

LE CLIMAT AU CÉNOZOÏQUE

Les indices de variations du climat pour le mésozoïque (en particulier à la transition éocène-oligocène)

1. Les stomates, outils pour reconstituer la teneur en CO₂ de l'atmosphère.

Les variations climatiques de la planète sont associées à des modifications de la composition de son atmosphère en gaz à effet de serre.

La conservation des bulles d'air dans les glaces permet des mesures directes de la teneur en CO₂ de l'atmosphère sur les 800 000 dernières années (passé récent), ce qui permet d'envisager les variations climatiques du passé récent.

Pour des temps géologiques plus anciens (supérieur à 800 000 ans), nous n'avons pas à disposition des carottes de glace. On utilise donc des méthodes indirectes. L'une de ces méthodes utilisables repose sur des indices paléontologiques : l'observation de feuilles fossiles. On a montré expérimentalement que les feuilles possèdent un indice stomatique (= nombre de stomates par unité de surface), qui varie avec la concentration atmosphérique de CO₂.

Ressources

-L'indice stomatique (IS) correspond au nombre de stomates (S) dénombré sur la face inférieure des feuilles par rapport au nombre total de cellules de cet épiderme, c'est-à-dire la somme des cellules non chlorophylliennes (CNC) et des stomates (S).

Il est exprimé en %.

$$IS \text{ (en \%)} = \frac{S \times 100}{CNC + S}$$

- Des études en laboratoire sous atmosphère contrôlée en CO₂ ont permis de déterminer l'indice stomatique de feuilles pour différentes concentrations de CO₂ : il est inversement proportionnel à la concentration atmosphérique en CO₂

- L'indice stomatique des feuilles fossiles datant de l'oligocène est de 10 % et celui d'une feuille actuelle est de 2,34 %.

Matériel :

-Fichier de données expérimentales donnant l'indice stomatique en fonction de la concentration de CO₂ atmosphérique

Protocole

- **Télécharger** sur l'ENT Moodle le fichier de données expérimentales et **construire** un graphique (courbe de tendance) représentant l'indice stomatique (%) en fonction de la concentration de CO₂ atmosphérique (ppmv = parties par million en volume). **Afficher** l'équation de la droite et le coefficient de détermination R².

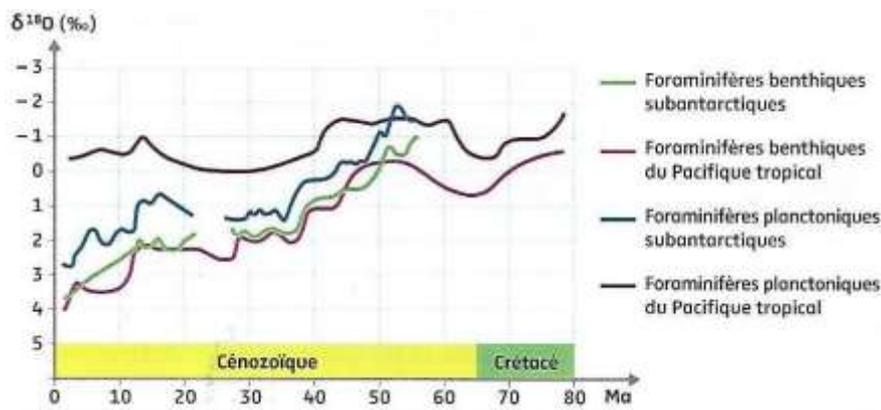
- **Déterminer** la concentration de CO₂ atmosphérique de l'oligocène et de l'actuel.

2. D'autres indices et origine des variations climatiques au Cénozoïque

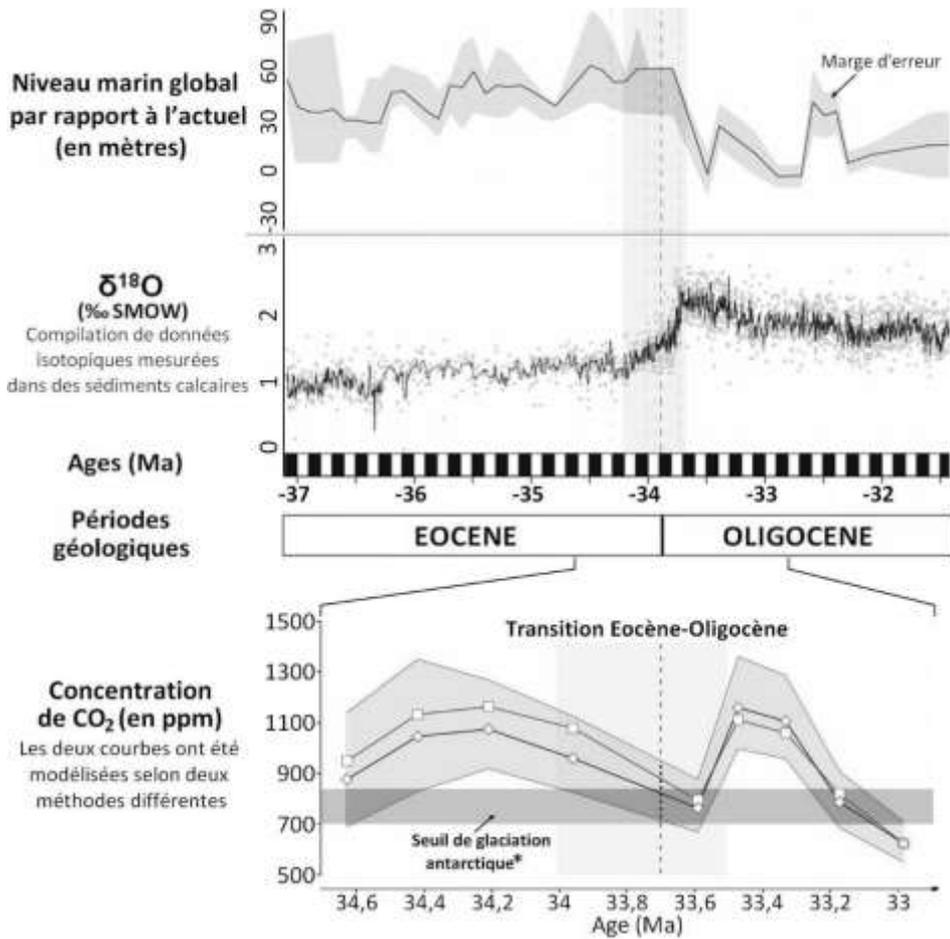
Document 1 : Variations de la valeur du δ¹⁸O calculées à partir des tests de foraminifères

Les tests de foraminifères ont été obtenus par forages réalisés dans le Pacifique et l'Atlantique.

L'évolution de la température de l'océan reflète l'évolution de la température de l'atmosphère. Le δ¹⁸O déterminé à partir des carbonates a une valeur qui évolue en lien avec le volume de glace continentale stocké



Document 2 : synthèse de données sur la transition Éocène - Oligocène.



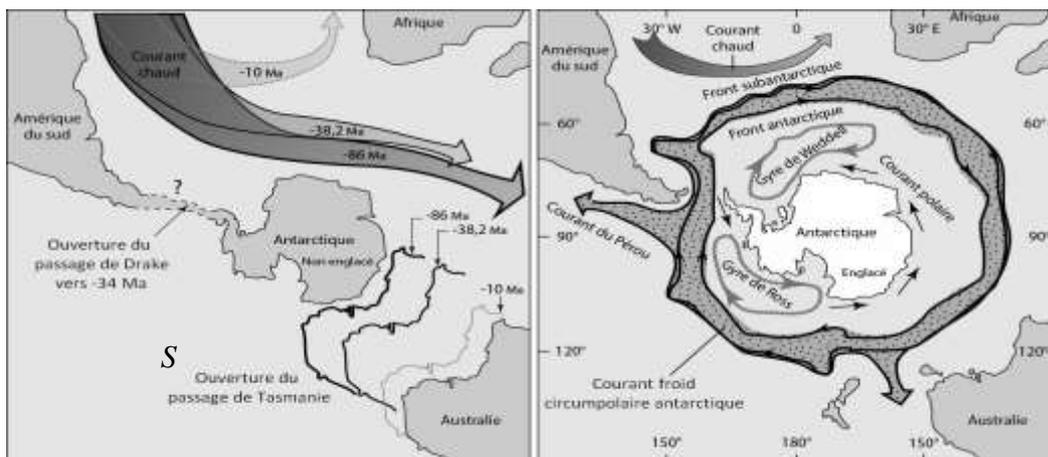
* Concentrations maximales de CO₂ pour lesquelles la glaciation de l'Antarctique est possible.

Sources : Ghirardi, J., Thèse, (2016) et Pearson, P. N., Nature, (2009)

Document 3 : Les conséquences de l'emplacement des continents sur le climat planétaire

L'emplacement des continents a une influence importante sur la température du globe car il modifie la circulation océanique et atmosphérique qui, à son tour, peut favoriser un réchauffement ou un refroidissement du climat. Au Cénozoïque, la séparation de l'Australie et de l'Antarctique a favorisé la mise en place du « *courant circum polaire* » à partir du Miocène (23,5 Ma). Ce courant marin froid (1°C même lors de l'été Austral) a favorisé l'installation de la calotte glaciaire sur l'Antarctique.

Reconstructions paléogéographiques et océanographiques autour du pôle Sud, depuis 86 Ma (à gauche) et situation actuelle (à droite).



Source : Schaaf, A. Boesch, Q. Sciences de la Terre et de l'Univers (Vuibert éd.), p.315

Tectonique des plaques et paléogéographie de la Terre au cours des temps géologiques : <https://youtu.be/bzvOMee9D1o>

Document 4 : valeur de l'albédo pour différents types de surfaces

L'albédo moyen actuel est de 0,3.

Nature de la surface	Albédo
Neige	> 0,9
Glaces de mer	0,6 à 0,85
Végétation	0,1 à 0,25
Sols nus ou roches	0,1 à 0,2
Mer calme	0,05 à 0,1

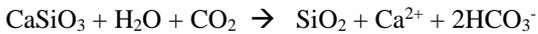
Document 5 : Le paléogène (vers -40 Ma) est une importante période de convergence continentale :

elle est propice aux orogénèses (= formation de chaînes de montagnes). Elle se caractérise par la mise en place d'immenses chaînes de montagnes avec leur cortège de roches granitiques et métamorphiques.

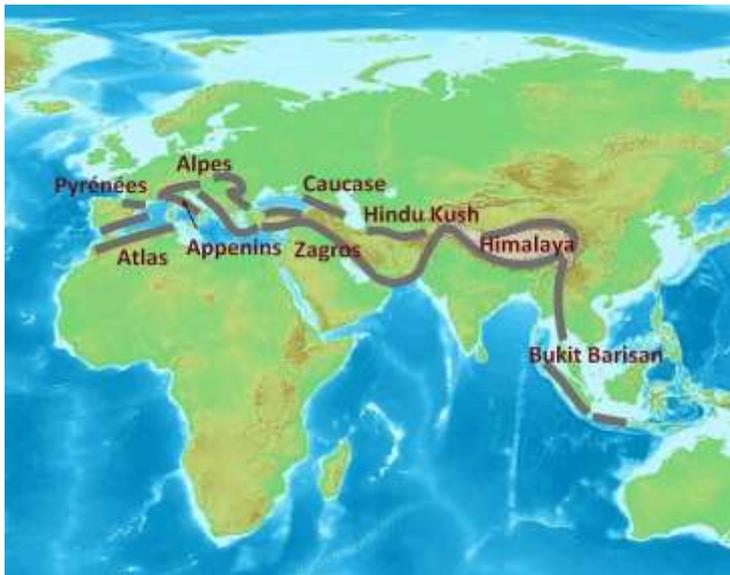
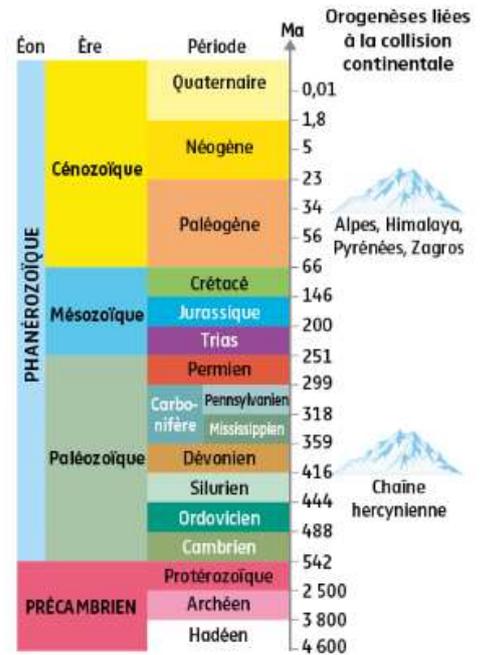
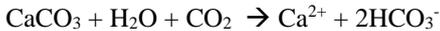
Les orogénèses sont toujours suivies d'altération et d'érosion intenses.

Un important mécanisme d'altération des roches se met en place sous l'action de l'eau de pluie chargée en CO₂ dissous selon la réaction suivante :

Roches silicatées :



Roches carbonatées:

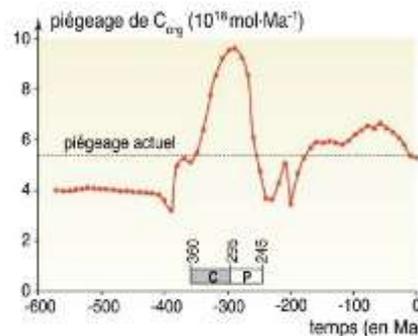


D'autres processus d'échanges de carbone entre atmosphère et géosphère :

-La précipitation des carbonates dans l'eau : La craie est une roche sédimentaire formée de l'accumulation de squelettes carbonatés (CaCO₃) de microorganismes marins. Ces microorganismes fabriquent leur squelette en faisant précipiter du carbonate de calcium selon l'équation suivante :



-Le piégeage de la matière organique issue de la photosynthèse des végétaux dans les roches :



-Le dégazage du manteau par le volcanisme libère du CO₂.

Document 6 : colonnes stratigraphiques montrant la succession des roches et leurs localisations dans la chaîne du Zagros.

Les événements géologiques observés ici sont représentatifs de ceux qui se sont déroulés, à la même époque, des Alpes jusqu'à l'Himalaya.

