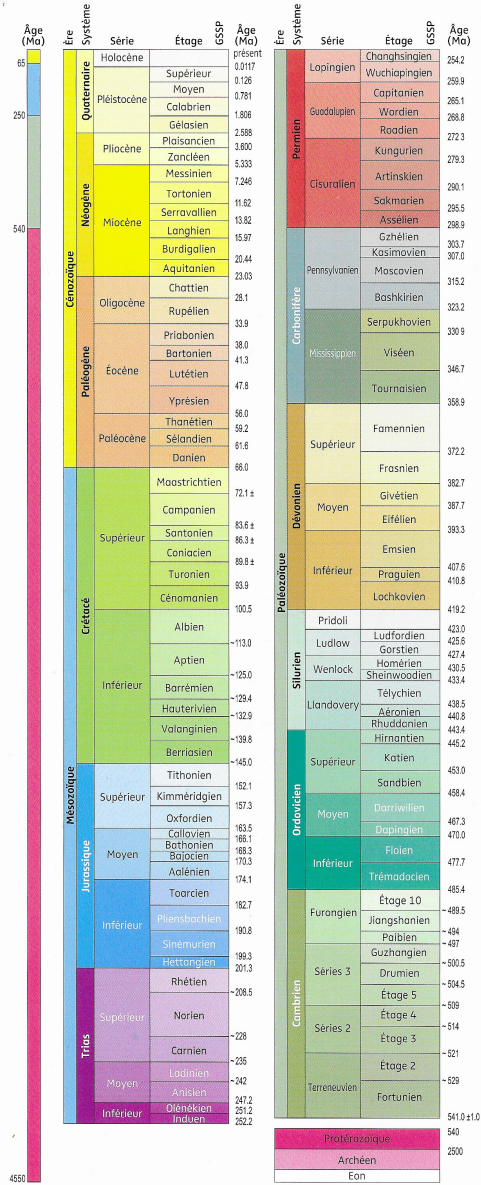
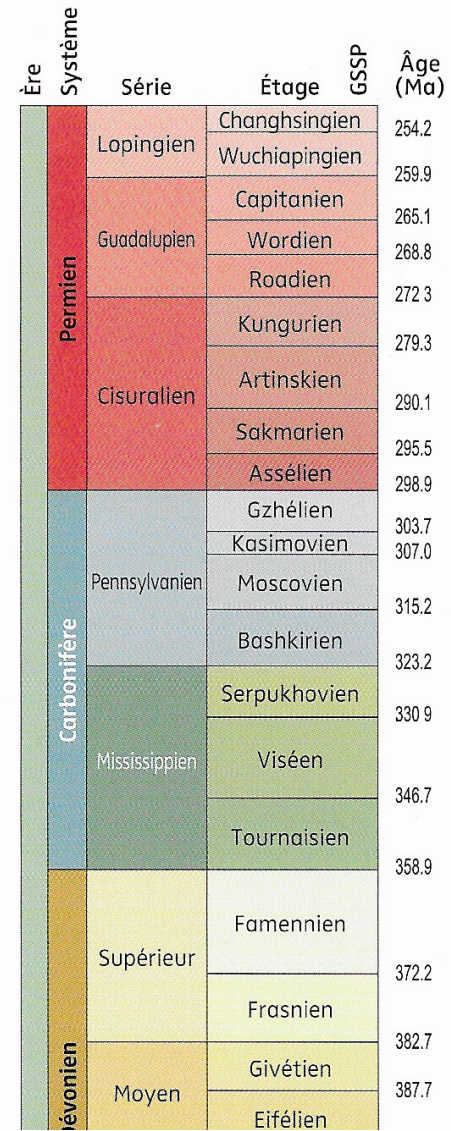
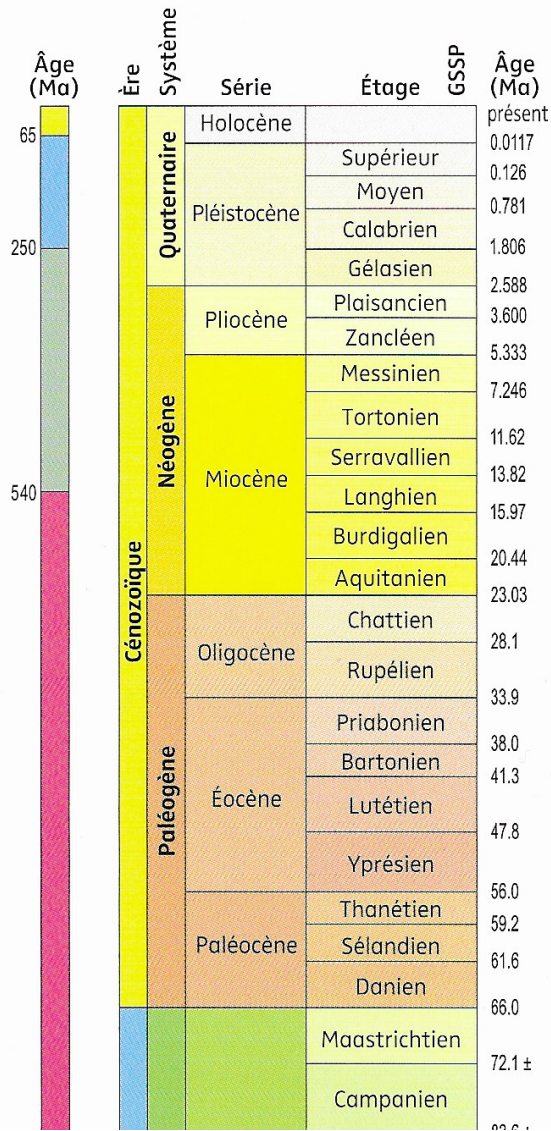


II. Les variations climatiques pendant l'ère cénozoïque (-65 Ma à l'actuel)

ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE

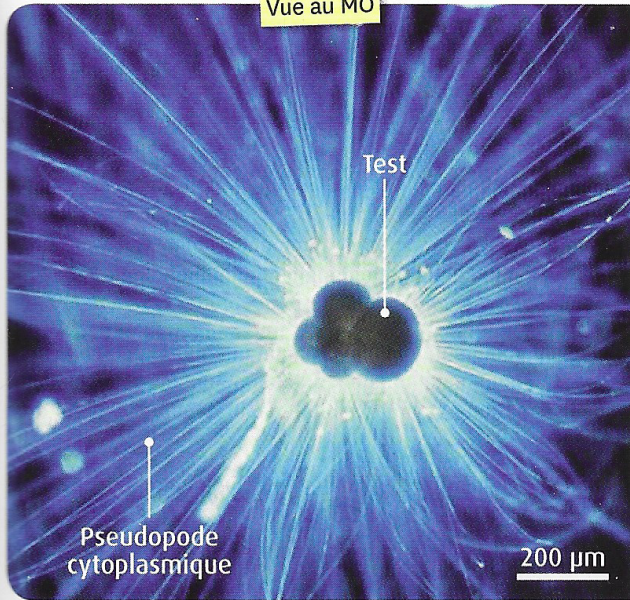


ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE

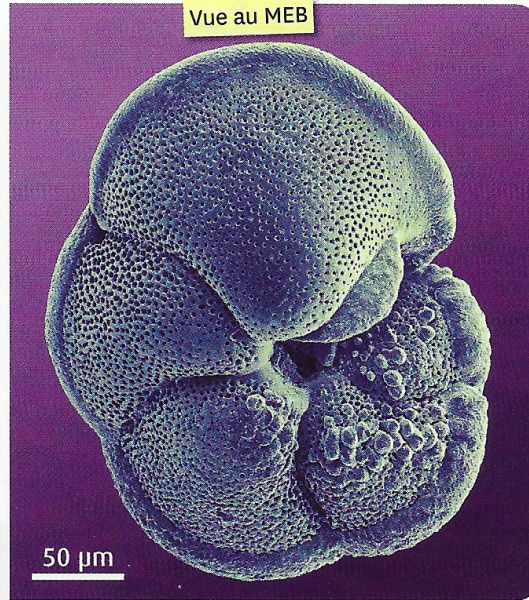


Le $\delta^{18}\text{O}$ enregistré dans les sédiments carbonatés

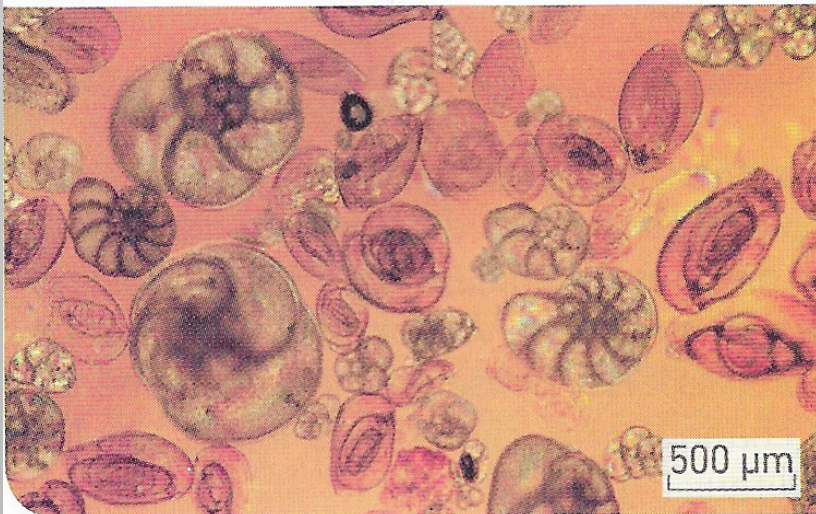
Vue au MO



Vue au MEB



4 Un foraminifère et son test observés au microscope. Les foraminifères sont des organismes unicellulaires planctoniques ou benthiques qui élaborent leur squelette externe calcaire, ou test, à partir des constituants (ions carbonate et calcium) présents dans l'eau. Ces tests calcaires sont des constituants des carbonates océaniques.



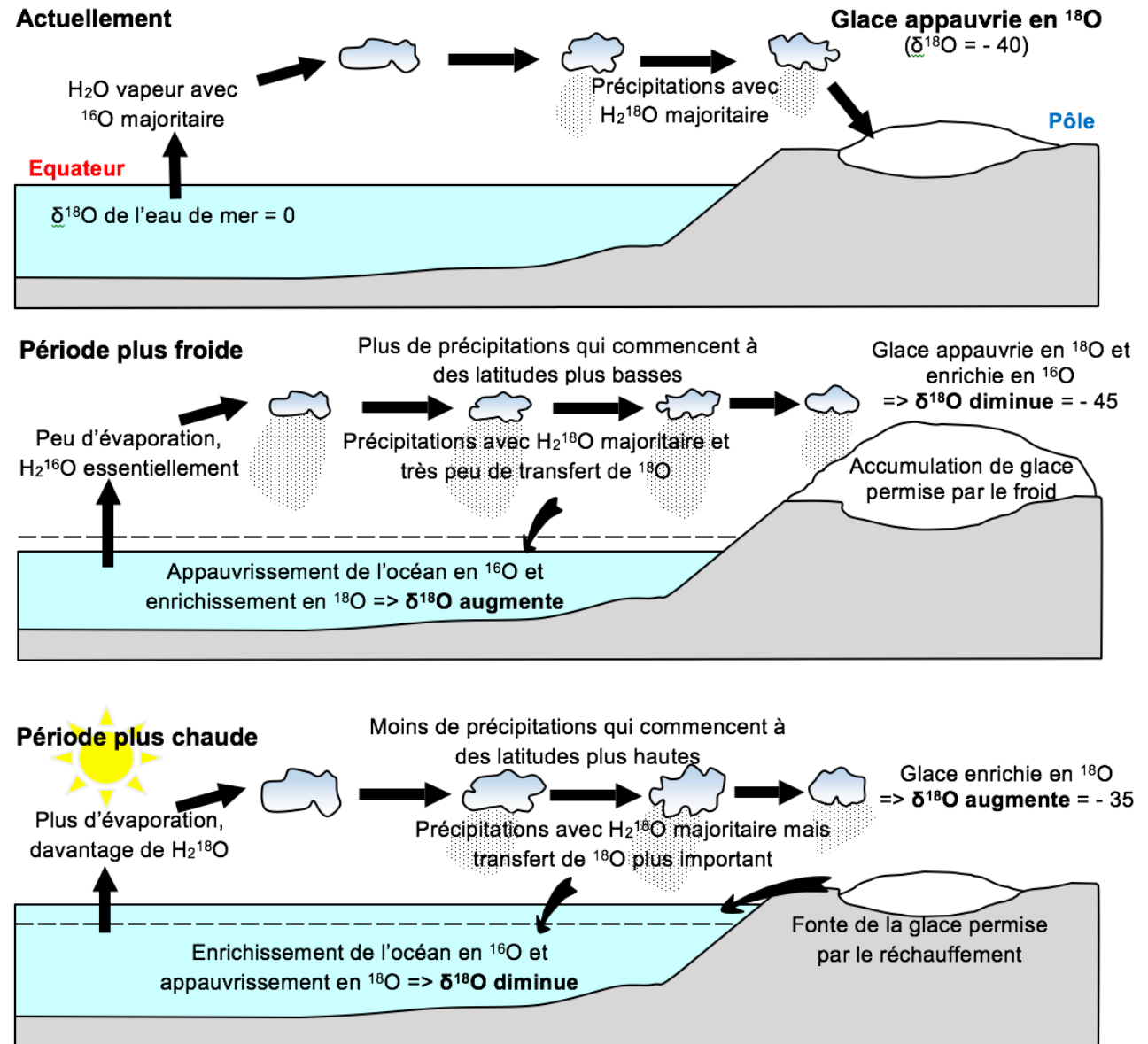
A Tests de foraminifères vus au microscope.

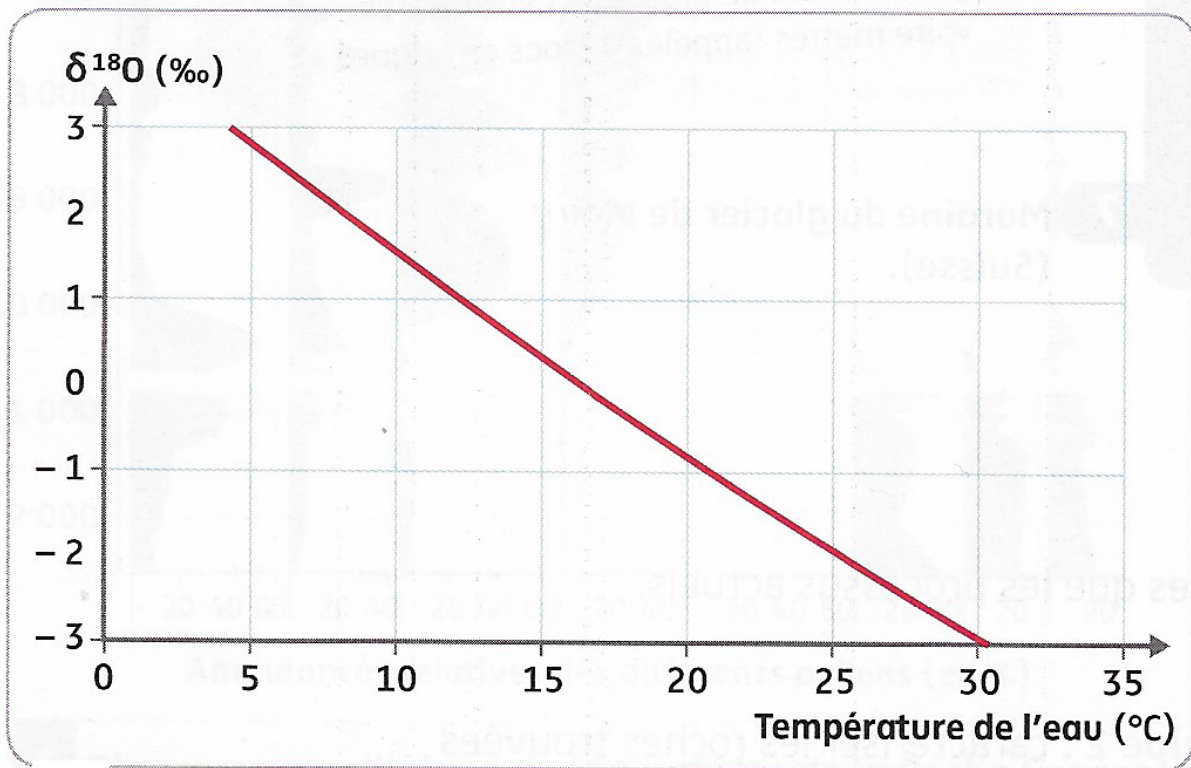
Les fossiles de tests de foraminifères sont abondants dans les sédiments marins et forment des sédiments carbonatés.

Le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré dans ces carbonates de calcium (CaCO_3) dépend du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer au moment ou ces tests ont été fabriqués.

En période froide des millions de km³ de glace sont immobilisés aux pôles, il y a donc moins d'eau dans les océans. La glace étant appauvrie en ¹⁸O, les océans se trouvent donc enrichis en ¹⁸O.

Plus il fait froid, plus le $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer est élevé, plus le $\delta^{18}\text{O}$ des sédiments carbonatés est élevé.

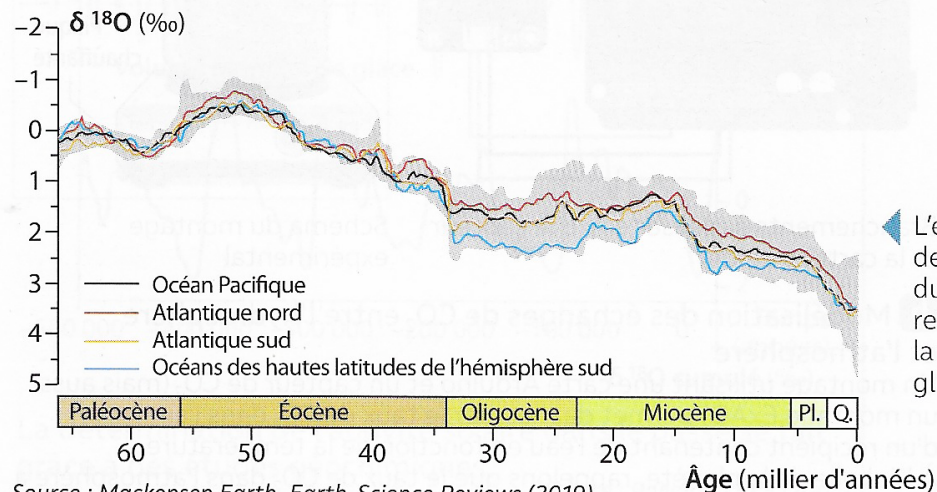




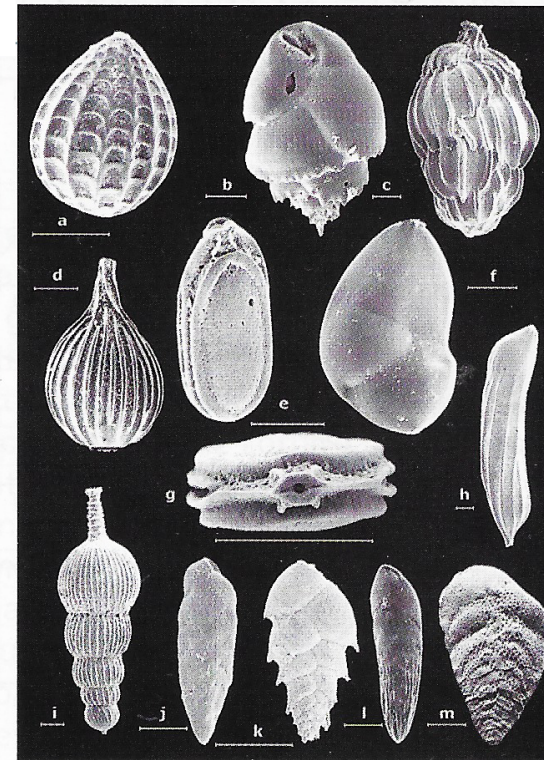
$\delta^{18}\text{O}$ des carbonates en fonction de la température de l'eau. Ces données ont été calculées grâce à des mesures sur des coquilles formées récemment.

Les informations apportées par les thermomètres isotopiques au cénozoïque

Les foraminifères sont des organismes marins très sensibles aux variations des conditions du milieu. Ils incorporent dans leurs tests calcaires (CaCO_3) des éléments chimiques dont les concentrations isotopiques dépendent des concentrations présentes dans l'eau de mer, dépendant elles-mêmes de la température globale. Le $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères donne donc une indication du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer dans laquelle ils ont vécu, et donc de la température générale. Plus il fait froid, plus le $\delta^{18}\text{O}$ des tests de foraminifères augmente.



a Évolution au cours du Cénozoïque du $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères benthiques (= vivant sur le fond) récoltés dans différents océans



b Tests de foraminifères benthiques de la marge atlantique du Maroc observés au microscope électronique à balayage

(a) Oolina (b) Bulimina (c) Uvigerina
(d) Lagena (e) Fissurina (f) Lenticulina
(j-m) Bolivina.

Échelles graphiques : 100 μm

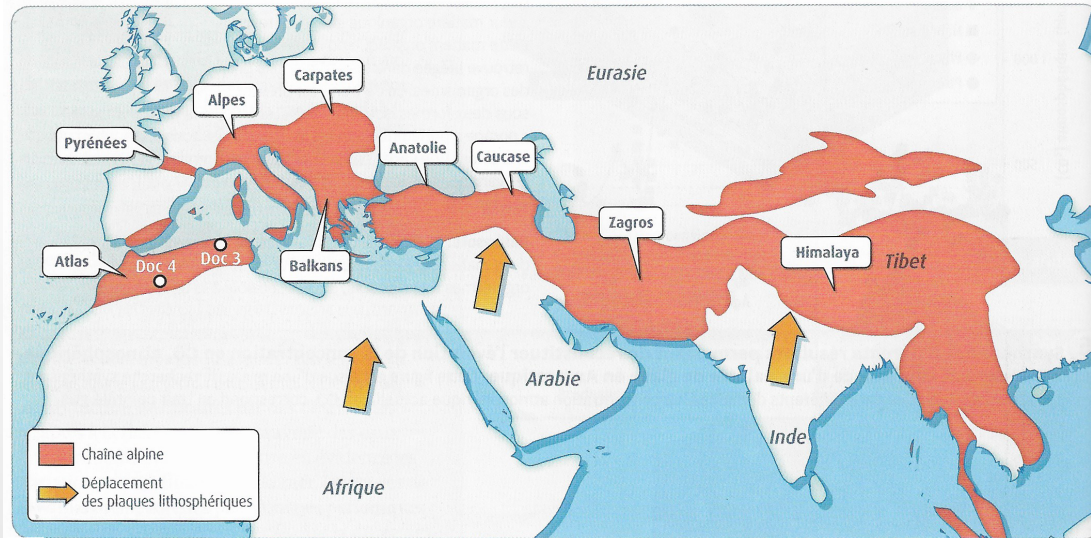
← L'évolution de la valeur du $\delta^{18}\text{O}$ reflète celle de la température globale.

Altération des chaînes de montagne et taux de CO₂ atmosphérique

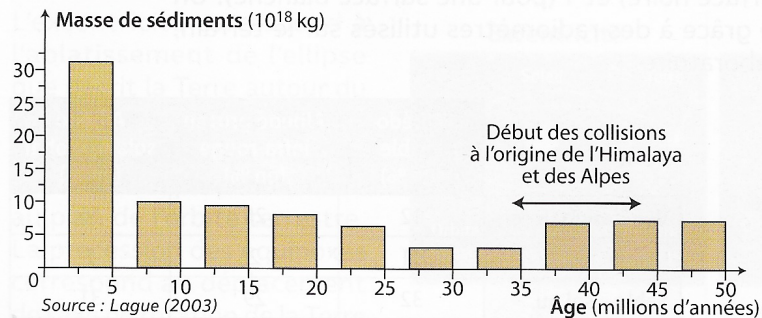
Le cénozoïque est une période de réunion des blocs continentaux et de formation de chaînes de montagnes dont les principales forment la ceinture orogénique alpine. Dès leur formation, les reliefs montagneux sont soumis à l'altération et à l'érosion. Ce phénomène est quantitativement très important. A titre d'exemple, on estime que pour l'Himalaya ces phénomènes ont démantelé un volume de roche de 2 millions de milliards de m³ au cours des 20 derniers millions d'années.



A Dépôts sédimentaires liés à l'érosion de l'Himalaya dans la vallée de l'Indus.



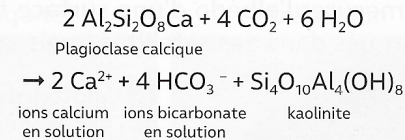
L'orogénèse alpine au Cénozoïque. L'orogénèse alpine désigne la mise en place, depuis environ 60 millions d'années, d'une gigantesque ceinture montagneuse : les chaînes alpines, constituée de nombreux massifs comme les Alpes, les Pyrénées ou l'Himalaya. Cette orogénèse est liée à une collision continentale qui fait suite à la fermeture d'un ancien océan (la Téthys) lors de la remontée de l'Afrique, de l'Arabie et de l'Inde sur le continent eurasiatique. Comme lors de toutes les collisions, cette orogénèse a porté en surface des roches formées dans le manteau et dans la croûte océanique.



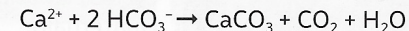
a Histogramme des masses de sédiments déposés au cours du temps dans les bassins sédimentaires

Dès le début de sa formation, une chaîne de montagne est soumise à l'érosion. Grâce à des études géologiques menées dans ces bassins, il est possible d'estimer le taux d'accumulation des sédiments au cours du temps.

Source : d'après Peizhen et al., 2001



Les ions transportés vers des zones de sédimentation précipitent pour former du calcaire selon la réaction suivante :



L'altération de deux plagioclases permet ainsi de piéger durablement 2 CO₂.

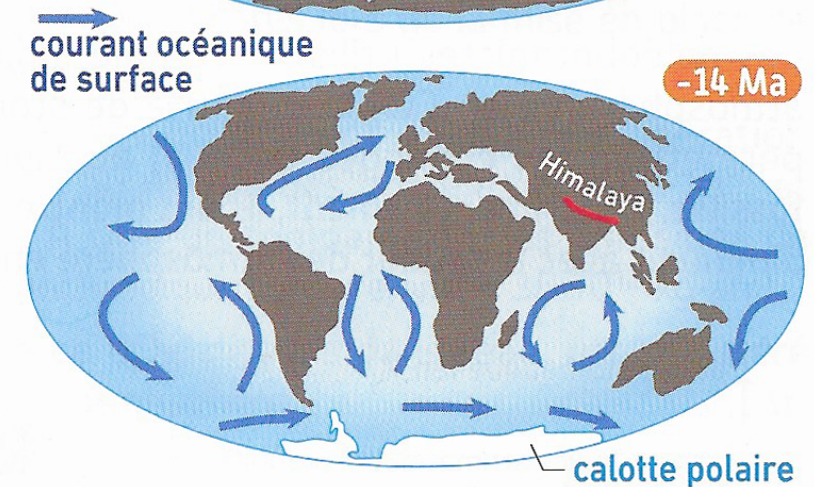
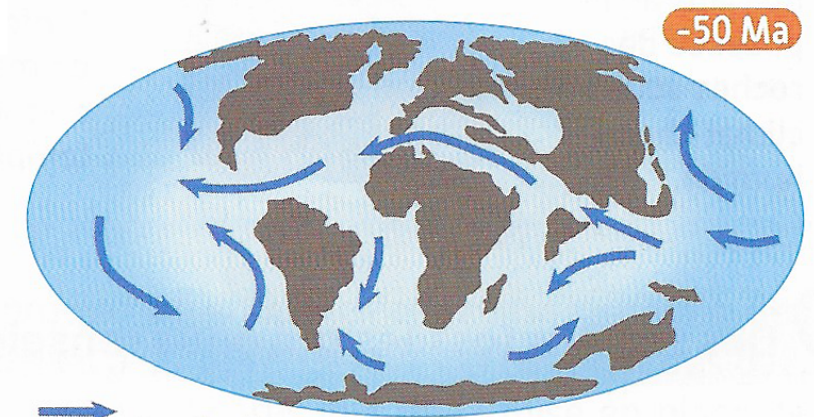
b Réaction d'altération d'un plagioclase calcique, minéral fréquent dans la croûte continentale

Déplacement des masses continentales et modifications de la circulation océanique globale

Le déplacement des masses continentales au cours du Cénozoïque, sous l'effet de la **tectonique des plaques***, a entraîné une modification des courants océaniques de surface, fermant certains passages et en ouvrant d'autres.

Les climatologues font des liens entre **circulation océanique*** et climat global :

- En réchauffant les eaux océaniques, un courant faisant le tour du globe dans la région intertropicale favorise un climat global chaud.
- Au contraire, la présence d'un courant froid autour du continent Antarctique (courant circumpolaire), en isolant ce dernier des apports d'eaux chaudes, y favorise l'installation d'une calotte glaciaire propice au refroidissement global, notamment par augmentation de l'albédo.
- L'existence de courants indépendants de direction globalement nord-sud (courants méridiens) accentue les différences de température en fonction de la latitude, ce qui est favorable à l'installation d'un refroidissement global.



■ Dynamique des masses continentales et courants marins.

Le courant circumpolaire autour de l'antarctique s'est mis en place progressivement à partir de -25 Ma. La calotte glaciaire de l'ouest de l'antarctique a commencé à croître à cette période.