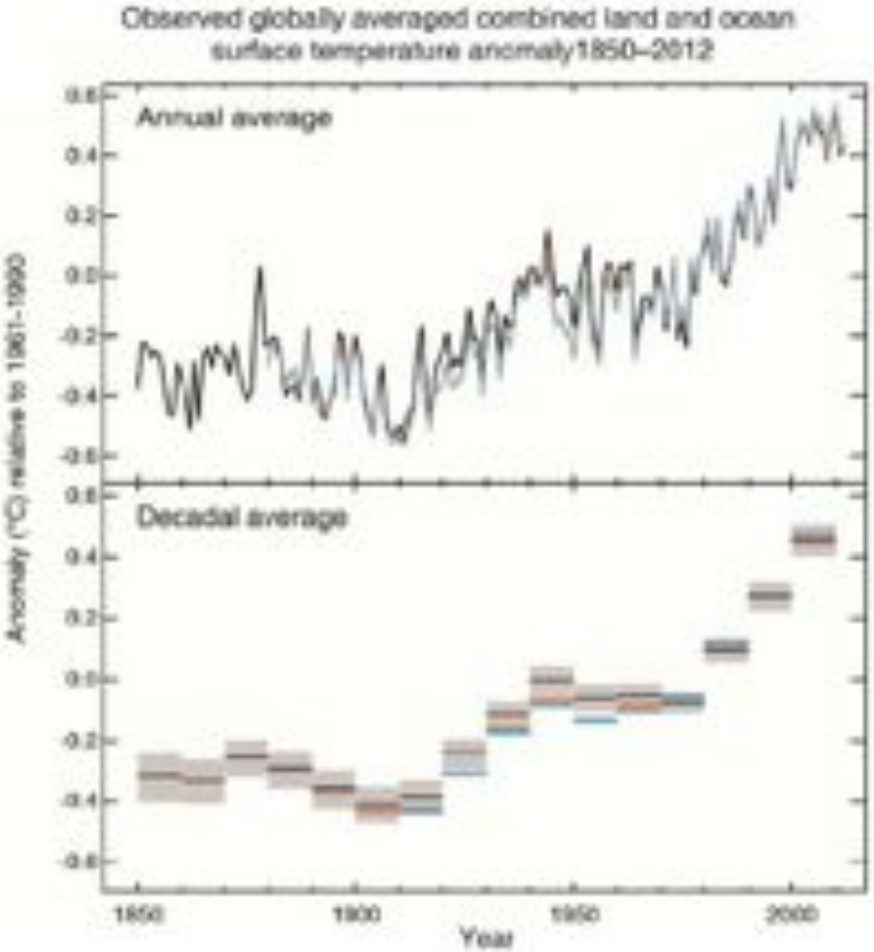
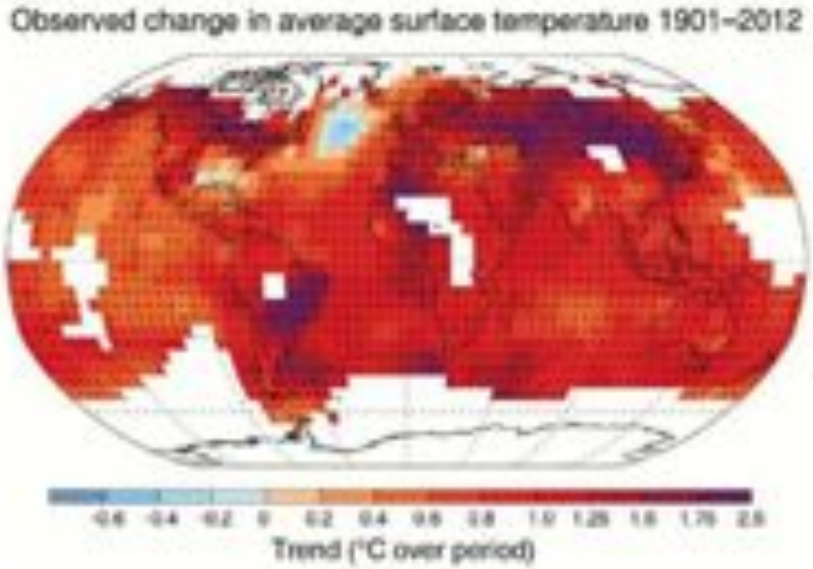
La variabilité naturelle du système climatique

par Claire Waelbroeck, directrice de Recherche CNRS au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

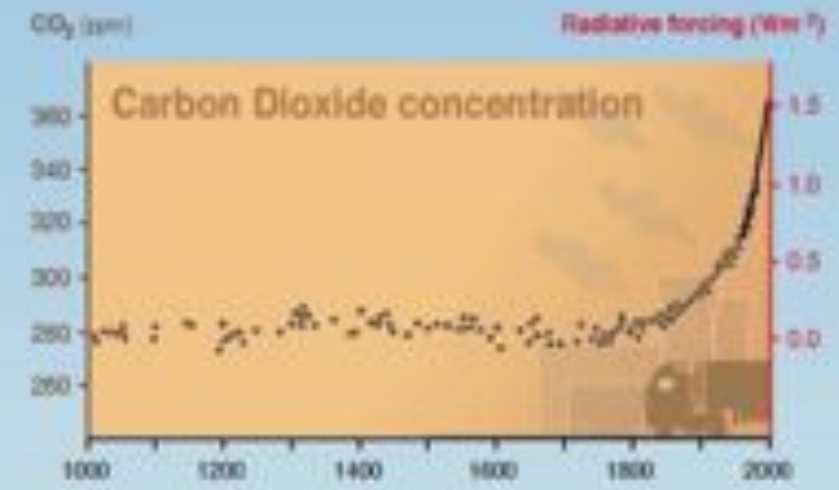
Température globale

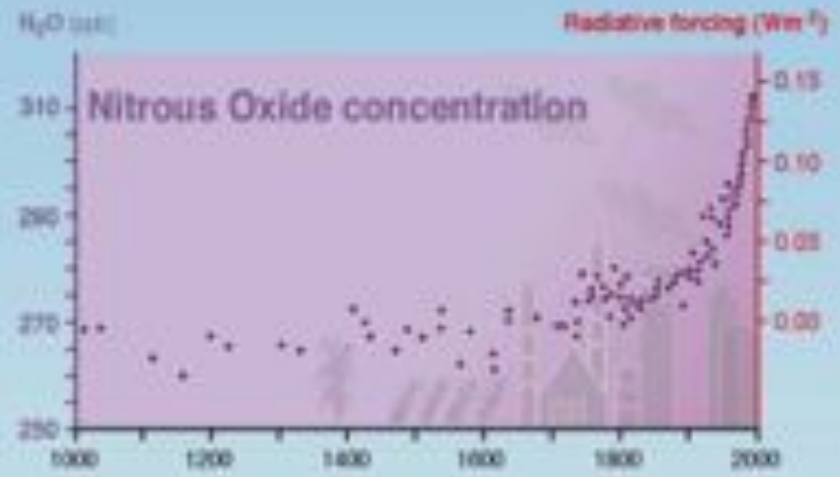


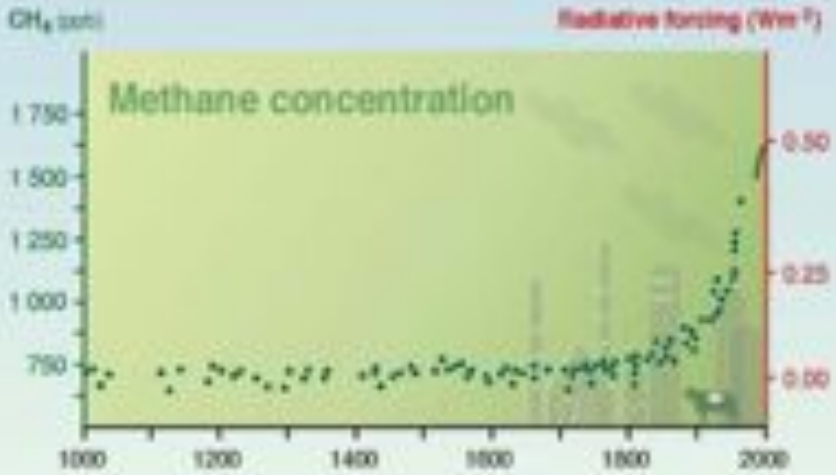


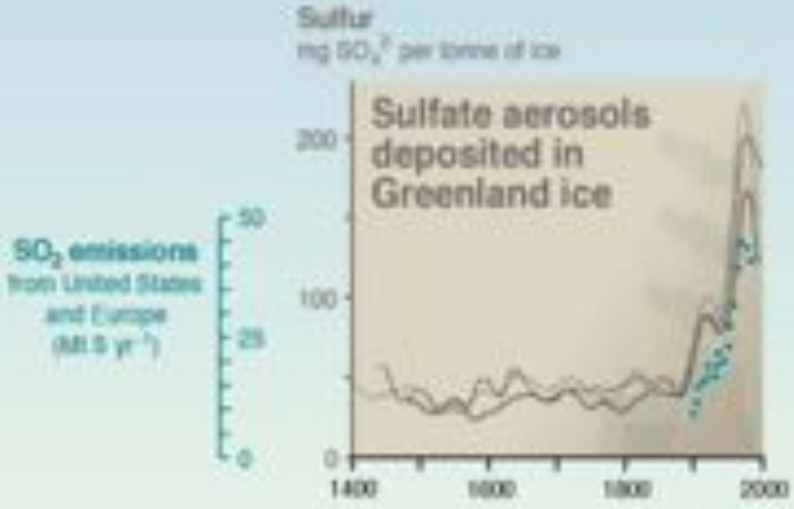
Source: 5ème rapport du GIEC (2013) (http://www.ipcc.ch/)
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

Influence humaine depuis le début de l'ère industrielle







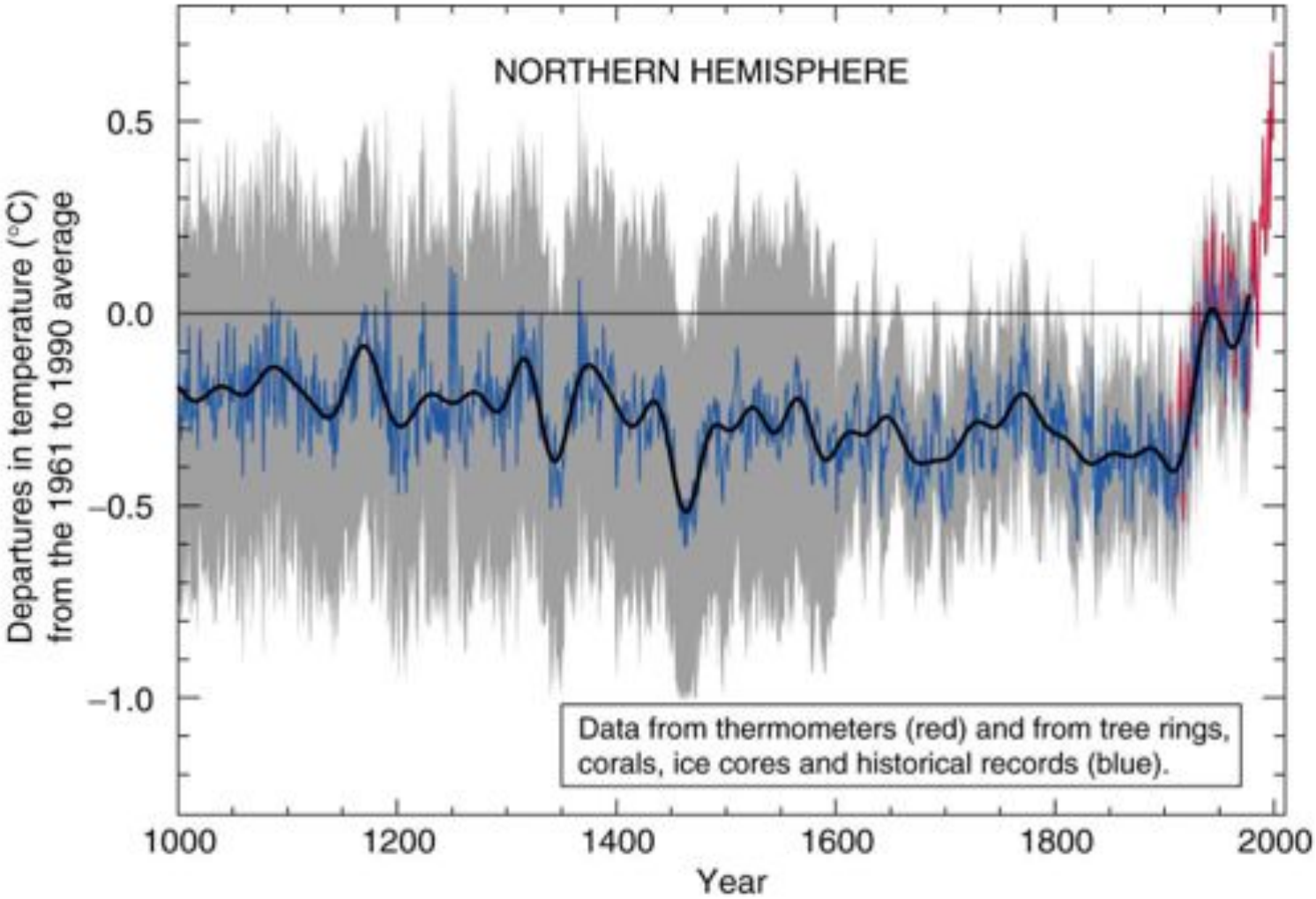


L'effet de serre

Effet naturel, lié à l'existence de notre atmosphère

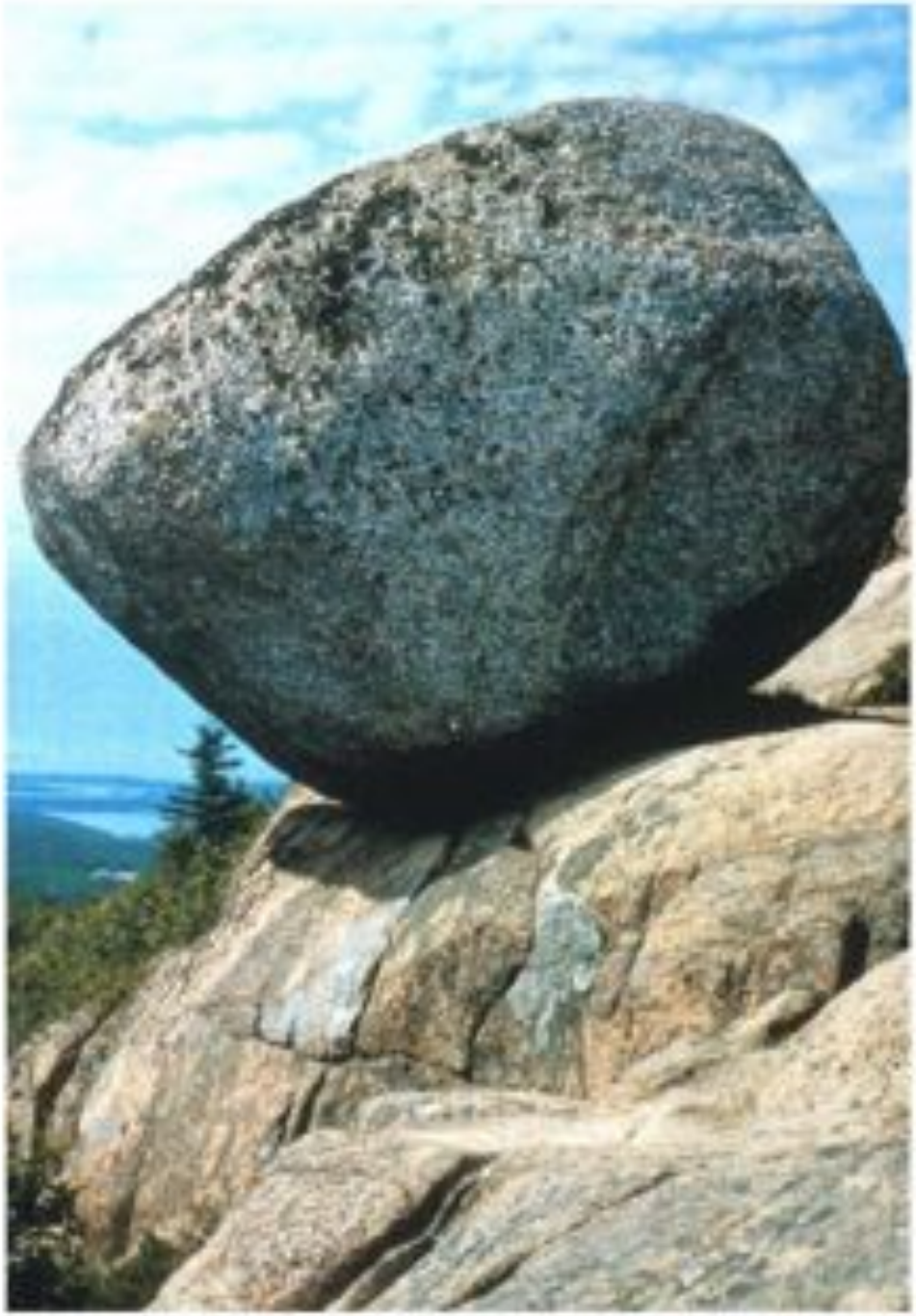
L'effet de serre naturel est de ~33 degrés

Température de l'hémisphère Nord au cours du dernier millénaire



Source: 3ème rapport du GIEC (2001)

Cycles glaciaires-interglaciaires



Paléoclimatologie: Etude des climats passés

→ Etude de la variabilité climatique ***naturelle***

→ Acquisition de données/connaissances permettant de tester les modèles utilisés pour les prédictions du changement global

2 types d'**archives complémentaires**:

Les glaces polaires

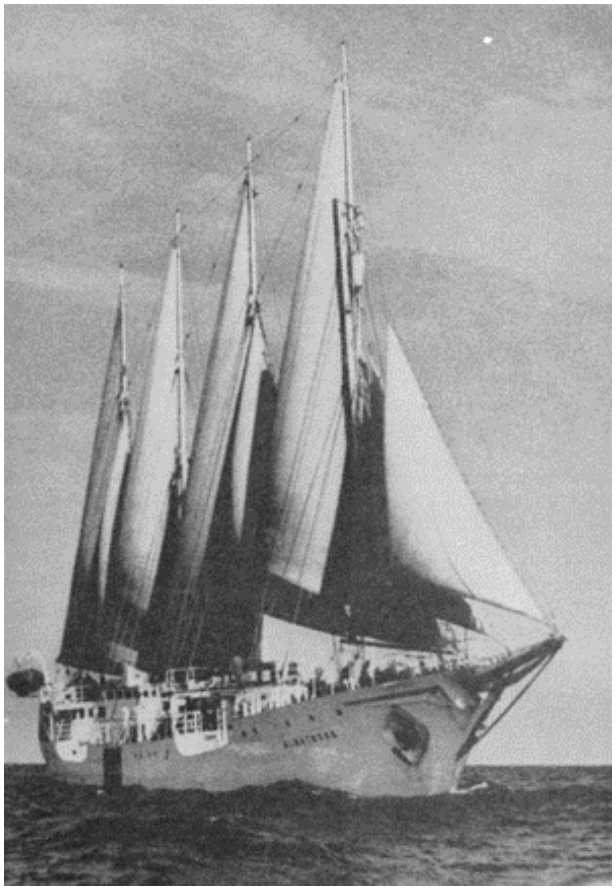
--> température de l'air au-dessus des calottes
--> composition de l'atmosphère (CO_2, CH_4, etc…)
--> indications sur la circulation atmosphérique (poussières)

Les sédiments marins

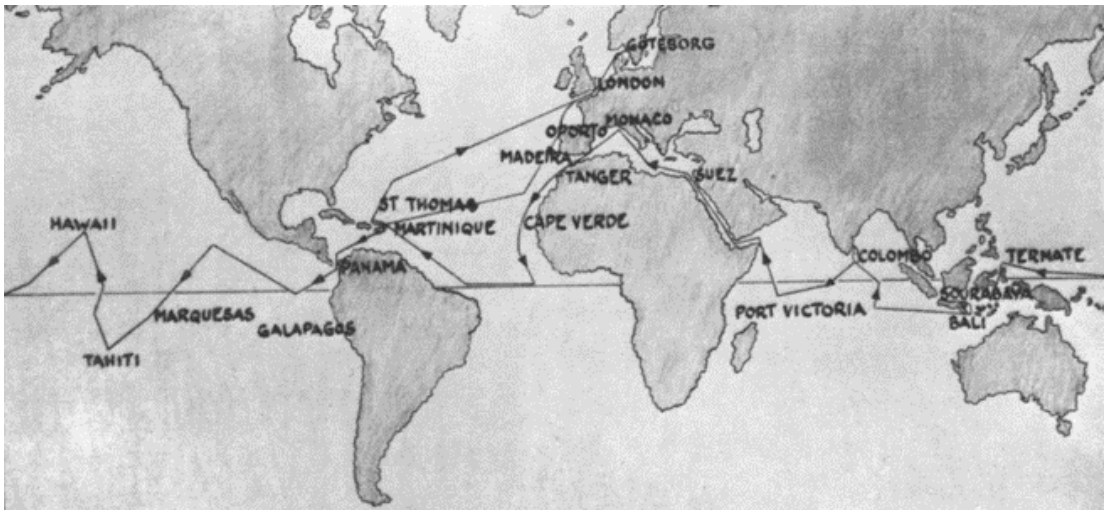
--> température et salinité de l'eau => reconstruction de la circulation océanique
--> volume global des glaces
--> caractéristiques chimiques de l'océan (pH, nutriments, etc…)

The Swedish expedition on the Albatross (1947-1948)

=> 300 deep-sea cores from around the world



the Albatross

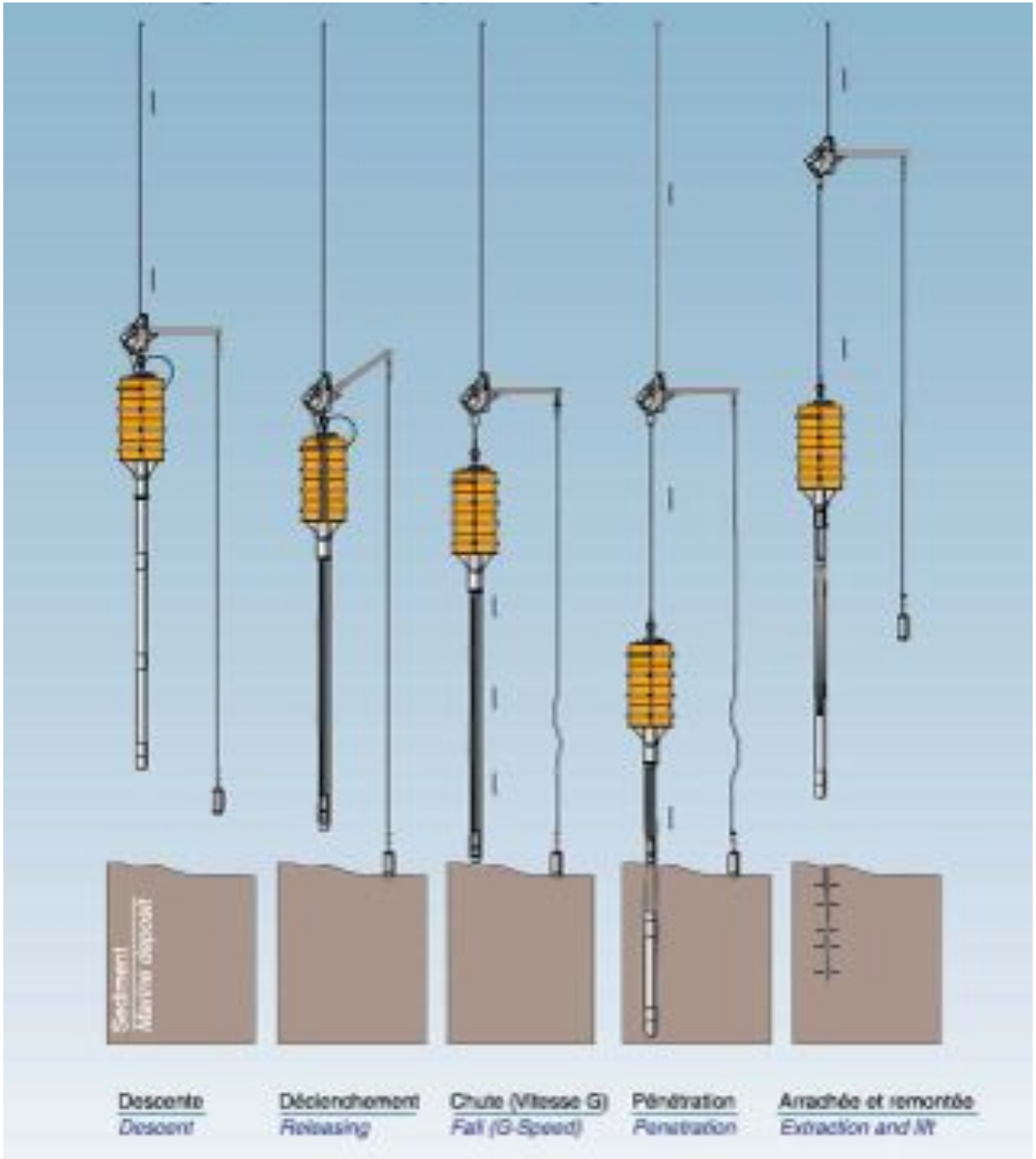


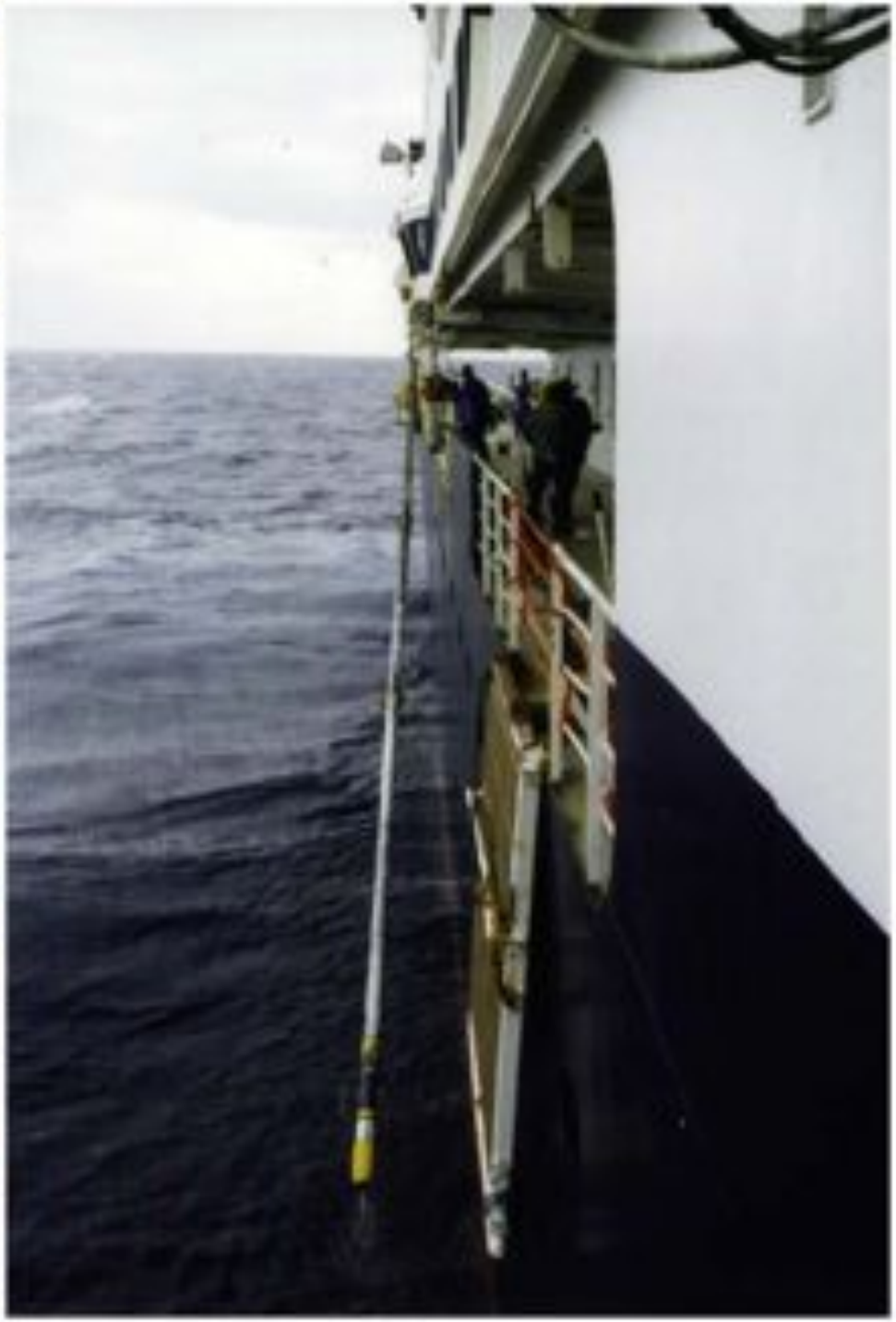
First piston cores: Kullenberg (1947)

DR. KULLENBERG AT THE CONTROLS
OF THE DEEP-SEA WINCH

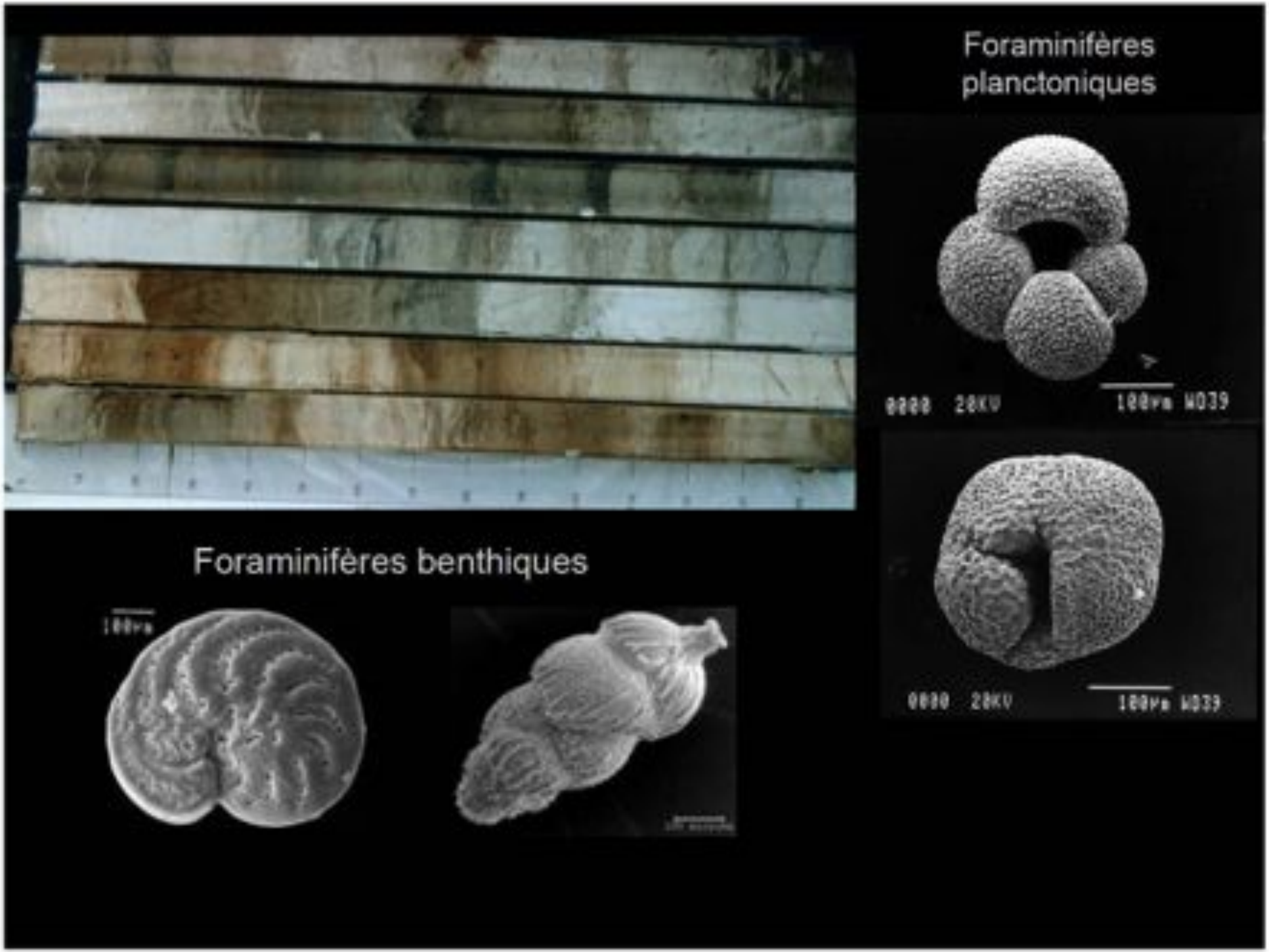
MARION DUFRESNE

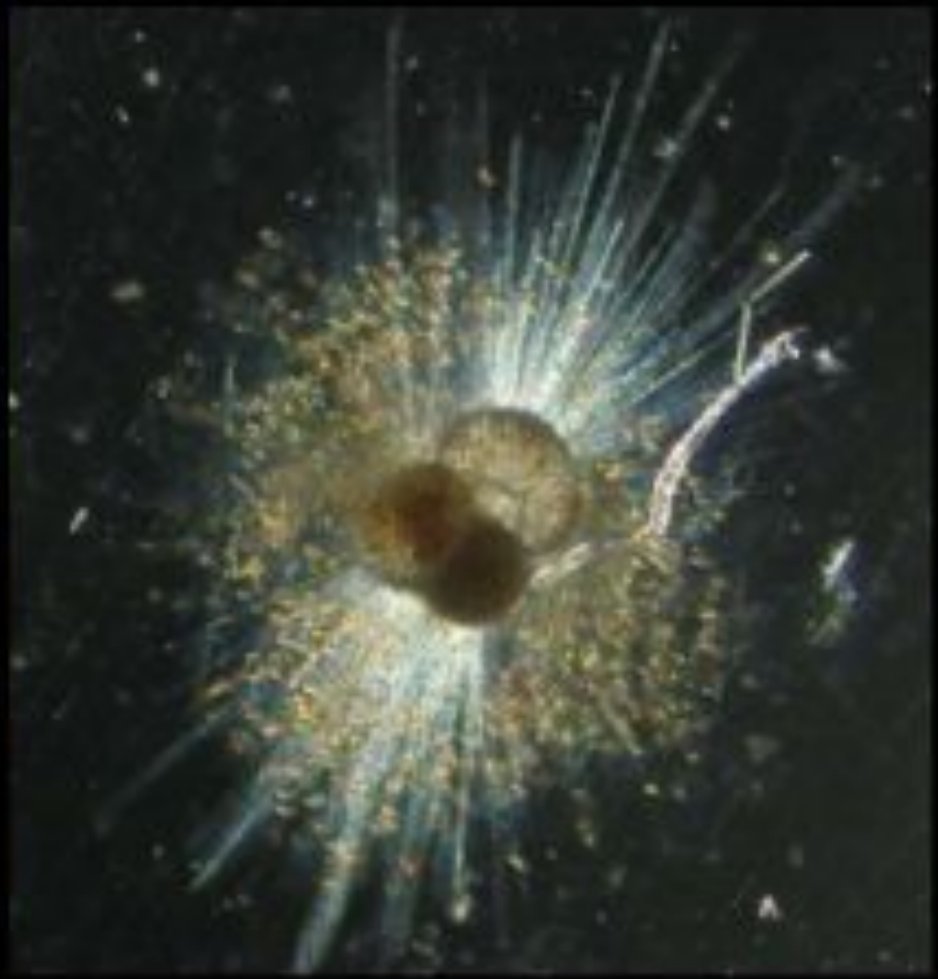
Prélèvement avec le carottier CALYPSO





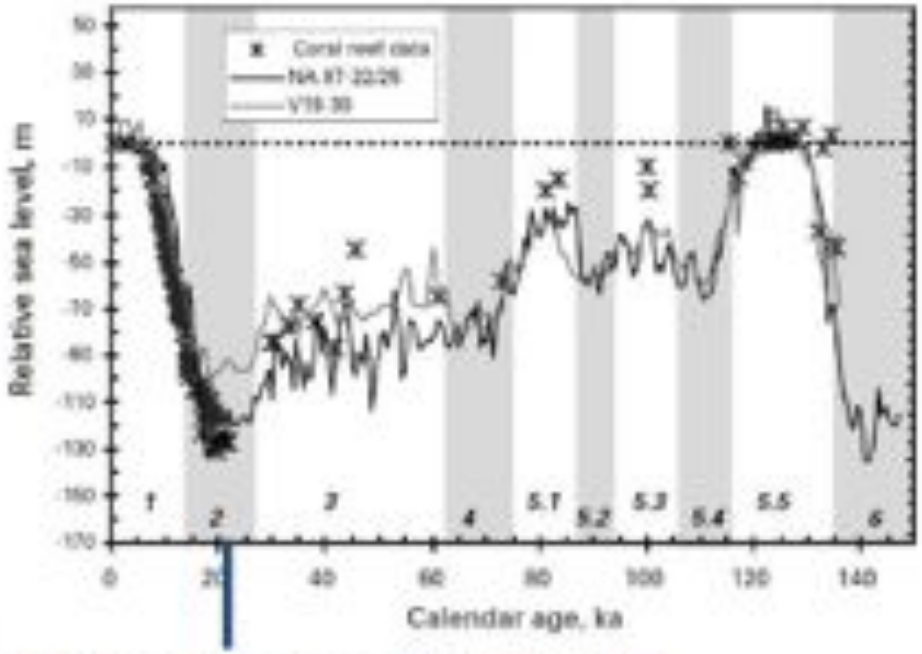
Carottier CASQ (à section carrée)


Foraminifères planctoniques
0000 20KV
100µm WD39
0000 20KV
100µm WD39
Foraminifères benthiques
100µm



0008 20KV
100µm WD39

Cycles glaciaires-interglaciaires: le dernier cycle climatique



Le Dernier Maximum Glaciaire

! le temps s'écoule de droite à gauche

La théorie astronomique des paléoclimats

Bref historique:

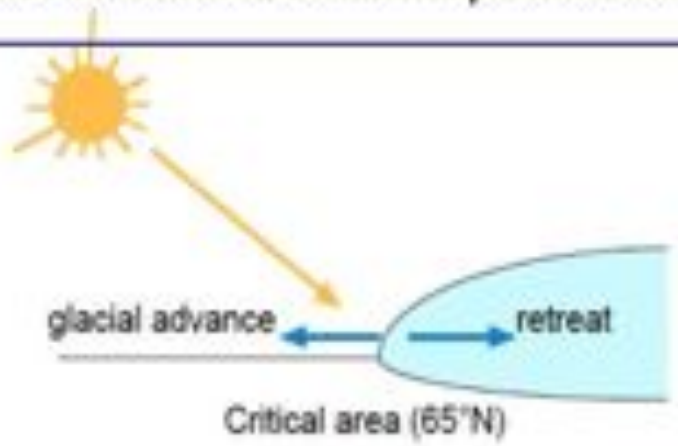
- **Adhemar** (1842) suggère que les variations de l'orbite terrestre sont à l'origine de changements du climat;
- **Croll** (1870) développe ces idées;
- **Milankovitch** 1920-40 calcule les changements d'énergie solaire reçue par la Terre en réponse aux variations de l'orbite terrestre.

Principe de la théorie astronomique des paléoclimats:

Pilotage de l'évolution des calottes par l'insolation d'été de l'hémisphère Nord.

Impact des changements d'insolation sur le bilan de masse des calottes :

le phénomène critique est la persistence de la neige en été.



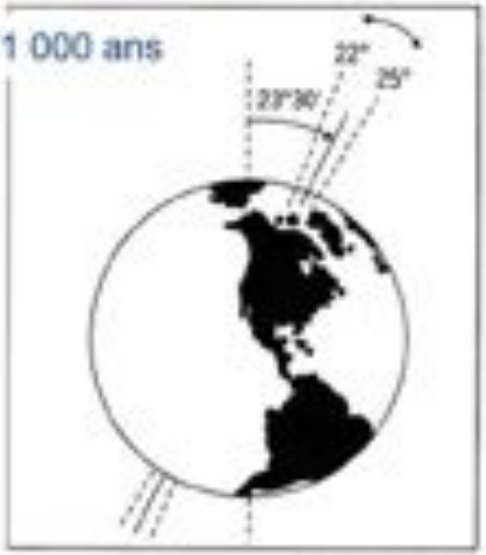
Les paramètres orbitaux

Moyenne annuelle globale, 0.5 W/m²

Périodes: 100, 130 et 410 000 ans

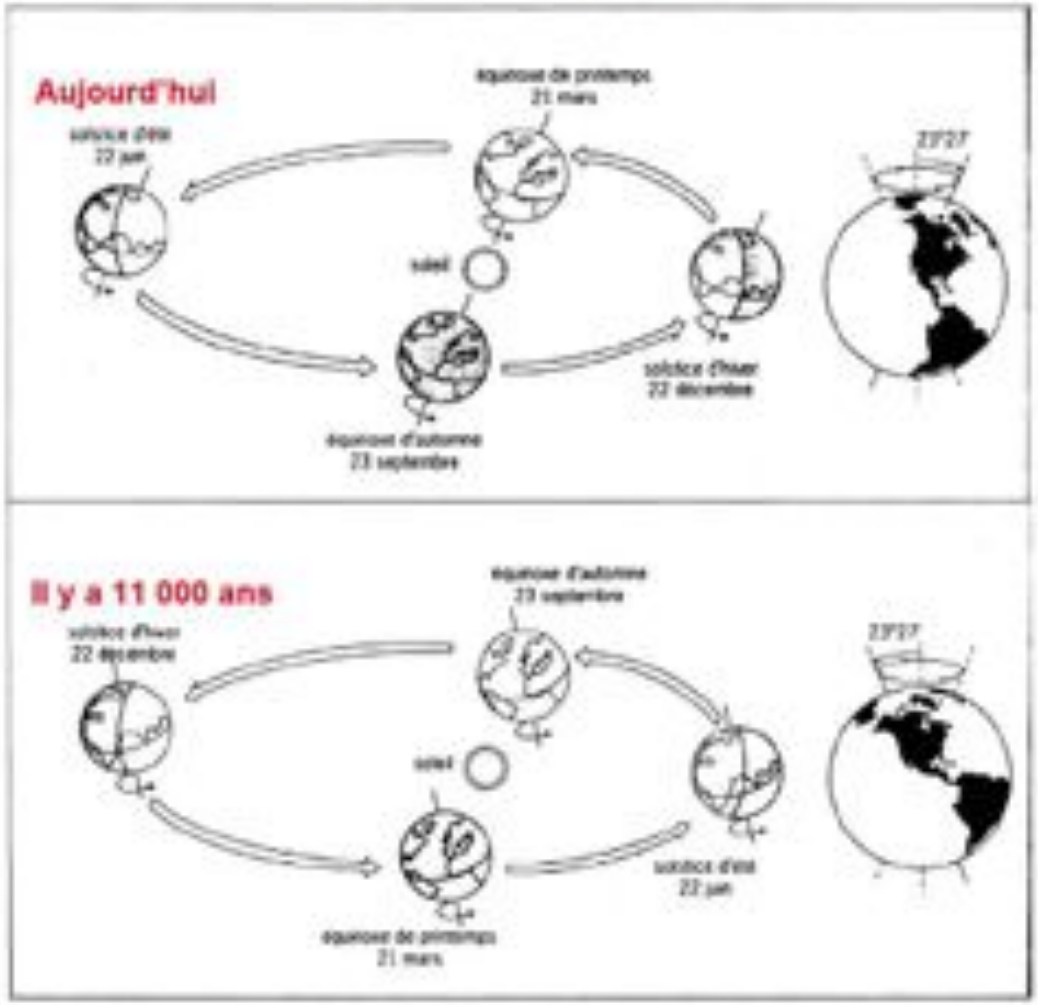
Moyenne annuelle locale, ~15 W/m²

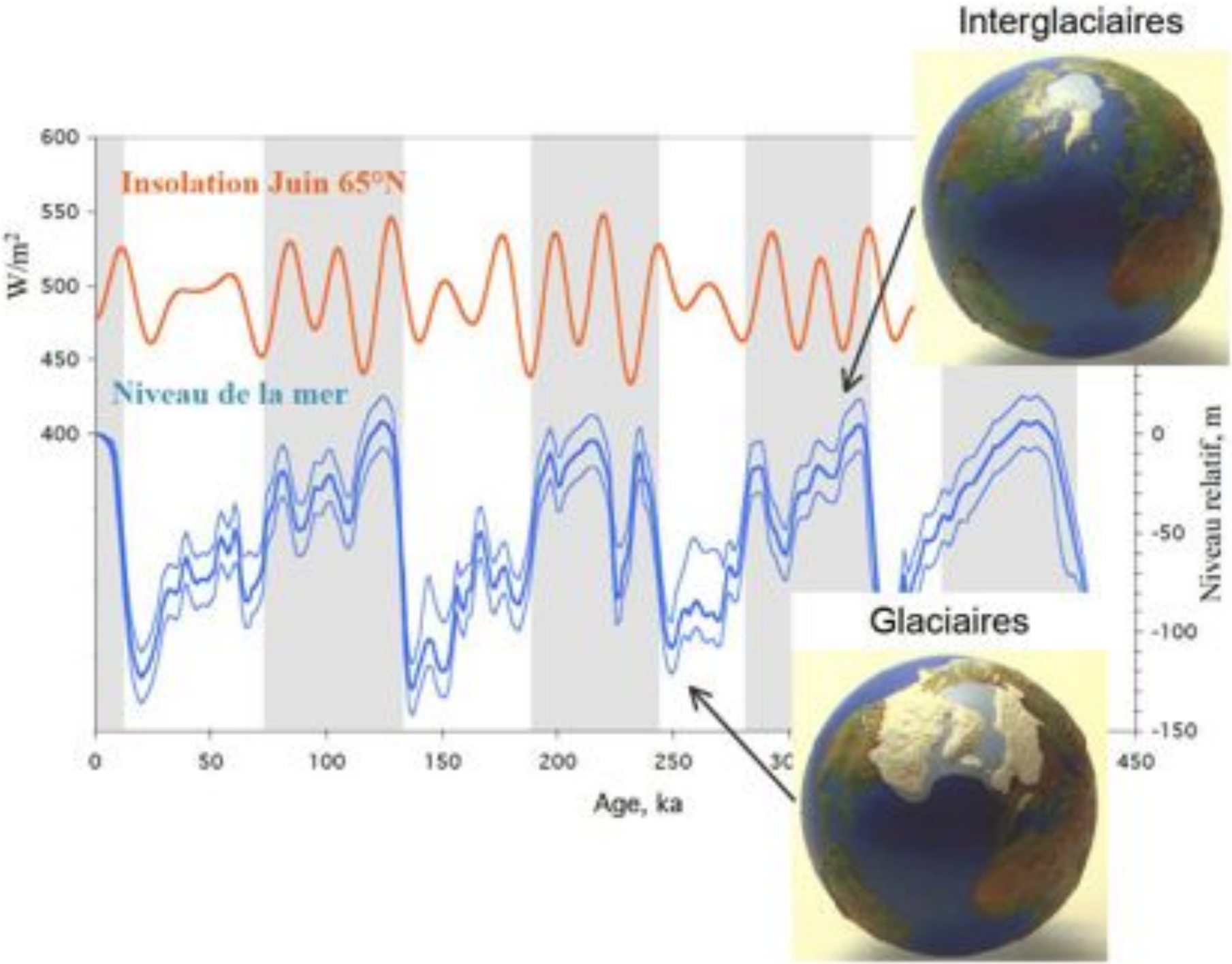
41 000 ans



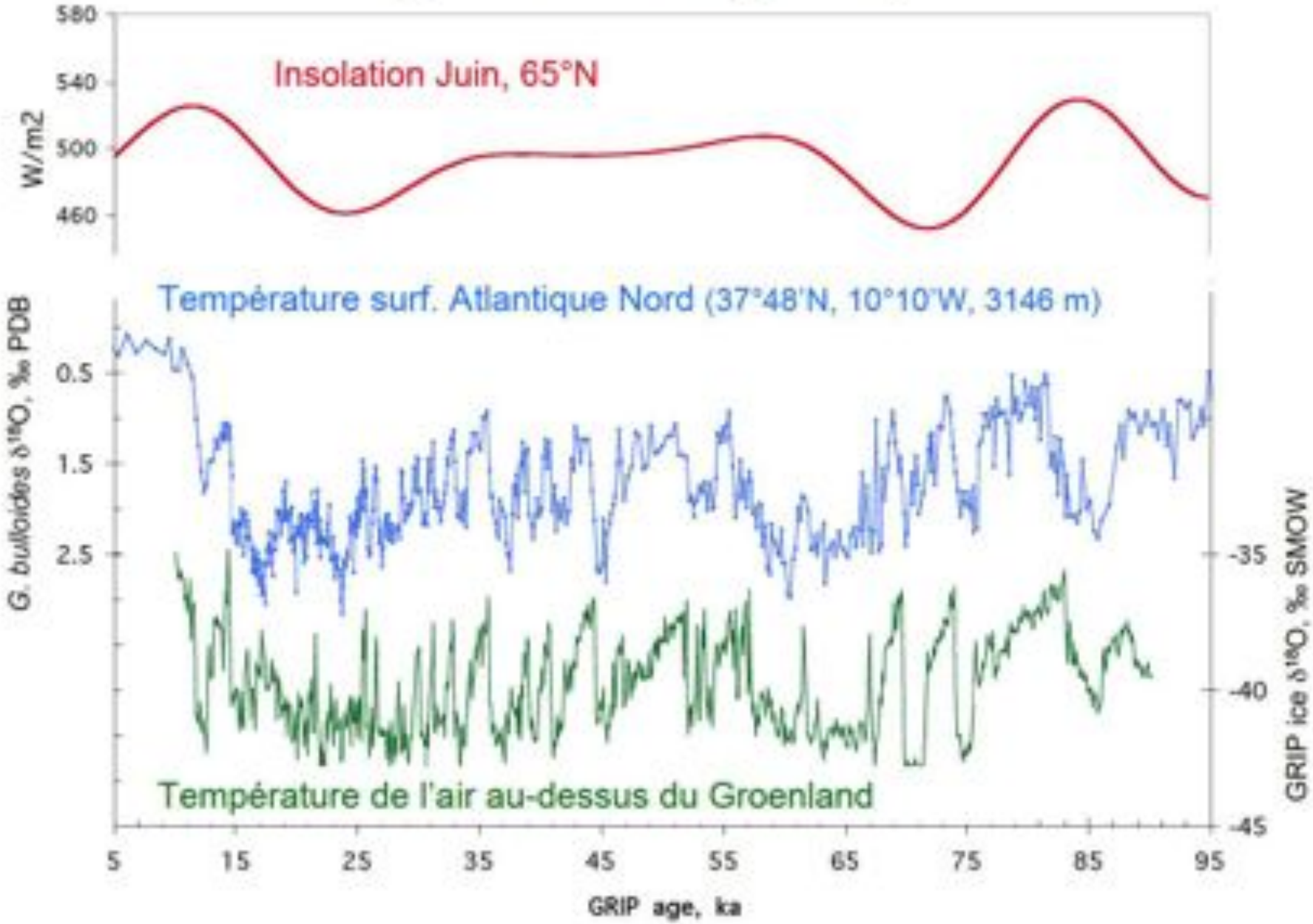
Moyenne saisonnière locale, ~100 W/m²

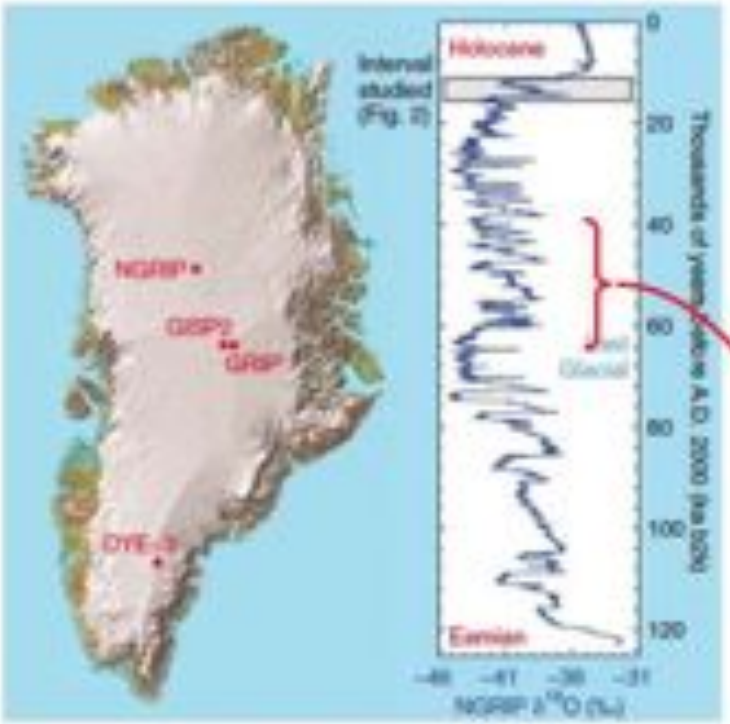
19 000 et 23 000 ans



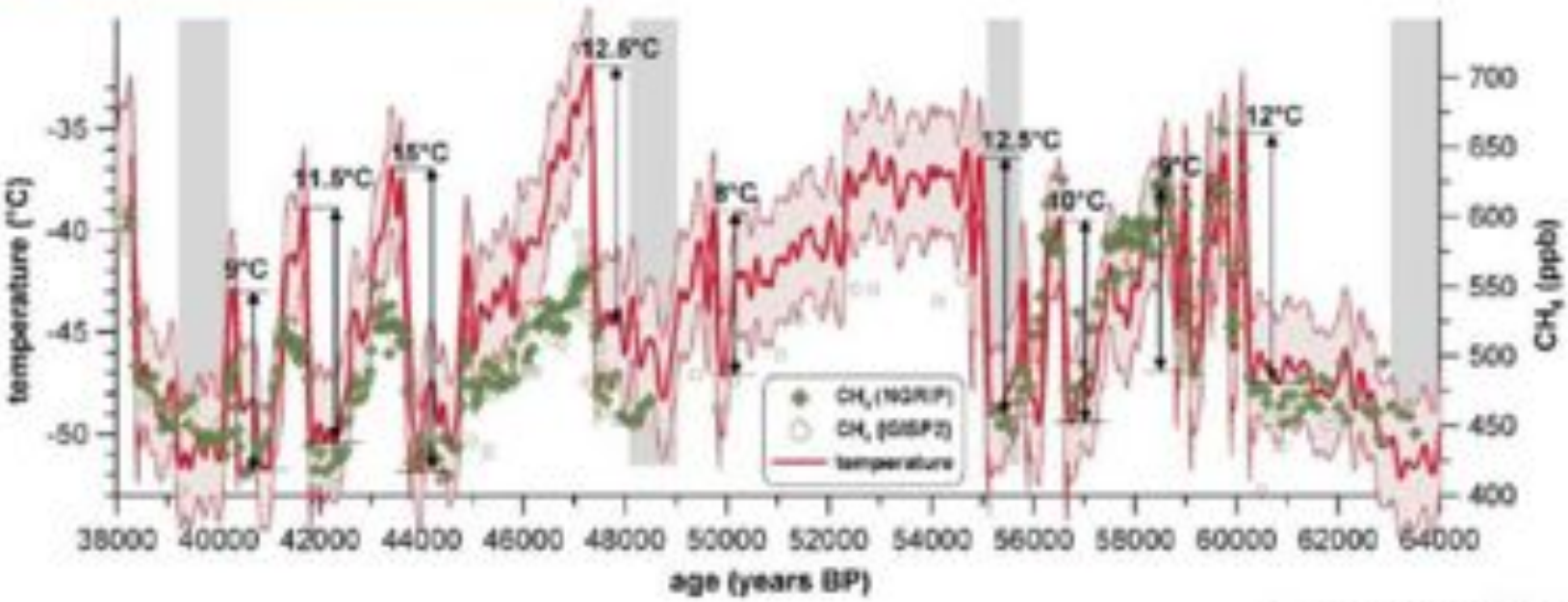

Interglaciaires
Insolation Juin 65°N
Niveau de la mer
Glaciaires
W/m²
600
550
500
450
400
0
50
100
150
200
250
450
Age, ka
0
-50
-100
-150
Niveau relatif, m

Changements climatiques rapides





Des réchauffements de 8 à 15°C
en 200 à 400 ans



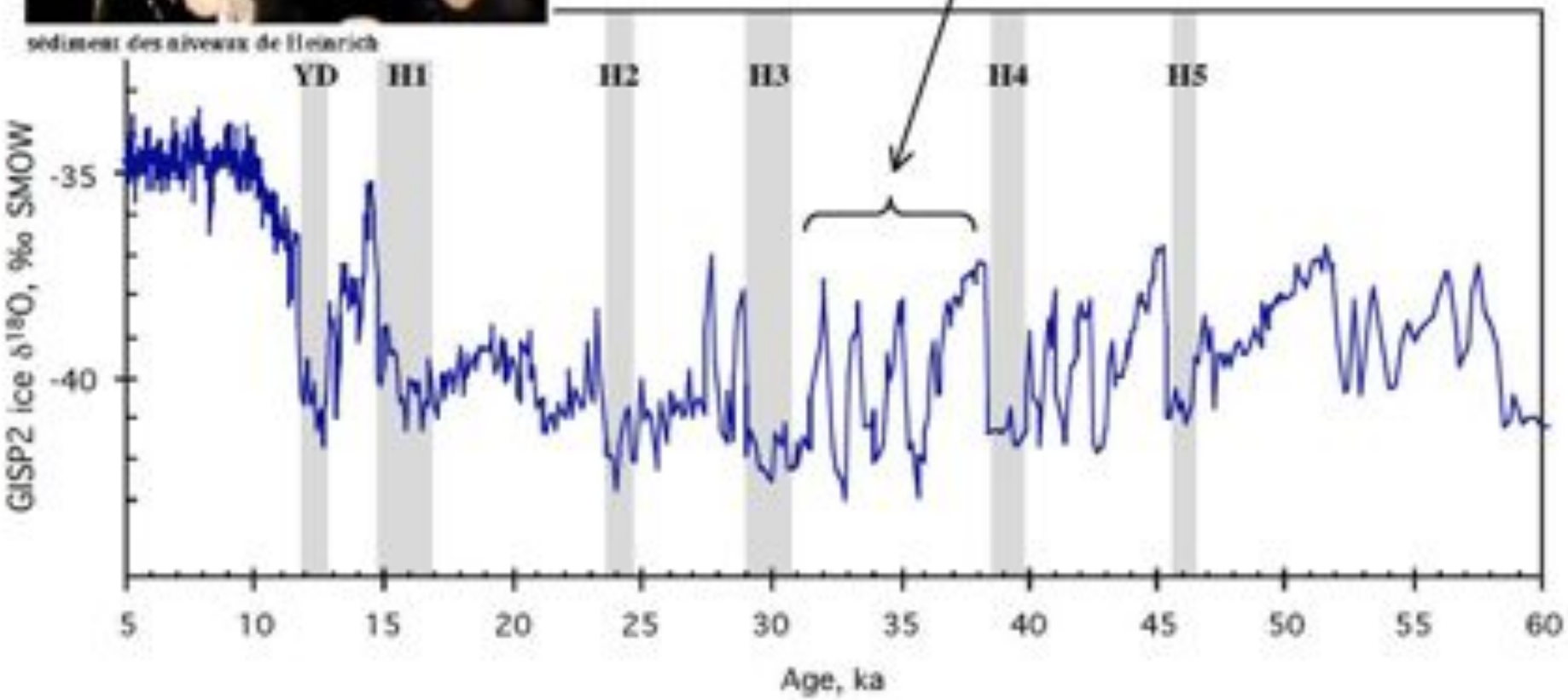
[Huber et al., 2006]

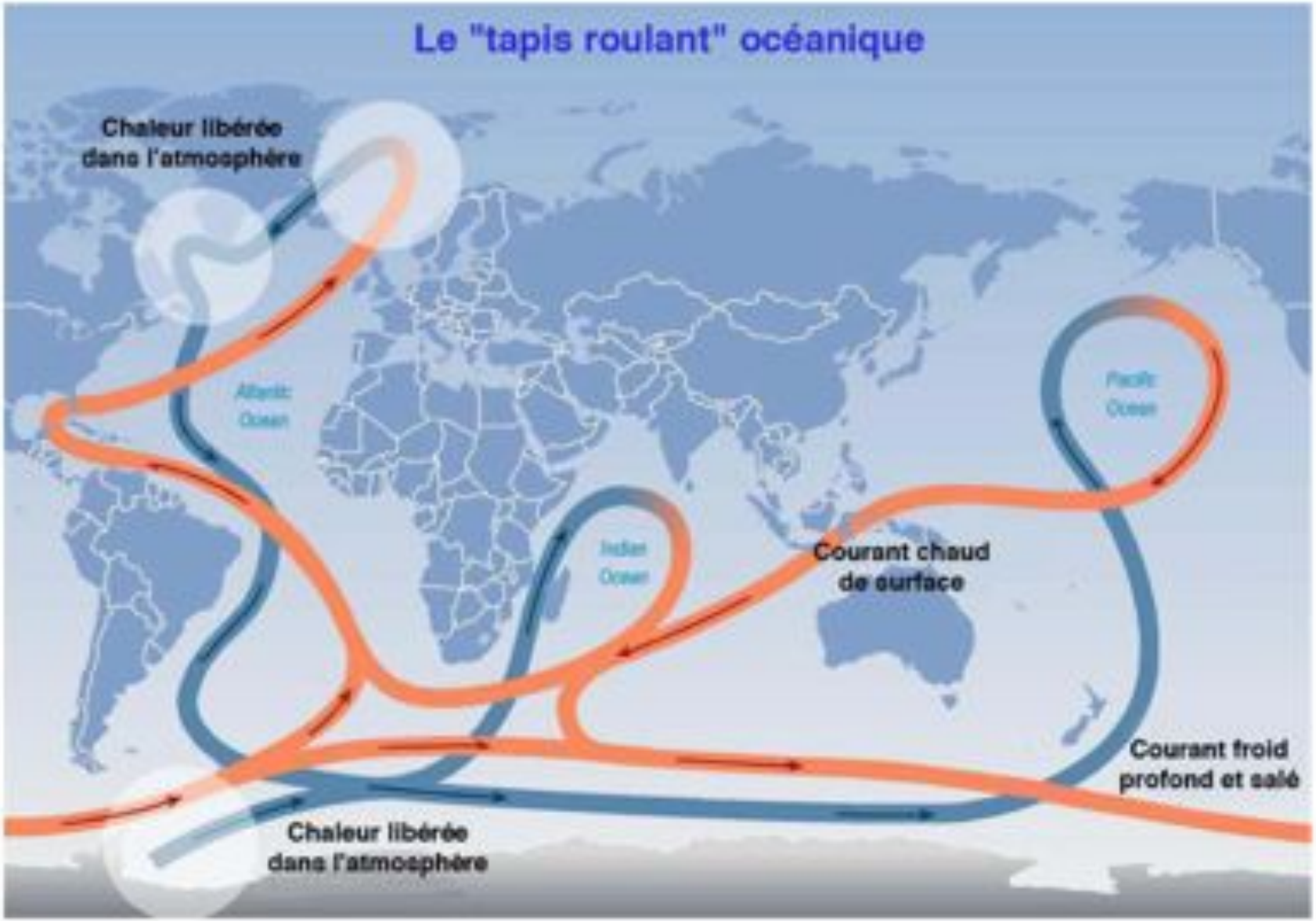
250 µm

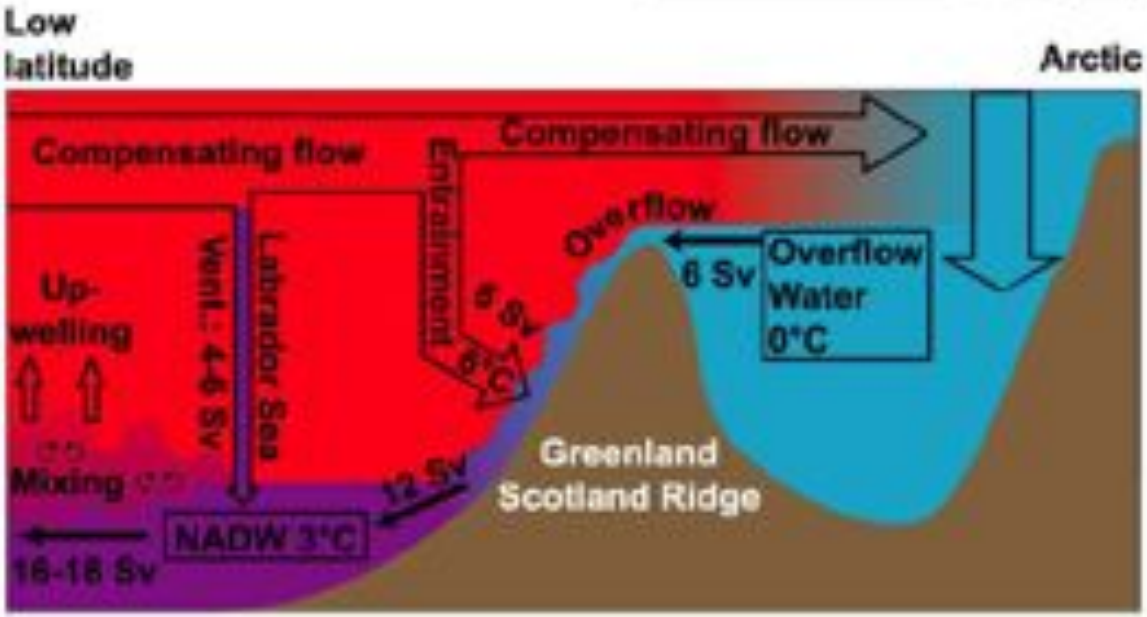
sédiment glaciaire de l'Atlantique Nord

sédiment des niveaux de Heinrich

- Evènements de Heinrich: débâcles d'icebergs
- Evènements de Dansgaard-Oeschger




Le "tapis roulant" océanique
Chaleur libérée dans l'atmosphère
Atlantic Ocean
Indian Ocean
Pacific Ocean
Courant chaud de surface
Courant froid profond et salé
Chaleur libérée dans l'atmosphère



Adpated from [Hansen et al., 2004]

Origine de l’eau nord-atlantique profonde

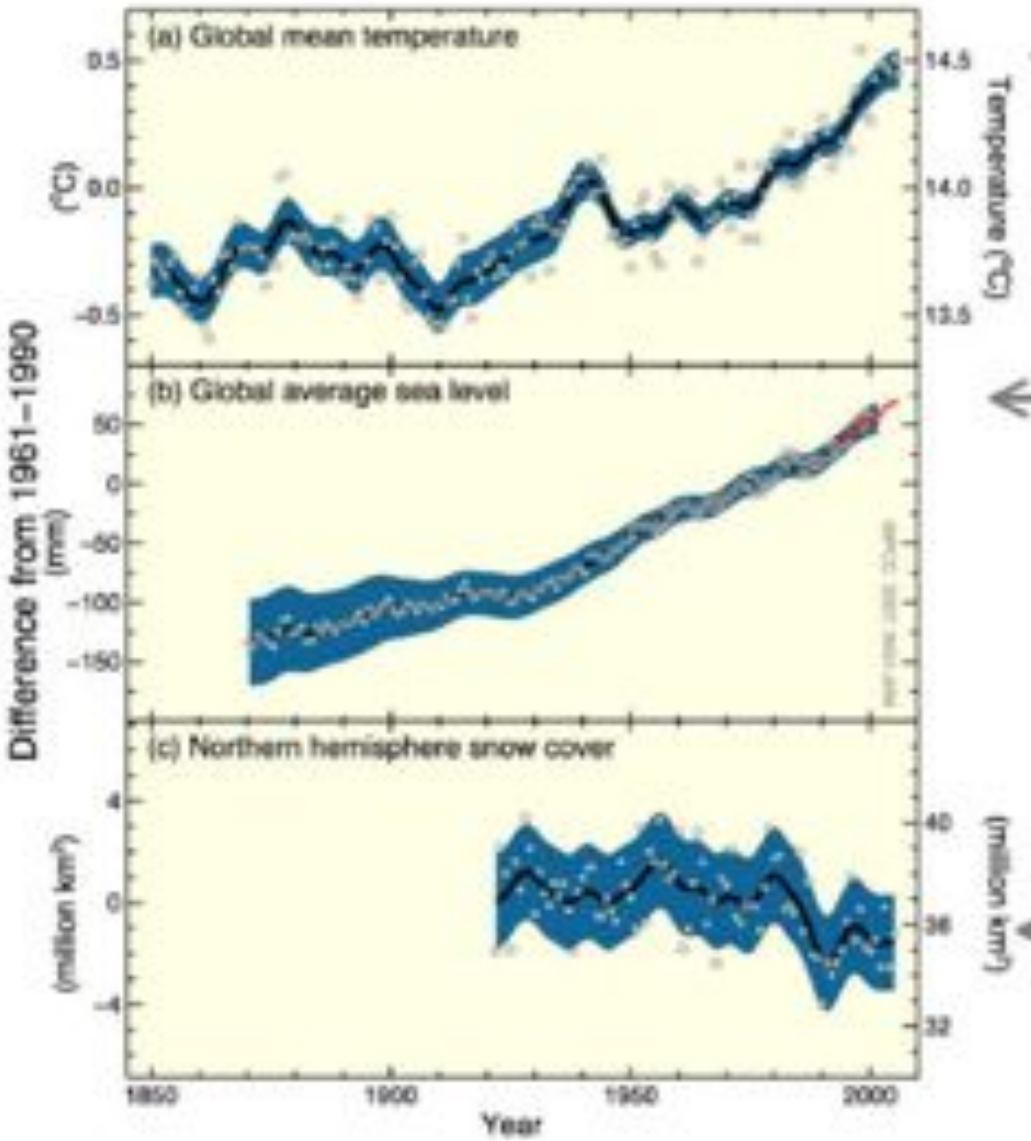
Liens entre circulation océanique et climat

Circulation thermohaline active

Circulation thermohaline ralentie

Fonte de la calotte du Groenland

Evolution depuis la révolution industrielle



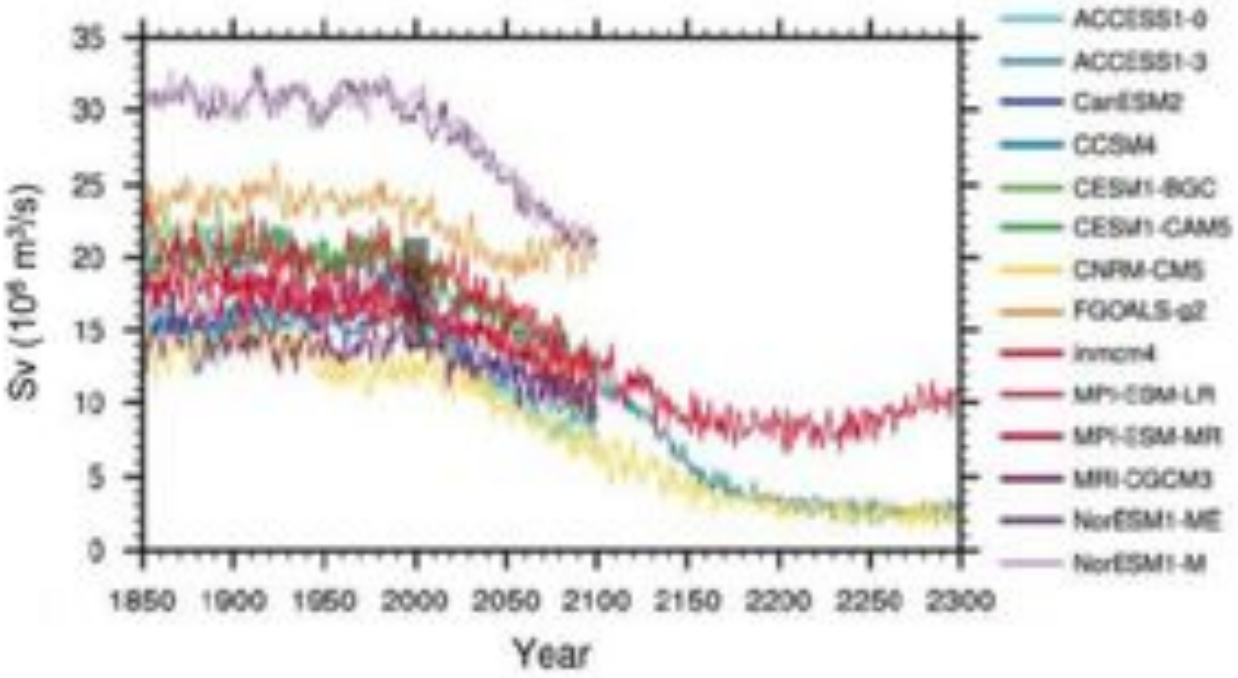
Température globale moyenne

Niveau des mers global moyen

Couverture neigeuse de l'hémisphère nord

Source: 4ème rapport du GIEC (2007)

Résultats de différents modèles couplés océan-atmosphère



Source: 5ème rapport du GIEC (2013)
Scénario RCP8.5

Conclusions

- Les données paléoclimatiques montrent que le climat a varié dans le passé (en réponse à des variations de l'insolation mais aussi en raison d'une variabilité interne du système climatique);
- Ces variations peuvent être de grande amplitude et très rapides;
- Les changements climatiques ont un impact sur la circulation océanique, qui à son tour, a un impact sur les conditions climatiques => existence de rétroactions qui expliquent l'ampleur et la rapidité des variations internes du système climatique;
- Notre capacité à prévoir l'évolution climatique future est conditionnée par notre capacité à comprendre et quantifier la variabilité climatique naturelle.