

## T2-B Les climats de la Terre



# T1 Science, climat et société

## Avertissements :

1- Le présent document est destiné aux élèves de terminale du lycée J H FABRE; il peut être diffusé librement.

2- certains éléments peuvent ne pas être libres de droits, l'auteur n'est pas responsable de l'usage qui peut en être fait

3- [...  
P. Mueller et D. Oppenheimer ont évalué les deux groupes de participants une semaine après le cours. Là encore, ceux qui avaient pris des notes à la main ont obtenu les meilleures performances. Ces notes, qui incluent les propres mots et l'écriture des étudiants, semblent rappeler plus efficacement les souvenirs, en recréant aussi bien le contexte (les processus de pensée, les émotions, les conclusions) que le contenu (notamment les données factuelles) de la session d'apprentissage.

Ces résultats ont des implications importantes pour les étudiants qui se fondent sur du contenu mis en ligne par les enseignants. Quand ils ne prennent aucune note, ils n'organisent pas les informations et ne les synthétisent pas dans leurs propres mots. Ainsi, ils ne s'engagent pas dans le travail mental qui favorise l'apprentissage.

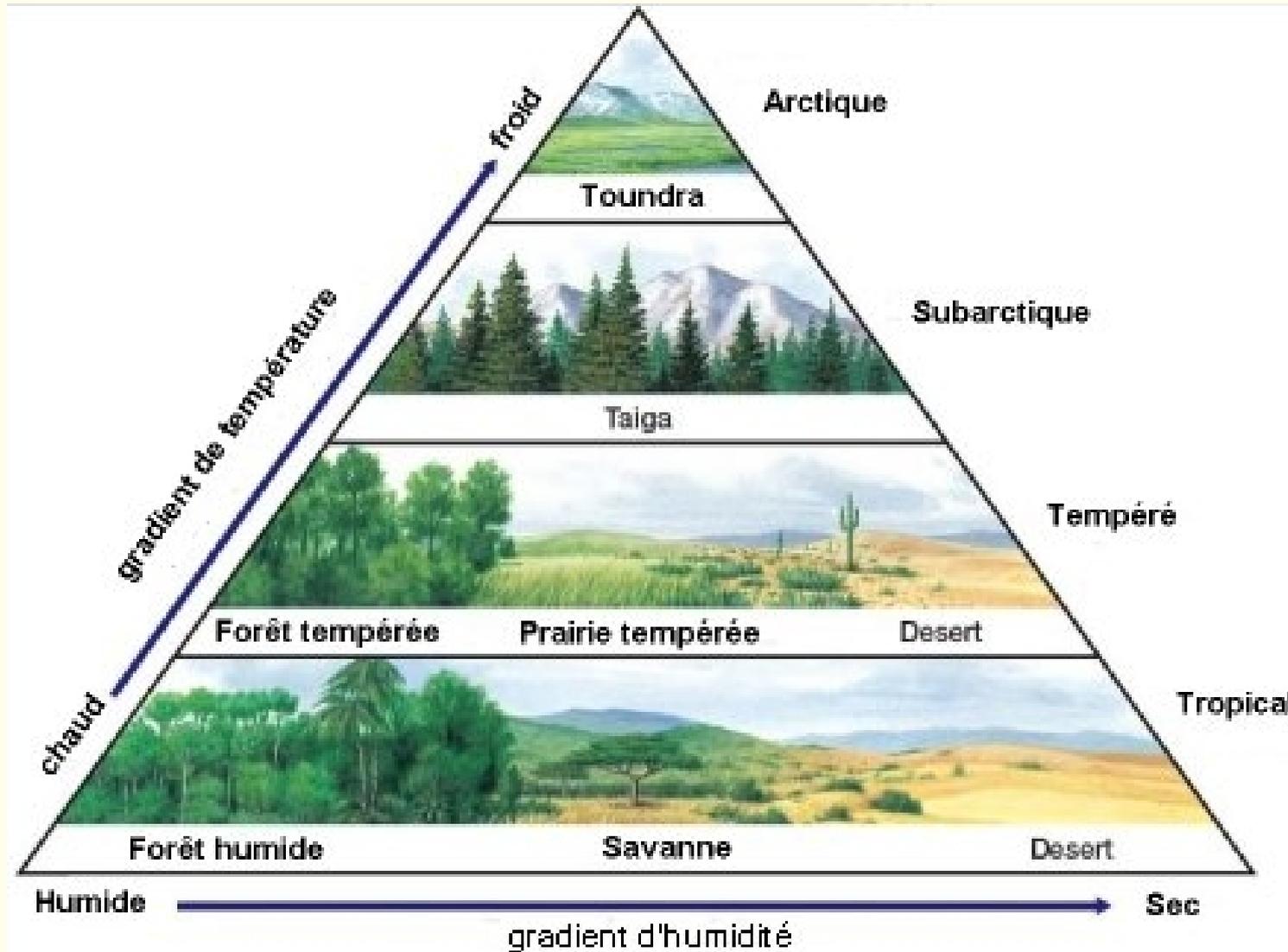
...]

Pam Mueller, de l'Université de Princeton, et Daniel Oppenheimer, de l'Université de Californie à Los Angeles, 2014

4- Un cours de TS ça se mérite! (anonymes 2012)

# T2-B Les climats de la Terre

Introduction : Les paramètres descriptifs d'un climat (cf Ens. Sci.)

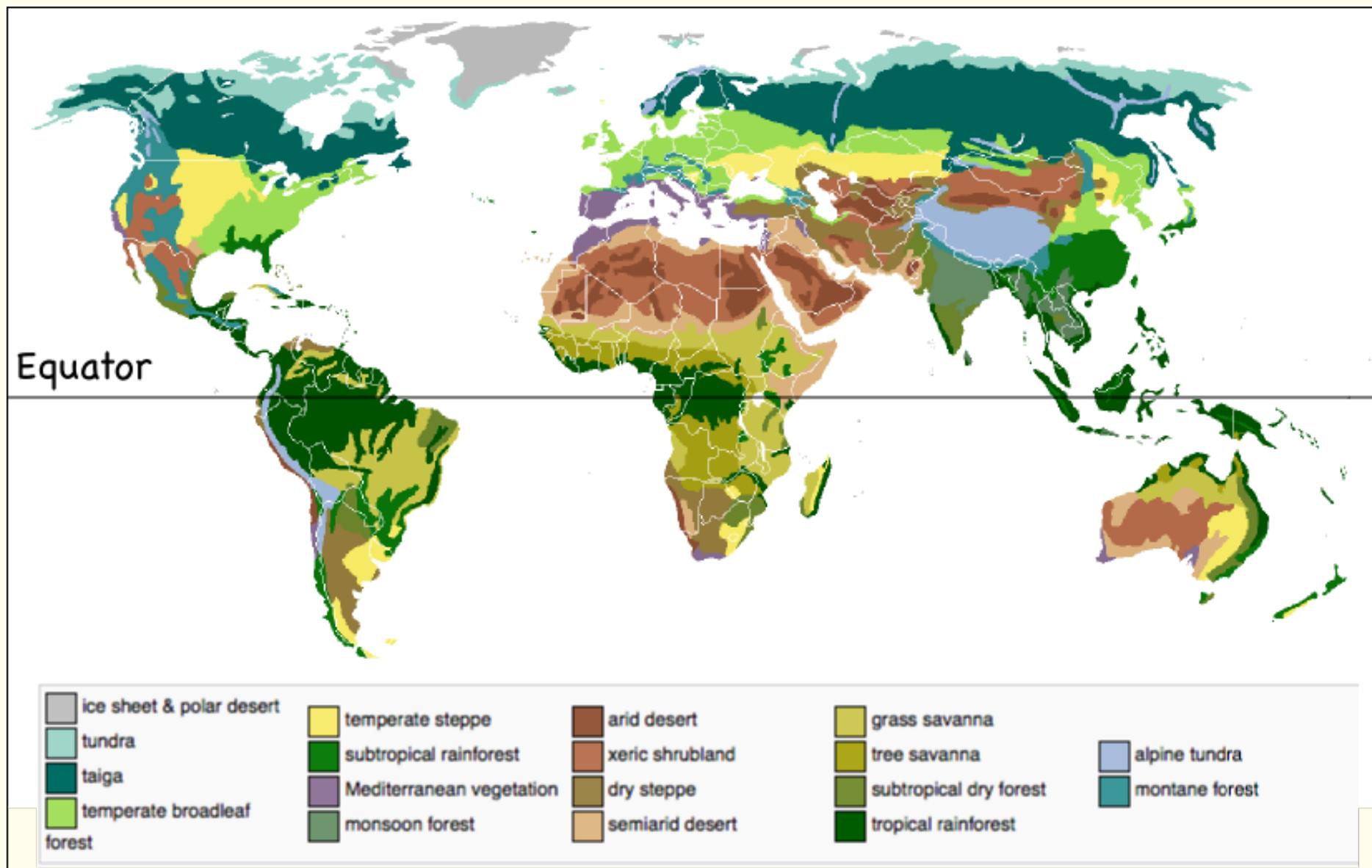


ENS-Lyon

**La température est un paramètre indicateur important dans la modélisation du climat**

# T2.2 Les climats de la Terre

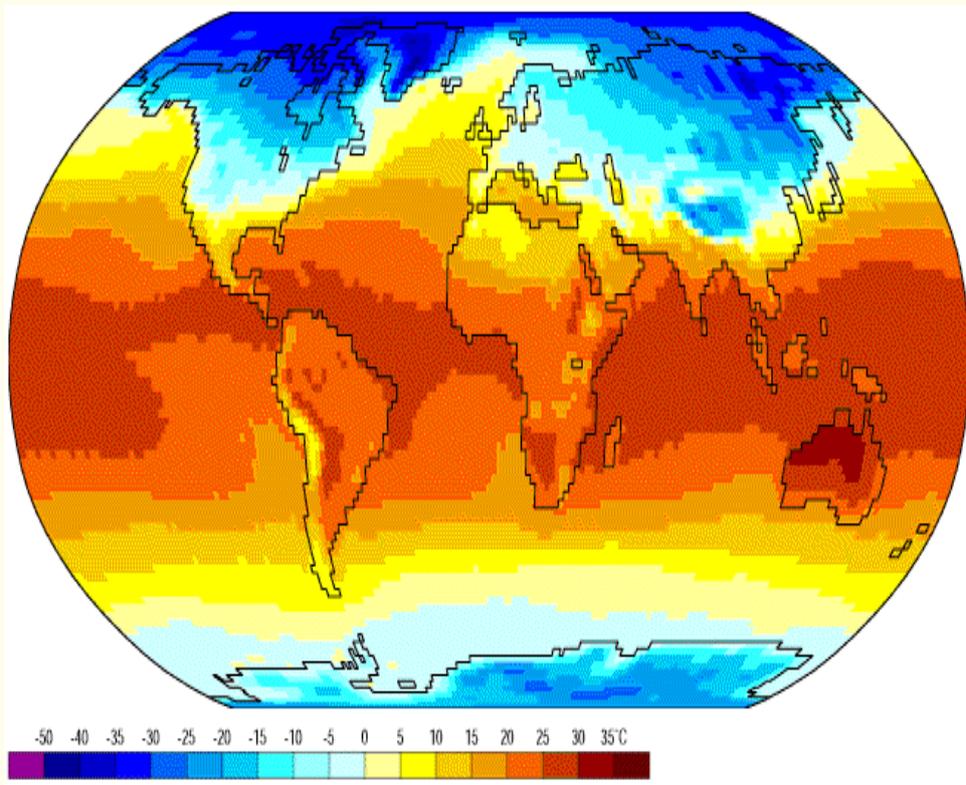
## Introduction : Effet de la rotondité de la planète



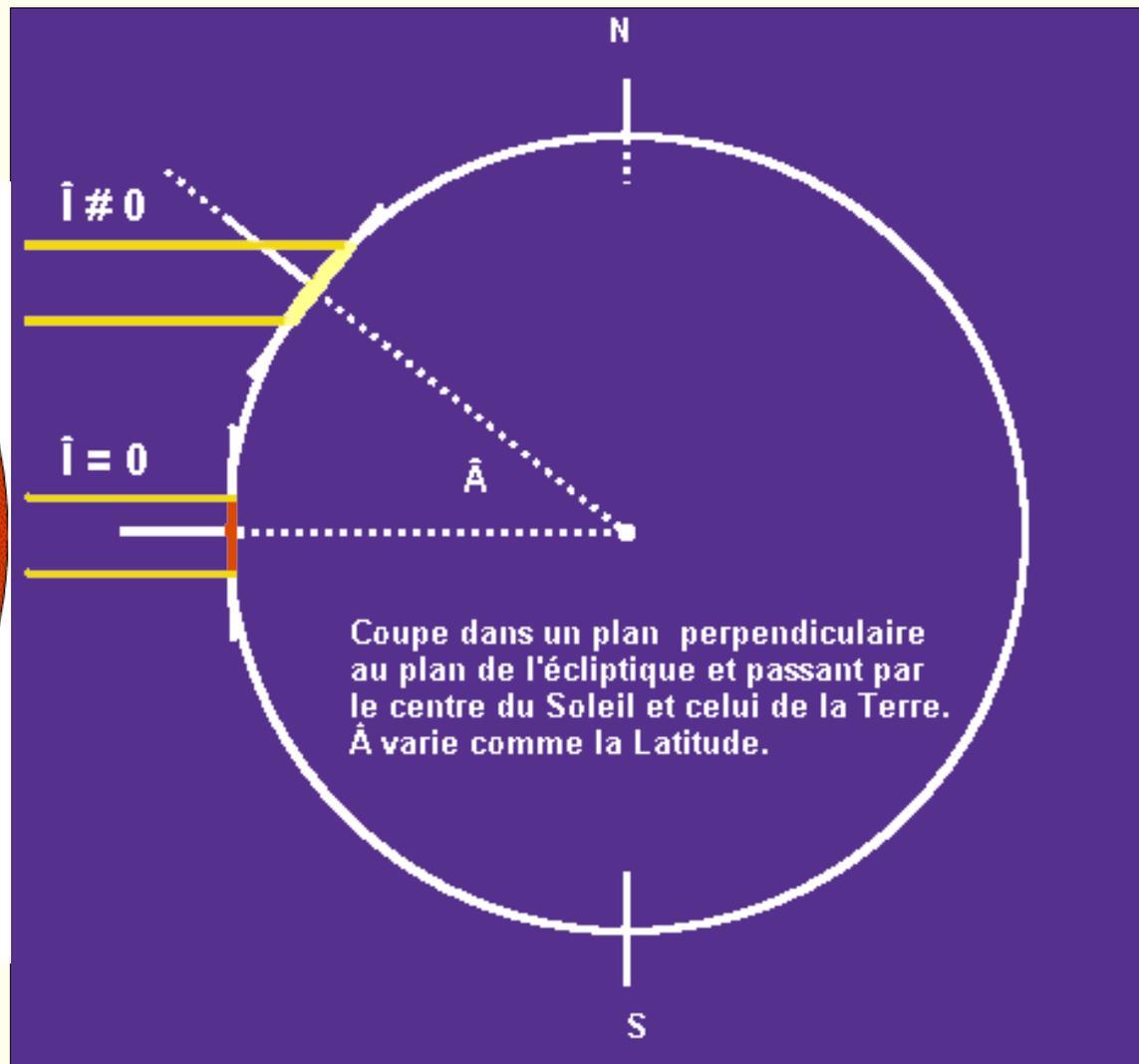
**L'énergie solaire est inégalement répartie à la surface de la Terre**

# T2.2 Les climats de la Terre

## Introduction : Effet de la rotondité de la planète



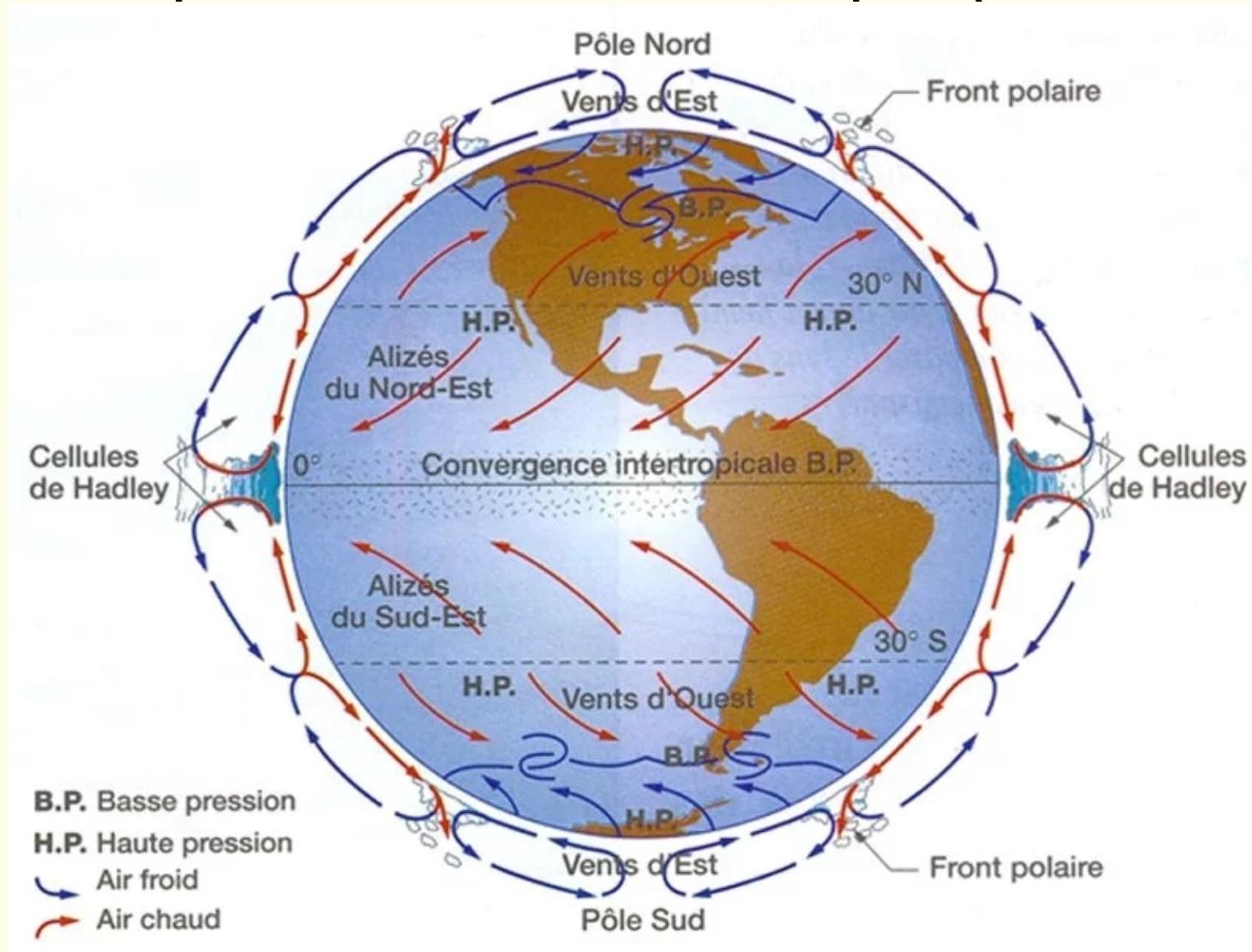
Température au niveau du sol



**L'énergie solaire est inégalement répartie à la surface de la Terre**

# T2.2 Les climats de la Terre

## Introduction : Importance de la circulation atmosphérique

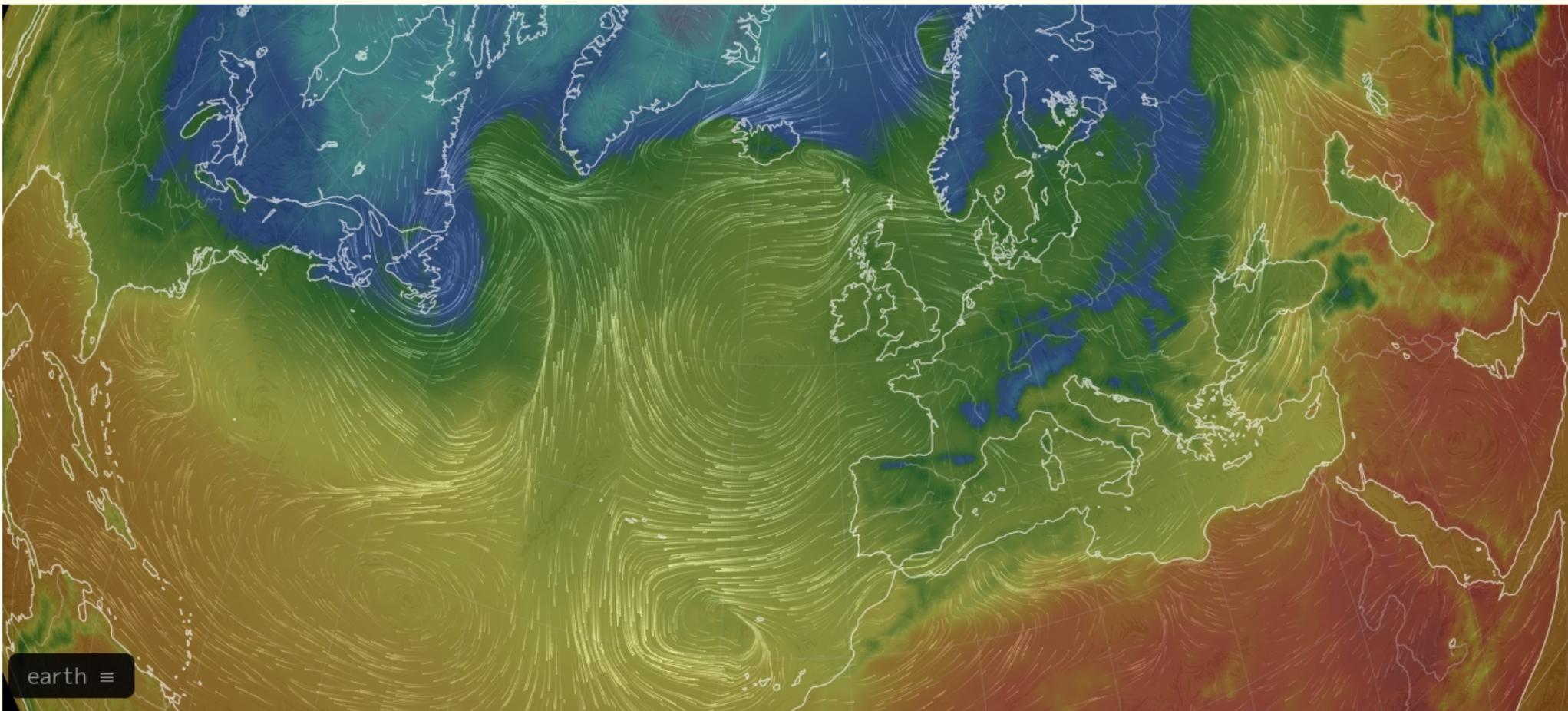


**La circulation atmosphérique transfère de l'énergie vers les hautes latitudes**

## T2.2 Les climats de la Terre

### Introduction : Importance de la circulation atmosphérique

Carte des vents en temps réel → [Earth](#)



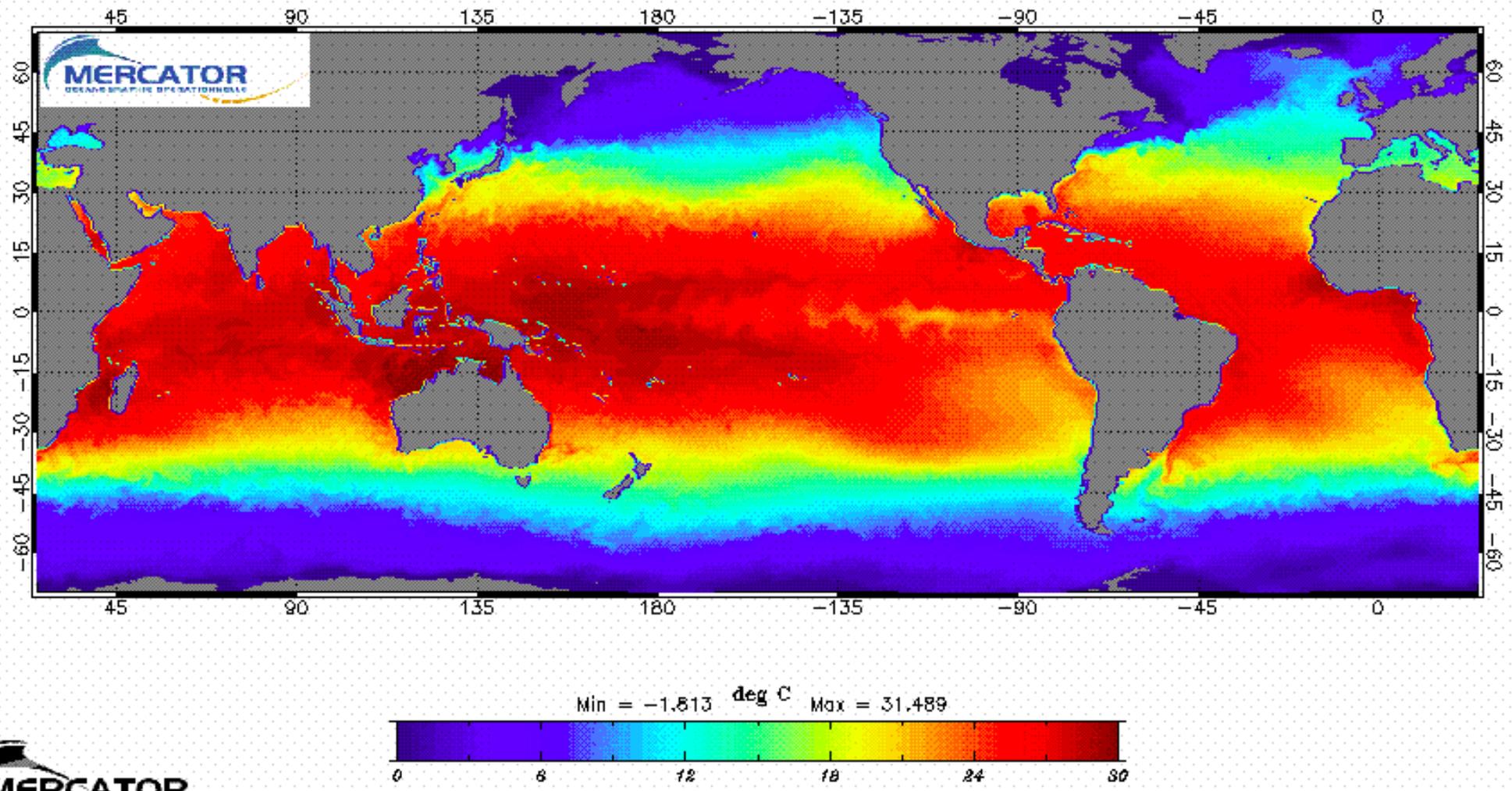
Situation le 3 Avril 2022

**La circulation atmosphérique transfère de l'énergie vers les hautes latitudes**

# T2.2 Les climats de la Terre

## Introduction : Importance de la circulation océanique

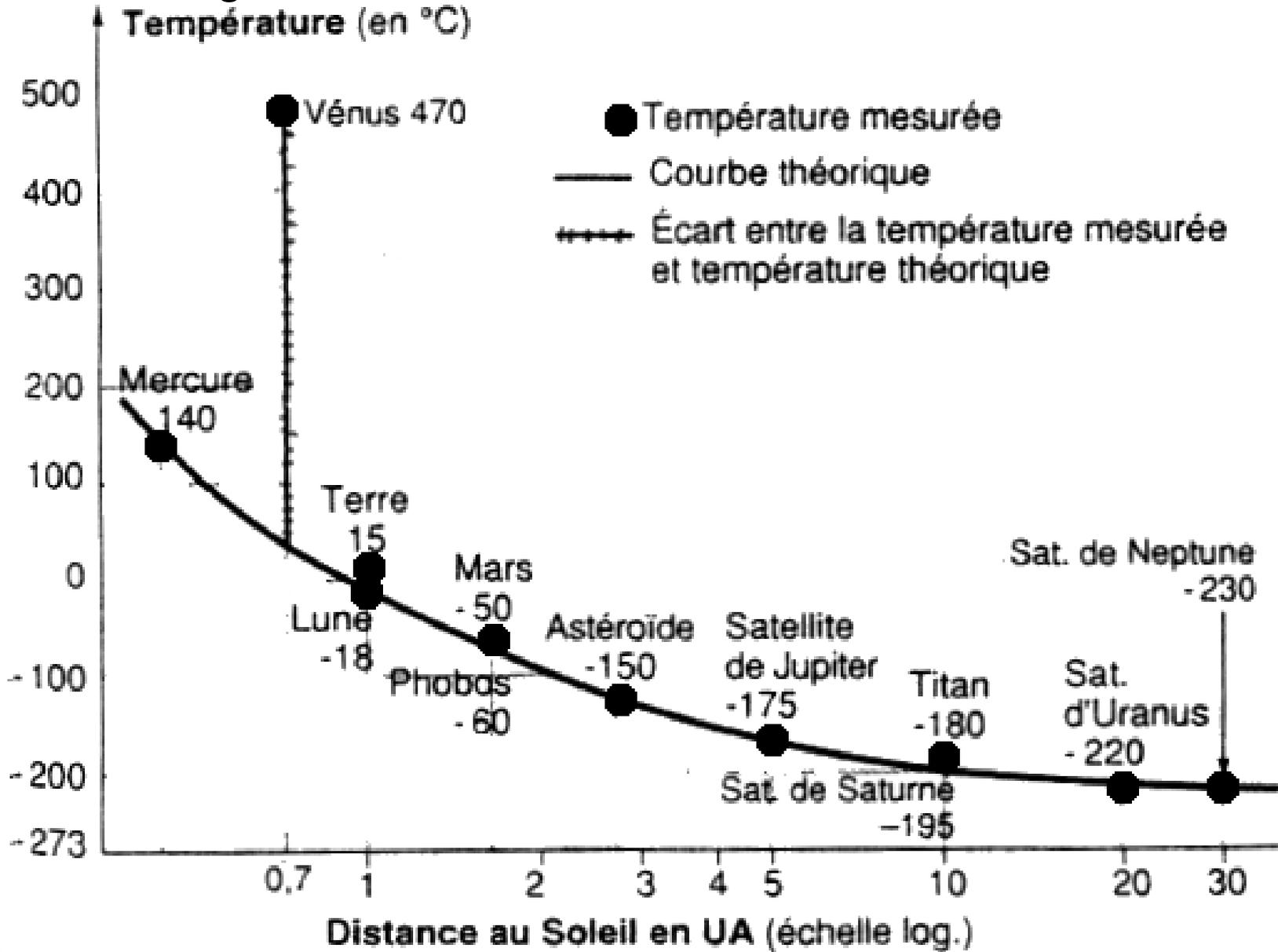
*Temperature de surface : SST 19970108.nc*



**La circulation océanique transfère de l'énergie vers les hautes latitudes**

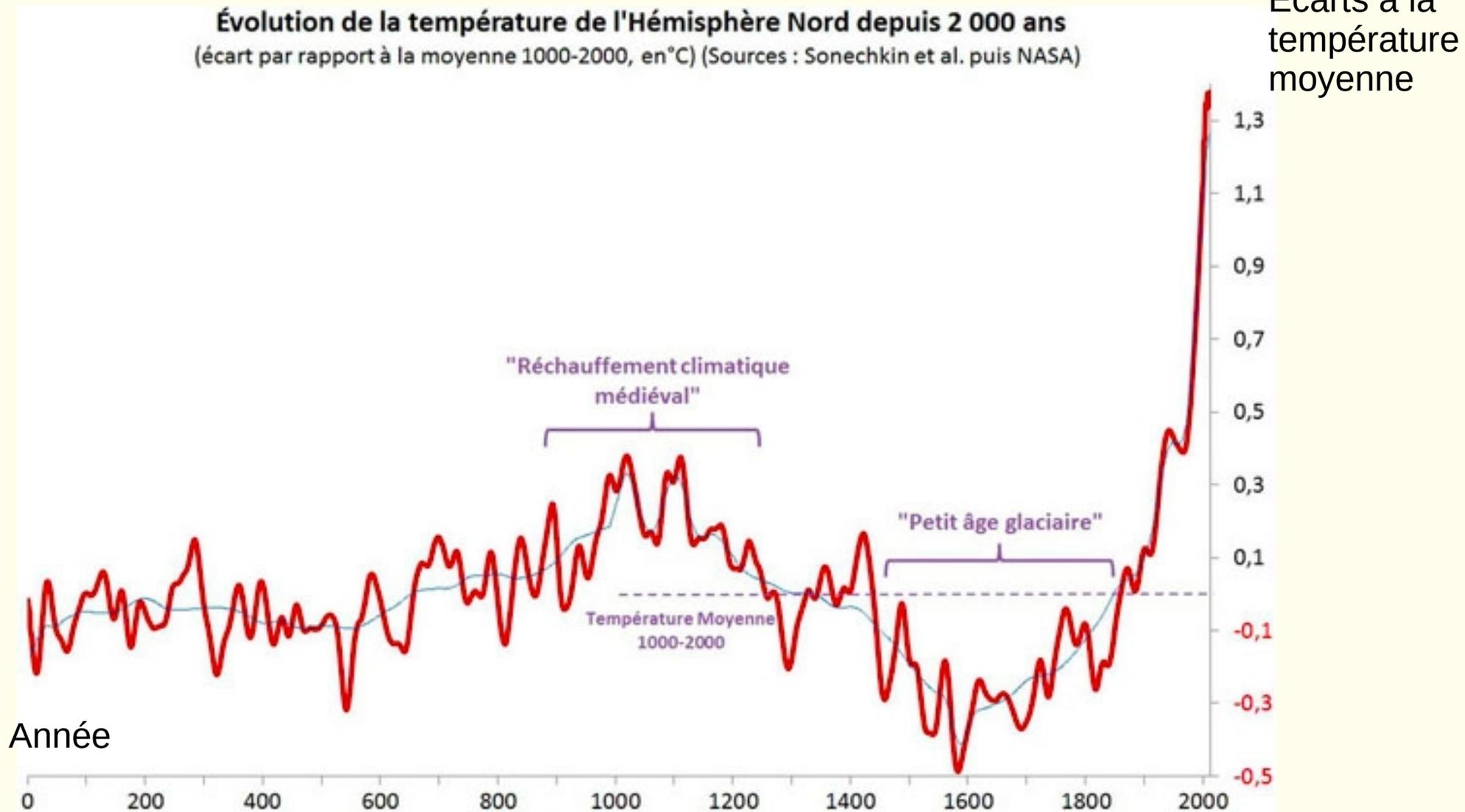
# T2.2 Les climats de la Terre

## Introduction : Les gaz à effet de serre



L'effet de serre (pré-industriel) contribue à l'existence d'un climat tempéré

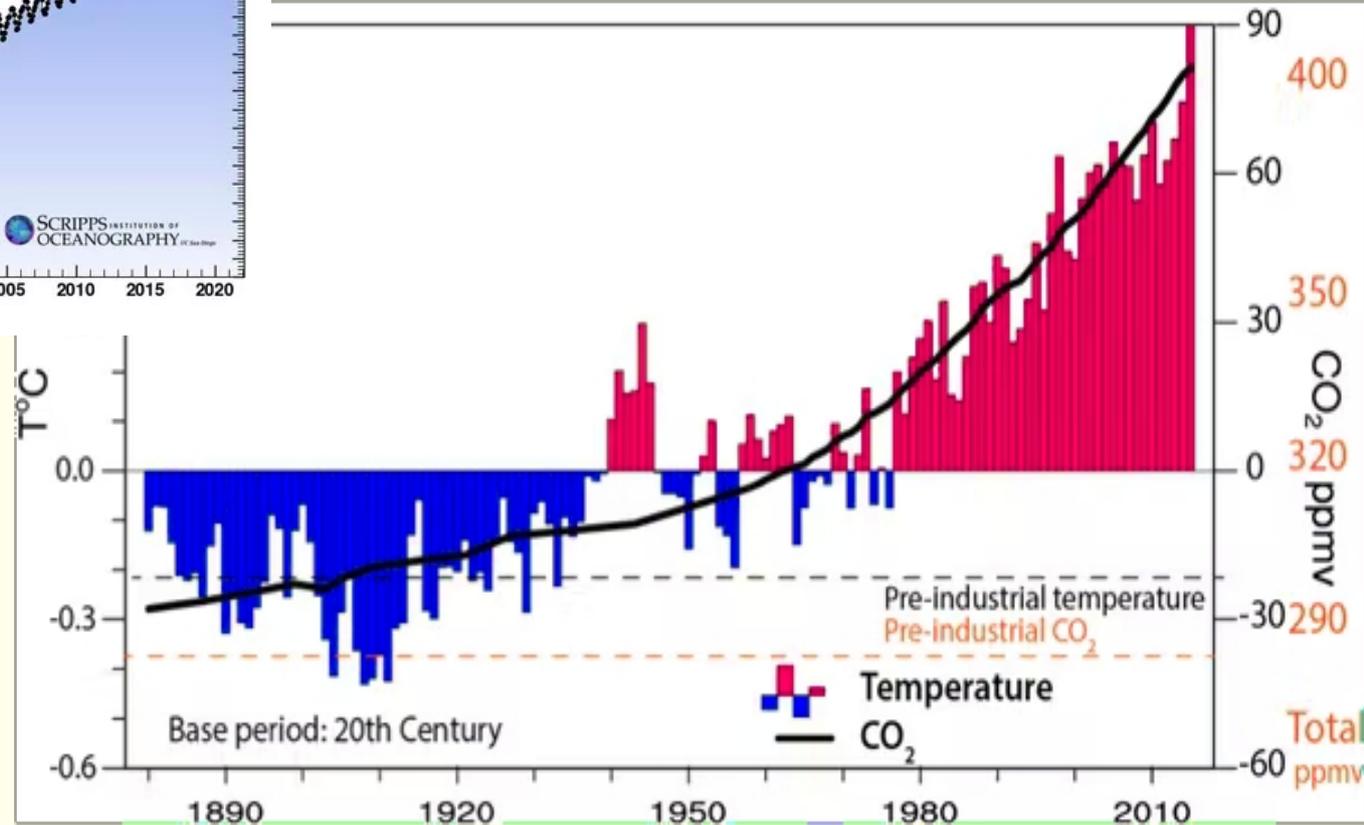
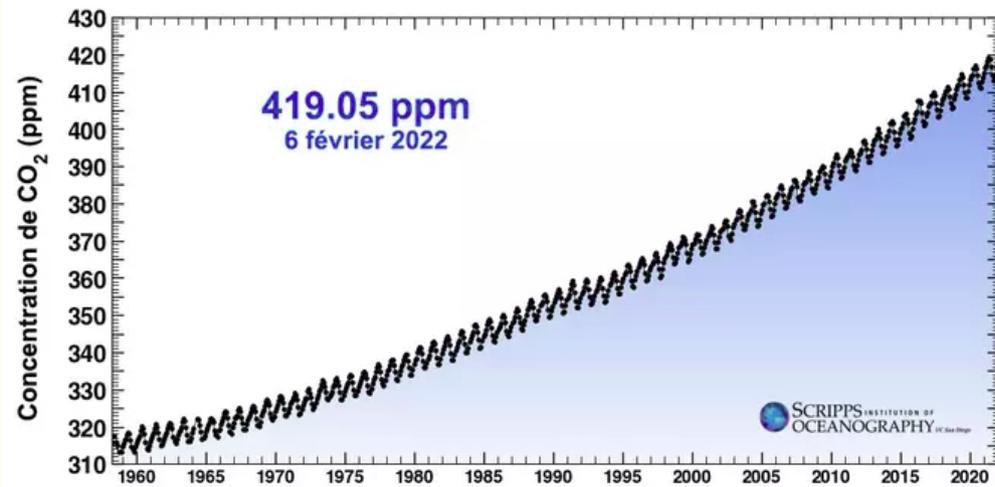
## T2-B Les climats de la Terre



**D'environ 1°C en 150 ans, le réchauffement climatique observé au début du XXIe siècle est corrélé à la perturbation du cycle biogéochimique du carbone par l'émission de gaz à effet de serre liée aux activités humaines.**

# T2-B Les climats de la Terre

Concentration du dioxyde de carbone à l'Observatoire de Mauna Loa, HI.



**D'environ 1°C en 150 ans, le réchauffement climatique observé au début du XXIe siècle est corrélé à la perturbation du cycle biogéochimique du carbone par l'émission de gaz à effet de serre liée aux activités humaines.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

Données préhistoriques



Grotte Cosquer -29 à -18 Ka AP



Grand pingouin



# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

### Données géologiques

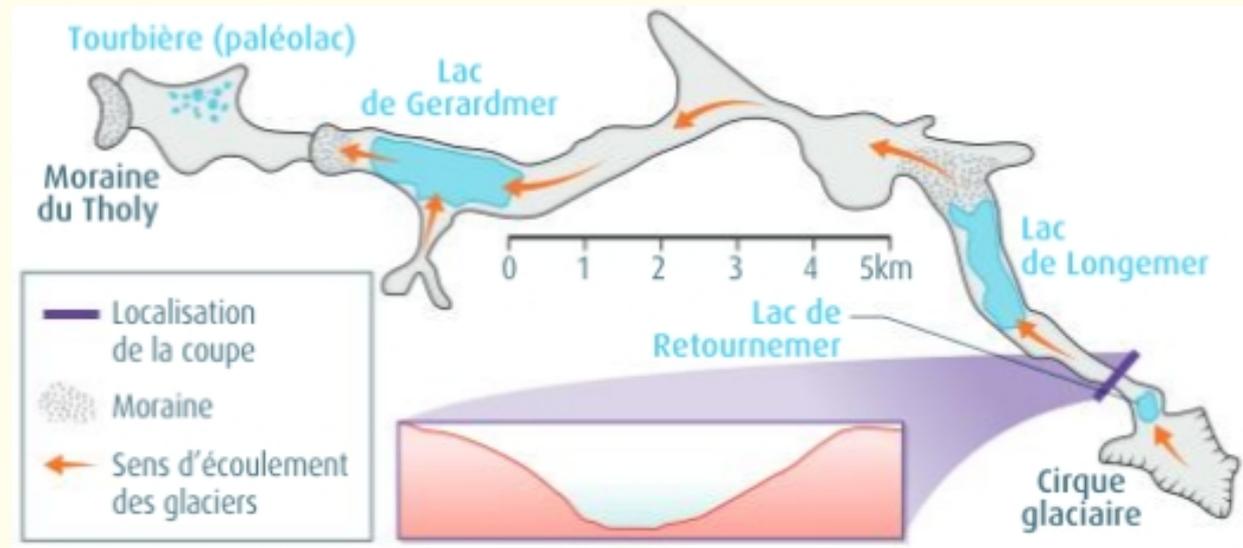
+ Livre p 298



Le gros cailloux de la croix rousse (Lyon)  
Ce gros caillou est constitué de quartzite triasique métamorphique.

Les affleurements les plus proches de ce type de terrains sont situés en Haute Maurienne ou en Haute Tarentaise, à plus de 175 km de Lyon.

Ce bloc erratique a donc été déplacé par les glaciers du Riss d'au moins 175 km.

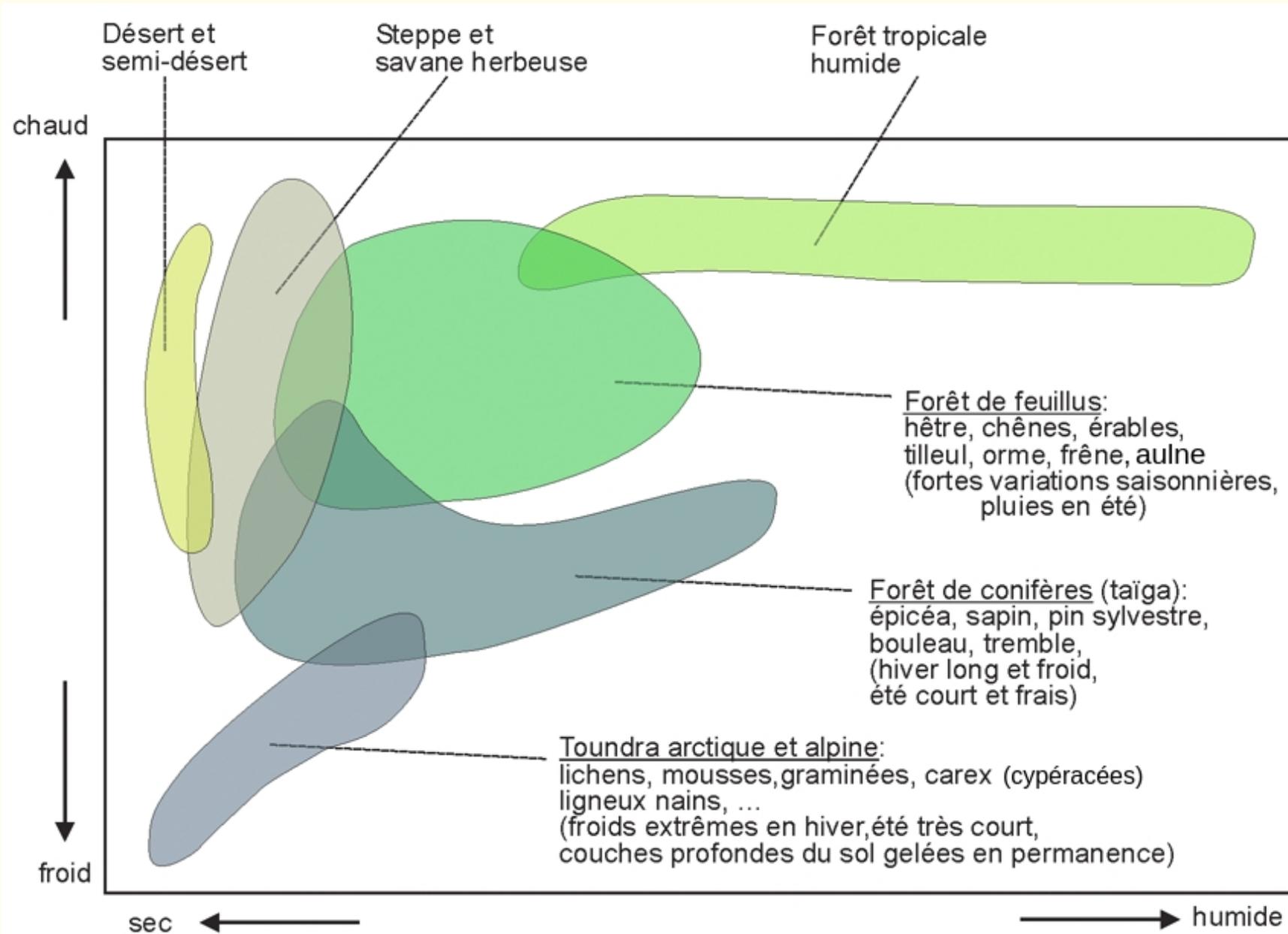


# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

### Données paléo-écologiques

Les tourbières: superposition et actualisme

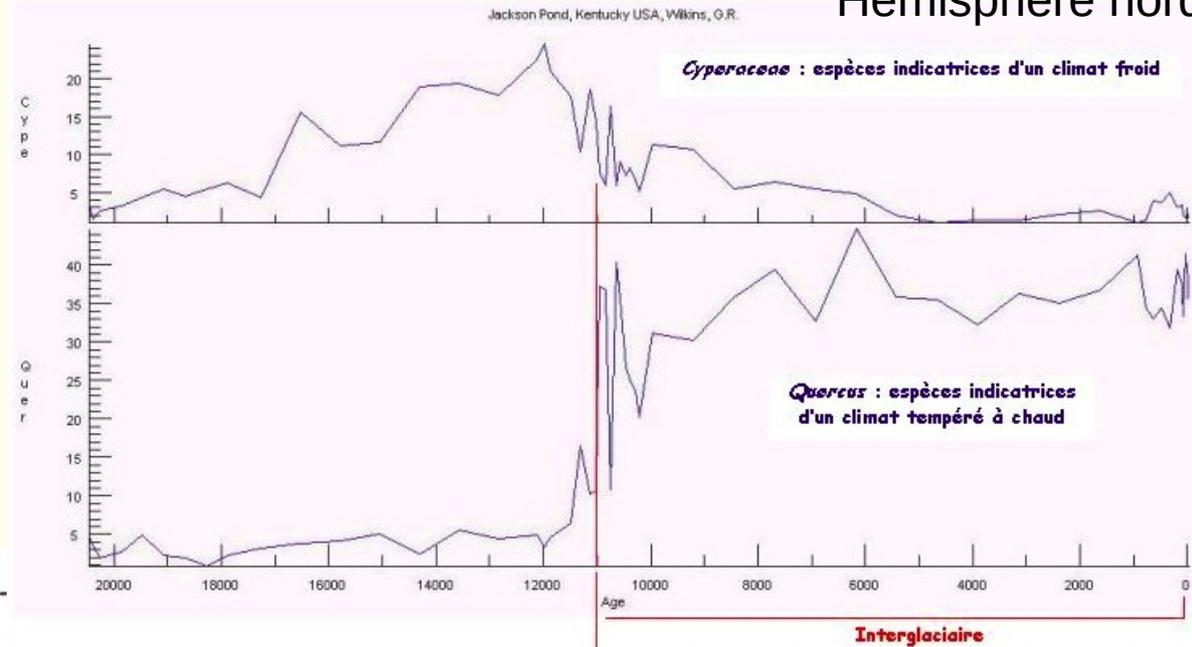


# T2-B Les climats de la Terre

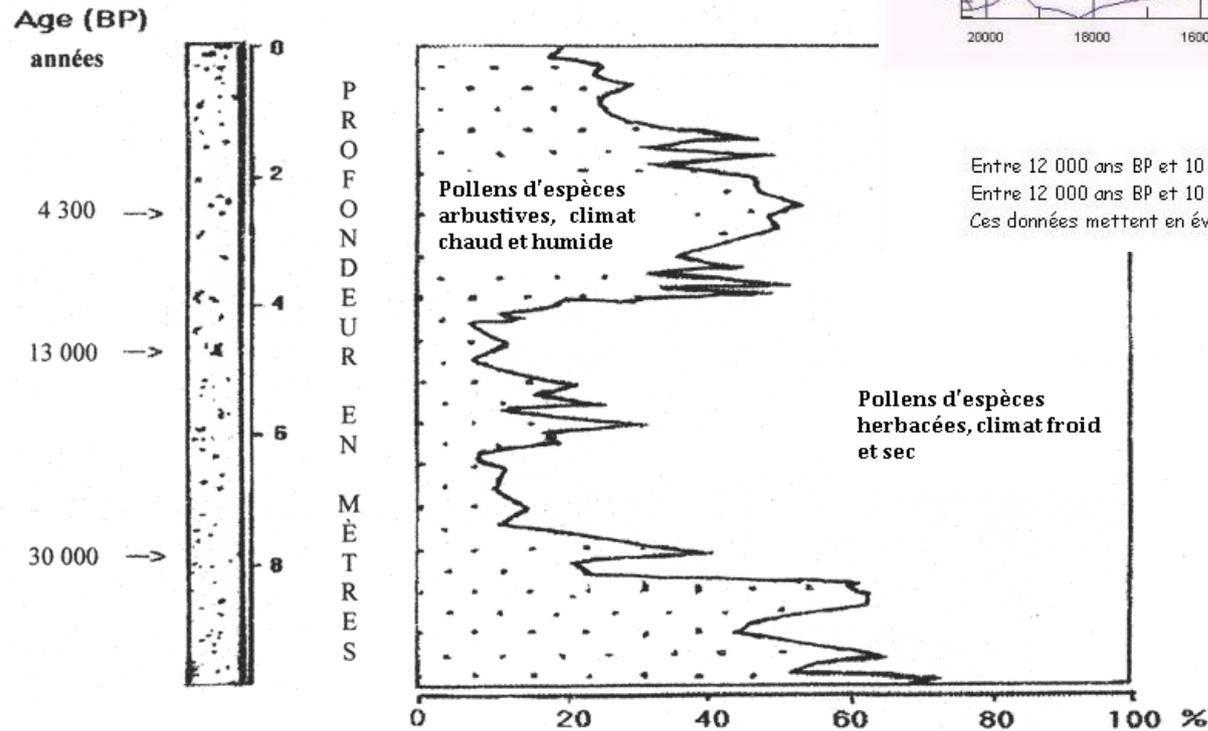
## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

### Données paléo-écologiques

Hémisphère nord



Hémisphère sud



Entre 12 000 ans BP et 10 000 ans BP le taux de pollens de *Cyperaceae* passe d'environ 20 % à 5 %  
Entre 12 000 ans BP et 10 000 ans BP le taux de pollens de *Quercus* passe d'environ 5 % à plus de 35 %  
Ces données mettent en évidence la période de réchauffement (= inter-glaciaire) commencée vers 11 000 ans BP

Diagramme pollinique simplifié. Synthèse représentative de la fréquence des pollens de l'hémisphère sud au cours du temps.

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du **quaternaire**

À l'échelle du Quaternaire, des données ;

préhistoriques,

géologiques et

paléo-écologiques

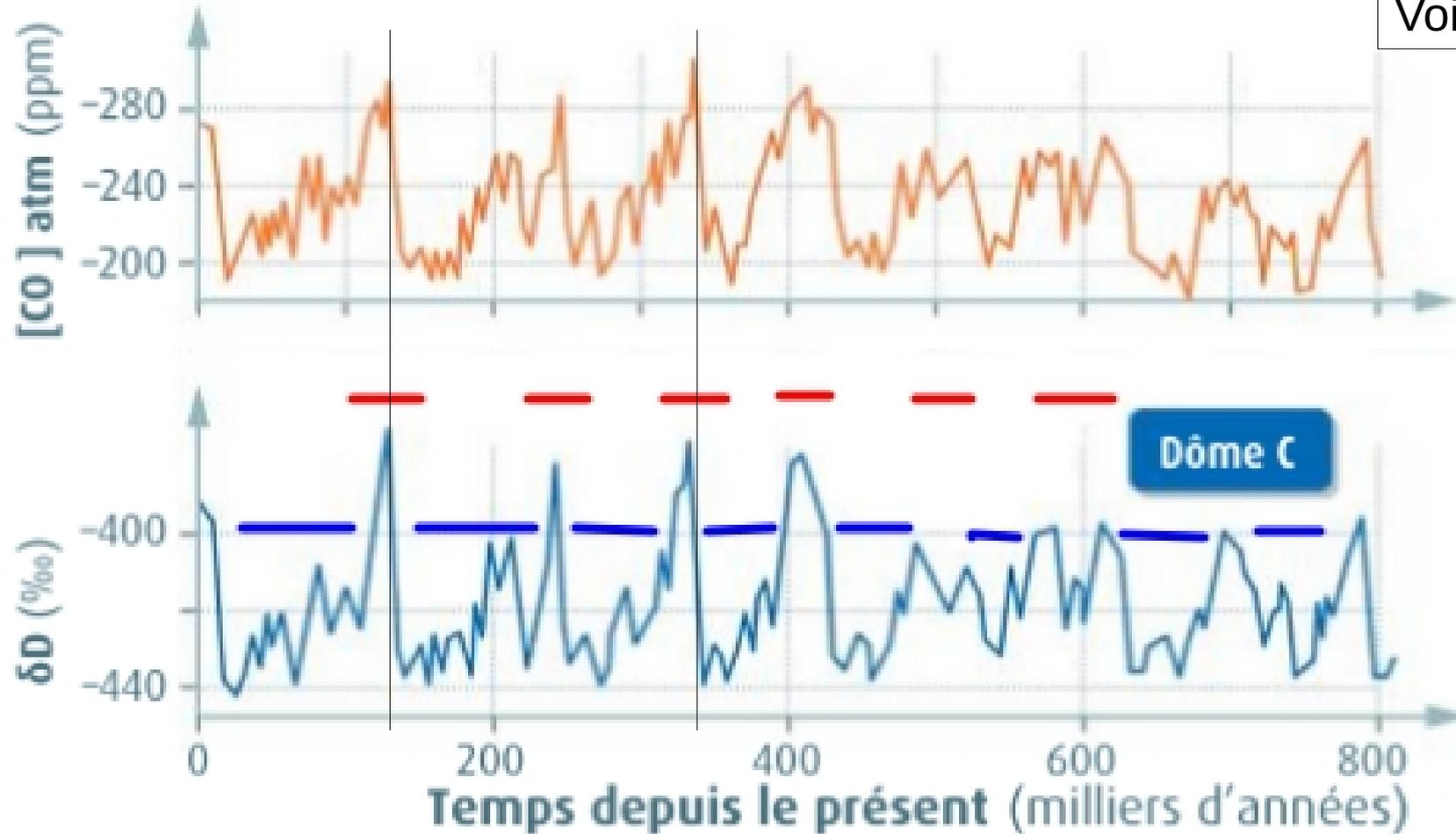
témoignent de l'existence d'une glaciation entre -120 000 et -11 000 ans.

**Glaciation = période de temps où la baisse planétaire des températures conduit à une vaste extension des calottes glaciaires.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

Doc 2 & 6 p 299  
Voir TD

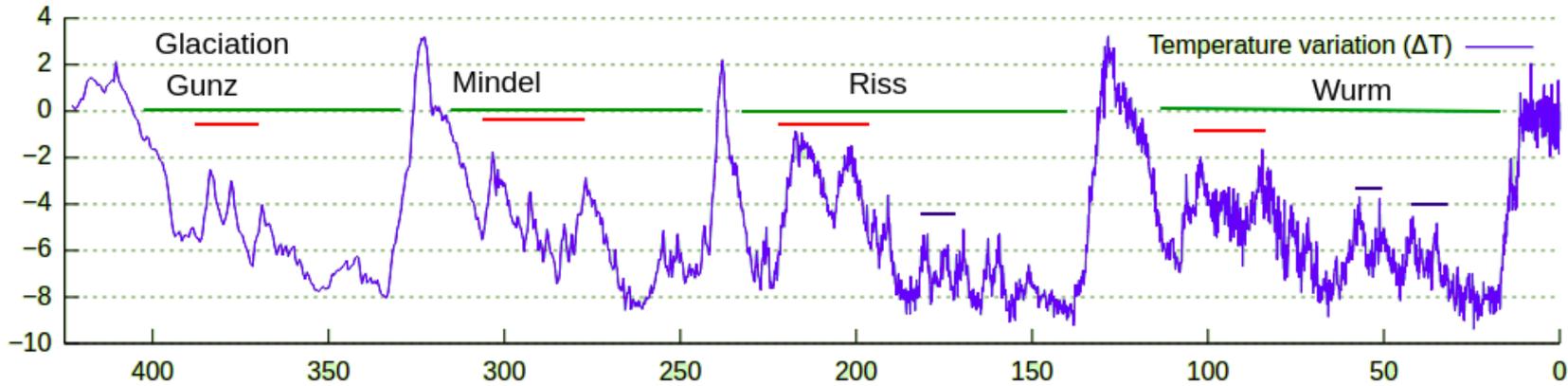


L'augmentation de CO<sub>2</sub> précède (de peu) le réchauffement.

- Les témoignages glaciaires (moraines),
- la mesure de rapports isotopiques de l'oxygène (et du deutérium) dans les carottes polaires antarctiques et les sédiments montrent une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires durant les derniers 800 000 ans.

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire



Glaciations périodiques  
Durée approx 100 Ka  
Variation ordre 2 25 Ka  
Variation ordre 3 12 Ka  
Phénomène planétaire  
cyclique => Phénomènes  
astronomiques

age en Ka



Évolution des températures et  
du CO2 pendant les  
450 000 dernières années  
(Vostok dans l'Antarctique)

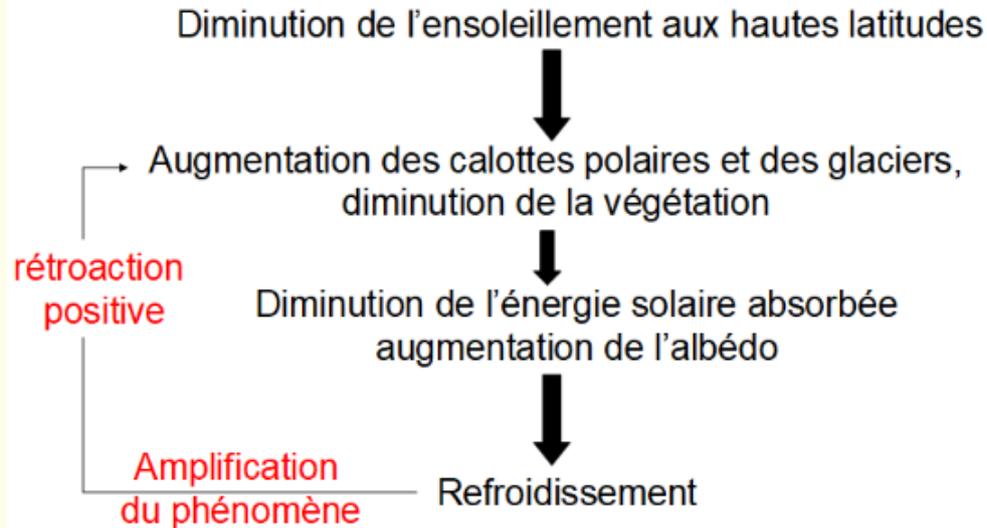
+ doc 3 p 301  
Voir TD

**Les rapports isotopiques montrent des variations cycliques coïncidant avec des variations périodiques des paramètres orbitaux de la Terre.**

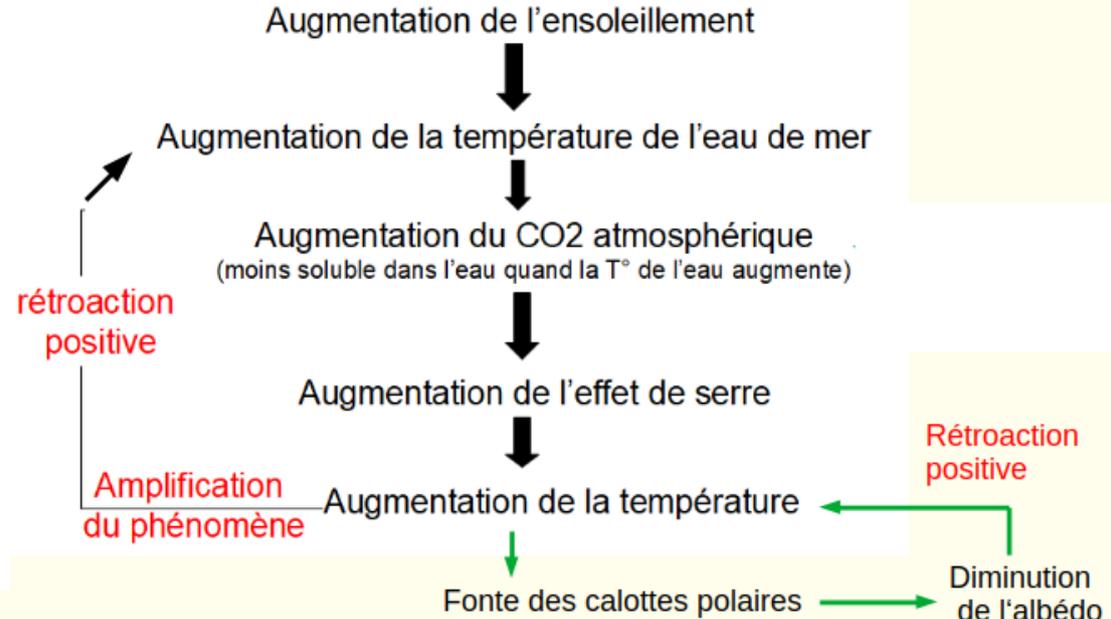
# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B1 Les variations climatiques du quaternaire

### L'amplification des phénomènes astronomiques



### L'amplification des phénomènes astronomiques



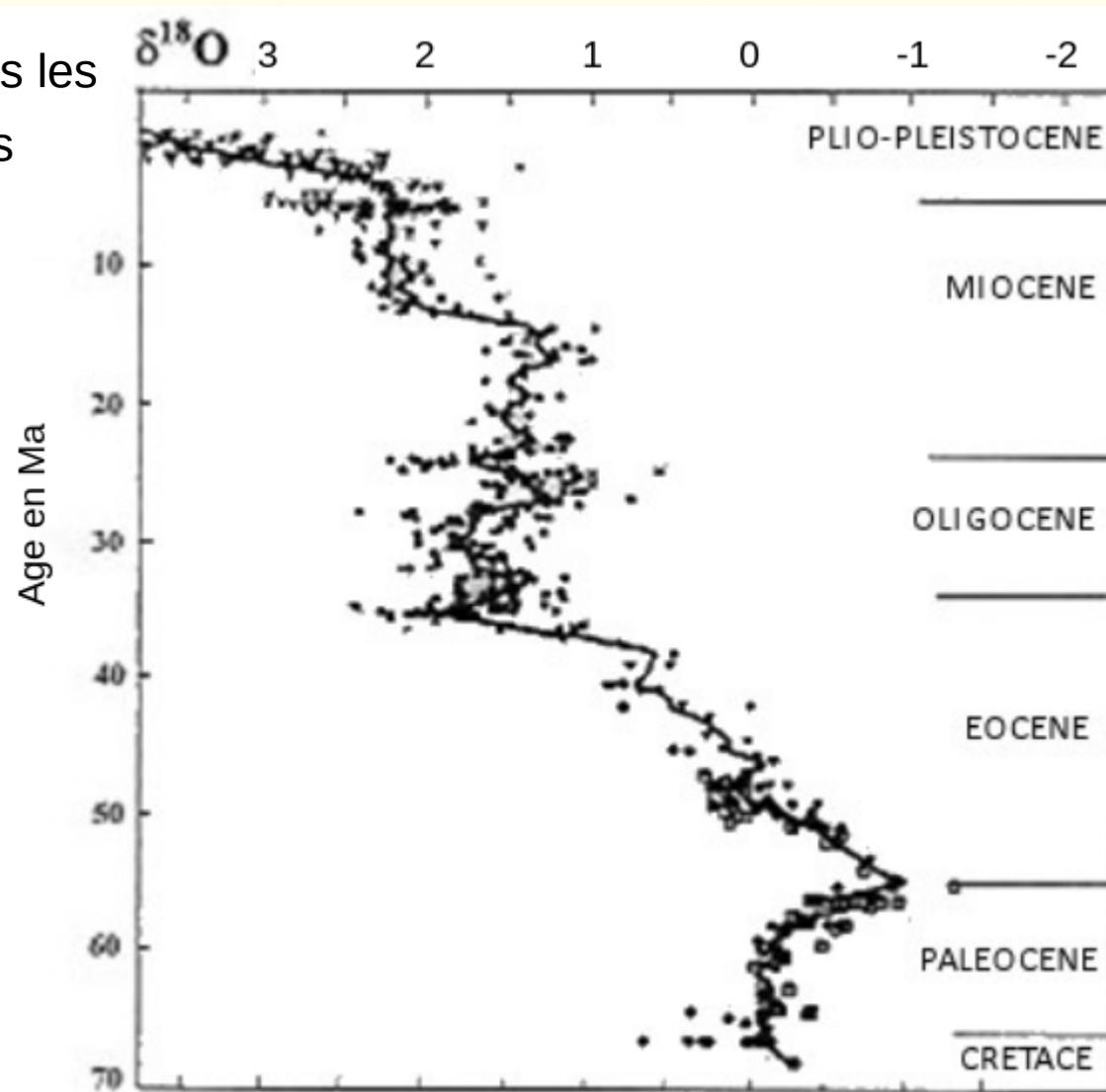
**Variations périodiques des paramètres orbitaux de la Terre => puissance solaire reçue variable + boucles de rétroactions positives et négatives (albédo lié à l'asymétrie des masses continentales dans les deux hémisphères, solubilité océanique du CO<sub>2</sub>) ; Ces rétroactions sont à l'origine des entrées et des sorties de glaciation.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B2 Les variations climatiques du Cénozoïque (Tertiaire)

Voir TD

Mesures de  $\delta^{18}\text{O}$  dans les sédiments carbonatés

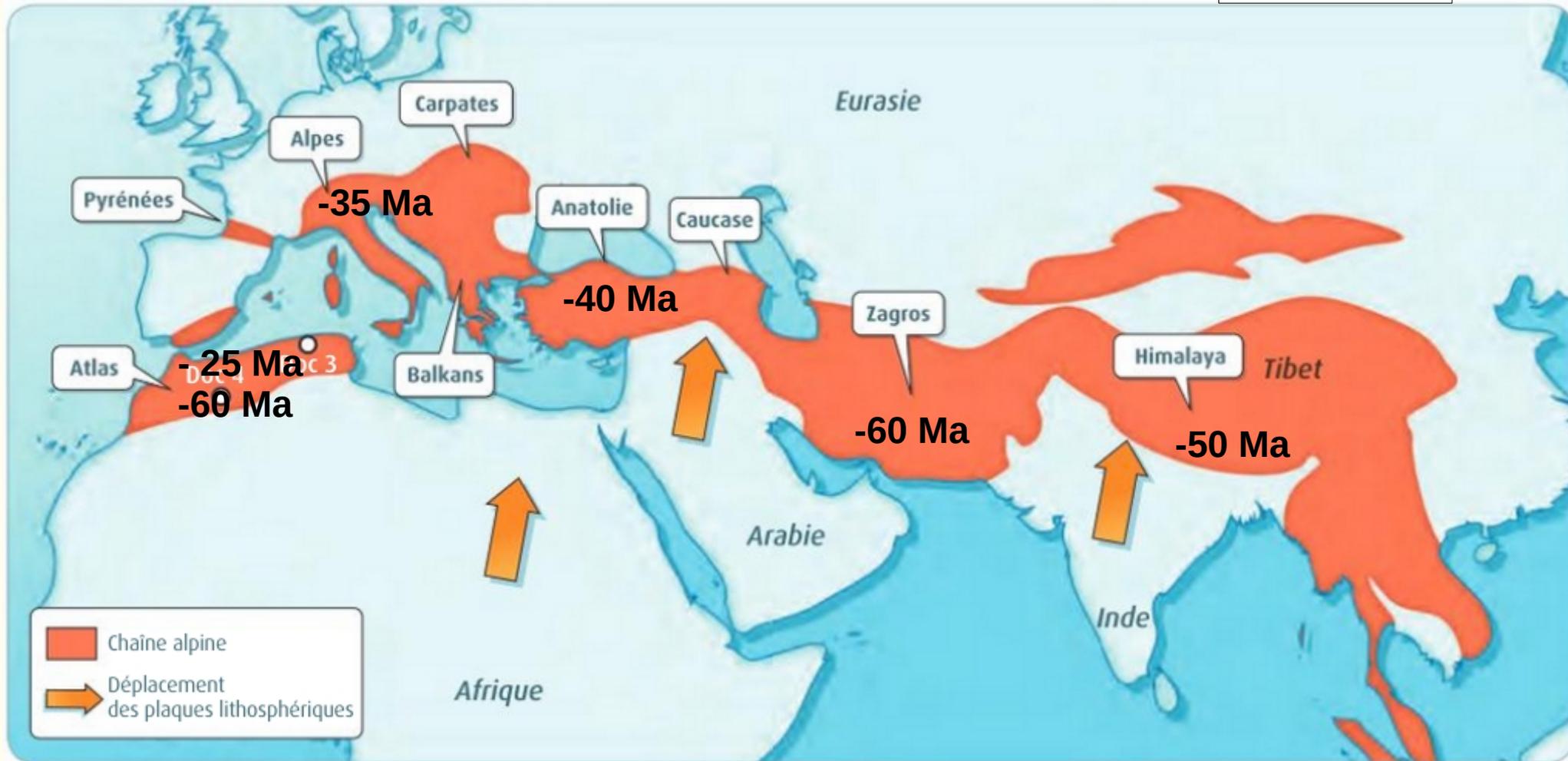


**Au cours du Cénozoïque, les indices géochimiques des sédiments marins montrent une tendance générale à la baisse de température moyenne du globe.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B2 Les variations climatiques du **Cénozoïque (Tertiaire)**

Doc 2 p 304

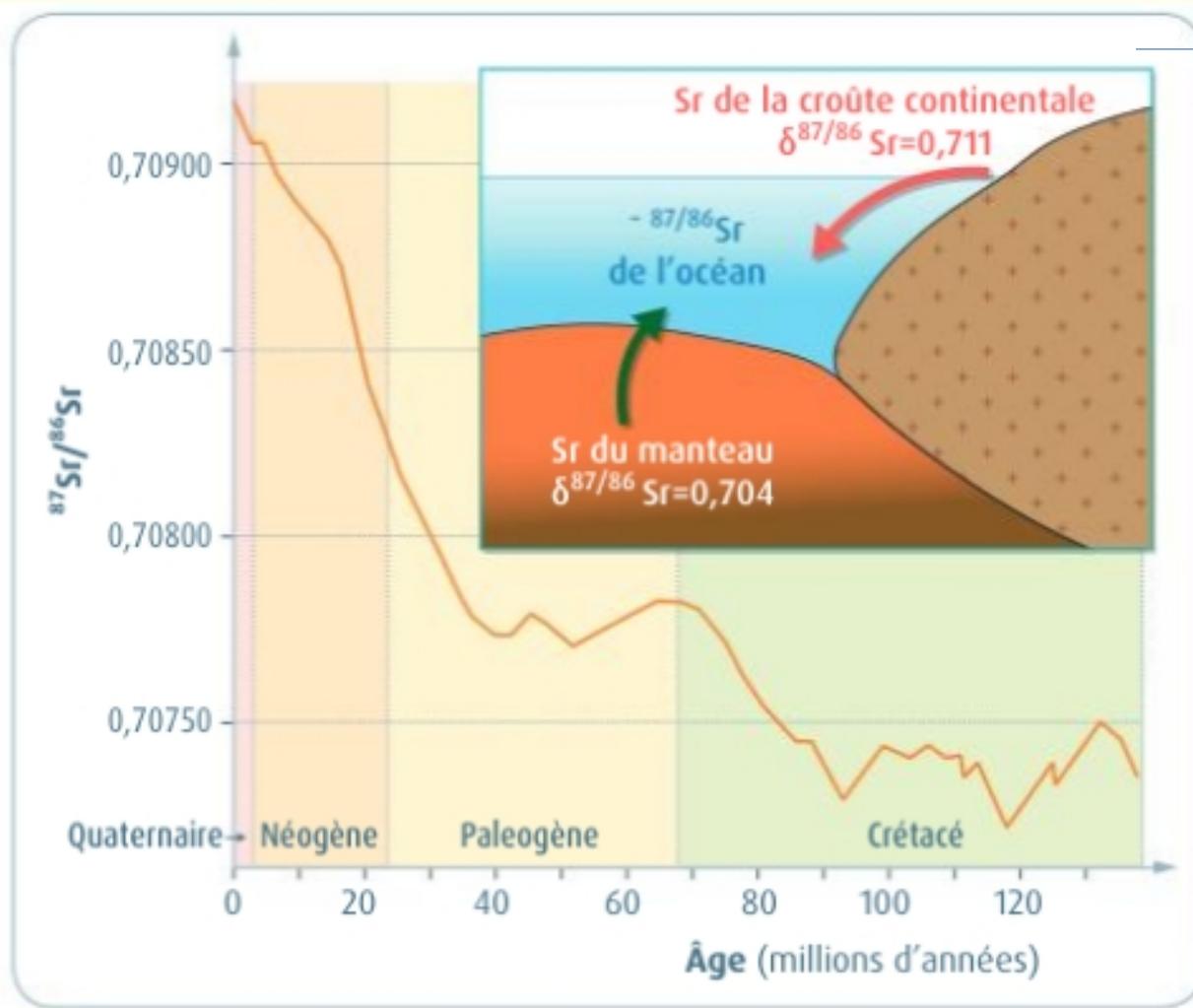


**Orogénèses du Tertiaire => altération des matériaux continentaux => baisse de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> => baisse de température moyenne du globe**

# T2-B Les climats de la Terre

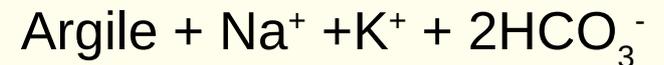
## T2-B2 Les variations climatiques du Cénozoïque (Tertiaire)

Doc 3 & 5 p 305



L'altération des minéraux des orogènes augmente au cours du cénozoïque.

L'altération des minéraux des orogènes réalise un transfert du  $\text{CO}_2$  atm vers l'hydrosphère:

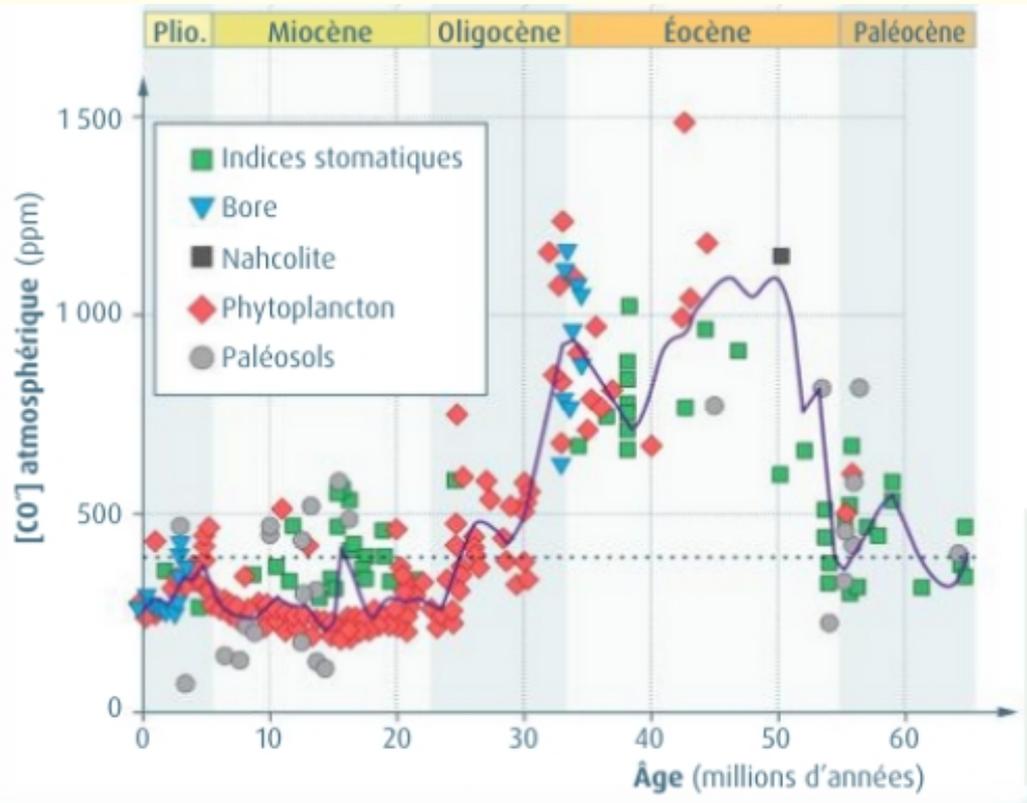


**Orogénèses du Tertiaire => altération des matériaux continentaux => baisse de la concentration atmosphérique de  $\text{CO}_2$  => baisse de température moyenne du globe**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B2 Les variations climatiques du Cénozoïque (Tertiaire)

Doc 5 p 303

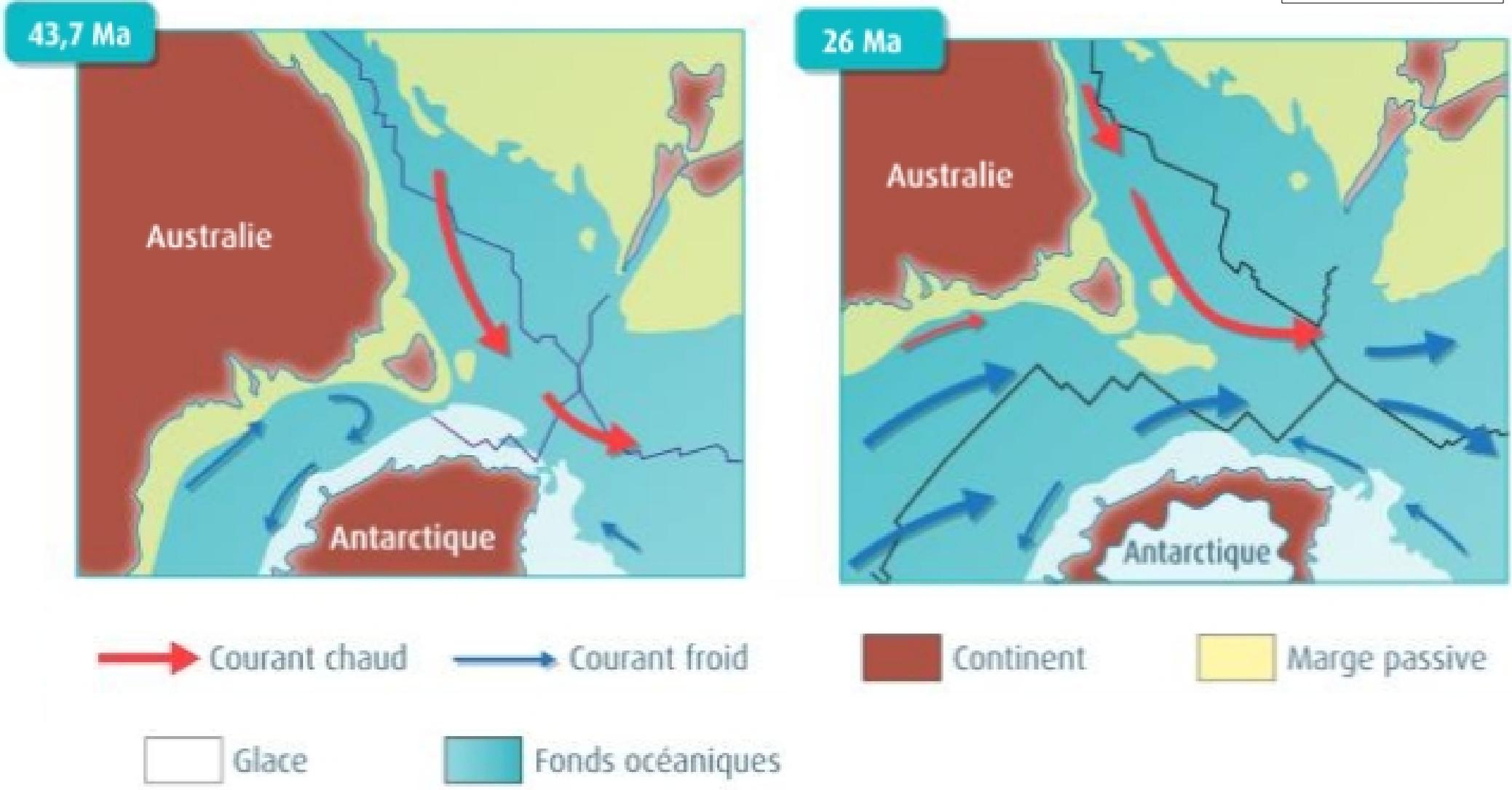


**Orogénèses du Tertiaire => altération des matériaux continentaux => baisse de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> => baisse de température moyenne du globe**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B2 Les variations climatiques du Cénozoïque (Tertiaire)

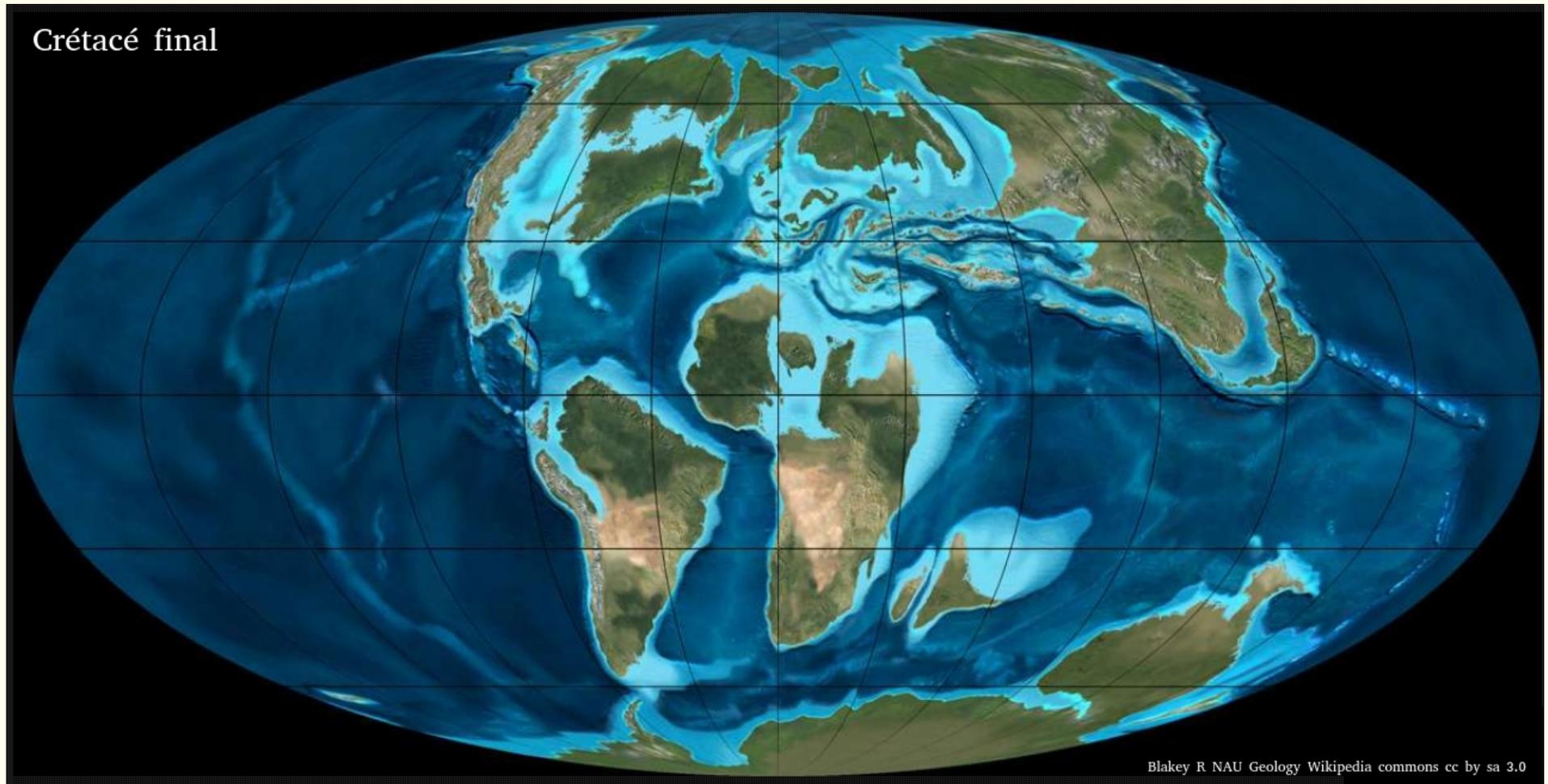
Doc 1 p 304



**De plus, la variation de la position des continents a modifié la circulation océanique.**

## T2-B Les climats de la Terre

### T2-B3 Les variations climatiques du **Mésozoïque (Secondaire)**

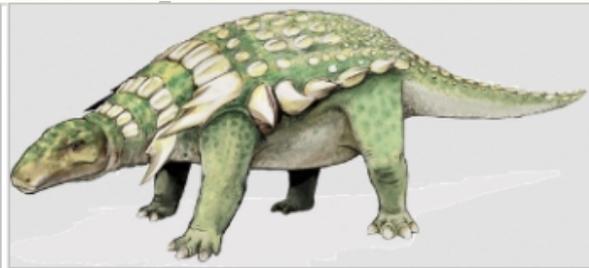


**Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température. Du fait de l'augmentation de l'activité des dorsales, la géodynamique terrestre interne semble principalement responsable de ces variations.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B3 Les variations climatiques du **Mésozoïque (Secondaire)**

Voir TD



*Edmontonia rugosidens*  
(Crétacé sup. Alaska)



Dinosaures de l'île de Ross  
(Crétacé sup. Antarctique)

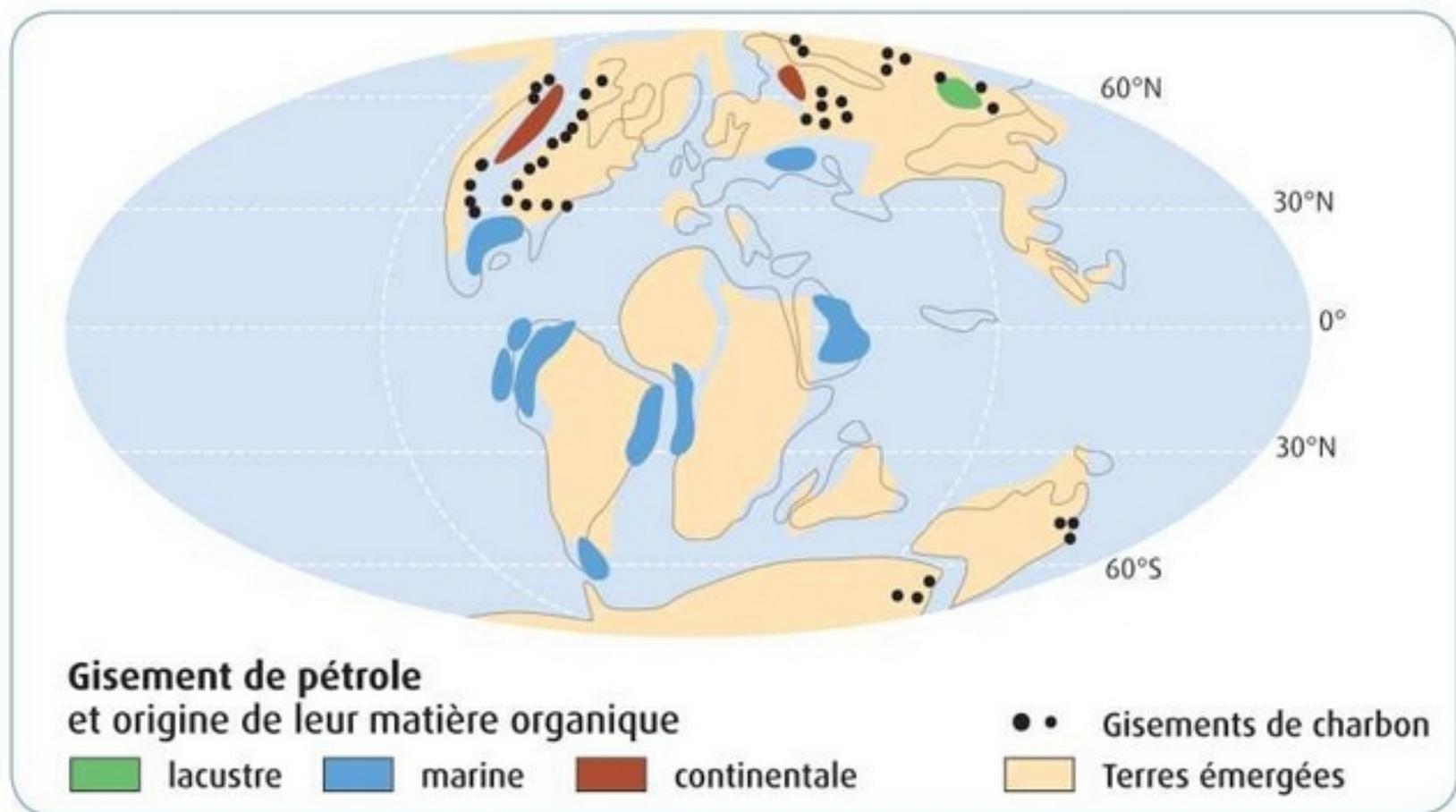
Chaine alimentaire et photosynthèse?

**Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B3 Les variations climatiques du Mésozoïque (Secondaire)

Doc 5 p 321



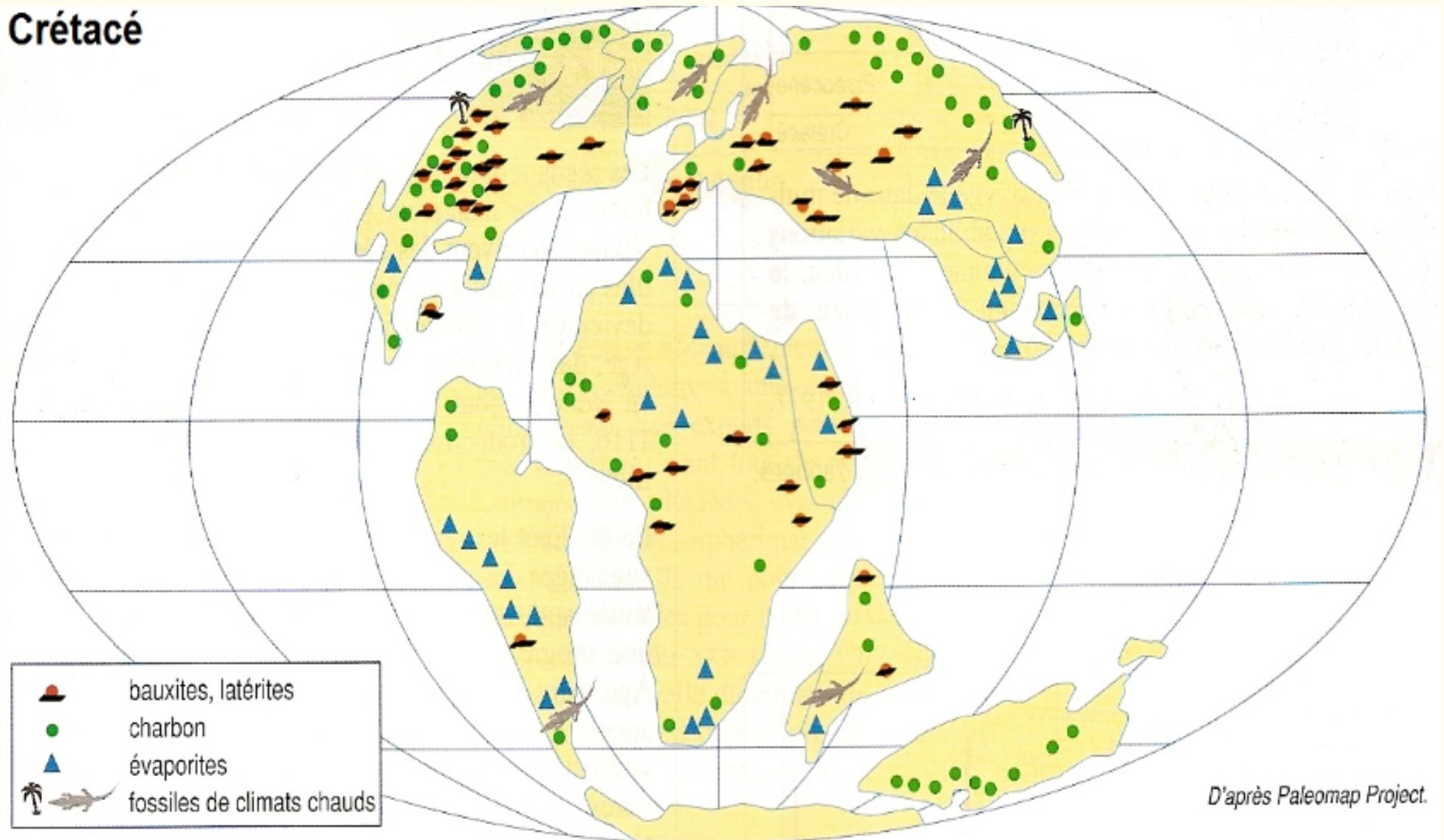
**5** Répartition des gisements de pétrole et de charbon datant du Crétacé moyen et supérieur (110-85 Ma). 29% des roches mères pétrolières (black shales) et 22% des réserves de charbon exploitable se sont déposés à cette période. Les continents sont figurés à l'emplacement qu'ils occupaient à l'époque.

**Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température.**

## T2-B Les climats de la Terre

### T2-B3 Les variations climatiques du **Mésozoïque (Secondaire)**

Crétacé

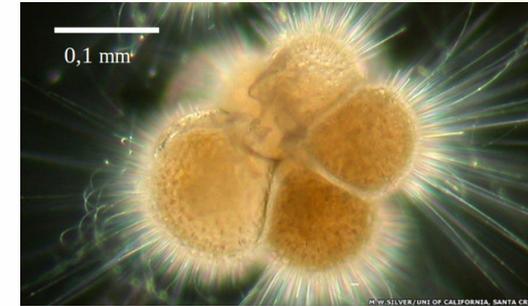
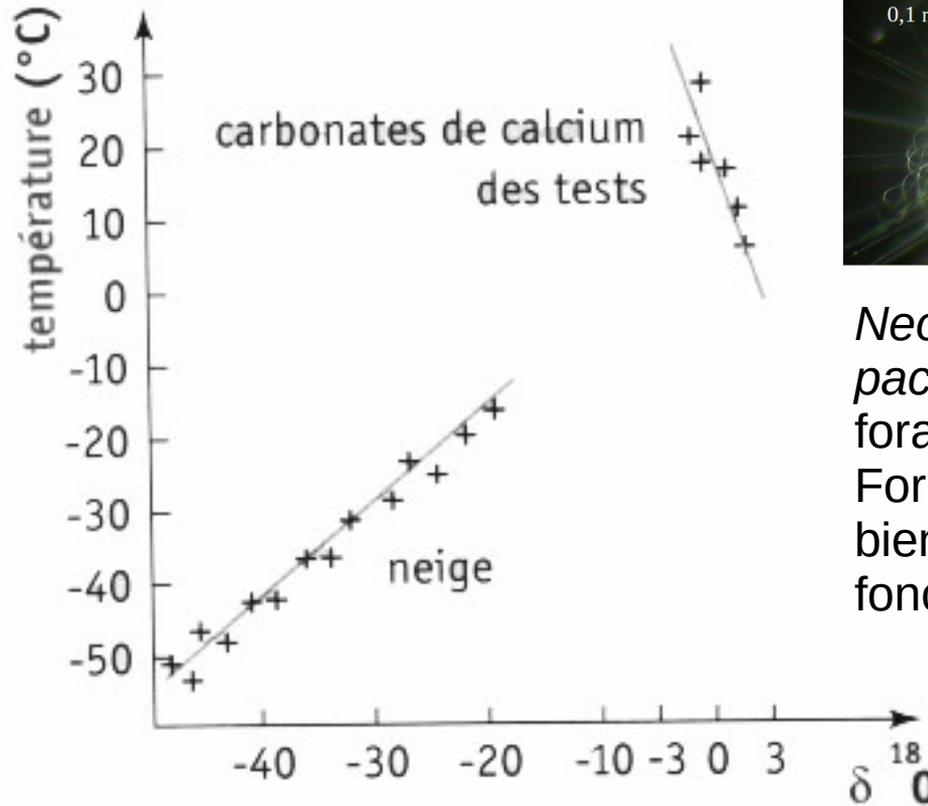
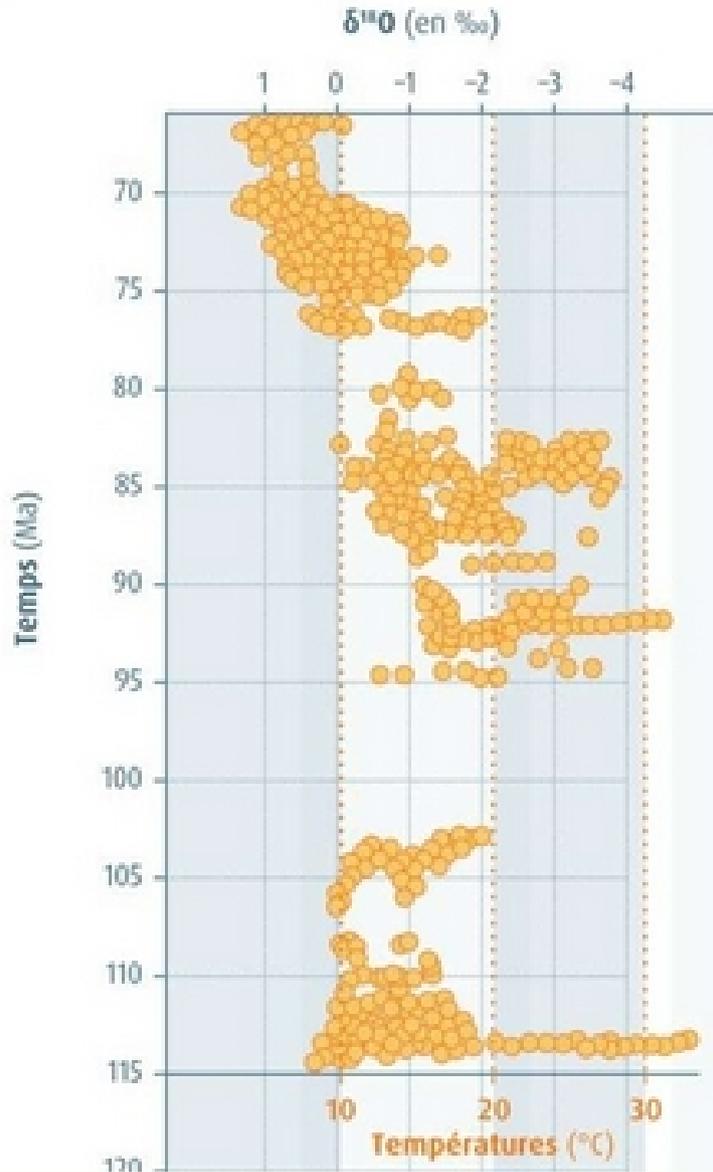


**Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B3 Les variations climatiques du Mésozoïque (Secondaire)

Voir TD



*Neoloboquadrina pachyderma* un foraminifère actuel. Forme dextrogyre ou bien levogyre en fonction de T°C.

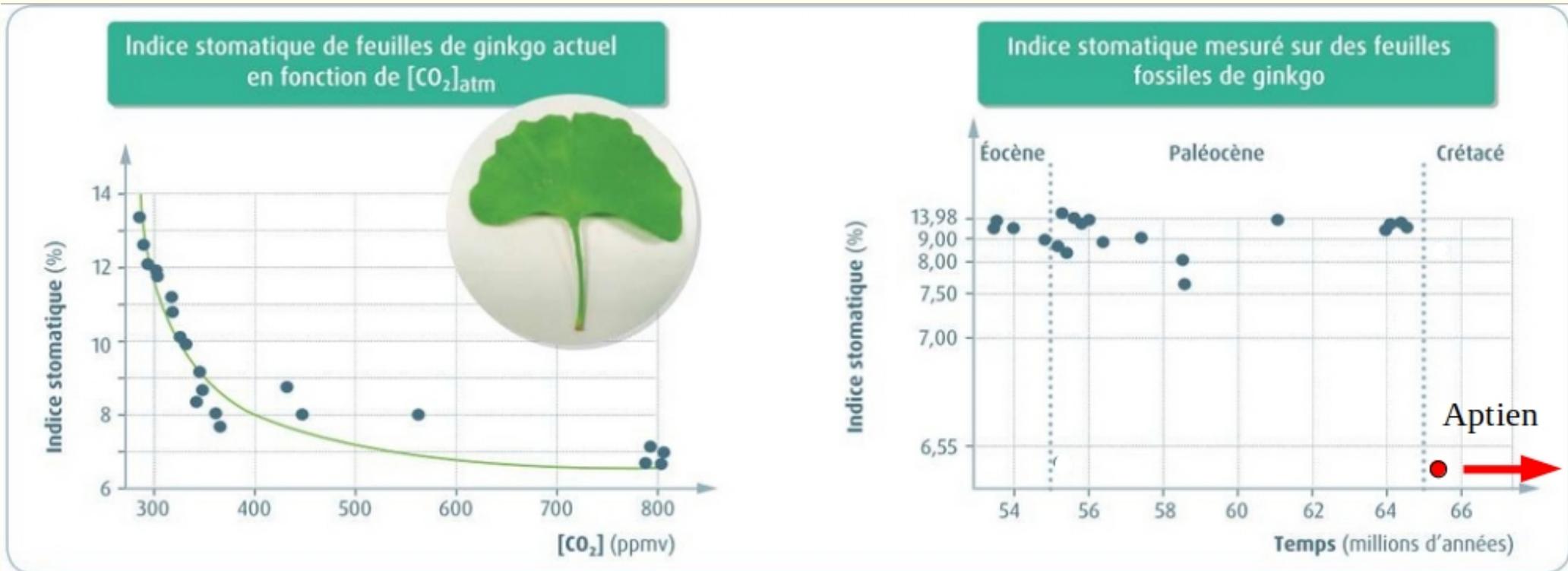
**7** Rapport isotopique  $\delta^{18}\text{O}$  de tests de foraminifères planctoniques et pélagiques. Ils sont issus de carottages réalisés dans l'océan austral (entre 60°S et l'Antarctique) dans des sédiments d'âge Crétacé (115 à 65 Ma).

**Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B3 Les variations climatiques du Mésozoïque (Secondaire)

Voir TP



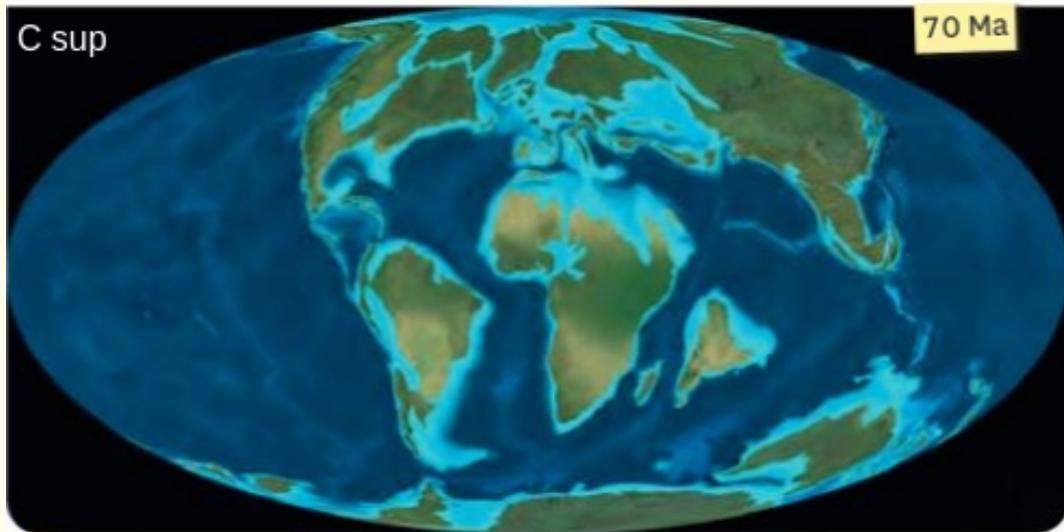
**4 Les stomates, outils pour reconstituer la teneur en  $CO_2$  de l'atmosphère.** Chez de nombreuses espèces végétales, le nombre de stomates augmente quand la concentration atmosphérique en  $CO_2$  diminue et inversement. L'indice stomatique (rapport en % entre le nombre de stomates et le nombre total de cellules pour une surface considérée) permet d'évaluer la concentration en  $CO_2$  atmosphérique, sur des feuilles actuelles ou fossiles.

**Le climat chaud du crétacé coïncide avec une forte teneur en  $CO_2$  atmosphérique.**

**Origine du  $CO_2$ ?**

## T2-B Les climats de la Terre

### T2-B3 Les variations climatiques du **Mésozoïque (Secondaire)**



Grande longueur cumulée de dorsales

+

Océanisation rapide

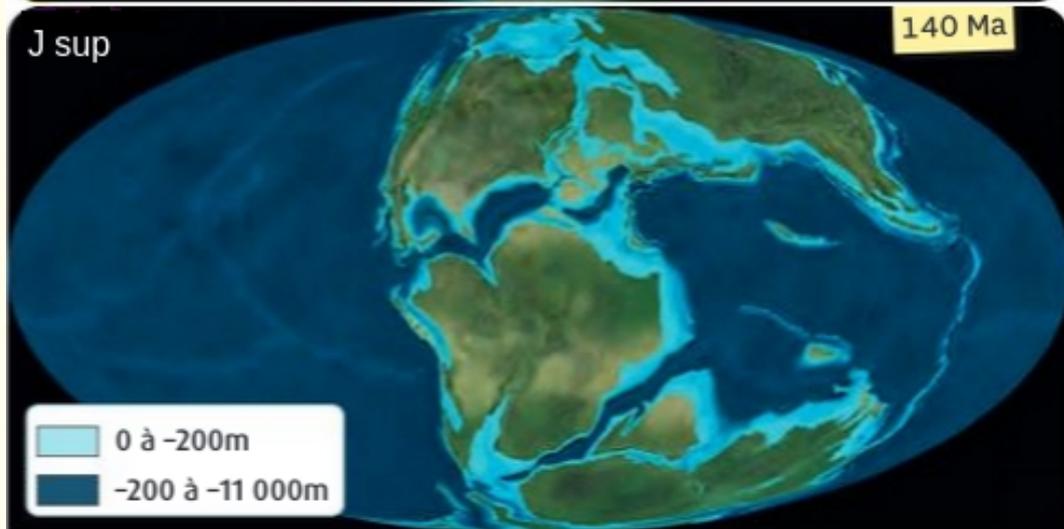
<=>

**volcanisme océanique intense**

+

**LIP => CO<sub>2</sub>+++ (doc 3 p 325)**

+



**Diminution du volume d'accomodation de l'eau des océans (doc 2 p 324) et enfoncement lithosphérique (doc 5 p 325)**

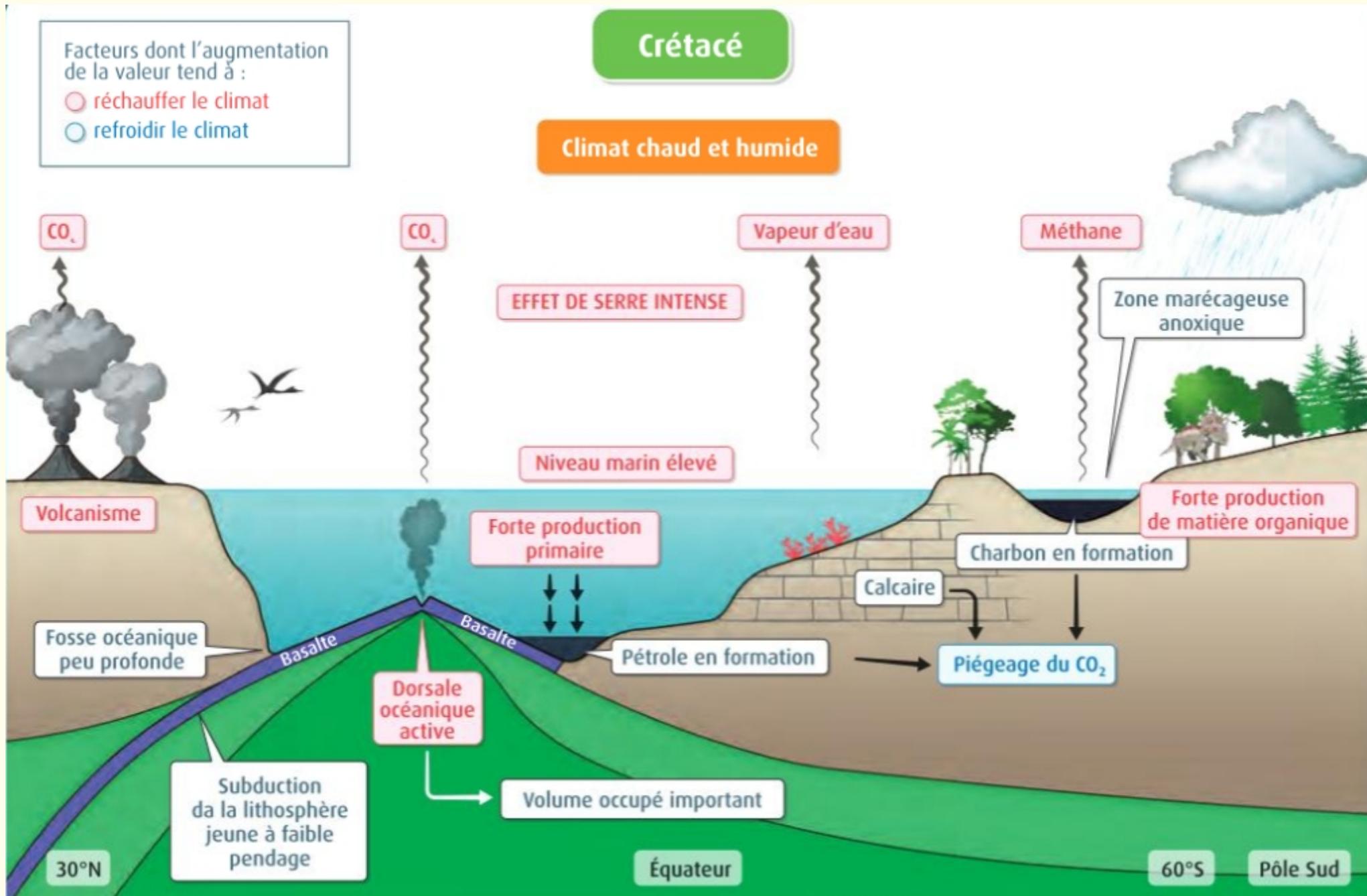
**=> transfert d'énergie aux hautes latitudes par la circulation océanique.**

**Du fait de l'augmentation de l'activité des dorsales, la géodynamique terrestre interne semble principalement responsable de l'établissement d'un climat très chaud et très humide.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B3 Les variations climatiques du Mésozoïque (Secondaire)

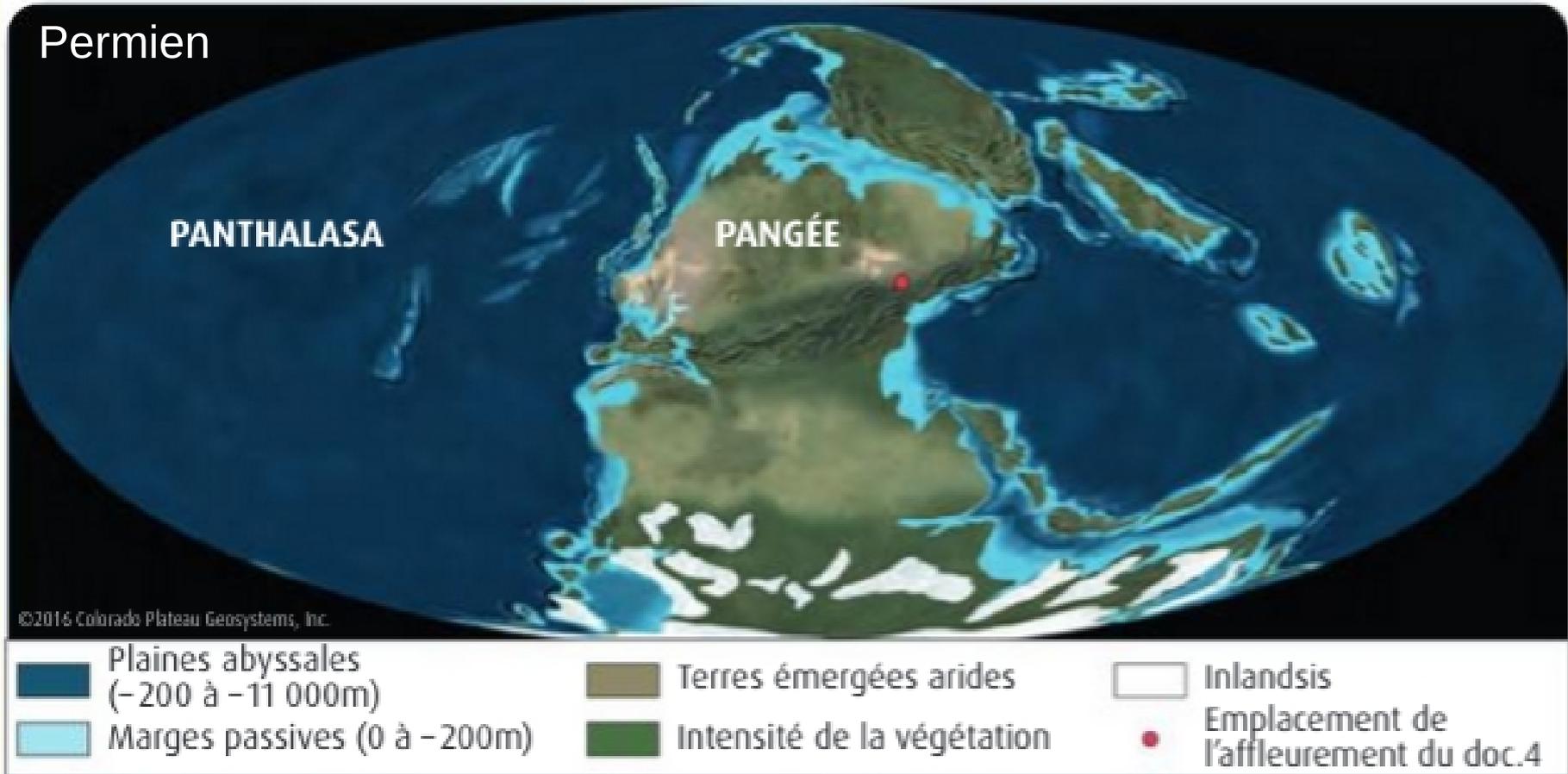
Bilan p 355



# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B4 Les variations climatiques du **Paléozoïque (Primaire)**

Doc 3 p 327



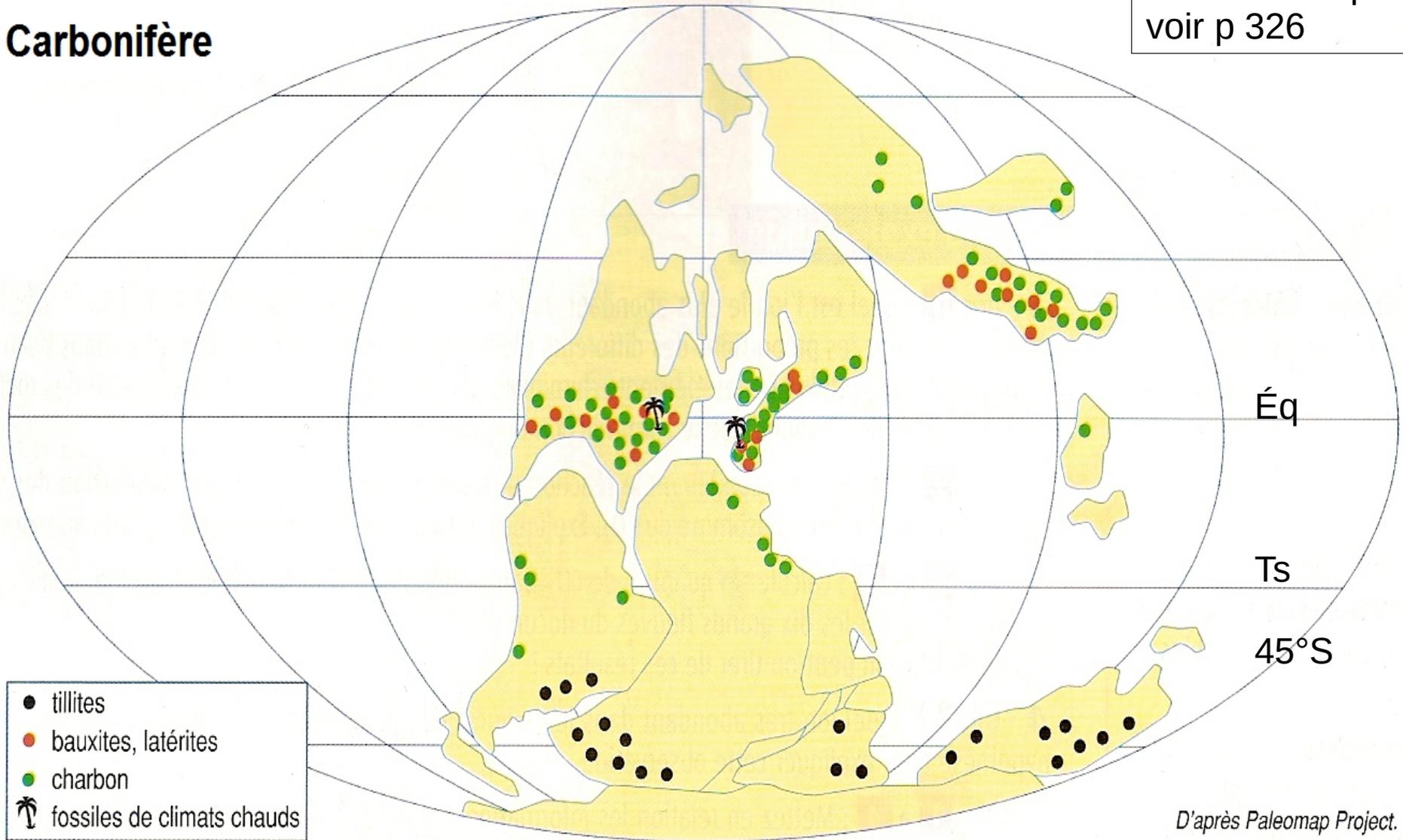
**À la fin de l'ère primaire (Paléozoïque) tous les continents sont réunis et forment la Pangée.  
L'orogénèse Hercynienne a produit une immense chaîne de montagne qui s'érode entre le carbonifère et le permien.**

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B4 Les variations climatiques du **Paléozoïque (Primaire)**

Tillites et dropstones  
voir p 326

### Carbonifère



**Des indices paléontologiques et géologiques tenant compte des paléolatitudes révèlent une importante glaciation au Carbonifère-Permien.**

## T2-B Les climats de la Terre

### T2-B4 Les variations climatiques du **Paléozoïque (Primaire)**

#### Origine de ce refroidissement ?



Fronde  
d'*Alethopteris*  
(fougère)

Doc 2 p 328

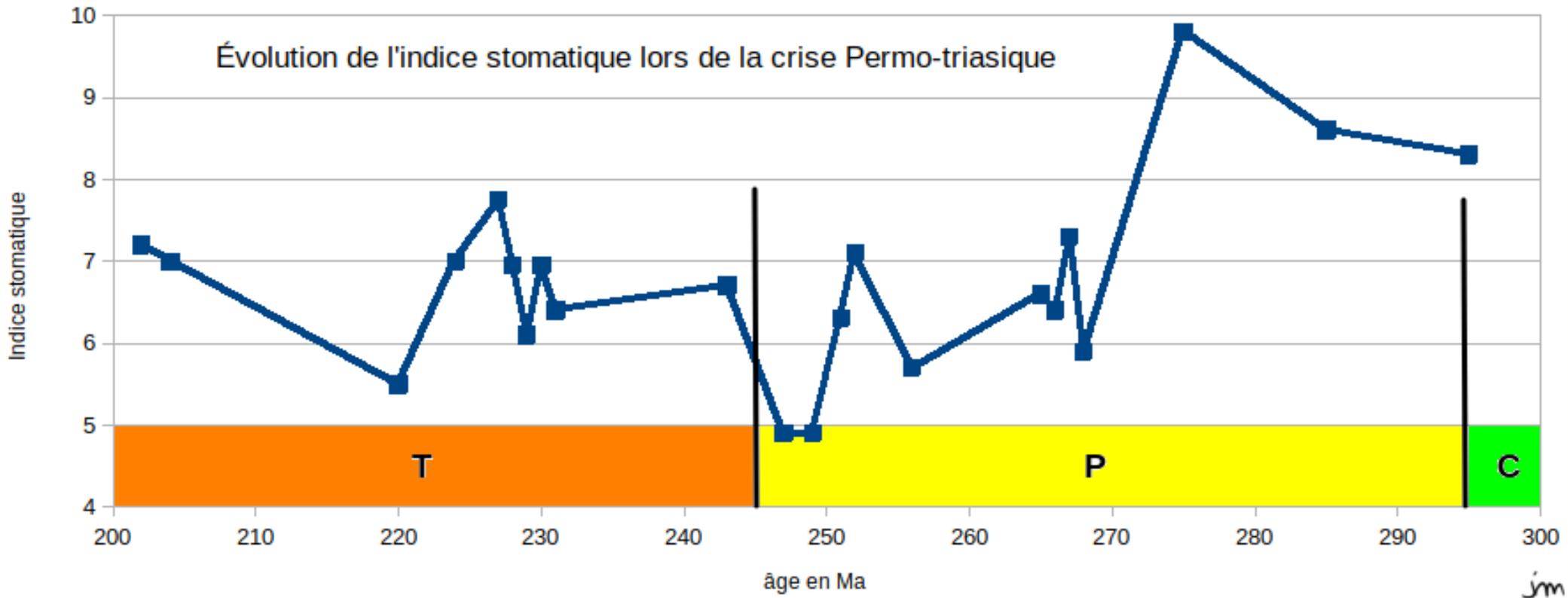
Couche de matière organique fossilisée  
(période carbonifère, Malpasset Var)

3,5 10<sup>15</sup> tonnes de C piégées au cours du carbonifère.

# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B4 Les variations climatiques du Paléozoïque (Primaire)

### Origine du refroidissement Carbonifère – Permien?

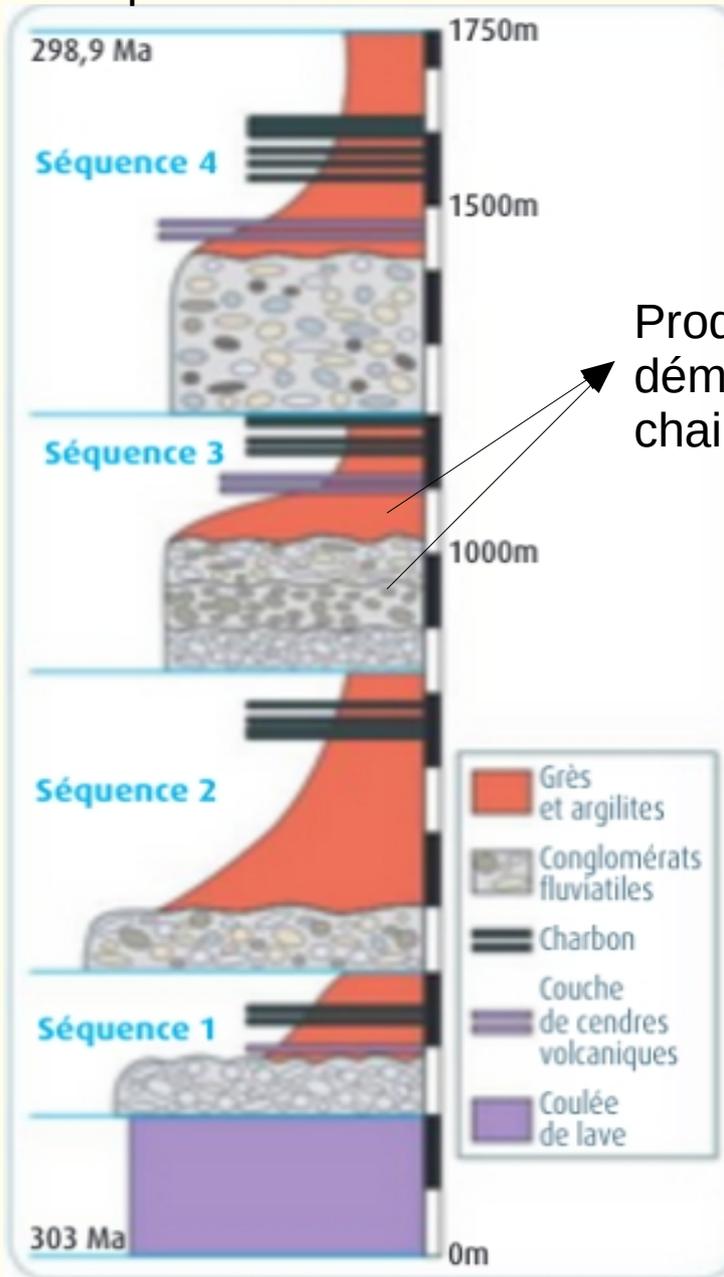


# T2-B Les climats de la Terre

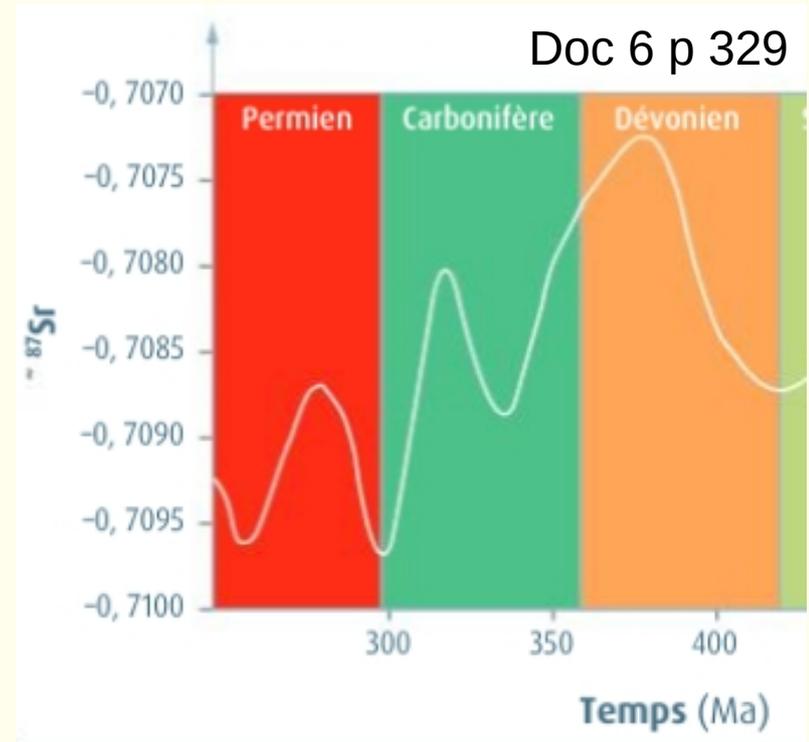
## T2-B4 Les variations climatiques du Paléozoïque (Primaire)

### Origine du refroidissement Carbonifère – Permien?

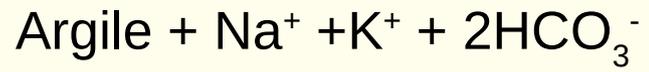
Doc 3 p 328



Produits du démantèlement de la chaîne Hercynienne



L'altération des minéraux des orogènes réalise un transfert du CO<sub>2</sub> atmosphérique vers l'hydrosphère:

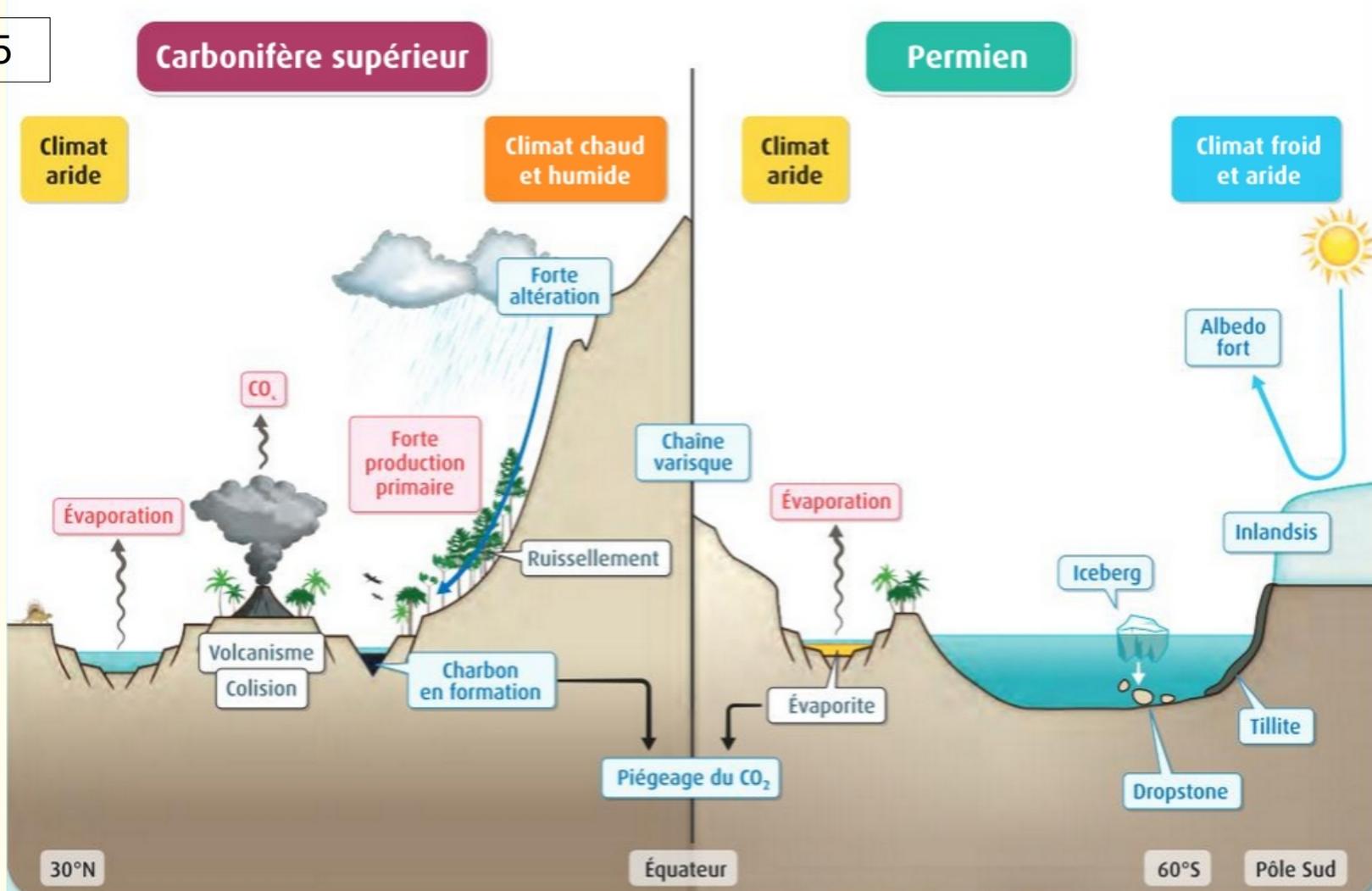


# T2-B Les climats de la Terre

## T2-B4 Les variations climatiques du Paléozoïque (Primaire)

Par la modification du cycle géochimique du carbone qu'elles ont entraîné, l'altération de la chaîne hercynienne et la fossilisation importante de matière organique (grands gisements carbonés) sont tenues pour responsables de la glaciation du permien.

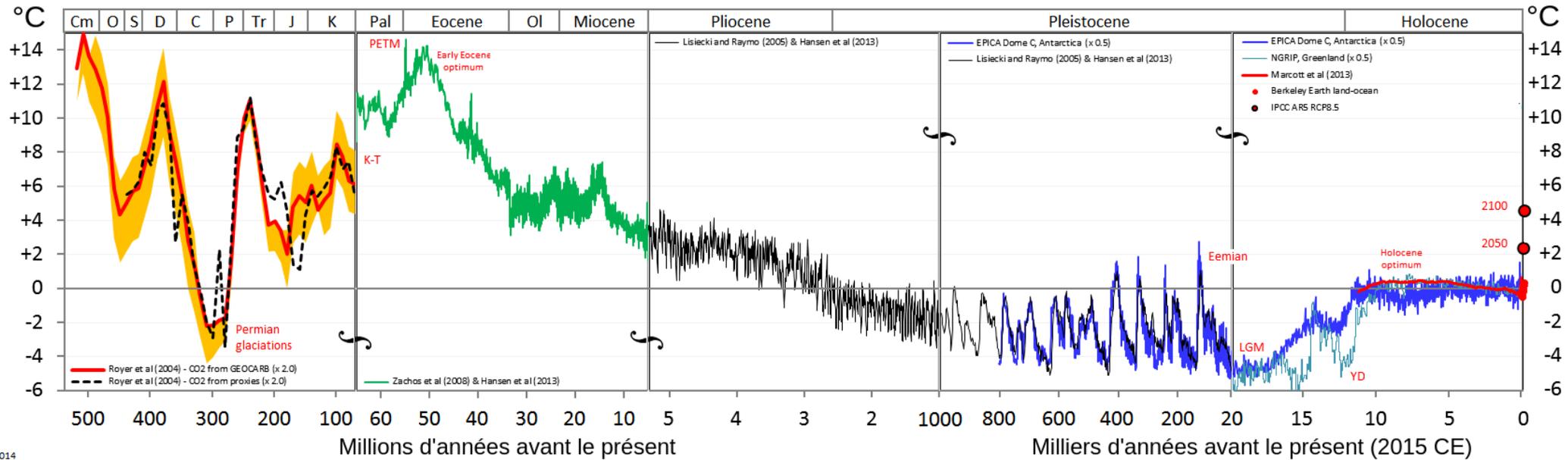
Bilan p 355



# T2-B Les climats de la Terre

## Bilan

Les températures de la Terre, écarts à la température moyenne 1960-1990 en °C



# T2-B Les climats de la Terre

## Notions fondamentales :

effet de serre, gaz à effet de serre  $\text{CO}_2$   $\text{CH}_4$ ,

cycle du carbone, cycles de Milankovitch,

albédo,

principe d'actualisme, rapports isotopiques ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ),

tectonique des plaques, altération des orogènes

circulation océanique.