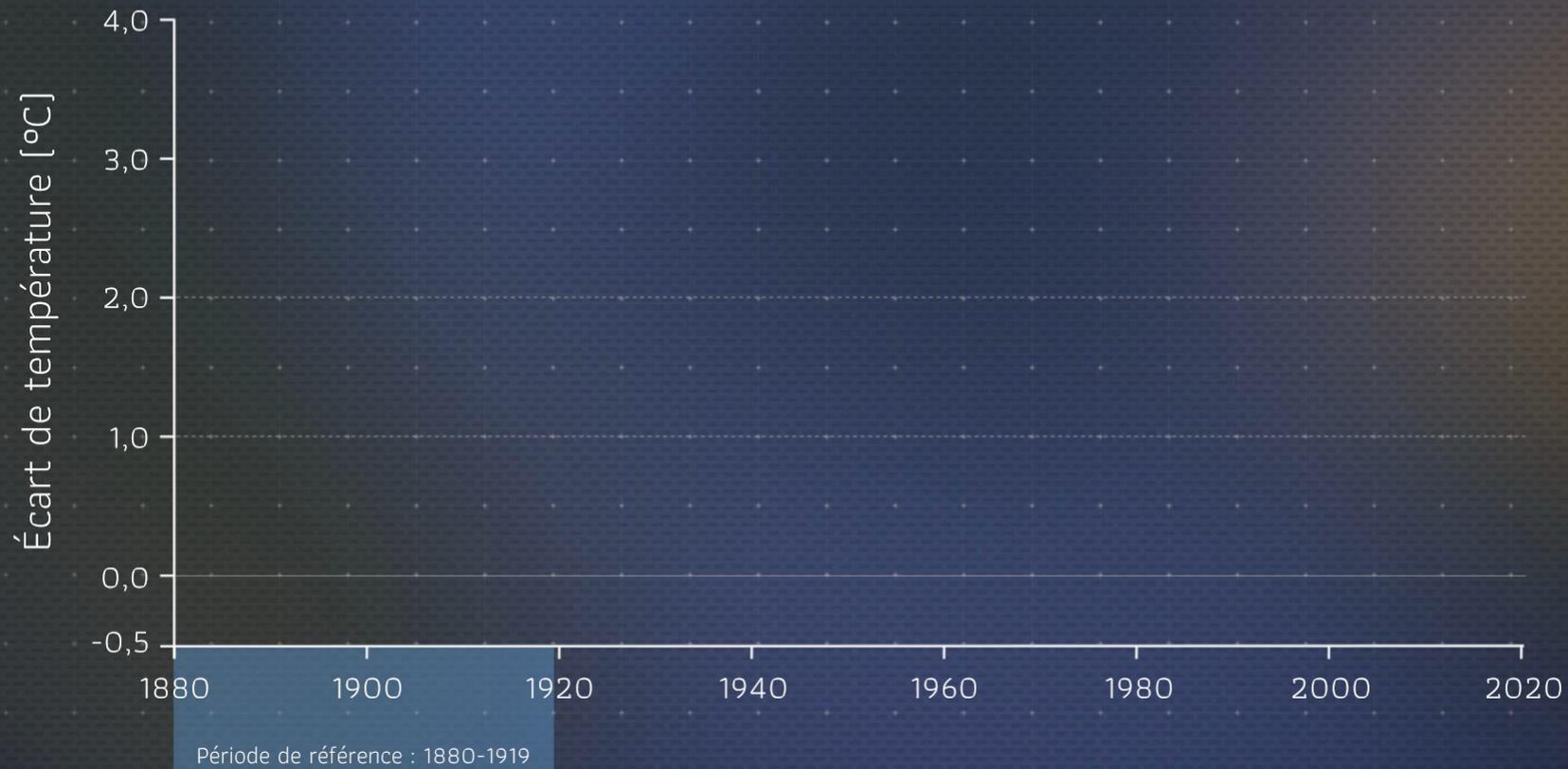
Observatoire des
Sciences de l'Université
de Grenoble





IGE, Grenoble, juin 2019

Changement de la température de surface de la Terre



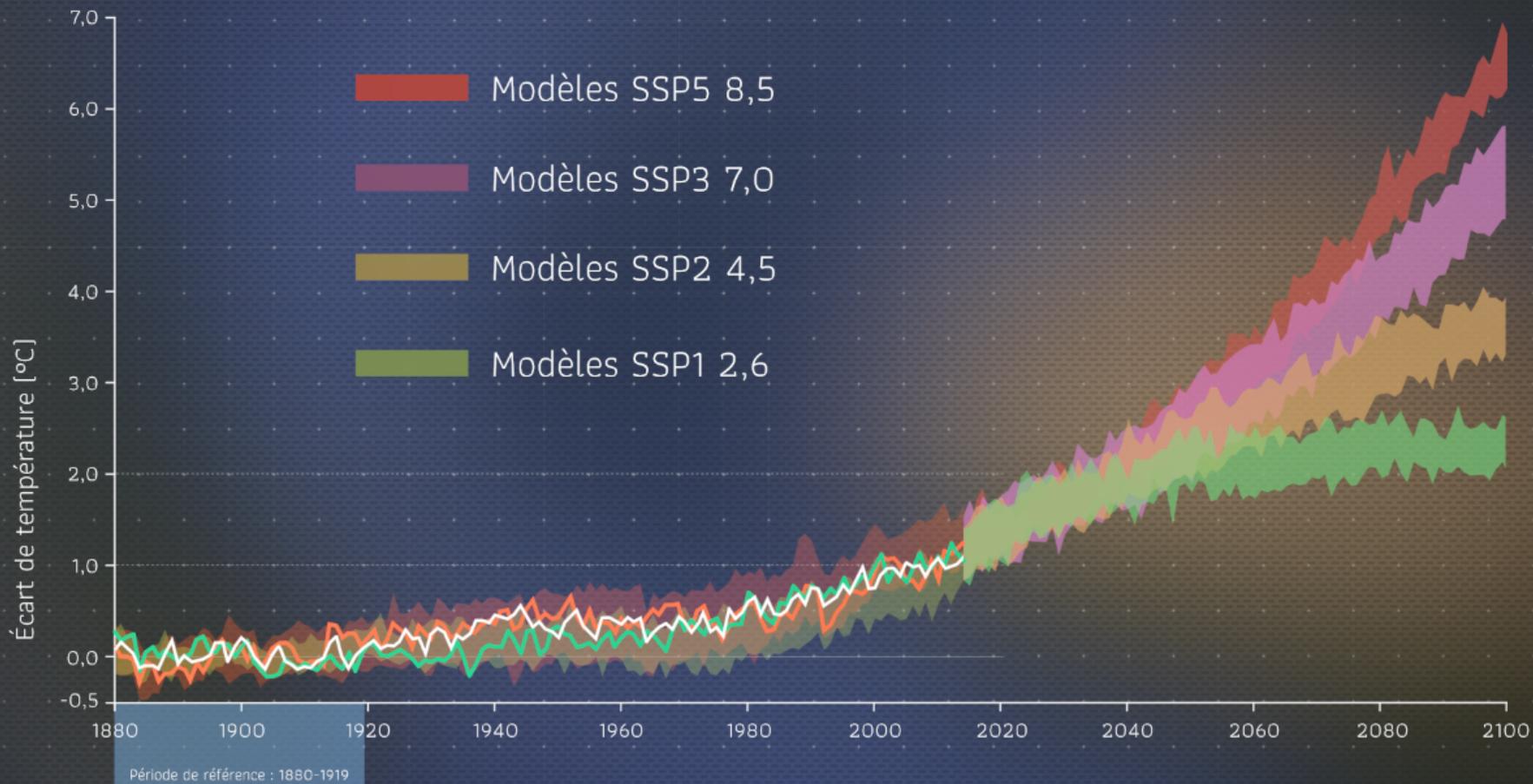
Jusqu'à + 7 °C en 2100 : les experts français du climat aggravent leurs projections sur le réchauffement

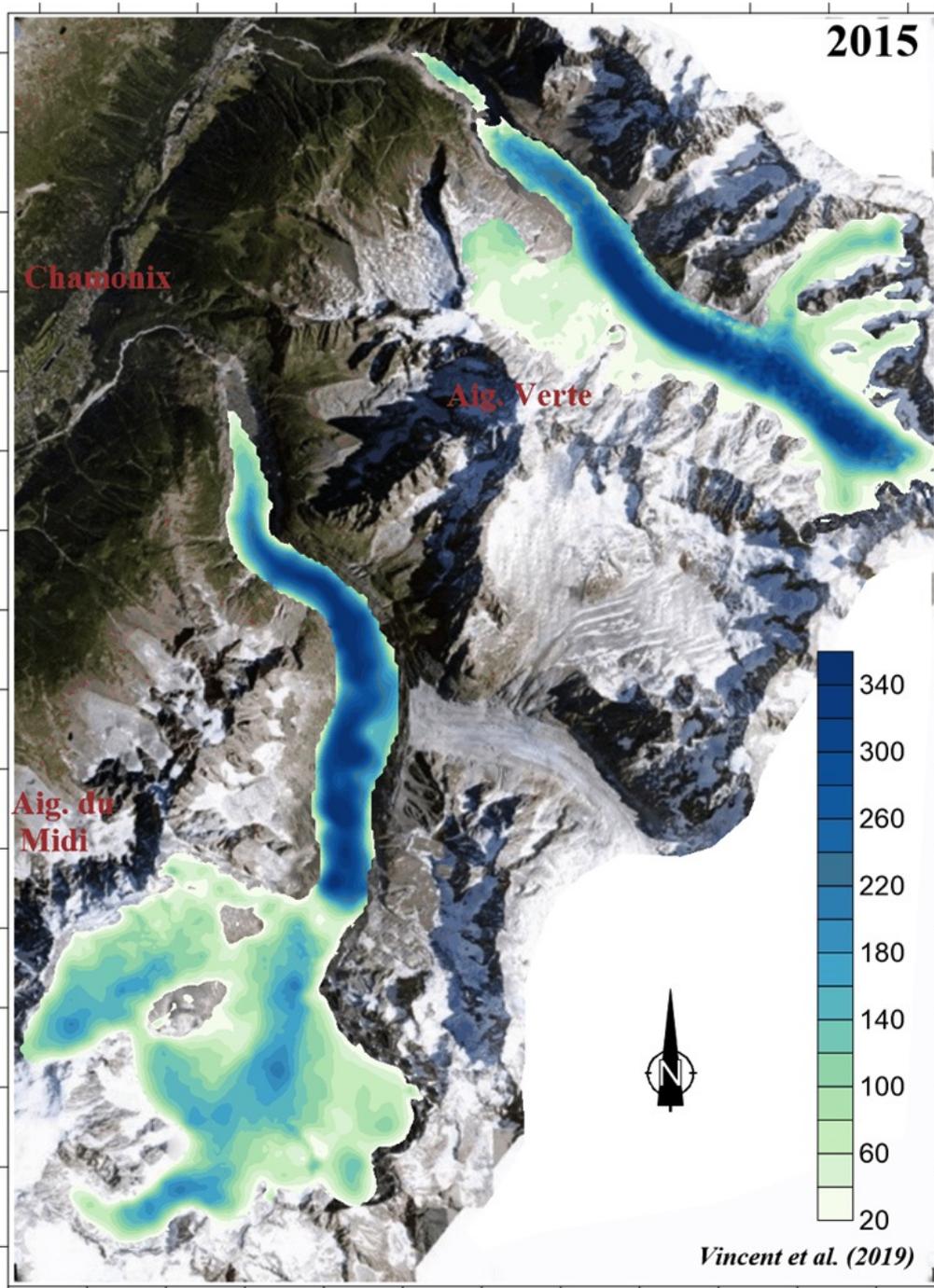
Les plus grands laboratoires de climatologie du pays sont engagés dans un vaste exercice de simulation du climat passé et futur qui servira de référence au prochain rapport du GIEC.

Par Audrey Garric · Publié le 17 septembre 2019 à 09h53 · Mis à jour le 17 septembre 2019 à 14h55

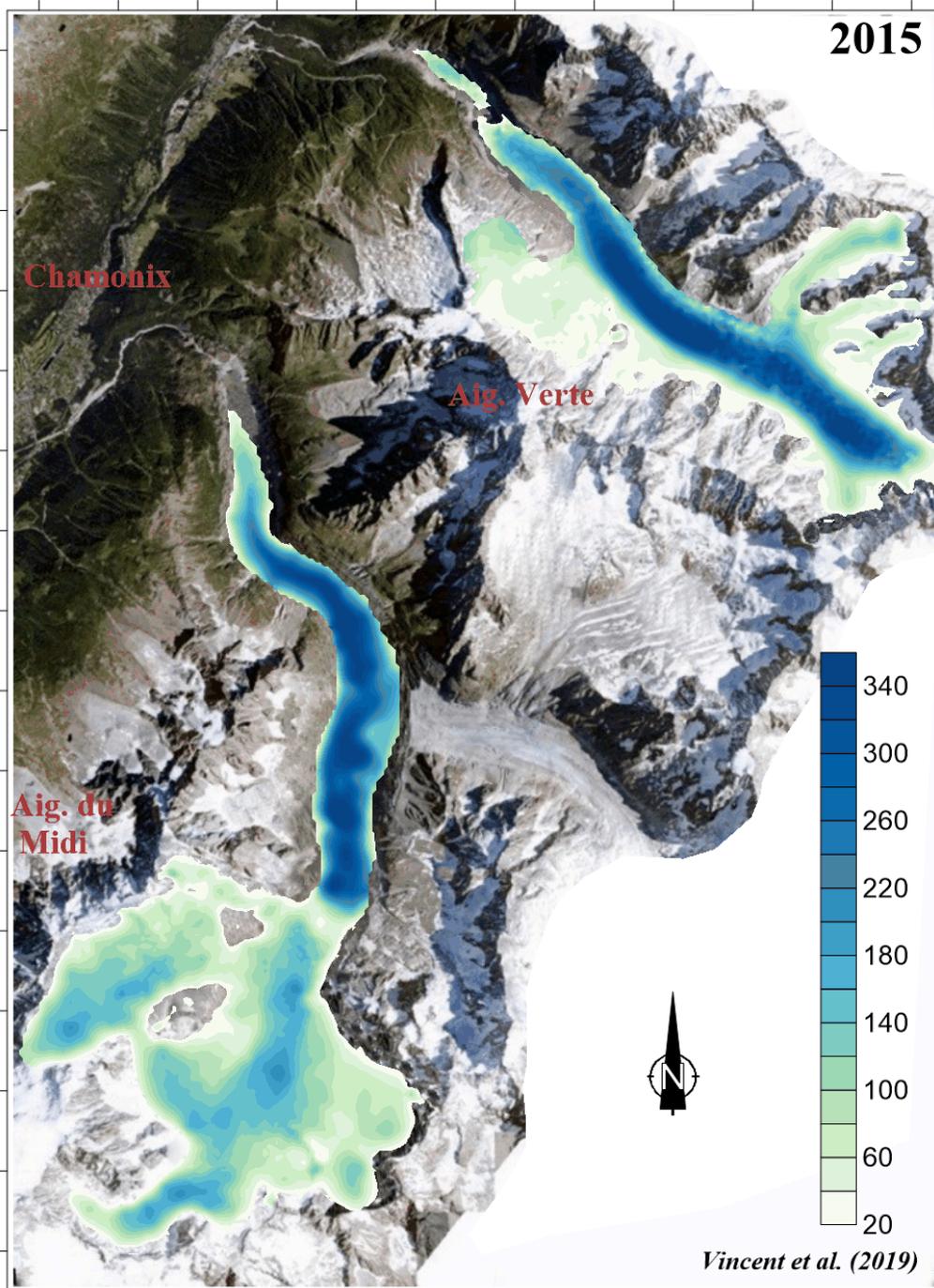


Changement de la température de surface de la Terre



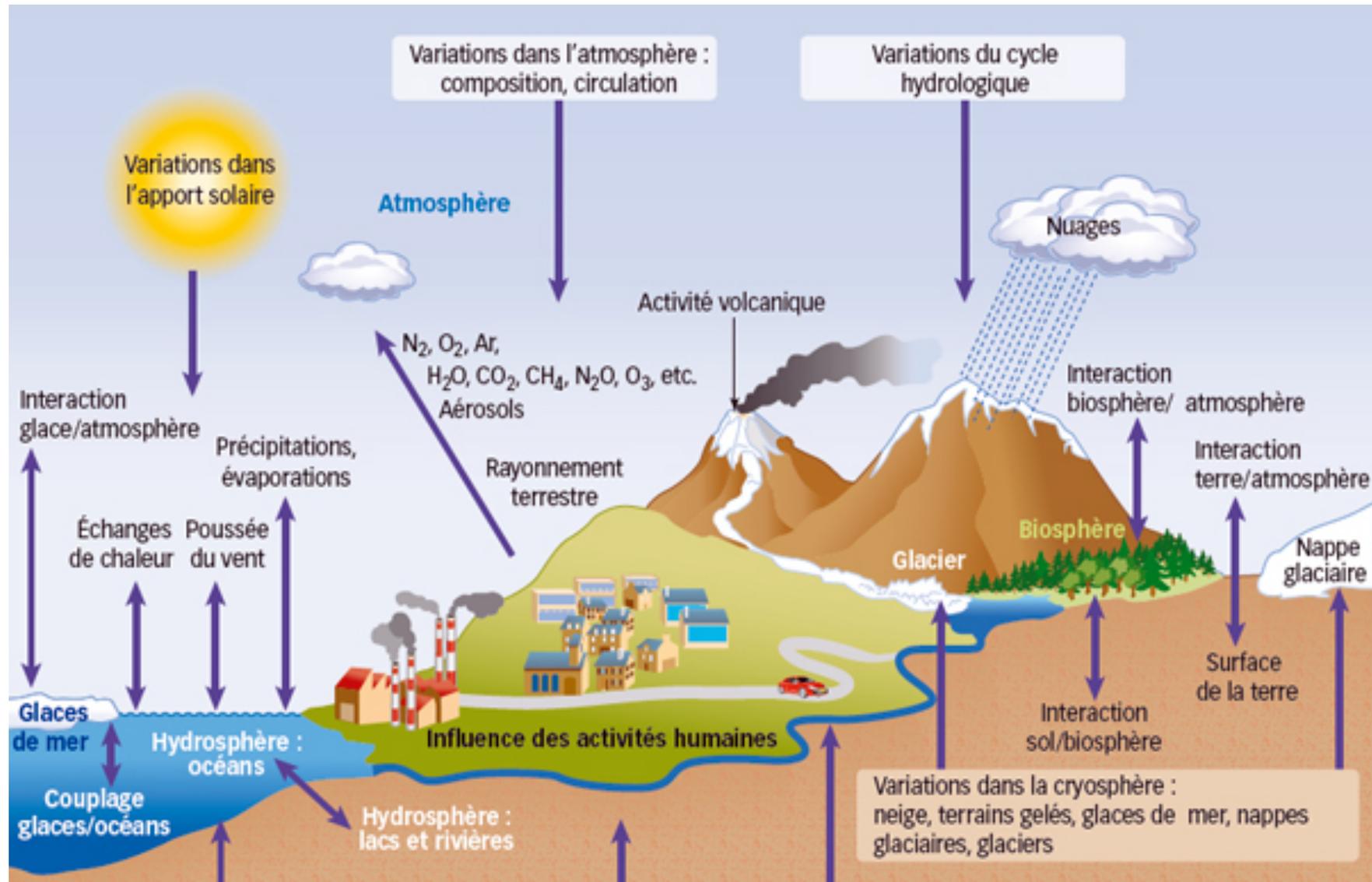


Glaciers d'Argentière et Mer de Glace dans le scénario RCP4.5



Glaciers d'Argentière et
Mer de Glace dans le
scénario RCP4.5
(+3 °C en 2100)

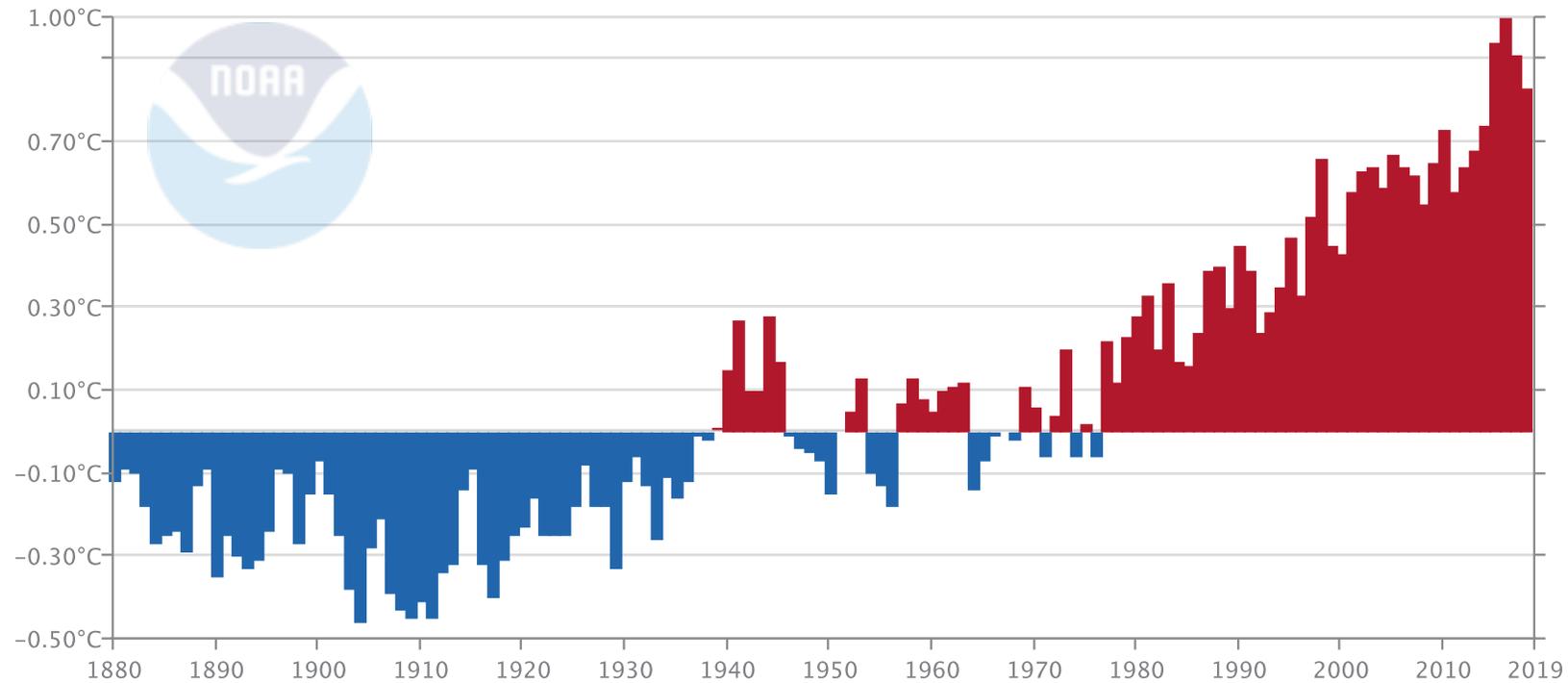
Le système climatique



Pourquoi étudier les climats passés?

Global Land and Ocean

January–December Temperature Anomalies

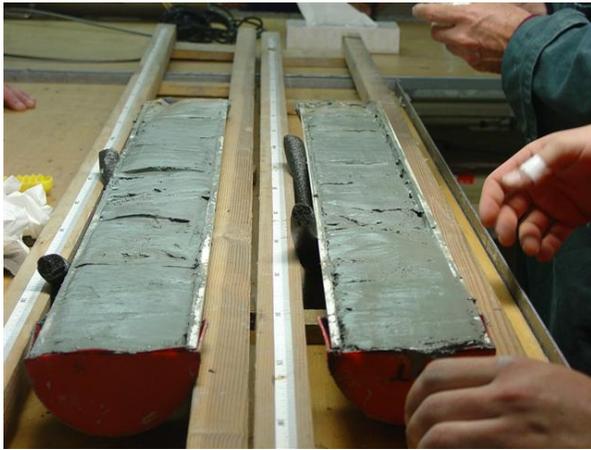


Archives
climatiques



Modélisation
du climat

Les archives des climats passés



**Sédiments
océaniques**

*Derniers millions
d'années*



**Carottes
de glace**

*Dernières centaines
de milliers d'années*



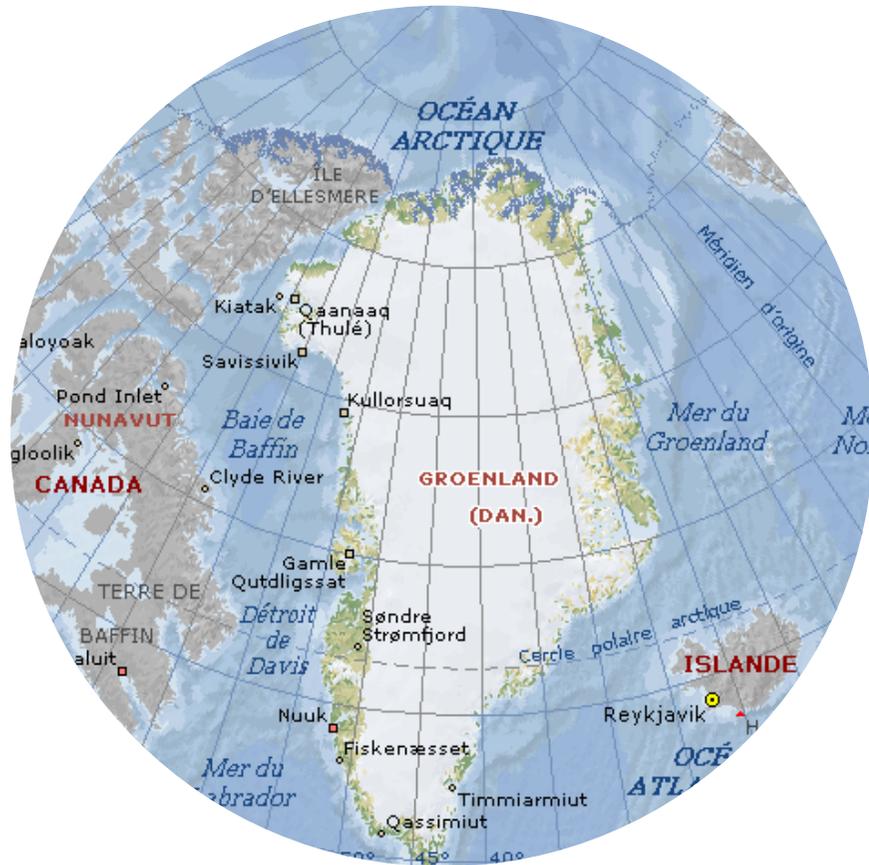
**Cernes
d'arbres**

*Derniers milliers
d'années*



X. Faïn

Calottes polaires : le Groenland et l'Antarctique



Groenland

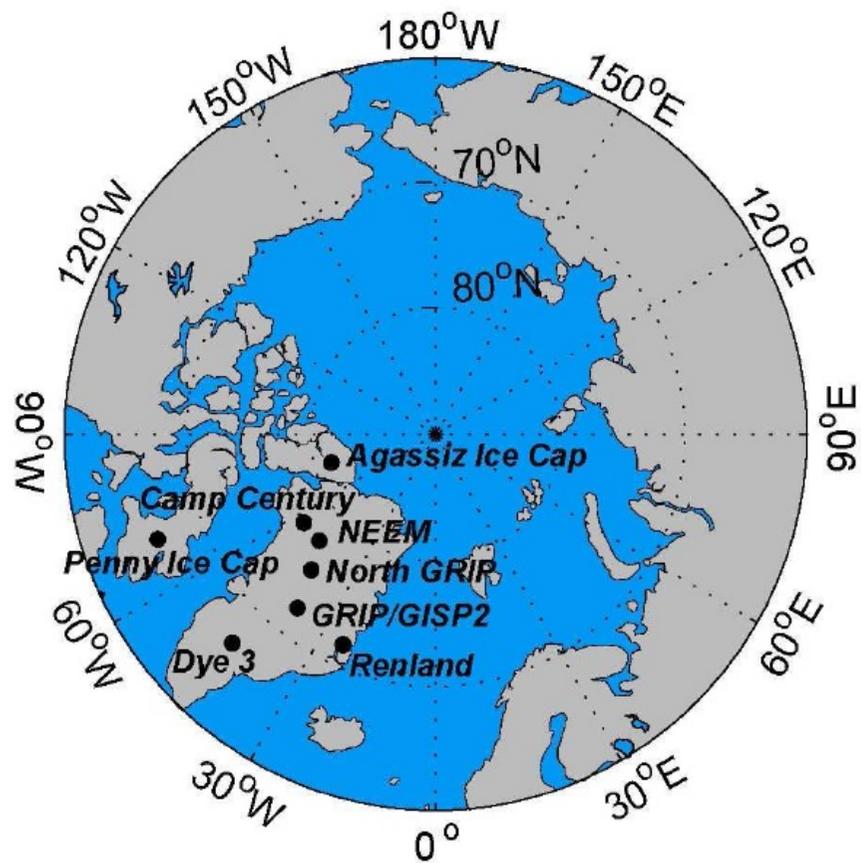
Calotte \approx 1,8 millions de km²
épaisseur moyenne de glace : 1500 m



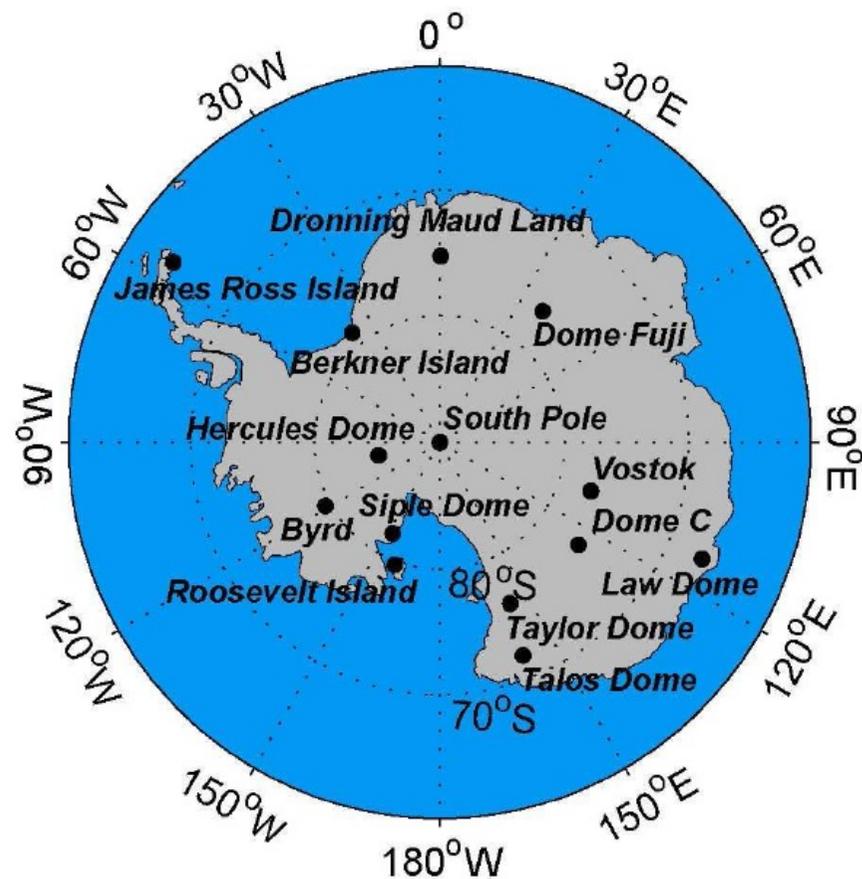
Antarctique

Calotte \approx 14 millions de km²
épaisseur moyenne de glace : 1600 m

Les forages glaciaires aux pôles

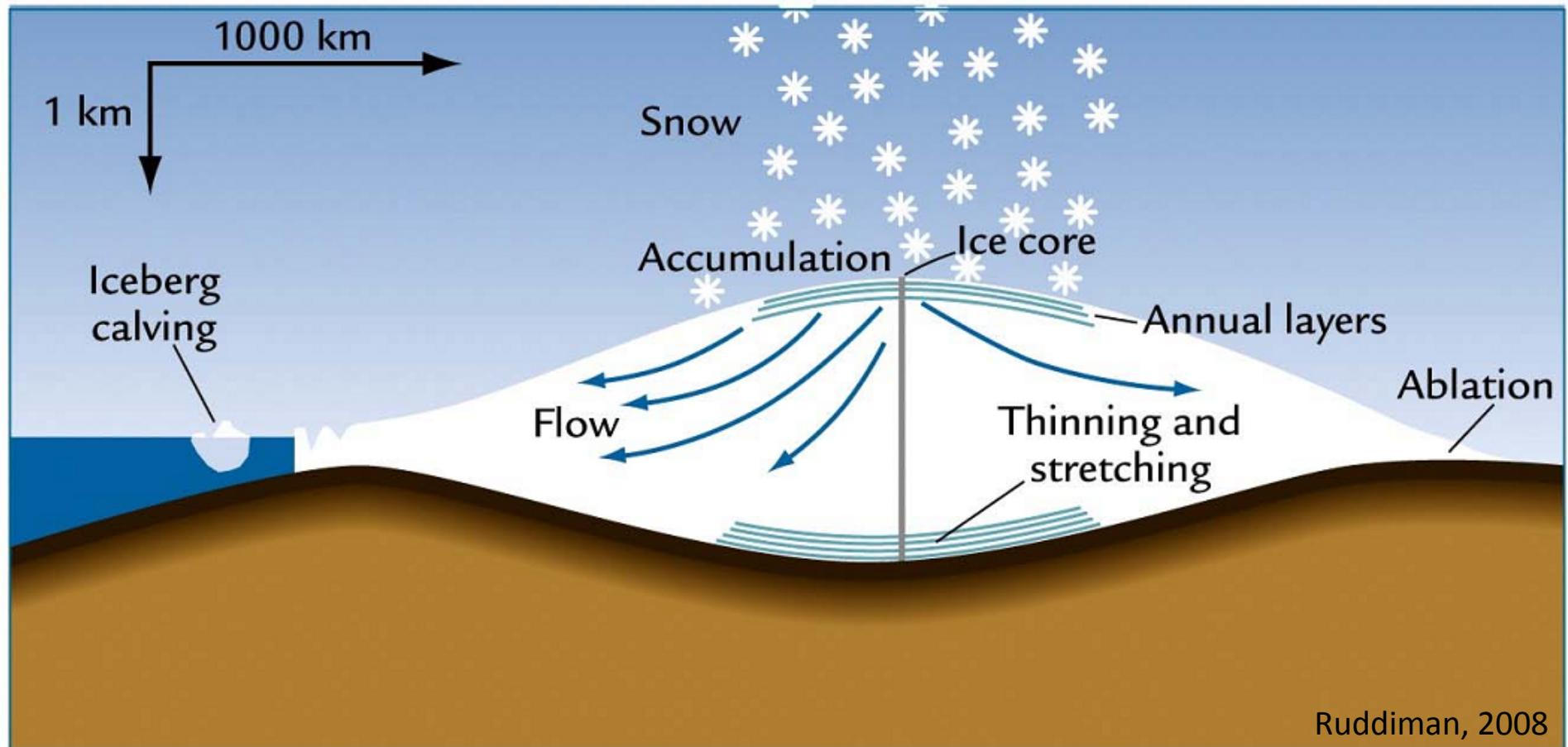


Groenland

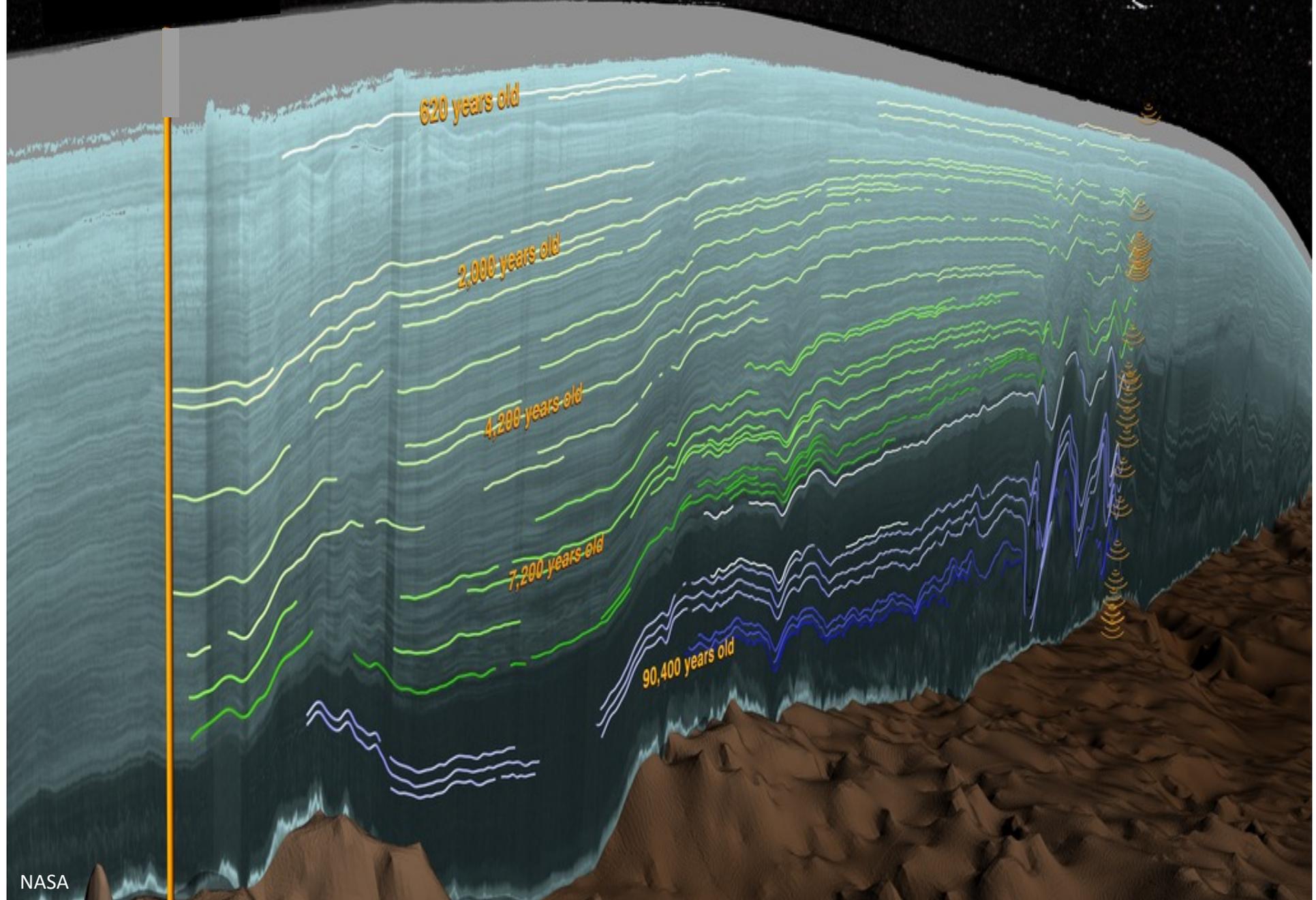


Antarctique

Forer une carotte de glace ...



Forer une carotte de glace ...

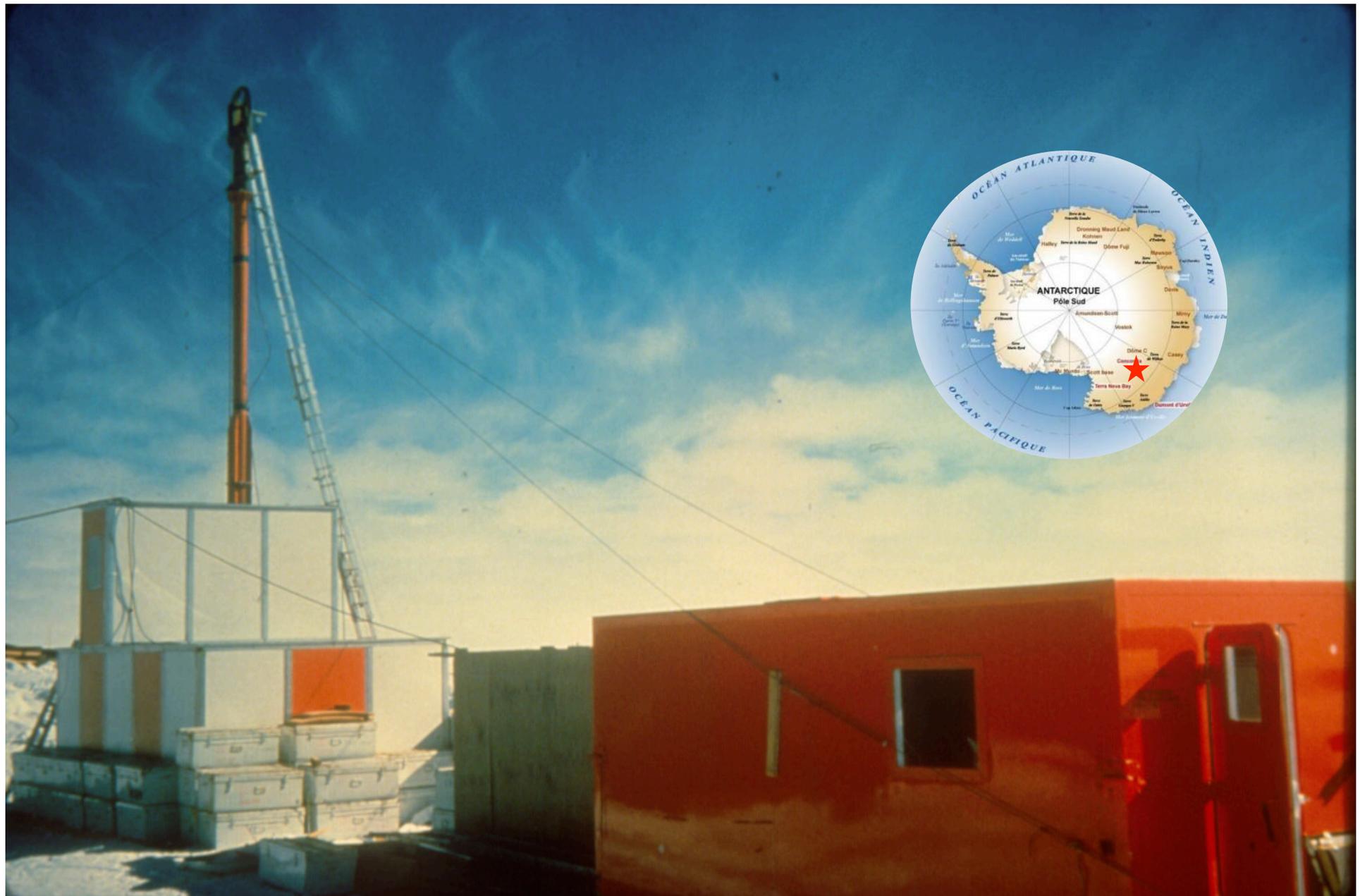


1957-1958 : Année Géophysique Internationale

Naissance de la science des carottes de glace

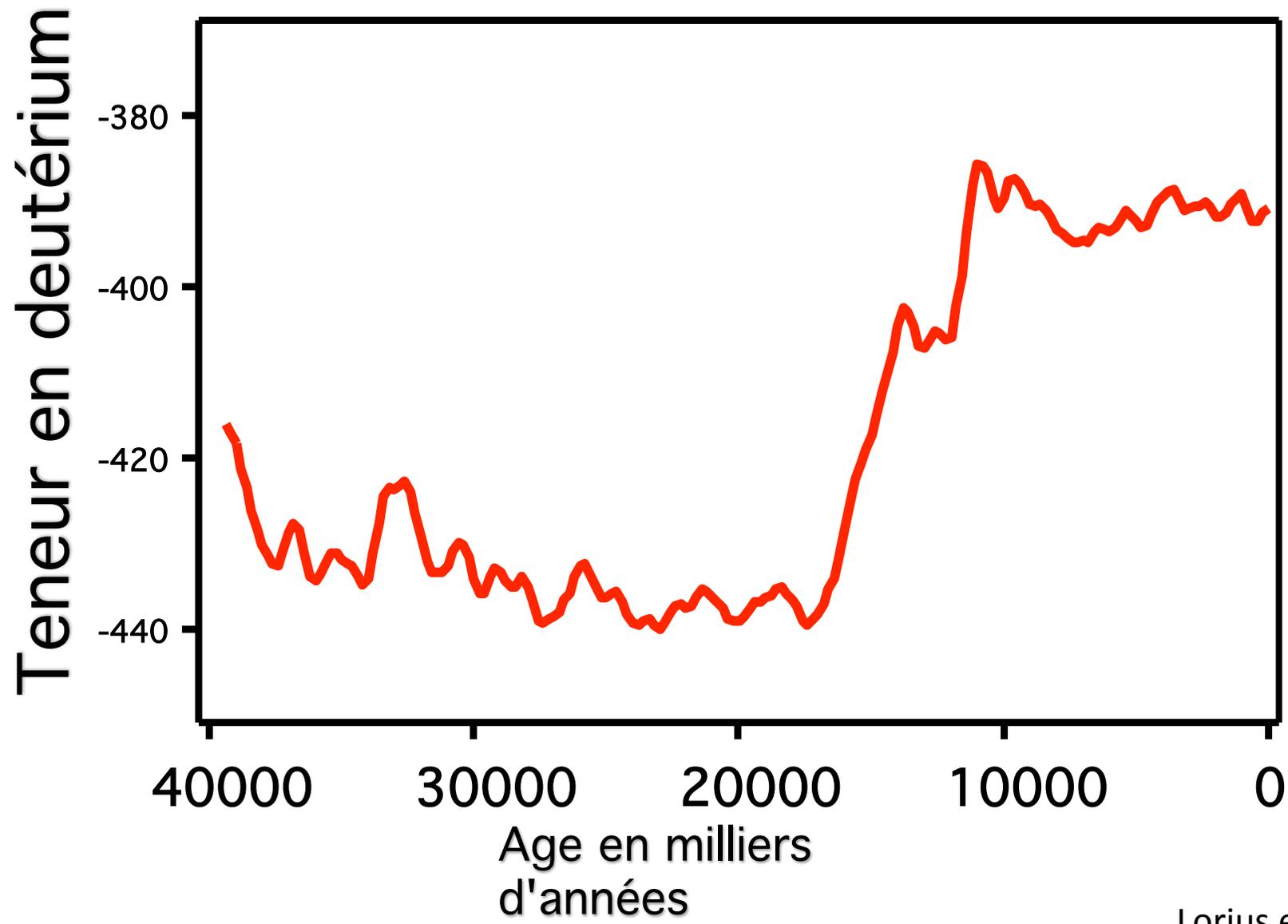


1977-78 : Forage Dôme C (905 m, 40 000 ans)





1977-78 : Forage Dôme C (900 m, 40 000 ans)



Le thermomètre isotopique

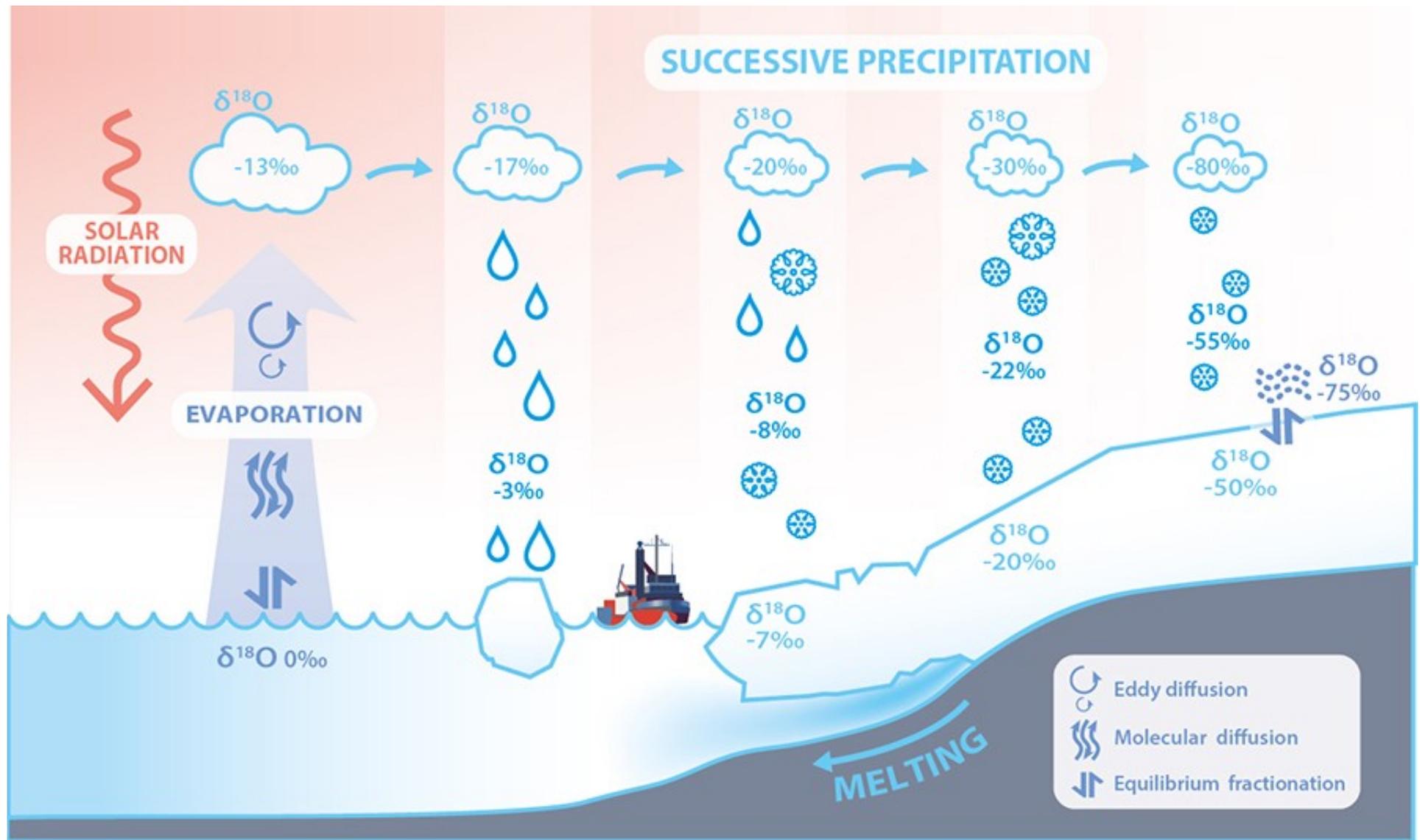
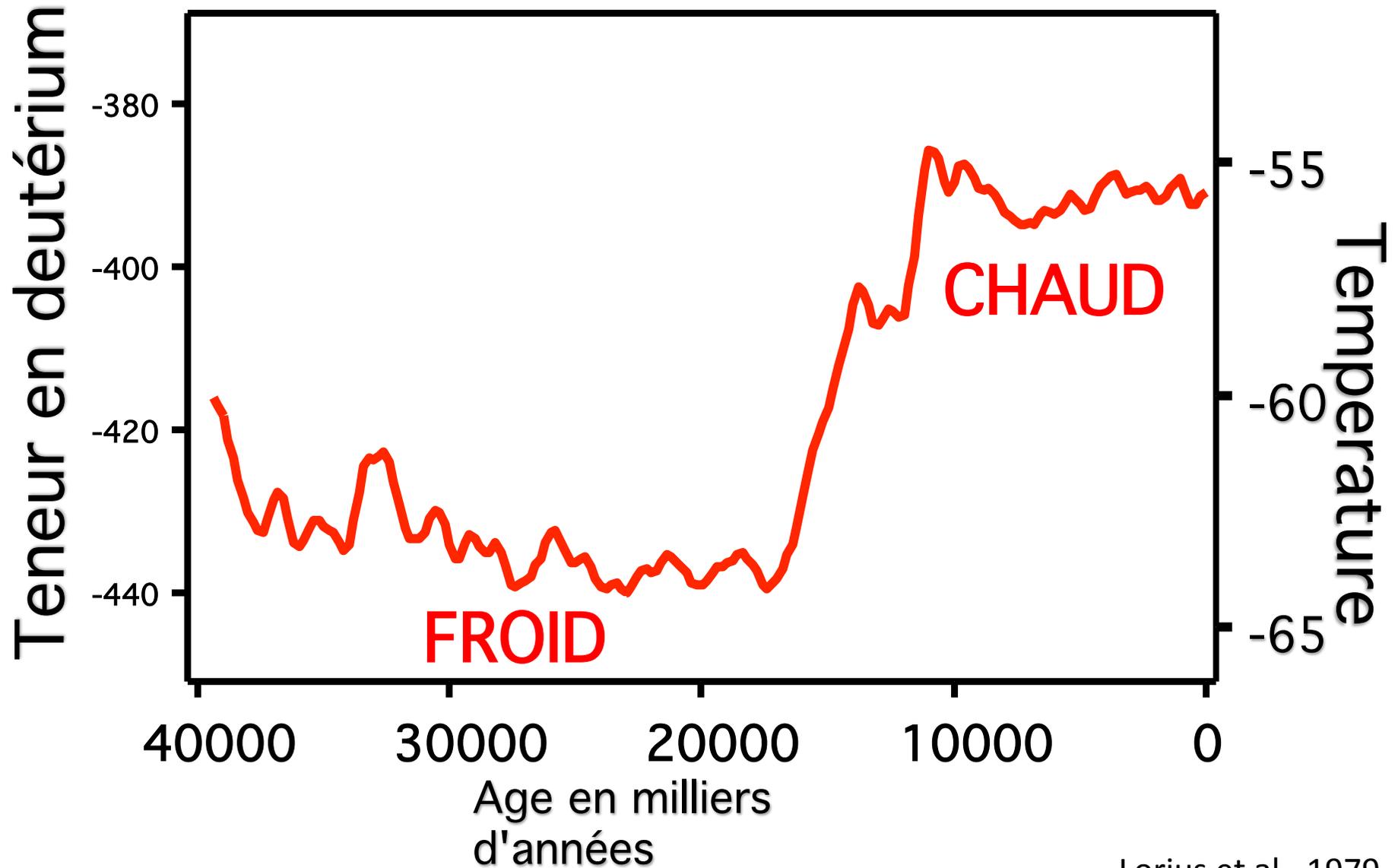


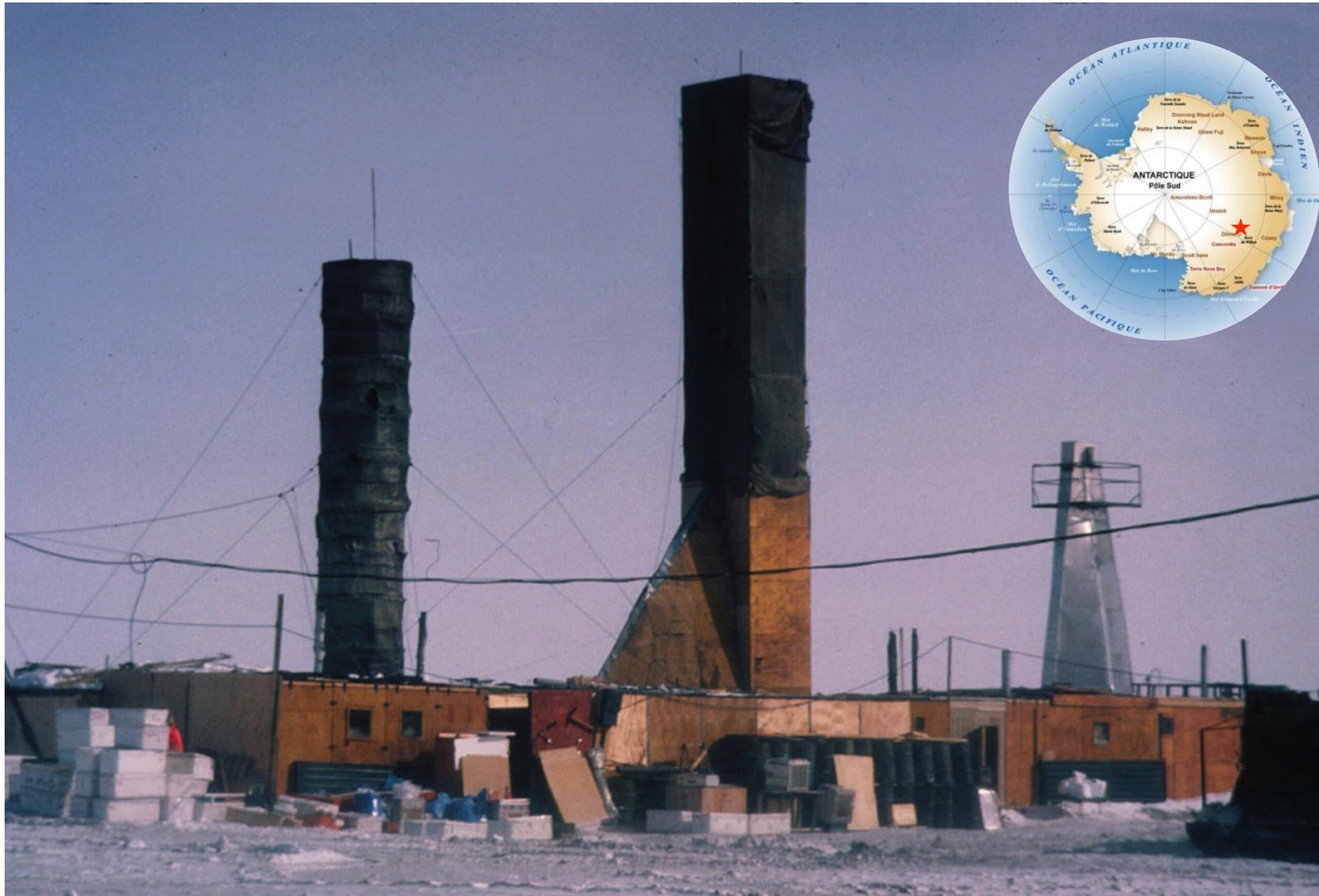
Illustration : M. Casado (LSCE)

1977-78 : Forage Dôme C (900 m, 40 000 ans)

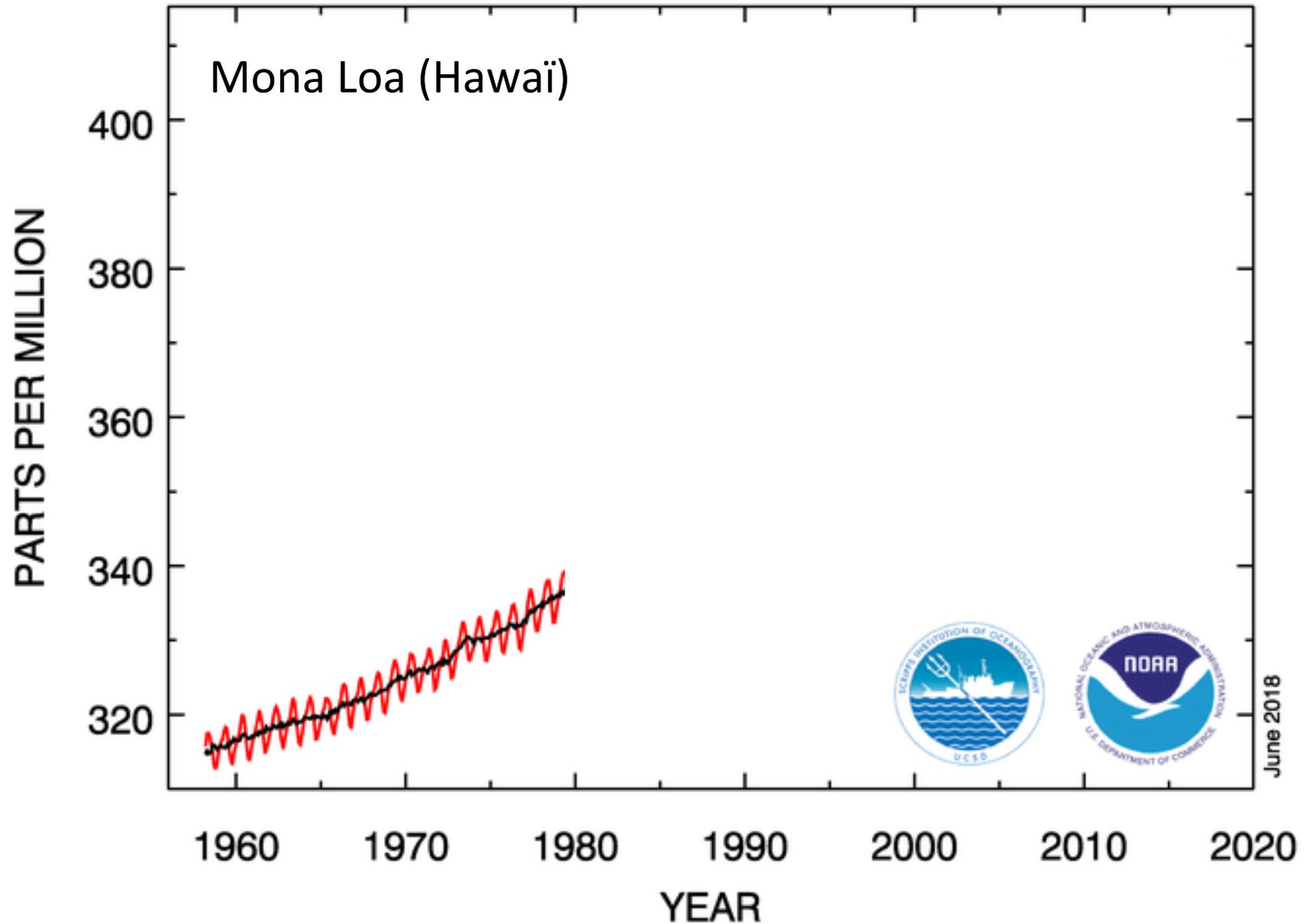


Lorius et al., 1979

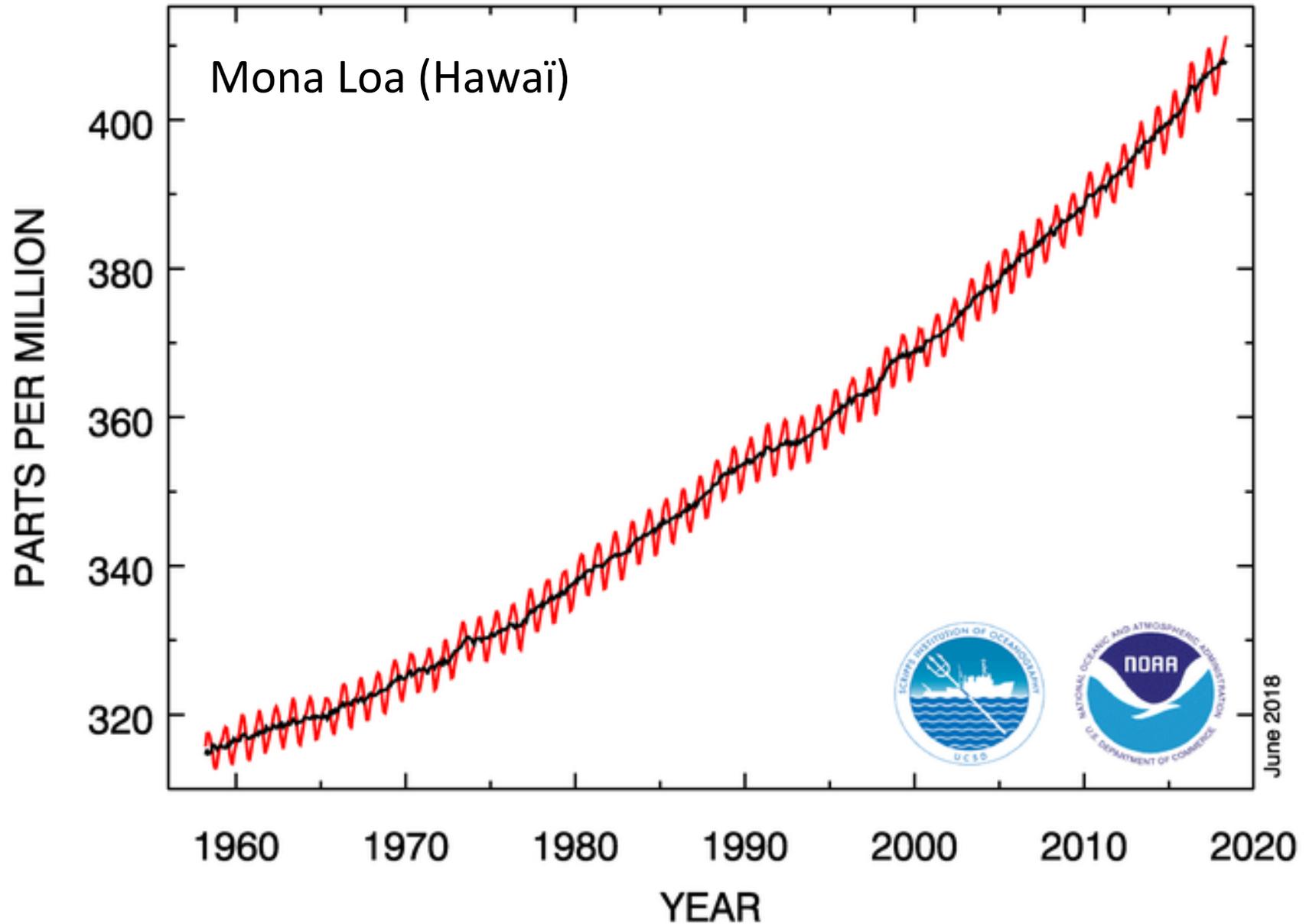
1970-98 : Forages Vostok (3600 m, 400 000 ans)



CO₂ atmosphérique: les premières observations



CO₂ atmosphérique: les premières observations



L'atmosphère passée piégée dans la glace



Effet de serre : une histoire ancienne

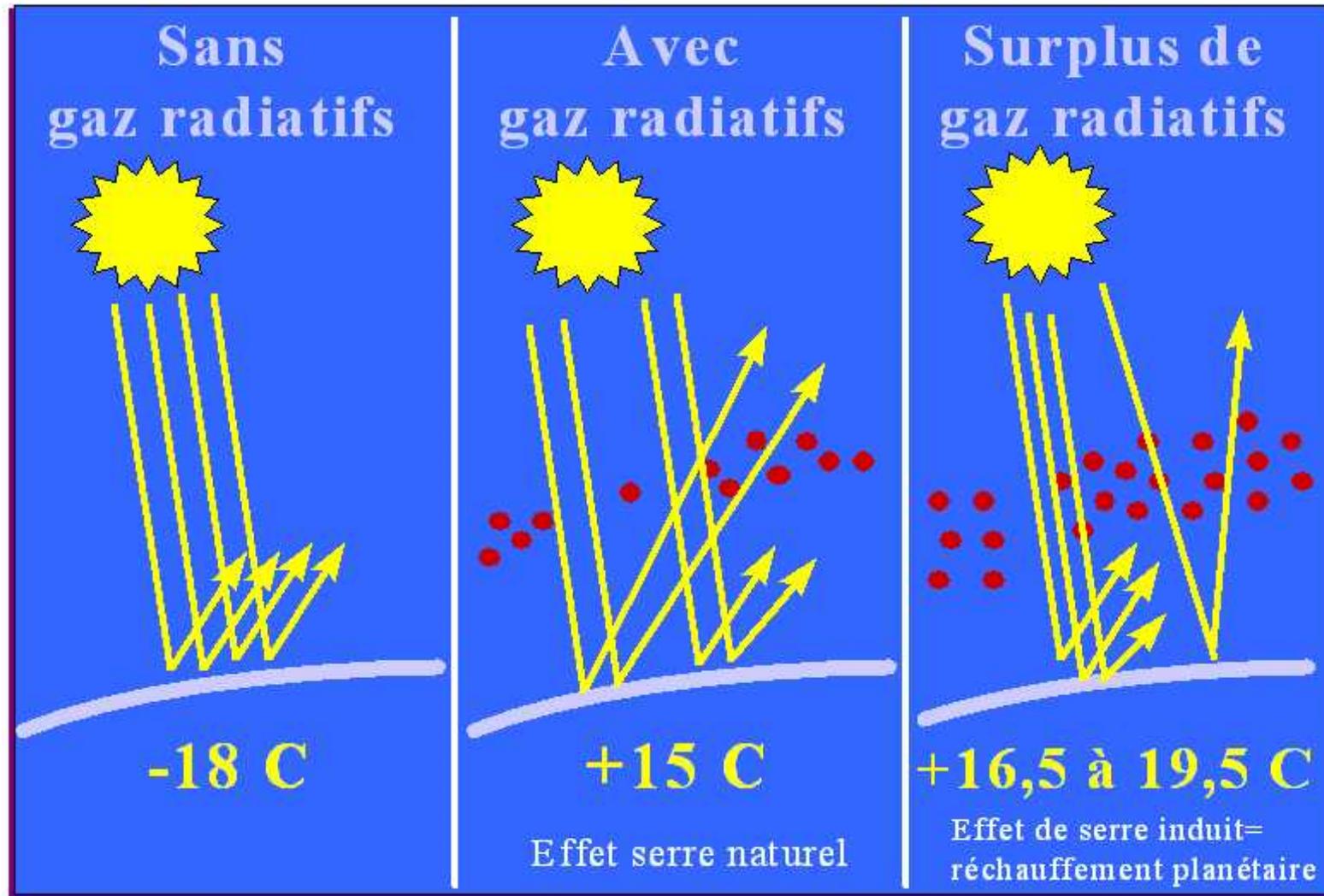


Joseph Fourier (1824)
L'intuition de l'effet de serre

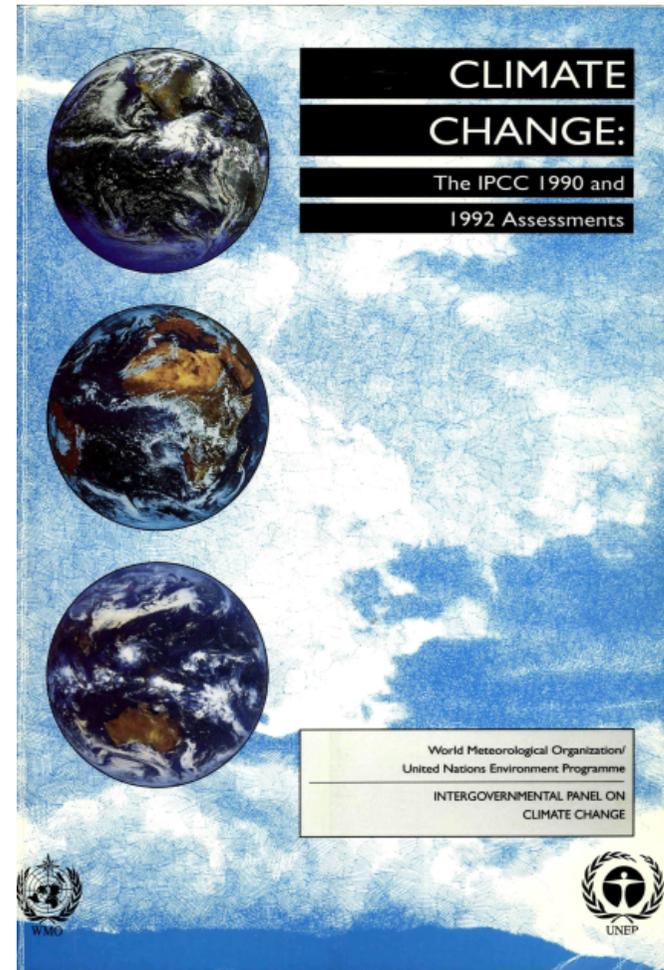
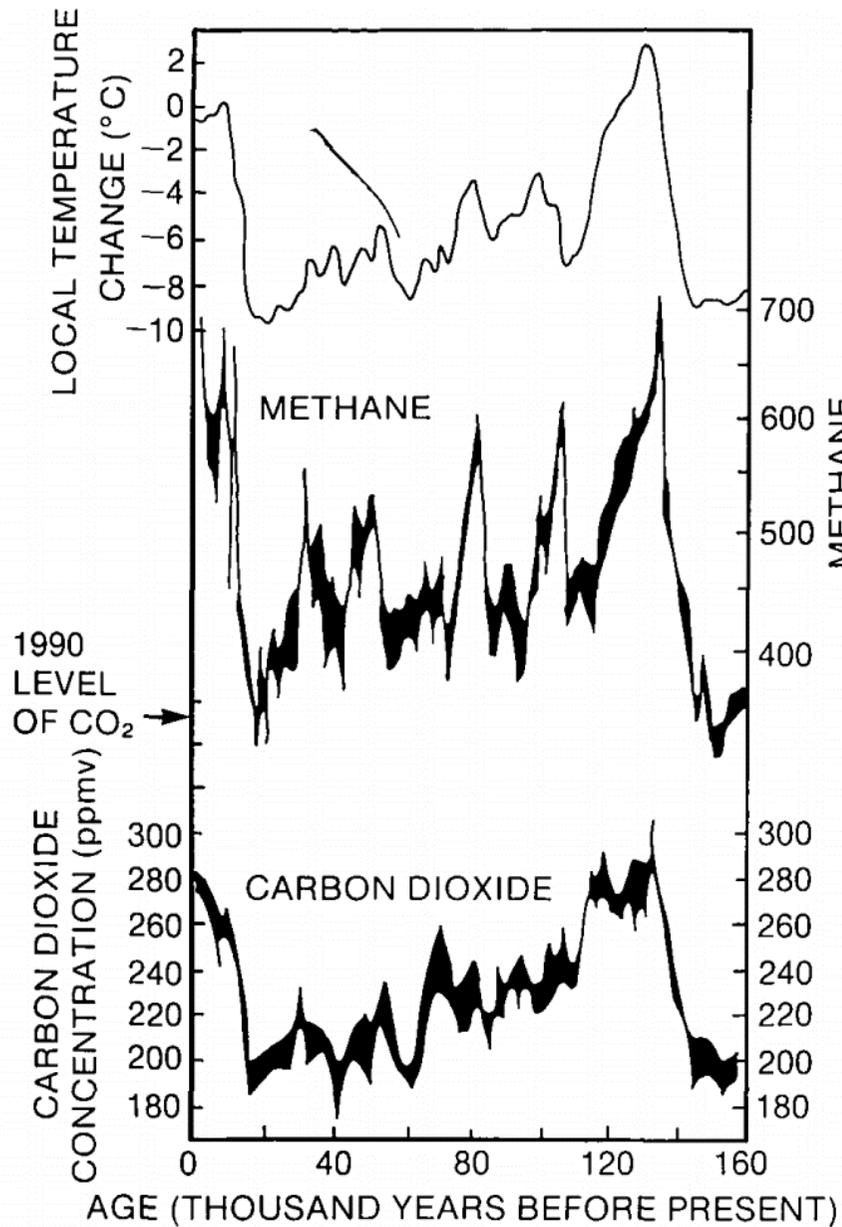


Arrhenius (1896)
Relation entre température
et quantité de CO₂

Effet de serre et température



Température, CO₂ et méthane sur les derniers 160 000 ans

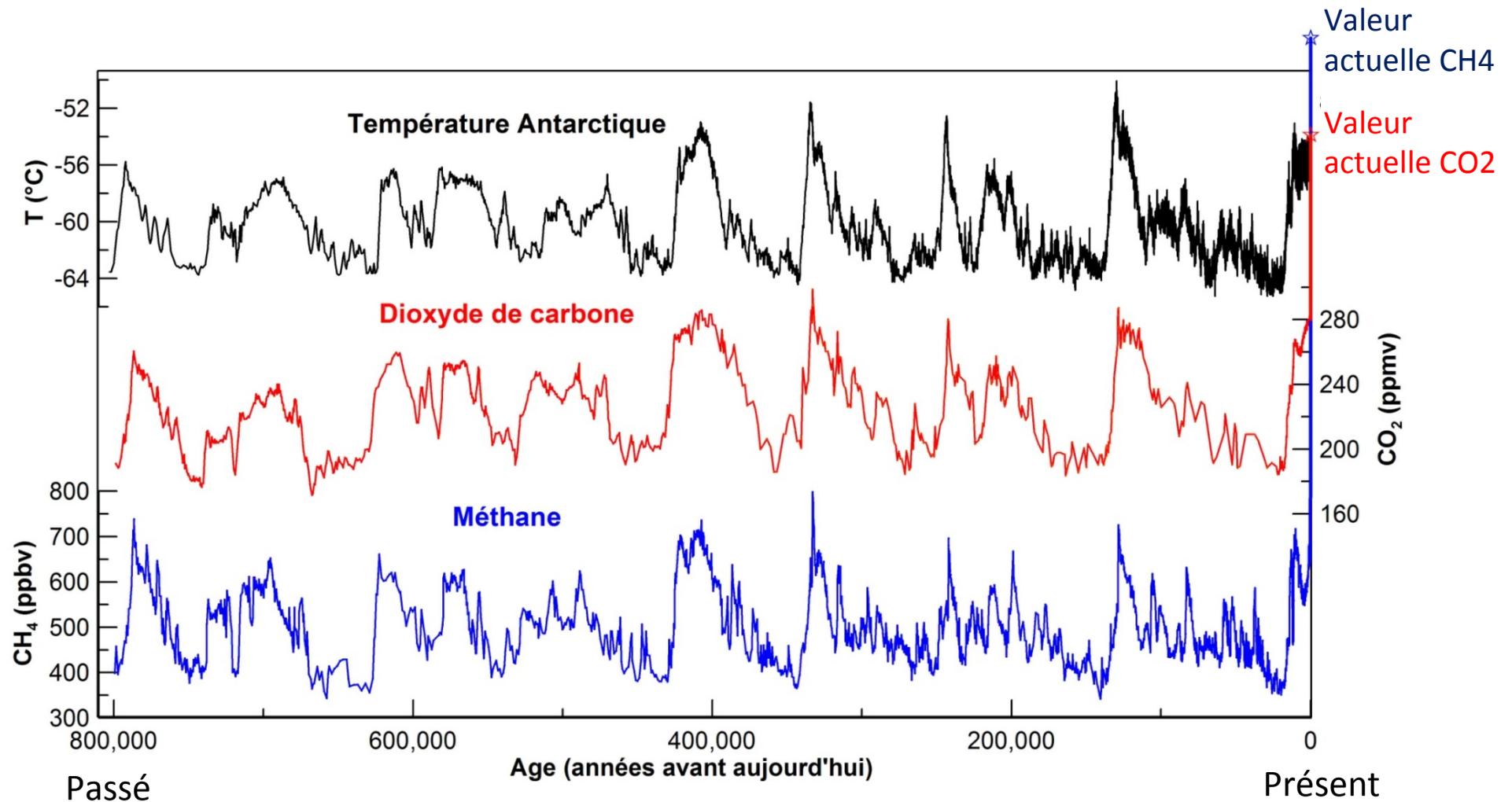


GIEC 1990 (Jouzel et al. 1987; Chappellaz et al., 1990; Barnola et al., 1987)





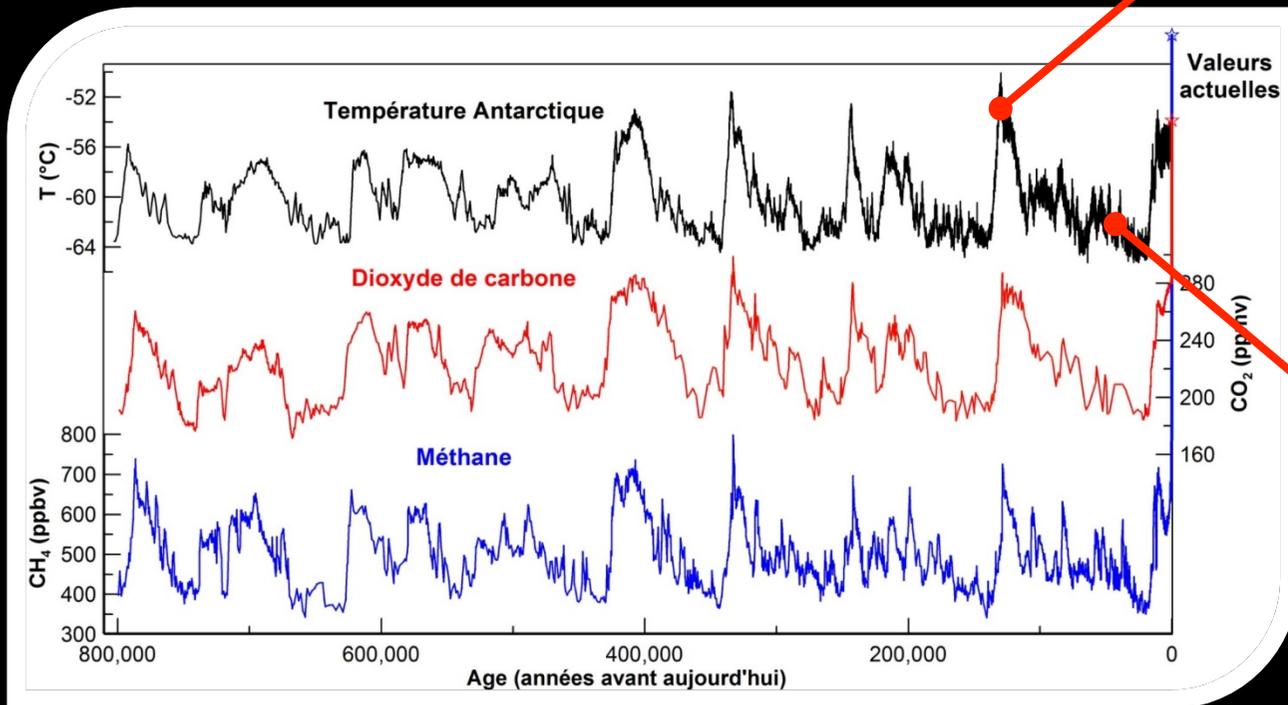
EPICA : 800 000 ans d'histoire du climat



Des variations lentes du climat

Initiées par des modifications de l'ensoleillement

Amplifiées par le CO₂ et la disparition des calottes polaires



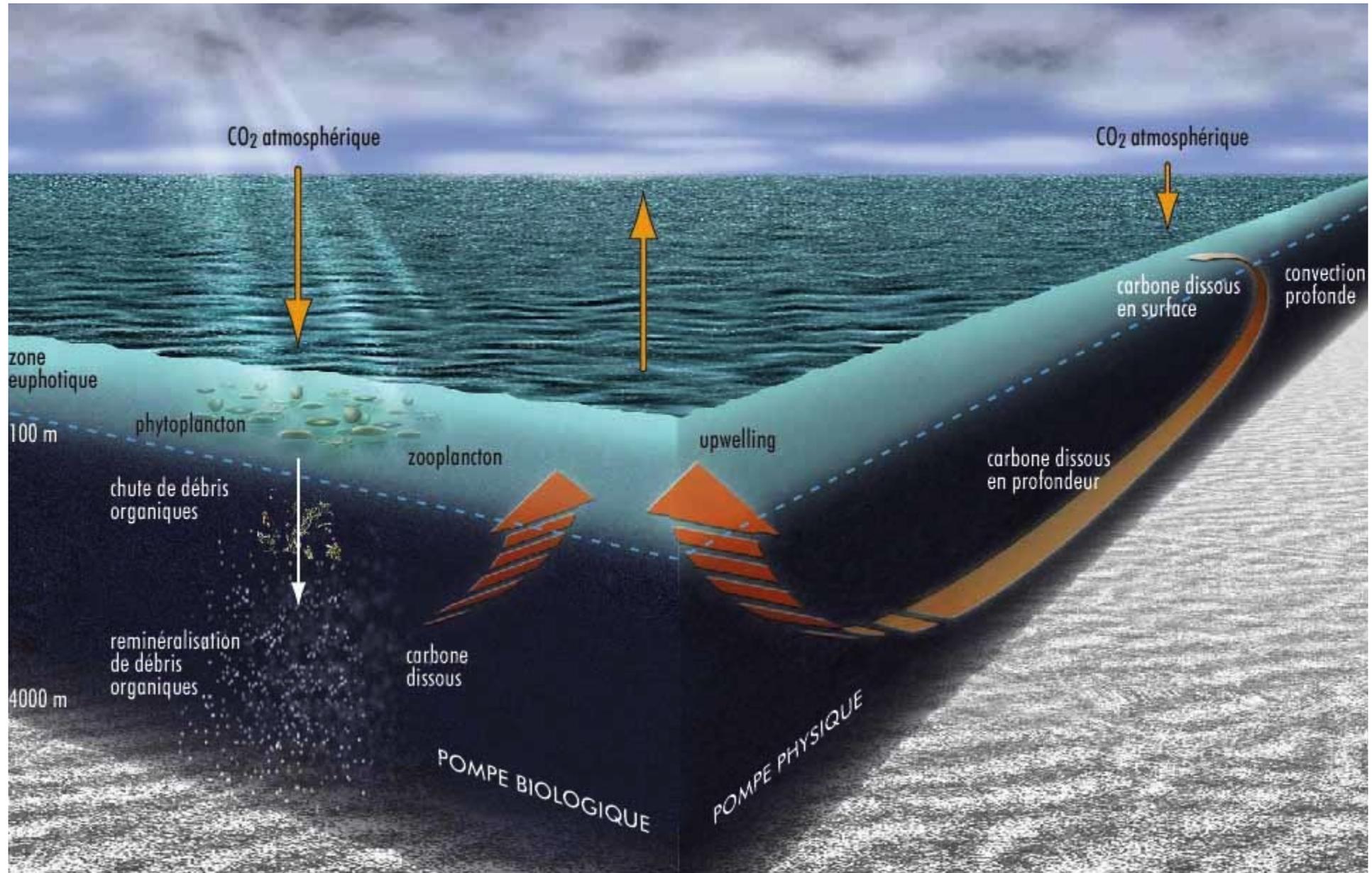
Rétroaction climatique positive : la fonte de la banquise



Rétroaction climatique positive : la fonte de la banquise

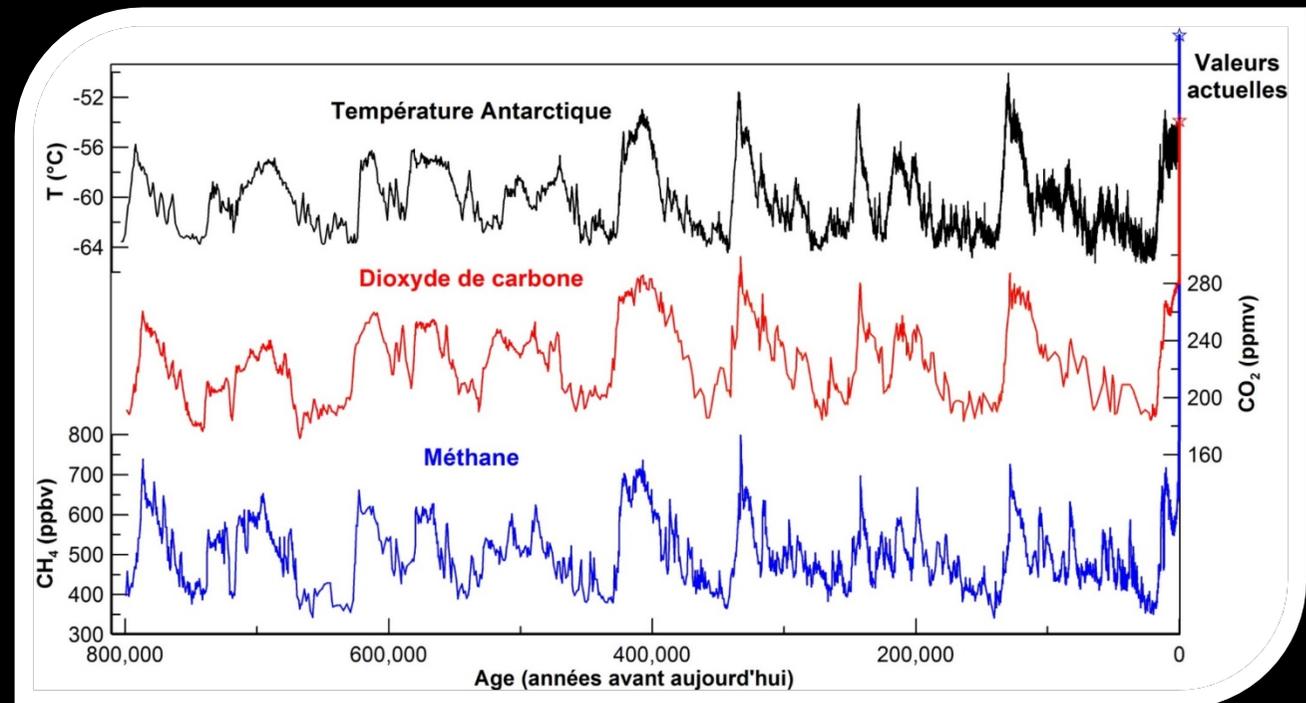


Rétroaction climatique positive : les océans source de CO₂

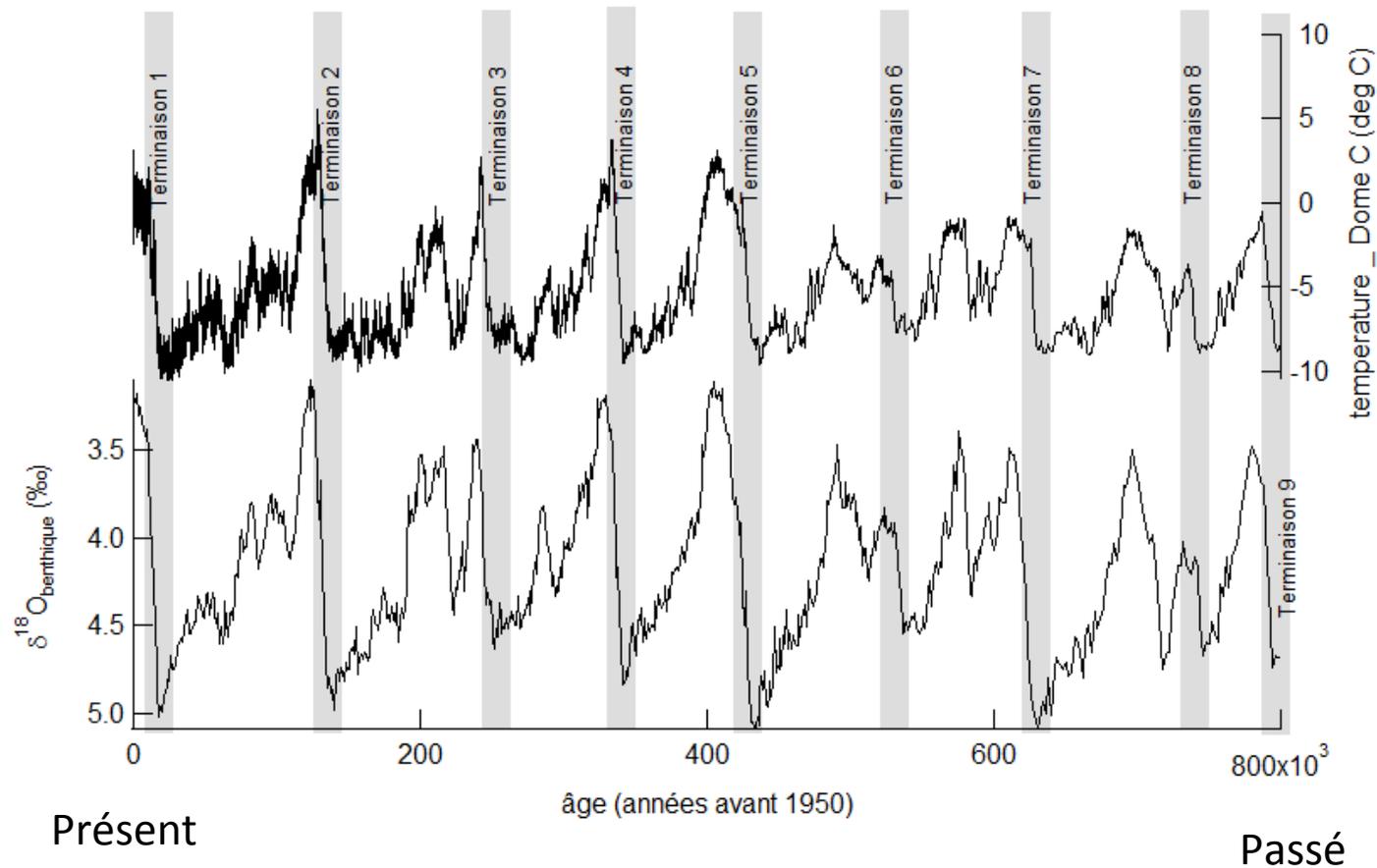


Des variations lentes du climat

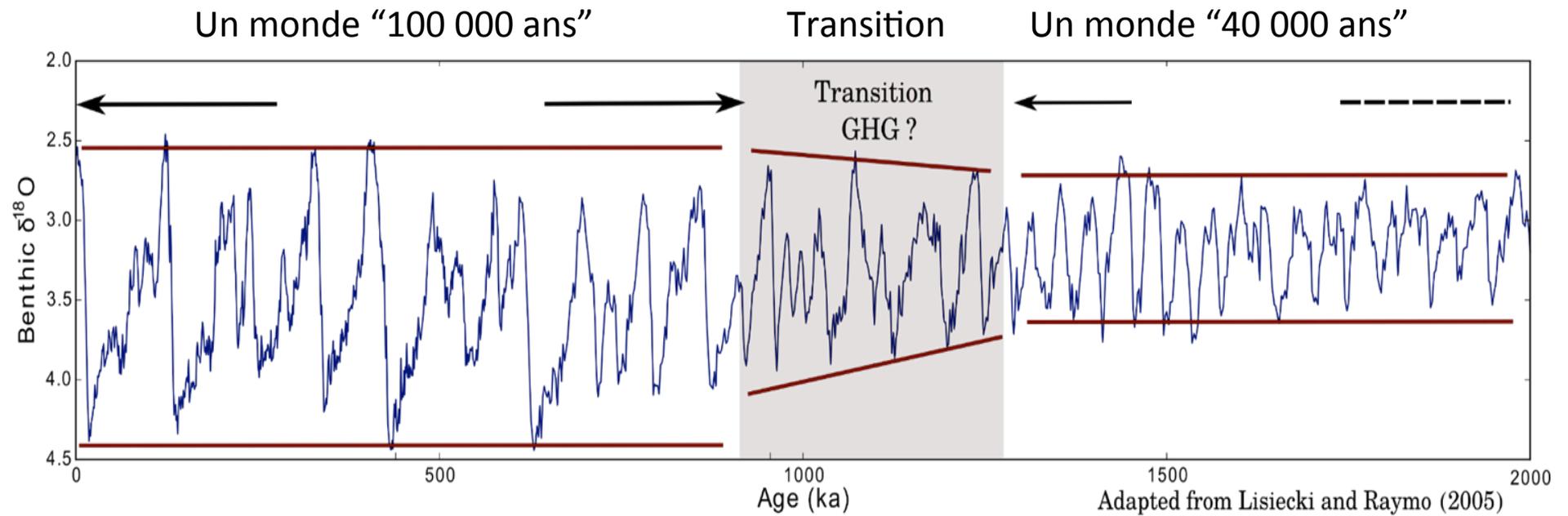
Et au-delà des derniers 800 000 ans ?



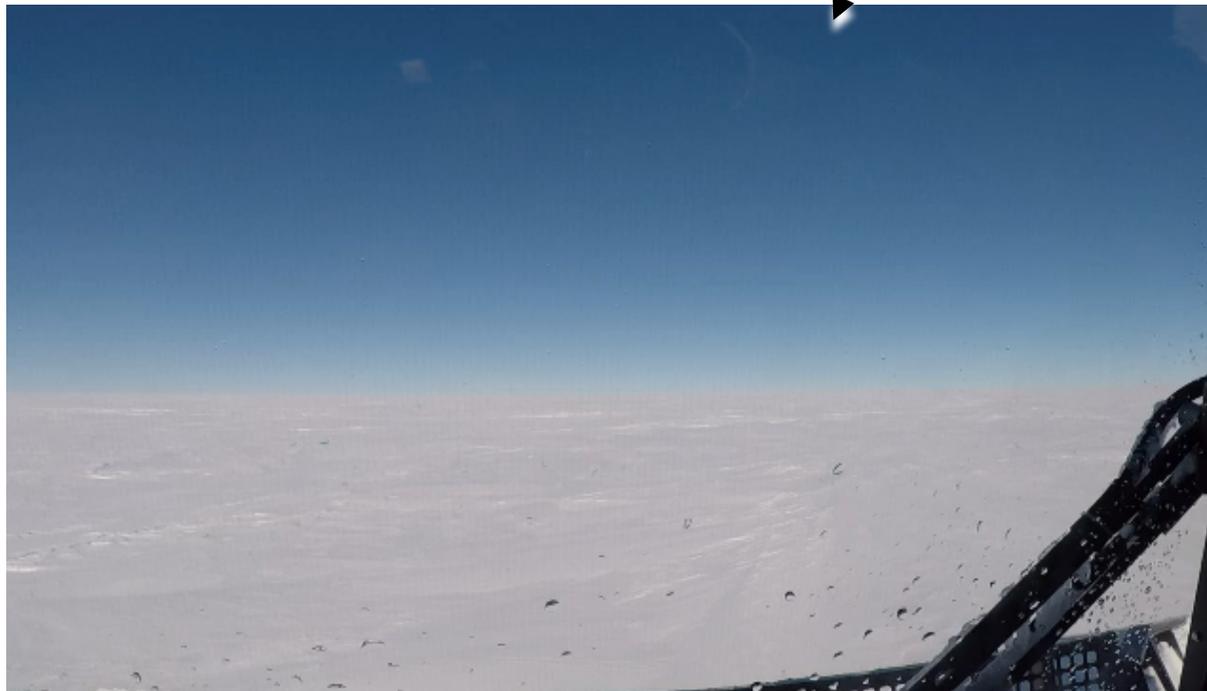
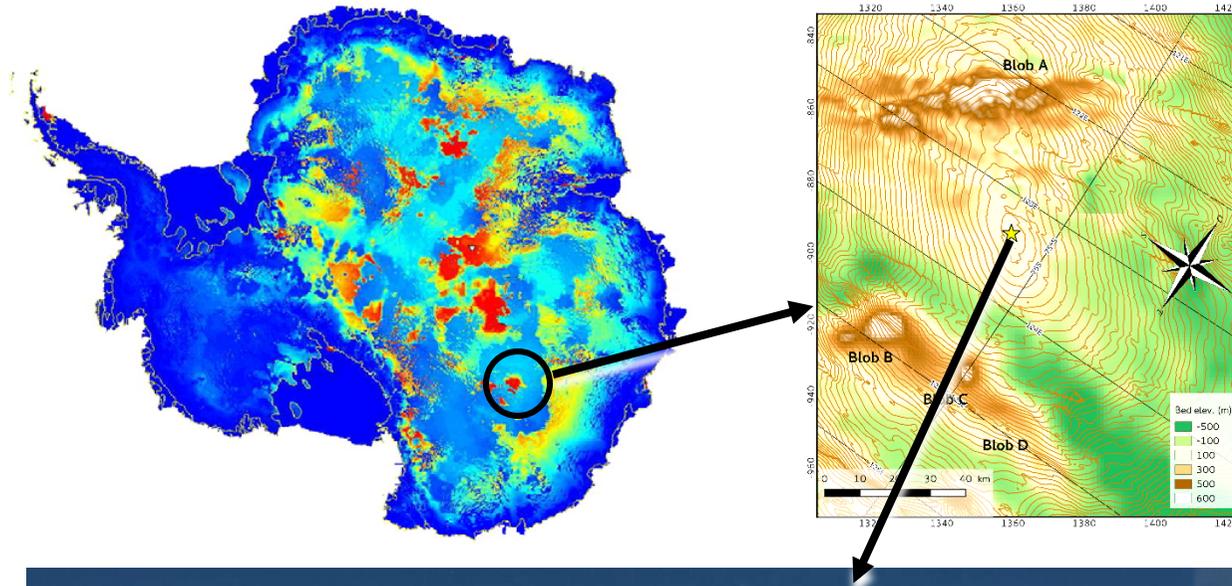
Les sédiments océaniques, archives du climat



Le mystère de la transition mid-Pléistocène

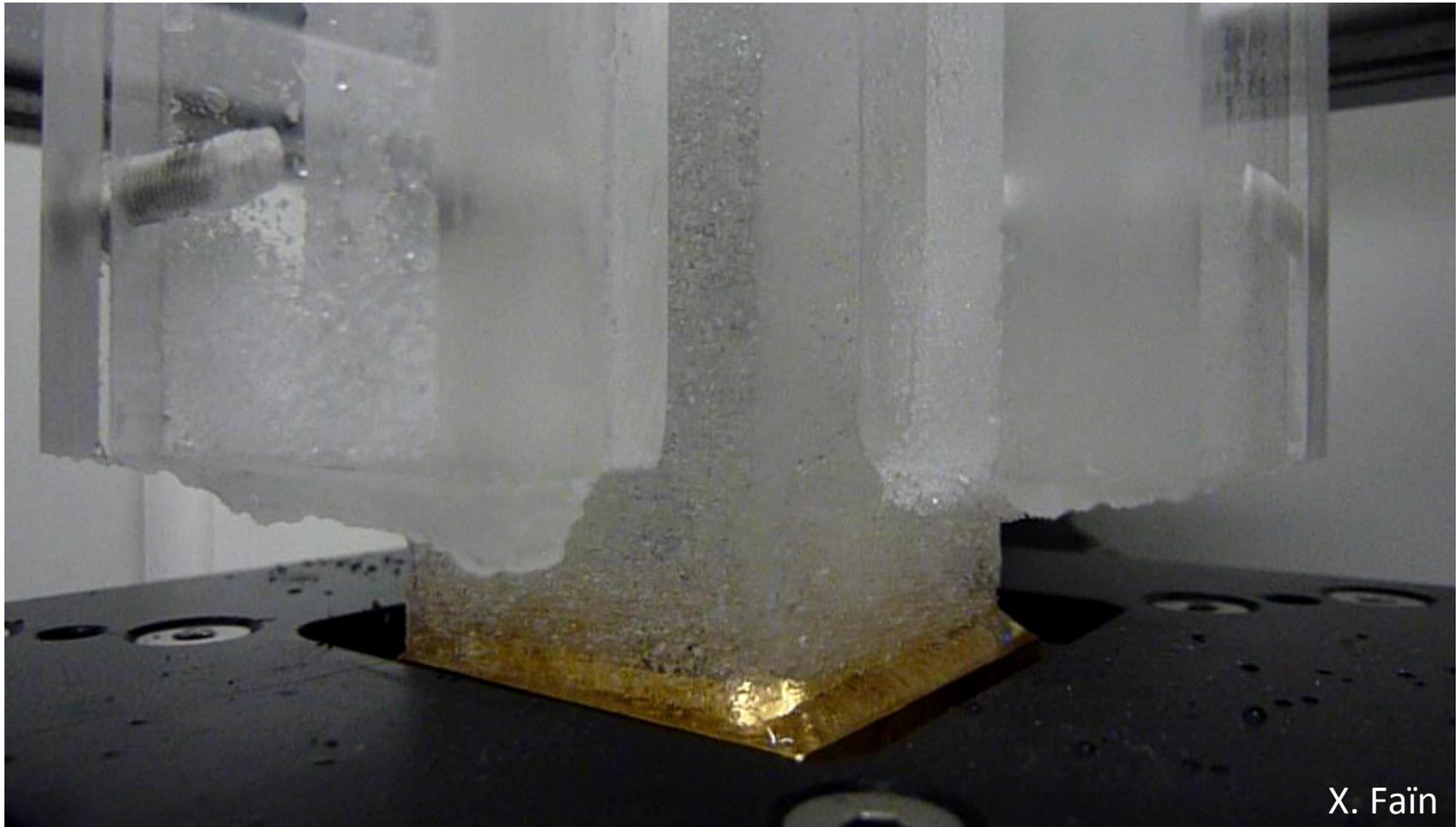


A la recherche d'une glace vieille de 1,5 millions d'années



Analyser les carottes de glace

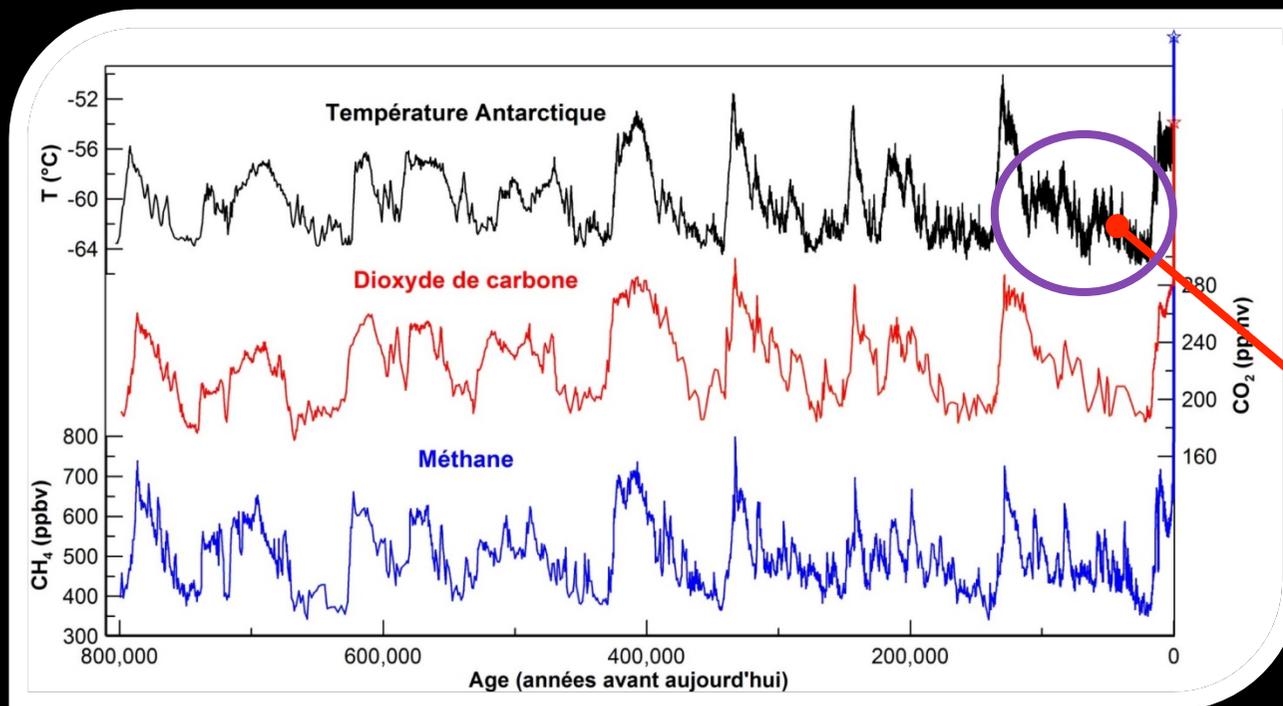
- Haute resolution
- Continu
- Analyses en temps réel
- Multi-traceurs



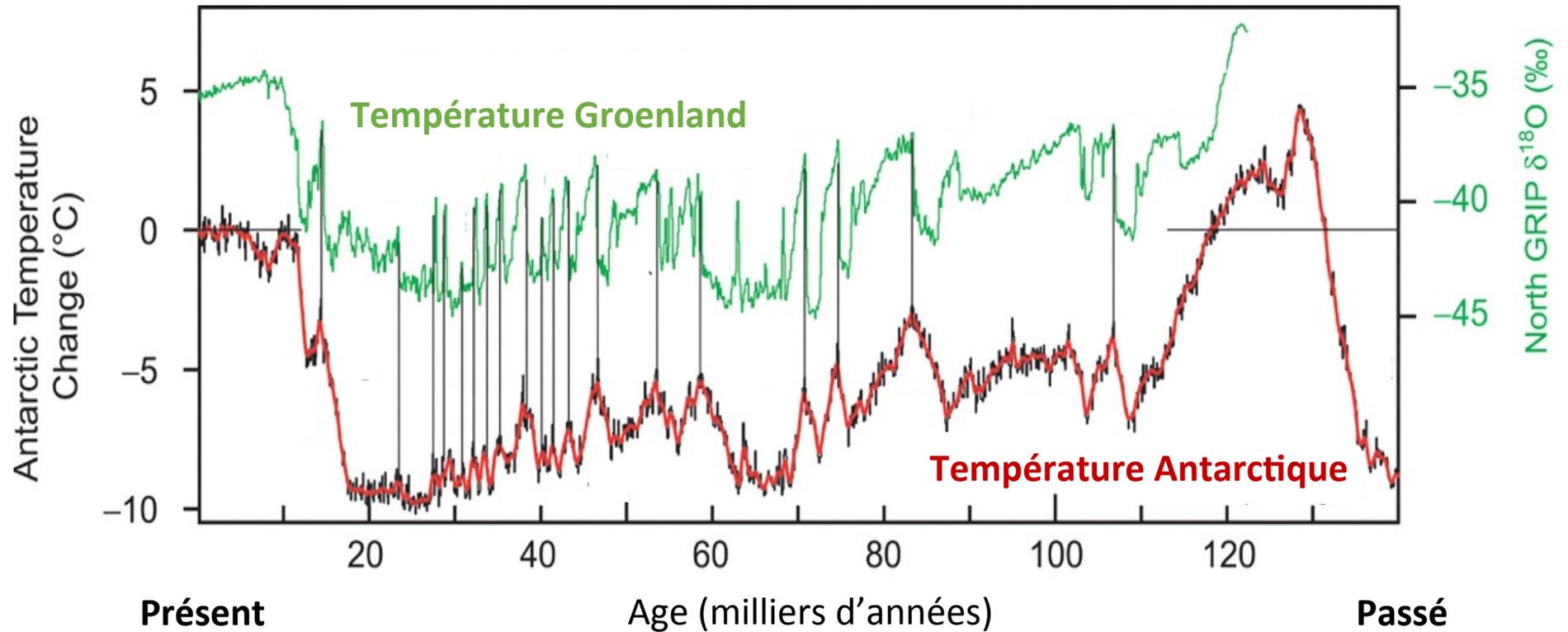
Des variations millénaires rapides

En périodes glaciaires

Des réchauffements abrupts au Groenland



Des variations millénaire rapides du climat

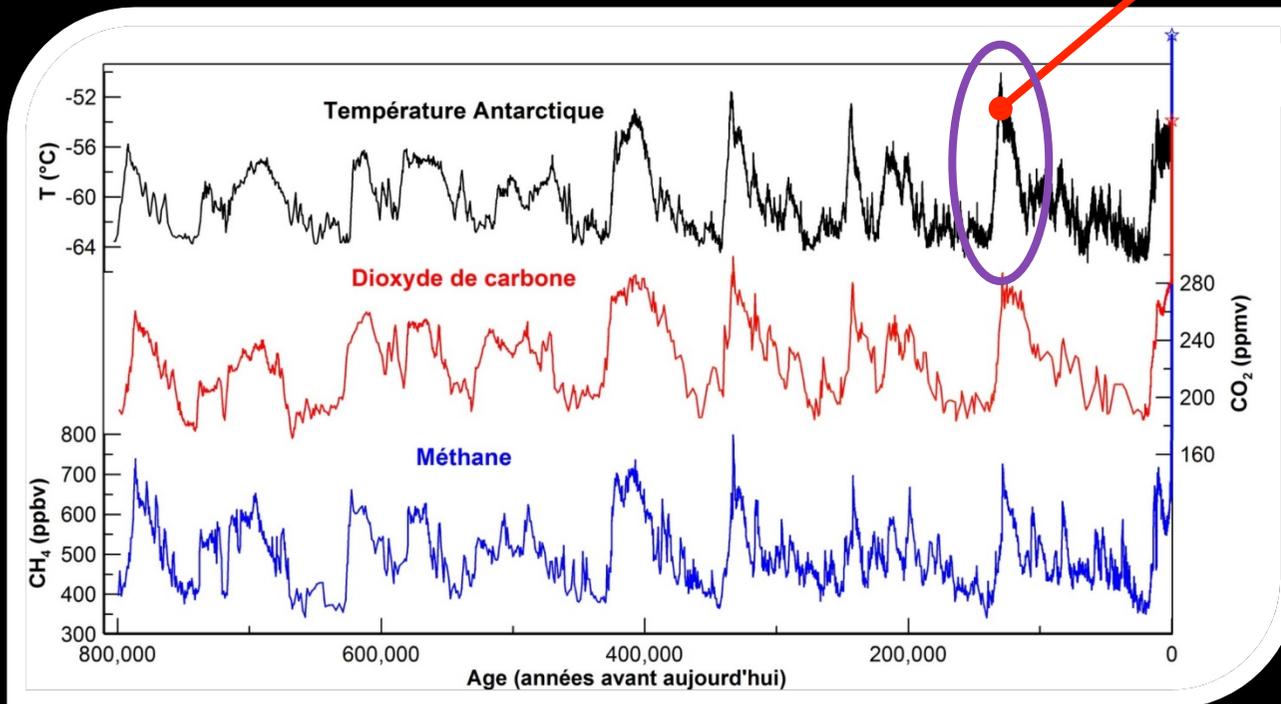


Réchauffement de 10 °C en quelques décennies au Groenland

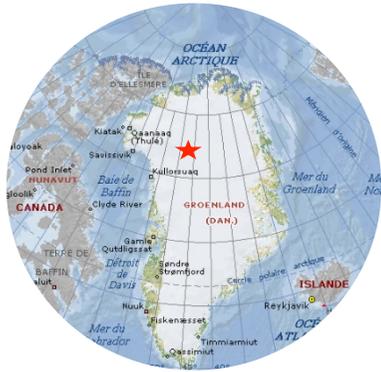
Jouzel et al. (2007); Landais et al. (2015)

Des périodes chaudes passées

Températures et niveau des mers plus élevés qu'aujourd'hui
Volume des calottes polaires réduit

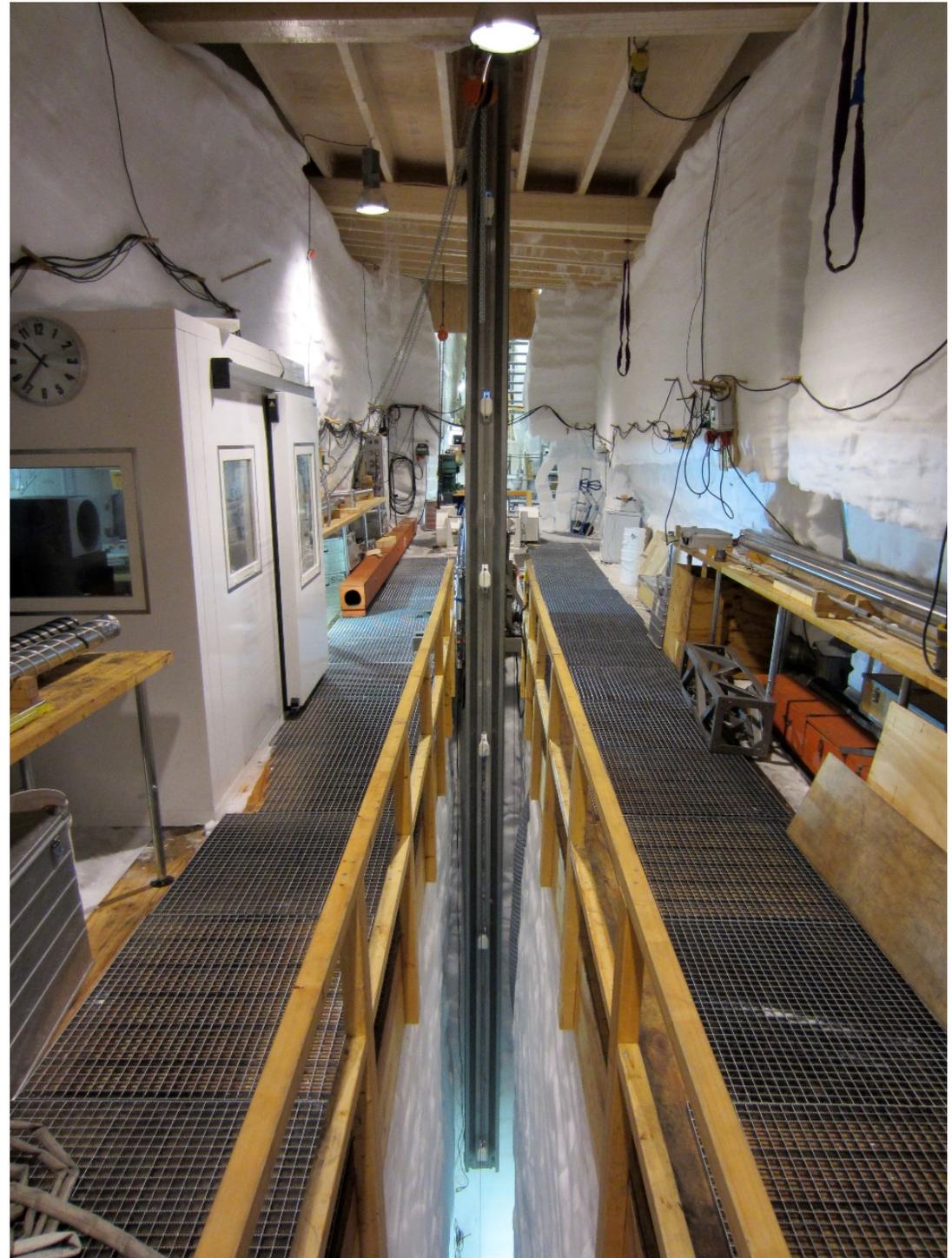


Forage NEEM (Groenland) 2007-2011



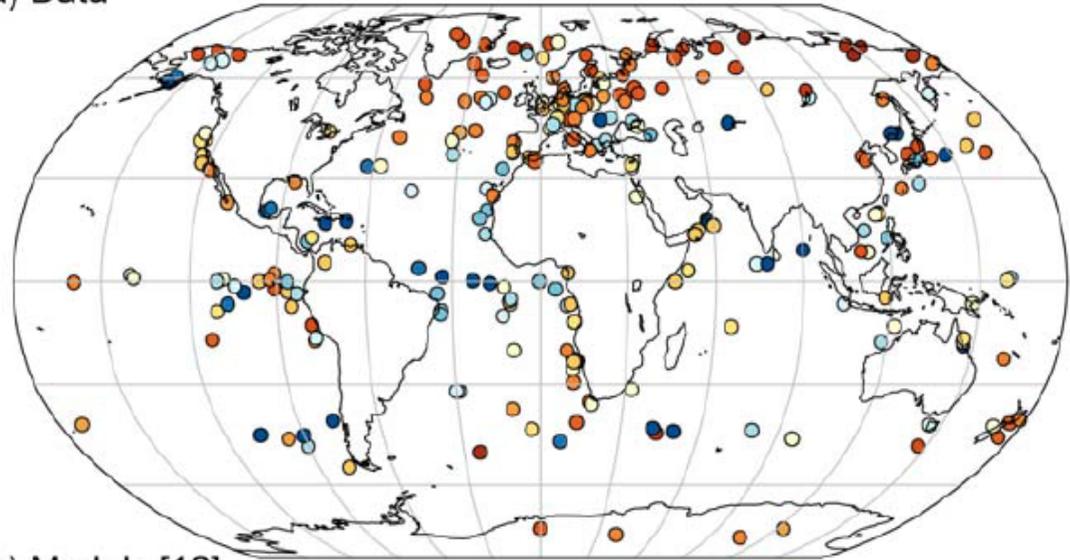
Eémien (129 000-116 000 BP)

Plus chaud,
avec un niveau
des mers plus élevé
qu'aujourd'hui

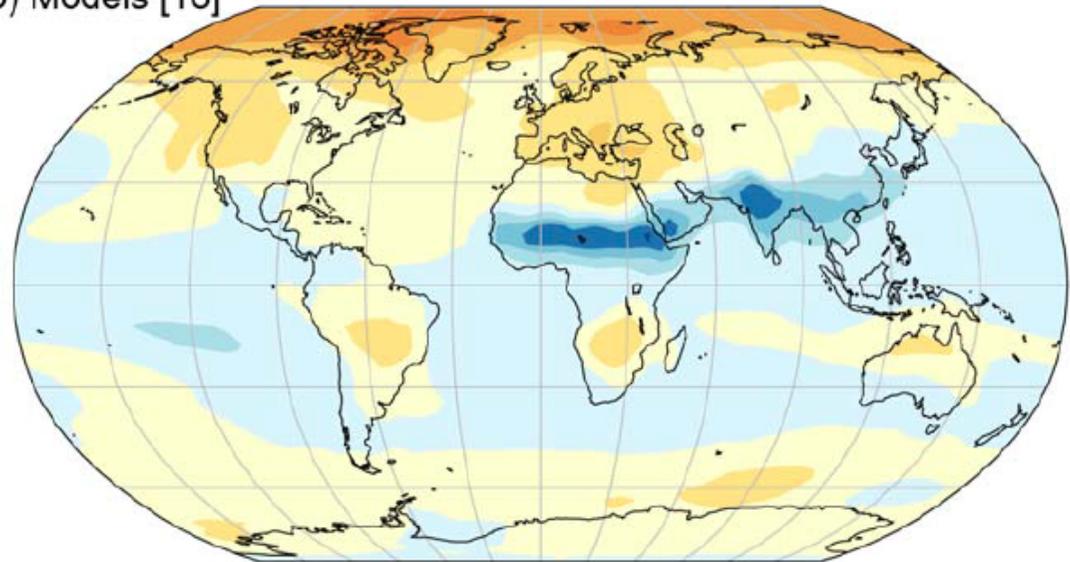


Utiliser les archives climatiques de l'Eémien pour évaluer nos modèles de climat

(a) Data



(b) Models [16]

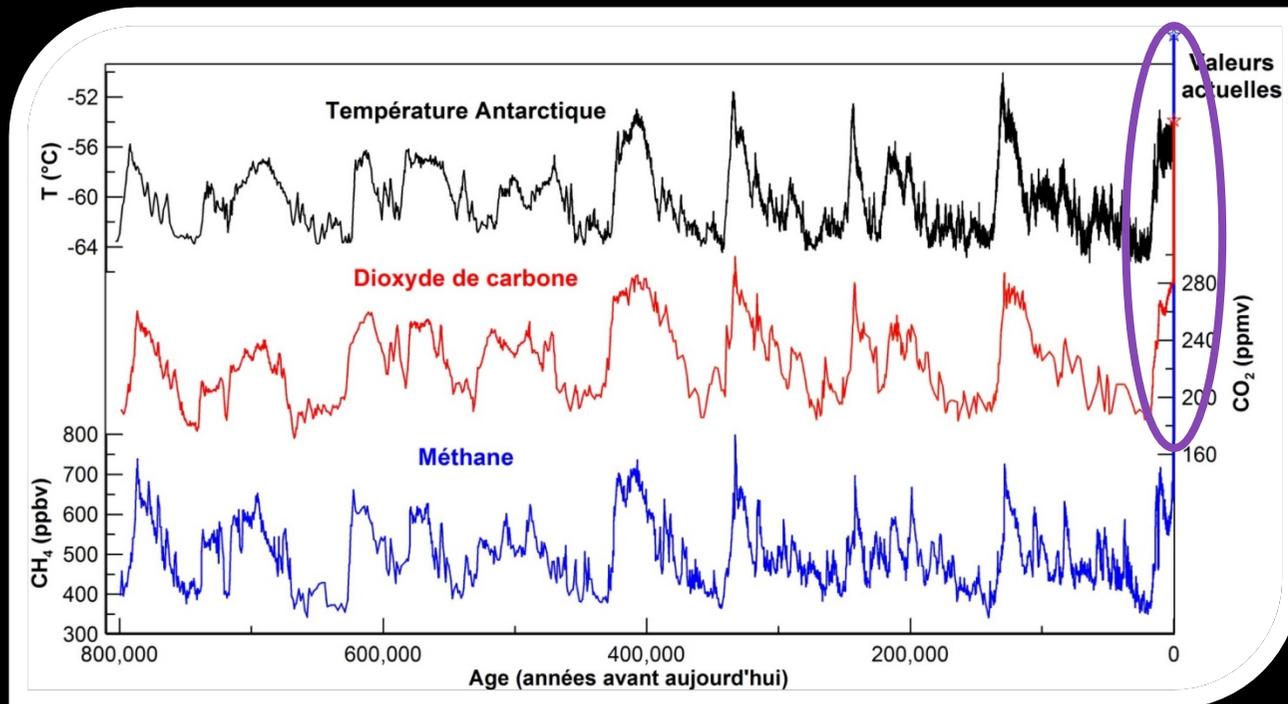


-2 -1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5 2 3 4 5 7 9 11

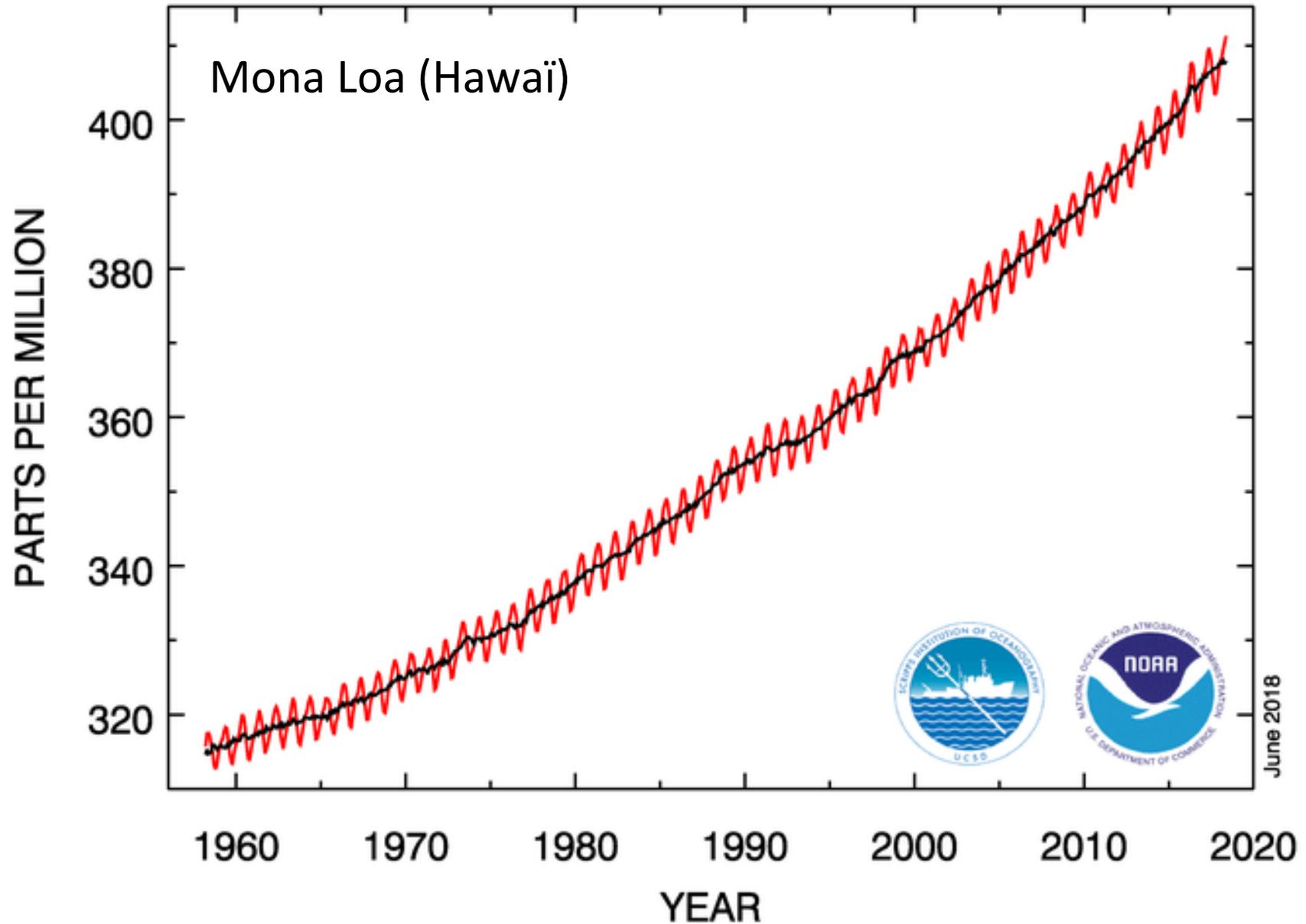
Annual surface temperature anomaly (°C)

Une augmentation sans précédent du CO₂ atmosphérique

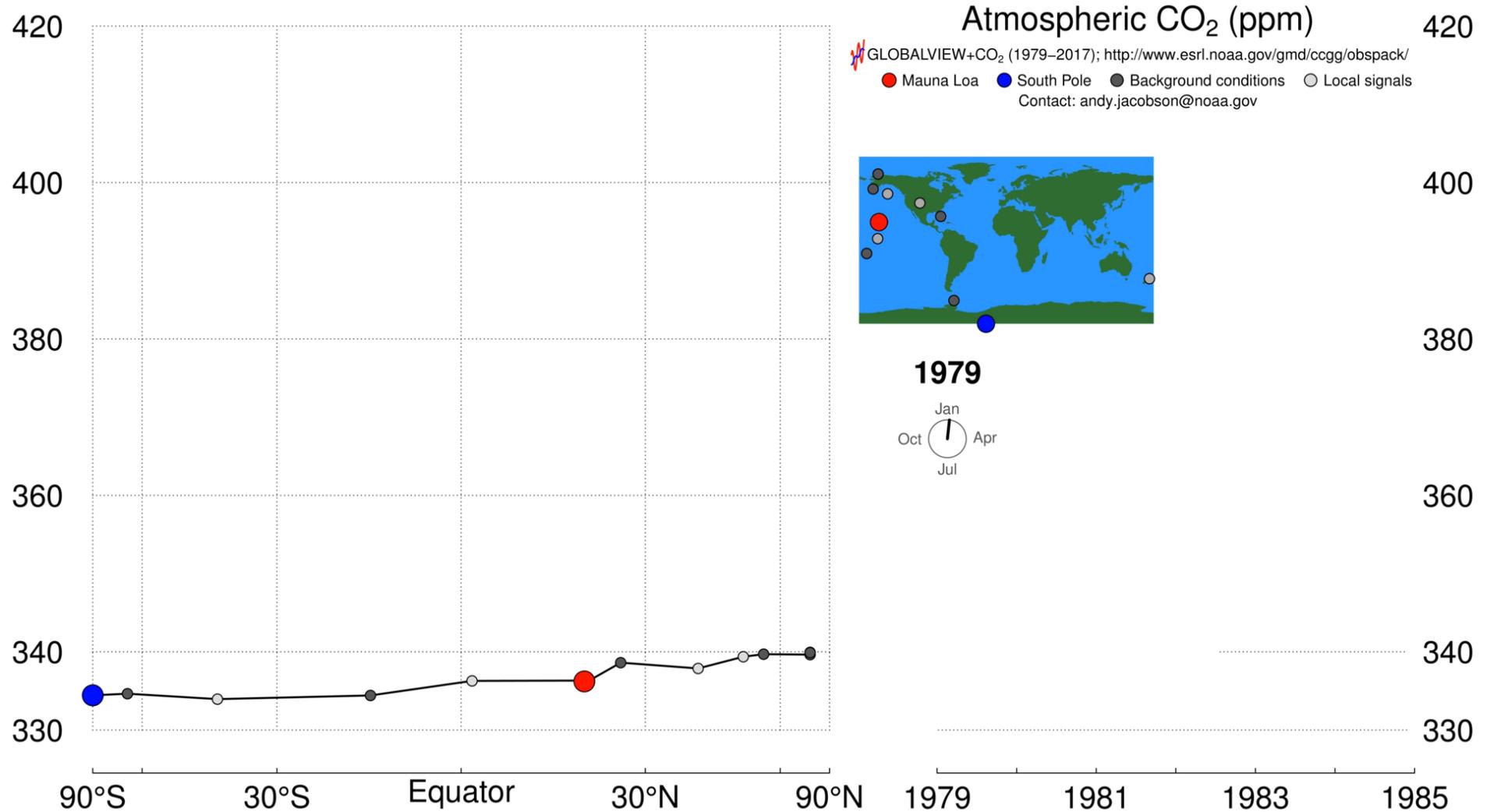
Des niveaux jamais observés depuis 800 000 ans
+40 % depuis 1850



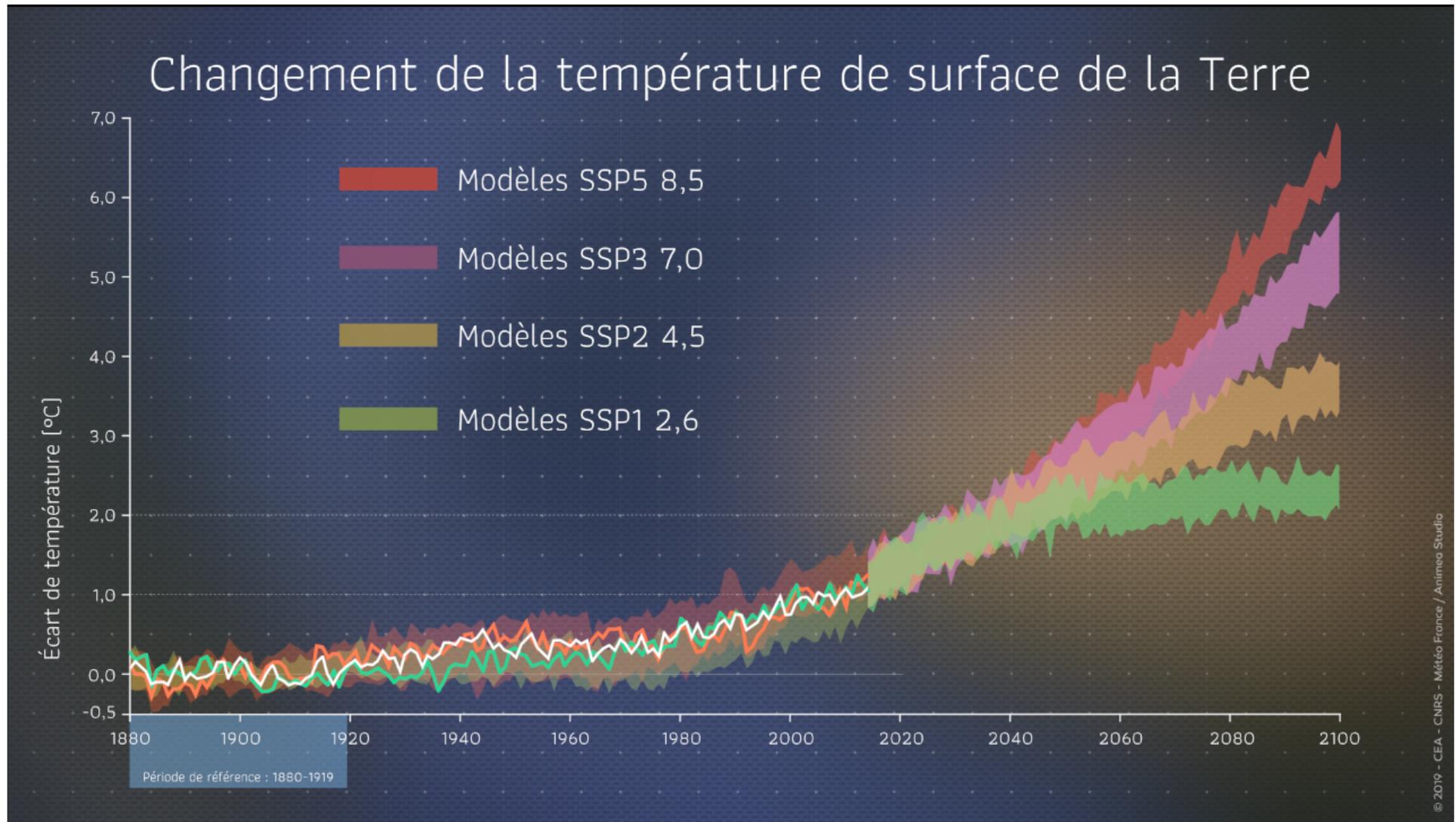
CO₂ atmosphérique : les premières observations



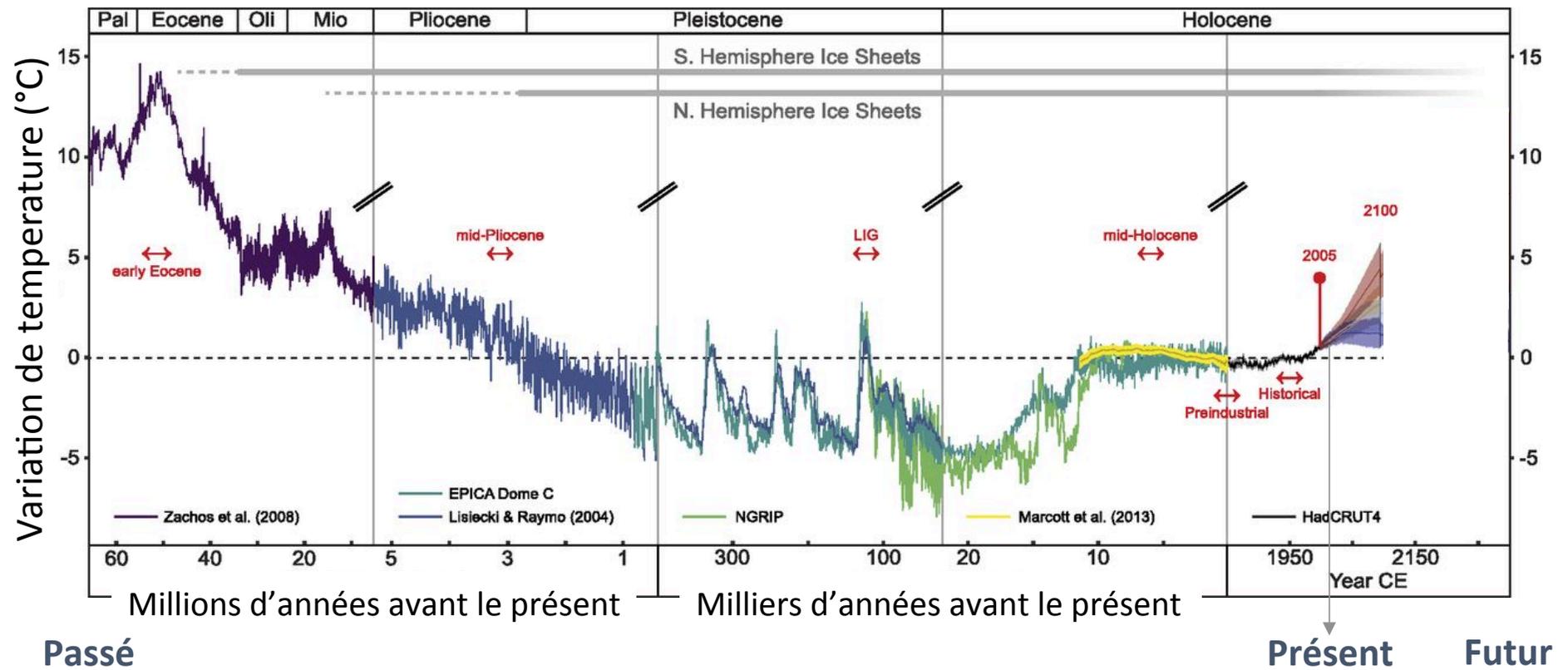
Une augmentation sans précédent du CO₂ atmosphérique



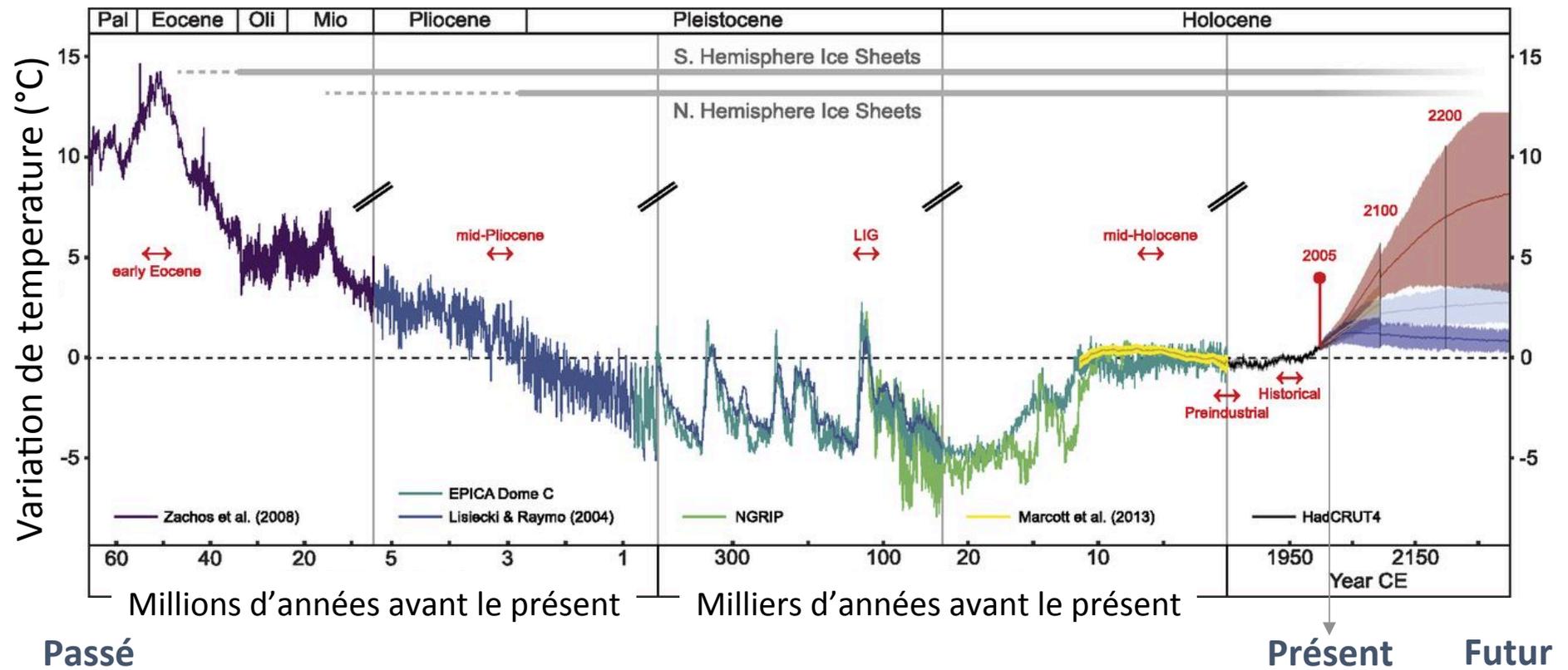
Climats passés et futurs : une perspective sur 60 millions d'années



Climats passés et futurs : une perspective sur 60 millions d'années



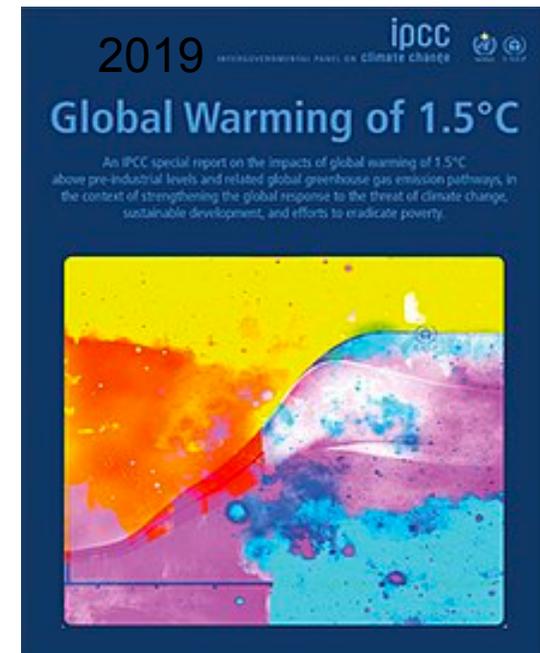
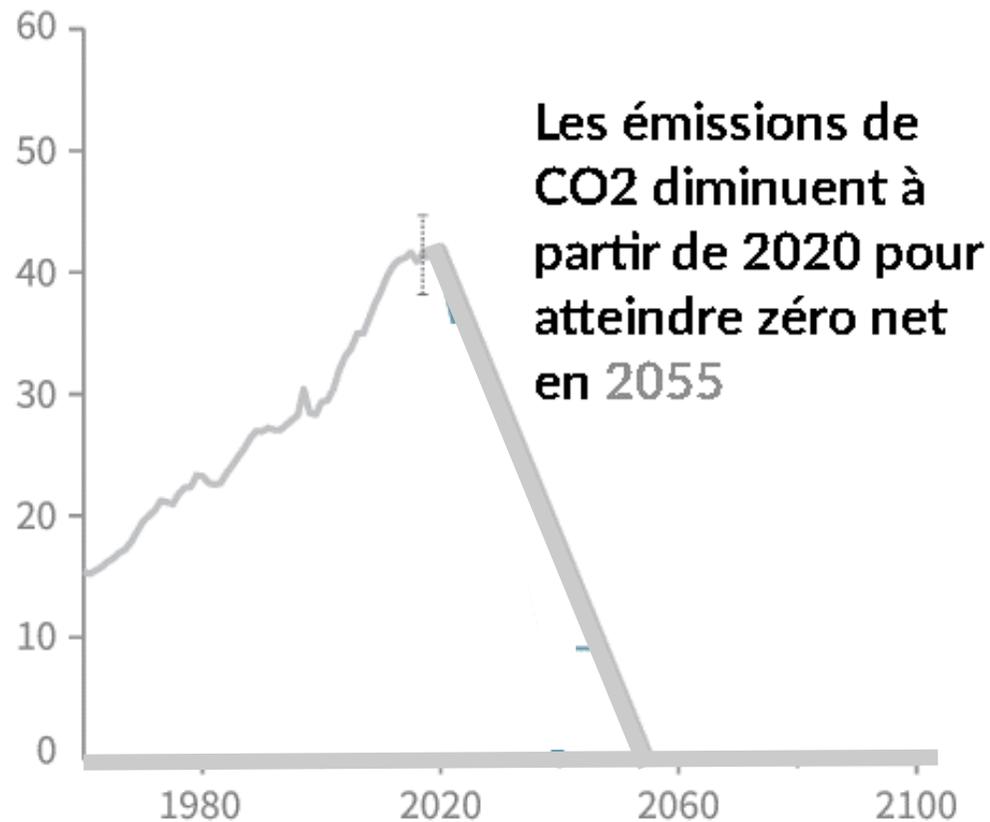
Climats passés et futurs : une perspective sur 60 millions d'années

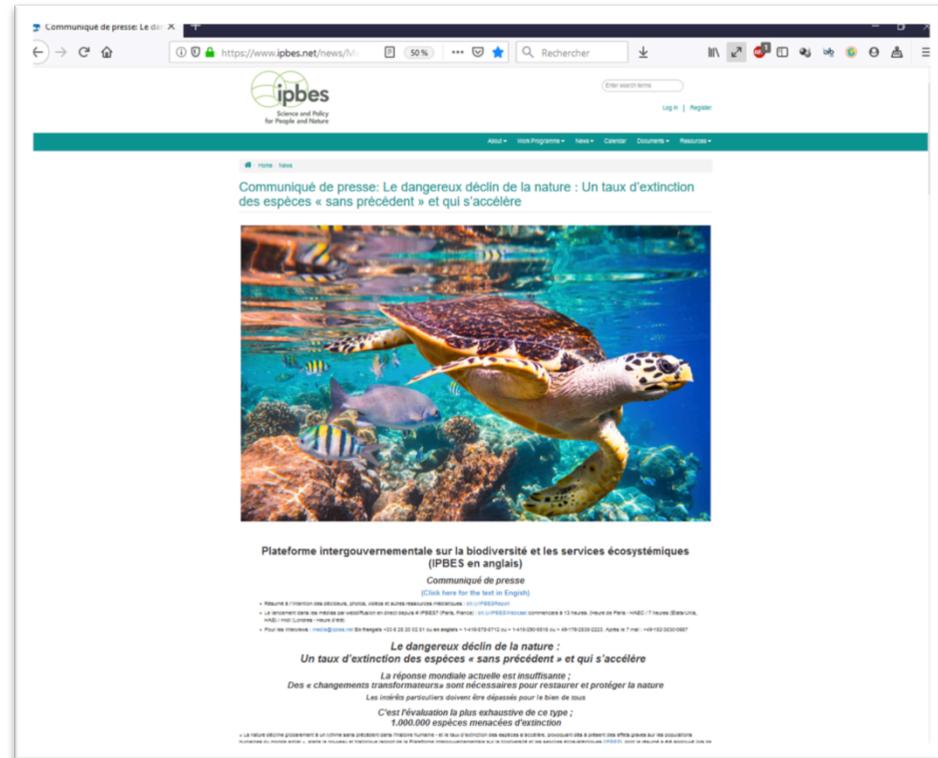


Limiter le réchauffement en cours à 1,5 °C

b) Trajectoires d'émissions de CO2 nettes à l'échelle mondiale

Milliards de tonnes de CO2 par an (GtCO2/an)





« Grâce au « **changement transformateur** », la nature peut encore être conservée, restaurée et utilisée de manière durable – ce qui est également essentiel pour répondre à la plupart des autres objectifs mondiaux. Par « changement transformateur », on entend un changement fondamental à l'échelle d'un système, qui prend en considération les facteurs technologiques, économiques et sociaux, **y compris en termes de paradigmes, objectifs et valeurs.** [...] »

<https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>

Merci !

X. Faïn