

Chapitre 3

Le climat aux grandes échelles de temps (600 MA)

I- Les indices climatiques anciens

TD5 : Variations climatiques du Carbonifère et du Crétacé

1. Une période froide : la glaciation Carbonifère – Permien.

Le Carbonifère (-360 à -295 Ma) est caractérisé par

- la présence d'un super continent (Pangée) dont la plus grande partie se trouve au pôle Sud.
- la présence de beaucoup de tillites (dépôts glaciaires) au pôle Sud permettant de supposer l'existence d'un glacier très important qui descendait jusqu'à 30°S.
- la présence de charbon et de crocodiles dans l'Hémisphère Nord et l'Equateur. Le charbon correspond à un climat froid tempéré qui s'étendait entre 30°S et 30°N. Confirmation avec les crocodiles qui vivaient à des températures proches de 15°C.
- La présence de régions à évaporites et à kaolinite attestant d'un climat chaud mais très localisé.

CONCLUSION : Le carbonifère correspond à une période de refroidissement qui perdure au Permien : c'est la **glaciation Permo-Carbonifère**.

2. Une période chaude : le Crétacé.

Le Crétacé (-135 à -65Ma) est caractérisé par :

- la présence de continents séparés et répartis dans les deux hémisphères.
- l'absence de tillites = pas de glaces aux Pôles
- la présence du charbon et des crocodiles aux pôles qui montrent un climat tempéré froid aux Pôles
- la présence de calcaires, évaporites, kaolinite entre 30°N et 30°S attestant d'un climat chaud
- la présence de rudistes (coraux) qui formaient des récifs en mers chaudes

CONCLUSION : Le crétacé était plutôt chaud

Pb : Comment se fait-il que les continents aux 2 Pôles ne soient pas englacés ??

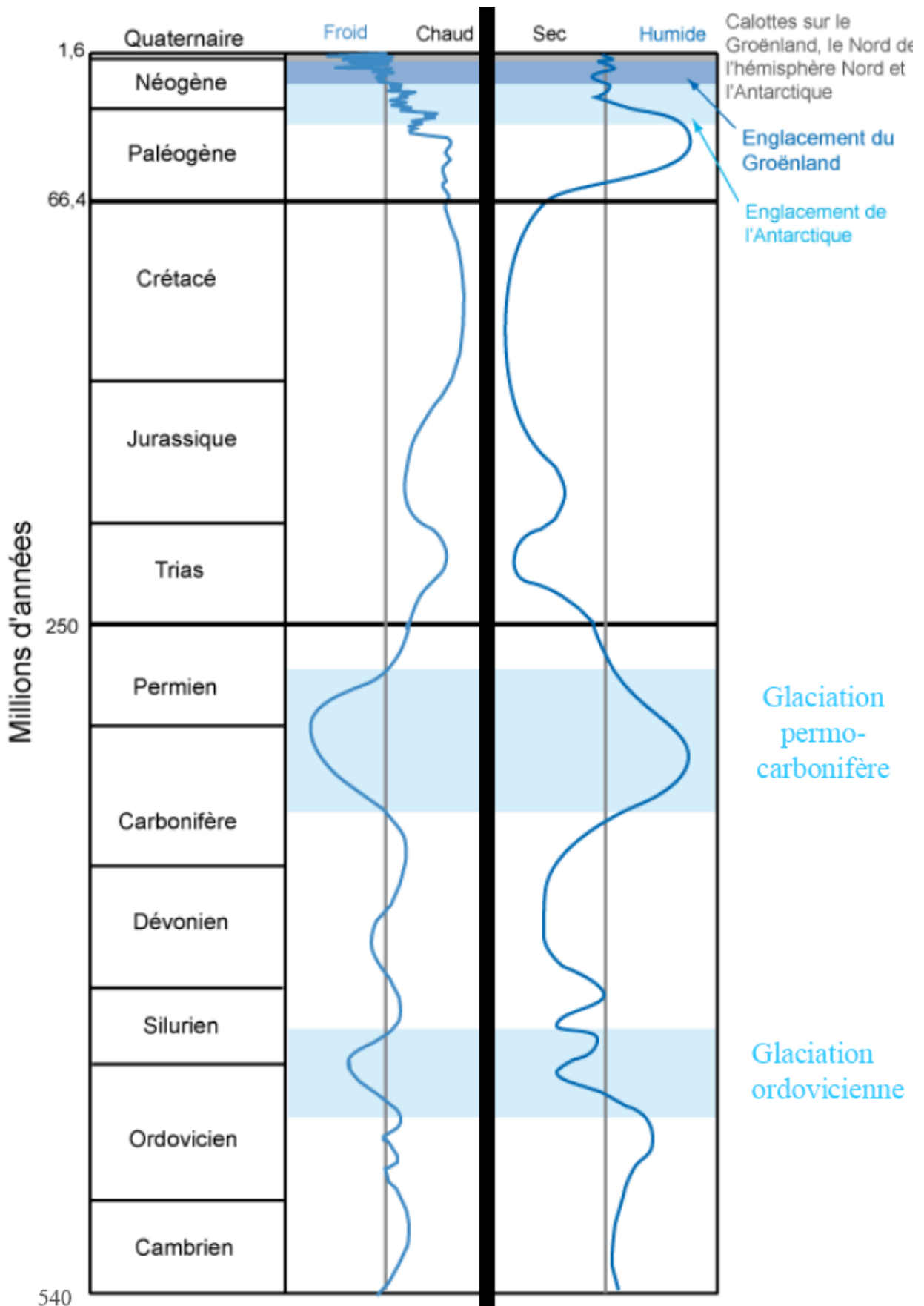
3. Bilan : les indices des variations climatiques

Les indices des variations des climats anciens sont les suivants :

- Les sédiments
- Les fossiles
- La position des continents

Type d'indices	Climat froid	Climat chaud
Sédiments	- Moraine - Tillites - Bloc erratiques - Roches striées	- Evaporites (halite, sel gemme) - Bauxite - Charbon - Kaolinite (argile)
Fossiles	- Mammouths - Conifères - Feuilles avec beaucoup de stomates (peu de CO₂) ...	- Coraux - Champsosaures, reptiles - Tortues - Fougères - Feuilles avec peu de stomates (beaucoup de CO₂)
Position des continents	- Continents dispersés (plus de climats méditerranéens) - Présence de continents aux Pôles (englacement et favorisation de l'albédo)	- Pangée - Peu de continents présents aux Pôles

II- L'histoire climatique de la Terre depuis 600 MA



III- Les causes des variations des climats anciens

Au Crétacé, on remarque que les 2 Pôles ne sont pas englacés. La température globale est trop élevée pour permettre l'accumulation de glaces et la formation de calottes glaciaires. Nous pouvons émettre l'hypothèse que les GES sont alors présents en grande quantité dans l'atmosphère.

Le cycle du Carbone est donc à l'origine des variations climatiques anciennes.

1- Les processus qui tendent à diminuer la teneur en CO₂ atmosphérique

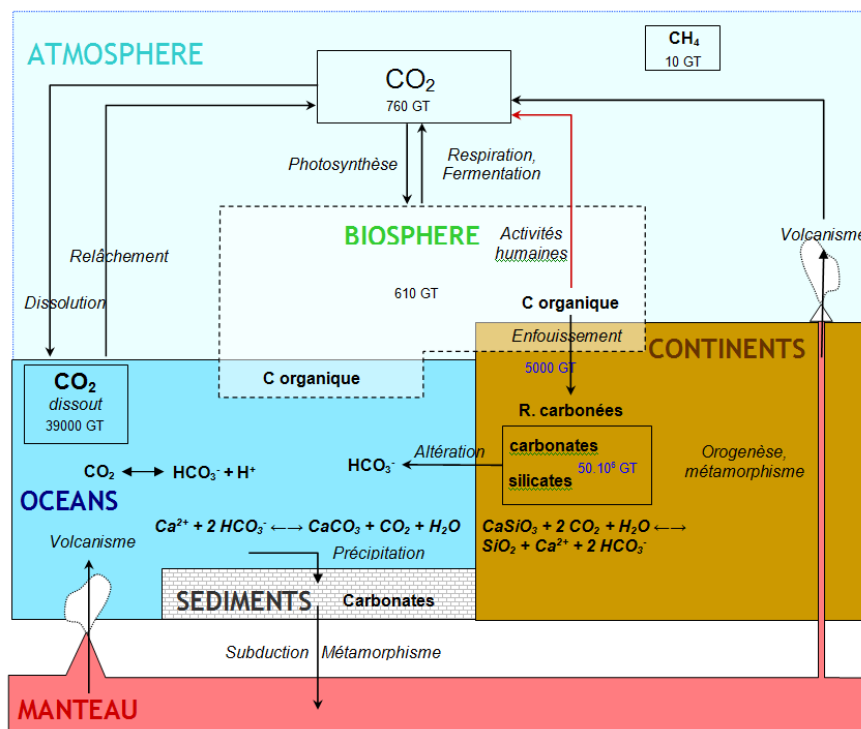
- Le piégeage de la matière organique dans les roches carbonées stocke du dioxyde de carbone atmosphérique grâce à la photosynthèse et l'enfouissement (charbons du Carbonifère).
- L'altération des silicates (de calcium et de magnésium) des roches magmatiques et métamorphiques continentales consomme du dioxyde de carbone.
- Sur les continents, la dissolution des carbonates consomme du dioxyde de carbone.

2- Les processus qui tendent à augmenter la teneur en CO₂ atmosphérique

- le volcanisme des points chauds et l'accroissement de l'activité des dorsales provoquent un flux de dioxyde de carbone du manteau vers l'atmosphère.
- Dans les océans, la précipitation des carbonates libère du dioxyde de carbone.

NB : Sur des échelles de temps de plusieurs millions d'années, les réactions de précipitation - dissolution des carbonates ont peu d'impact sur la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère (le bilan des réactions est nul = en équilibre). Il en est de même pour les réactions Respiration et Photosynthèse qui sont en équilibre.

Cycle du carbone



IV- La formation de l'atmosphère et les variations

La Terre possède une atmosphère particulière propice à la vie. Nous savons aujourd'hui que l'atmosphère initiale de la Terre était bien différente de celle présente actuellement. Même si la concentration en CO₂ a fréquemment varié depuis 500 Ma, elle est malgré tout restée très basse par rapport aux concentrations que l'on retrouve sur d'autres planètes telluriques.

Problème posé : Comment peut-on expliquer cette spécificité de la Terre et quels sont les processus qui ont permis l'évolution de l'atmosphère primitive?

1- L'atmosphère terrestre formée par dégazage du manteau

Suite à la formation de la Terre (-4,5 Ga) par accréation (Voir origine de la chaleur interne du globe – géothermie, Cours de SVT obligatoire), l'atmosphère s'est formée par dégazage intense du manteau terrestre. L'atmosphère primitive était riche en vapeur d'eau (80%), en CO₂ (10%) (x100 000 par rapport à l'actuel !), en N₂ (5%) en SO₂, H₂S et dépourvue d'O₂. Ces résultats ont été obtenus par des analyses des gaz produits par une météorite de même nature chimique que la Terre (=chondrite) après chauffage.

2- Un piégeage massif du CO₂

Avec le refroidissement de la Terre, la vapeur d'eau présente va se condenser et former de l'eau liquide et les océans. Dès leur formation, les océans captent rapidement le CO₂ atmosphérique sous forme de carbonates (HCO₃⁻). Ces carbonates peuvent également précipiter et former des roches sédimentaires : principalement des calcaires (CaCO₃), ce qui permet un piégeage à long terme.

3- D'une atmosphère réductrice à oxydante

La découverte de gisements de fers rubanés dans les océans atteste la présence d'O₂ dans les océans capable d'oxyder le fer. Ainsi, avant 2,2 Ga, l'oxygène produit par les êtres vivants photosynthétiques (stromatolithes) est solubilisé dans les océans mais n'est toujours pas présent dans l'atmosphère.

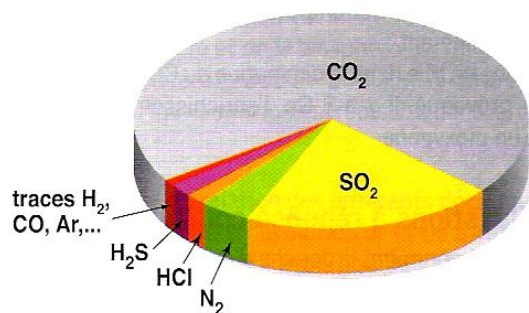
A partir de -2,2 Ga, on observe des formations de gisements de fers continentaux et la disparition des gisements d'uranite qui témoignent de la présence d'O₂ dans l'atmosphère. L'atmosphère devient donc oxydante à partir de -2,2 Ga, l'O₂ piégé jusqu'alors dans les océans passe dans l'atmosphère.

4- La vie et l'évolution de l'atmosphère

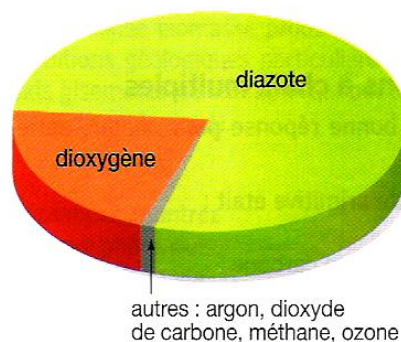
La production d'O₂ est liée à l'apparition de la photosynthèse chez des procaryotes (cyanobactéries). Cette production est attestée par la mise en place des stromatolithes (à partir de -3,5 Ga). Les océans vont s'enrichir en O₂ jusqu'à leur saturation et le passage du O₂ dans l'atmosphère. A partir de 1,5 Ga, la production d'une couche d'ozone O₃ a permis la conquête du milieu aérien il y a 360 Ma environ.

Une atmosphère primitive très différente de l'atmosphère actuelle

Atmosphère primitive

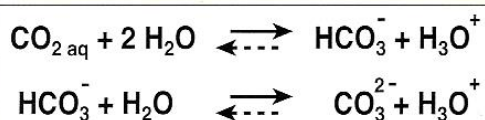


Atmosphère actuelle



Une chute rapide du taux de CO₂ atmosphérique

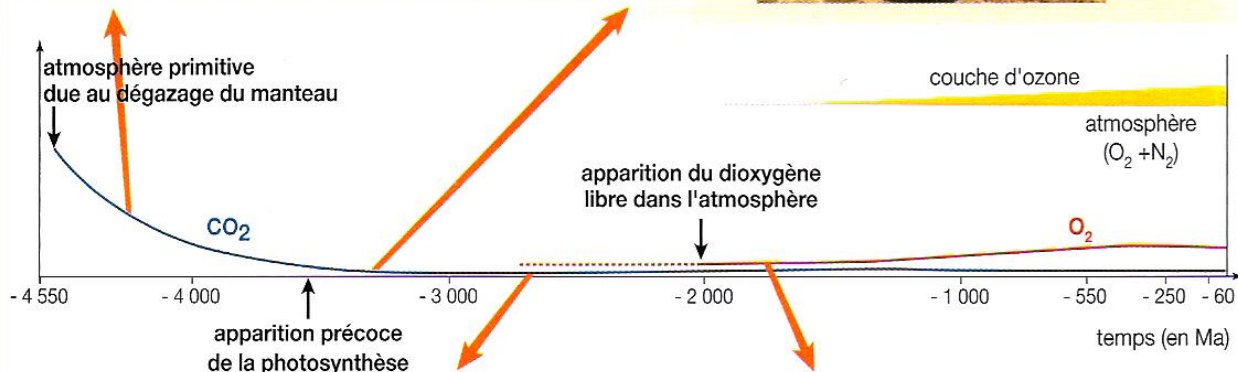
Un CO₂ en grande partie piégé sous forme de carbonates dans les océans.



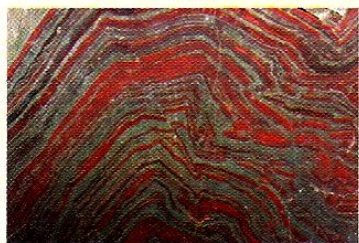
Les carbonates précipitent et forment des roches sédimentaires d'où un piégeage à long terme du CO₂.

Une libération de dioxygène en milieu marin

Des cyanobactéries photosynthétiques (à l'origine des stromatolites) libèrent du dioxygène.



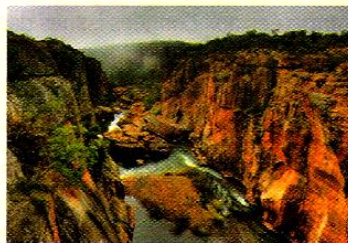
Un piégeage du dioxygène dans les sédiments



Fers rubanés, témoins de la présence de dioxygène dans l'eau des océans

Tant que l'eau des océans contient du fer ferreux, celui-ci est oxydé en fer ferrique qui forme les couches rouges de « fers rubanés » dans les sédiments.

Une libération de dioxygène dans l'atmosphère



Paléosols rouges, témoins d'une atmosphère oxydante

Quand il n'y a plus eu de fer ferreux dans les océans, le dioxygène a diffusé dans l'atmosphère : celle-ci, devenue oxydante, a contribué à l'explosion de la vie.