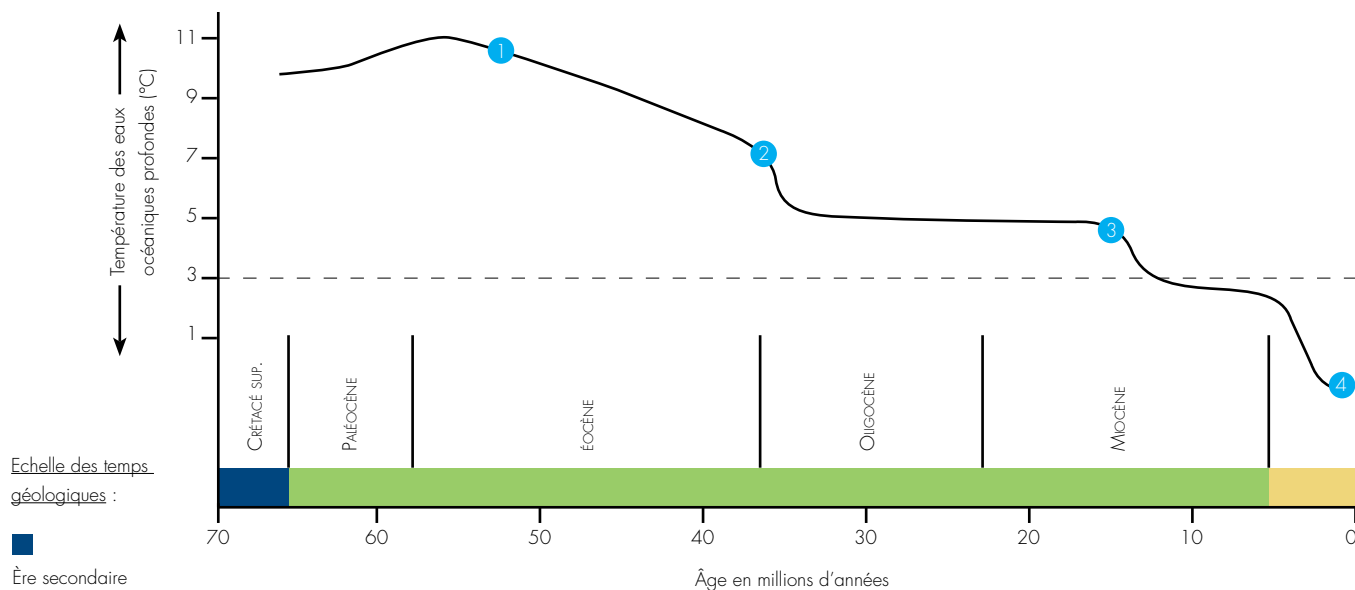


L'ÉVOLUTION DES PALÉOCLIMATS DANS LES RÉGIONS POLAIRES (II) :

Nous avons vu à travers la fiche n°3 que l'histoire de la Terre fut marquée par divers épisodes froids, au cours desquels d'épaisses couches de glace, recouvraient les régions polaires. De nombreux points d'interrogation persistent toutefois quant à l'origine, la chronologie et l'ampleur de ces périodes glaciaires. Nous vivons aujourd'hui la période glaciaire dite du Plio-Quaternaire, dont la dernière glaciation a culminé il y a 20.000 ans, avant de laisser la place à une période chaude dite interglaciaire, l'Holocène, il y a 15.000 ans et dont nous devrions peu à peu sortir, dans quelques milliers d'années.



Figure 1 : Refroidissement par saccades au cours du Tertiaire et lente mise en place de la période glaciaire du Plio-Quaternaire



1) LE REFROIDISSEMENT DU TERTIAIRE SUPÉRIEUR (50-20MA) :

- 1
Surrection de l'Himalaya
- 2
Premiers glaciers de montagne en Antarctique
- 3
Inlandsis en Antarctique
- 4
Inlandsis dans l'Arctique

Tout comme la période glaciaire gondwanienne (au Carbonifère et au Permien, voir fiche n°3), d'origine tectonique, la **période glaciaire du Plio-Quaternaire** semble également due à une orogénèse (naissance de montagnes par collision de plusieurs plaques tectoniques) et à l'isolement du continent Antarctique sur le pôle Sud.

L'entrée dans cette dernière période glaciaire est due à un refroidissement continu, qui s'est effectué par sauts successifs durant la **période Tertiaire**, en particulier lors des époques **Eocène et Oligocène** (50-20Ma). Replongeons-nous un instant dans le contexte de l'époque, à l'Eocène (50 Ma) la température des eaux océaniques chute brutalement suite à une modification des circulations atmosphérique et océanique globales en raison d'une nouvelle répartition des continents sur la planète. Celle-ci implique la surrection des chaînes himalayenne en Asie et andine en Amérique du Sud, ainsi que l'élévation des plateaux du Tibet et du Colorado, autour de 50Ma.

Parallèlement, l'isolement progressif de l'Antarctique au pôle Sud, suite à l'ouverture de l'océan Austral, permet l'établissement d'un **courant circulaire périantarctique** qui ceinture complètement le continent et le prive ainsi des apports de chaleur depuis les régions tropicales. Vers 35Ma, les premiers glaciers de montagne se développent en Antarctique avant l'installation d'une véritable calotte glaciaire autour de 15Ma.

L'éloignement relatif des terres émergées par rapport au pôle Nord retarde l'apparition des glaces qui

n'y apparaissent que vers -2,5 Ma. En plus de la banquise, on y distingue deux calottes de glace : d'une part sur le bouclier canadien et le Groenland et d'autre part, sur la Scandinavie et la Sibérie.

2) LA DERNIÈRE PÉRIODE GLACIAIRE DU PLIO-QUATÉRNAIRE (DE 2MA À AUJOURD'HUI) :

La succession régulière de **glaciations** et d'interglaciaires, qui semble s'être produite durant le dernier million d'années, est à l'origine de la **théorie astronomique des paléoclimats**. Cette théorie se base sur les "**cycles de Milankovitch**", décrits par le mathématicien yougoslave Milutin Milankovitch dès les années 1920. Ces trois paramètres astronomiques varient selon différents cycles qui définissent l'insolation disponible en surface, à une date donnée, déterminant le type de climat présent au sol. Les recherches les plus récentes indiquent que l'entrée en glaciation est déterminée par la quantité d'insolation estivale au niveau des pôles : lorsque la neige ne fond pas en raison d'étés trop rigoureux, elle peut alors s'accumuler dans le temps et mener progressivement à la formation d'un inlandsis sur plusieurs milliers d'années. En raison de sa valeur d'**albédo** très élevée, la neige qui s'accumule lentement, accélère bien sûr ce processus de refroidissement, par réflexion accrue et diminution de l'**effet de serre**. D'importants volumes d'eau douce peuvent alors être stockés au niveau des calottes polaires durant les épisodes de glaciation, ce qui fait largement baisser le niveau marin lors de l'avancée des glaciers. Il s'agit de phases de **régression marine** qui contrastent avec la **transgression marine** (avancée des eaux dans les terres). Chaque glaciation dure environ 100.000 ans en moyenne.



FIGURE 2 : Les paramètres de la théorie astronomique des paléoclimats de Milankovitch

- A

- Axe de rotation terrestre
(axe des pôles)
- B

- Normale au plan de
l'écliptique
- C

- Double cône dû
au mouvement de
précession des
équinoxes

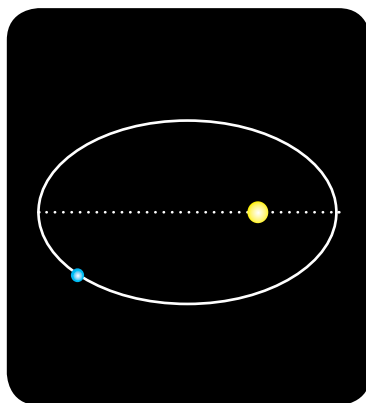


Figure 2.a : Excentricité de l'orbite terrestre.
Durée du cycle : 100.000 ans

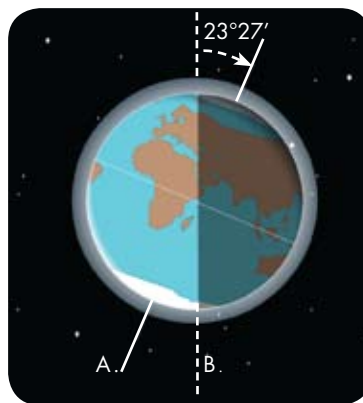


Figure 2.b : Obliquité de l'axe des pôles
Durée du cycle : 40.000 ans



Figure 2.c : Mouvement de précession des
équinoxes. Durée du cycle : 26.000 ans

Voyons à présent quels sont les trois paramètres astronomiques responsables des cycles de Milankovitch :

“L’**excentricité**” de l’orbite terrestre (qui s’effectue dans le plan de l’**écliptique**), désigne la déformation de celle-ci : l’orbite elliptique oscille entre une forme très proche du cercle parfait et une ellipse plus allongée. Le cycle complet s’effectue avec une période de 100.000 ans.

“L’**obliquité**” de l’axe des pôles. L’angle d’inclinaison de l’axe de rotation terrestre n’est pas constant dans le temps, il vaut actuellement $23^{\circ}27'$ et varie en fait entre 21° et 24° , avec une périodicité de 40.000 ans. Une forte inclinaison par rapport à la verticale correspond à un contraste saisonnier important.

“La **précession climatique**”, également appelée “**précession des équinoxes**”, rend compte du fait que la Terre oscille comme une toupie autour de son axe de rotation. Celui-ci décrit ainsi un double cône autour de la direction perpendiculaire au plan de l’orbite et ce mouvement décale lentement la position des équinoxes par rapport aux deux positions de **périhélie**, au 21 décembre et d’**aphélie**, au 3 juillet (ces dates changent avec la variation du paramètre). Le cycle complet dure 26.000 ans.

Très tôt, paléoclimatologues et géologues ont compris l’importance de l’apport énergétique extérieur contrôlant l’entrée en période glaciaire, mais il semble toutefois que d’autres mécanismes de **couplages** ou **rétroactions** soient également nécessaires pour rendre compte de la complexité

inhérente à la machine climatique (interactions atmosphère-océans, végétation-atmosphère, etc.).

C’est ce qu’a permis la **modélisation numérique**, au cours des trente dernières années. En effet, à l’aide de puissants ordinateurs, on a pu mettre en équations la dynamique de l’atmosphère et des océans ainsi que les échanges complexes d’énergie qui s’y déroulent. Parmi ceux-ci, les modèles climatologiques sont donc désormais capables de bien restituer l’alternance des cycles glaciaire-interglaciaire sur les derniers 800.000 ans, période d’échantillonnage des carottes de glace prélevées par exemple en Antarctique.

La dernière glaciation, dite de **Weichsel** en Europe du Nord (anciennement Würm, pour sa partie alpine), montre un climat très instable, où les températures n’ont cessé de chuter depuis 115.000 ans jusqu’au maximum glaciaire, il y a 20.000 ans. Ensuite, l’**Holocène**, dernier interglaciaire en date, démarra il y a 10.000 ans pour courir jusqu’à nous. Celui-ci fut nettement plus stable et caractérisé par un réchauffement marqué qui a notamment permis la sédentarisation de l’espèce humaine et le développement de l’agriculture.



GLOSSAIRE :

Aphélie : n.m. Astro. - Point de l'orbite d'une planète le plus éloigné du soleil.

Ecliptique : n.m. Astro. - Plan qui porte la trajectoire de la Terre autour du soleil. Ce plan fait actuellement un angle de $23^{\circ}27'$ avec le plan de l'équateur terrestre.

Effet de serre : n.m. phys. - Echauffement de l'atmosphère suite à l'absorption temporaire, par certains gaz dits à "effet de serre", d'une partie de la chaleur émise par la surface d'une planète (dans notre cas, la Terre).

Excentricité (de l'orbite terrestre) : n.f. Astro. - Grandeur qui permet de caractériser la distance entre le centre d'une ellipse et ses foyers. Plus l'ellipse est excentrique, plus elle est "aplatie". L'orbite terrestre étant proche du cercle parfait, son excentricité est très faible (valeur proche de zéro pour celui-ci).

L'obliquité ou l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre : n.f. Astro. - Angle entre le plan de l'orbite d'un corps céleste (dans ce cas, la Terre) et le plan de l'écliptique.

Modélisation numérique : n.f. Math. & Info. - Terme employé dans de nombreux domaines (mathématique, physique, ingénierie, informatique, etc.) et désignant une méthode visant à analyser un phénomène réel ou un système physique par ordinateur, afin d'en prévoir l'évolution dans le temps.

Période glaciaire : n.f. Géol. - Période froide de plusieurs millions d'années, caractérisée par une présence significative de glace dans les régions polaires. Au sein de ces longues périodes glaciaires, alternent des couples de glaciations (épisodes froids) et d'interglaciaires (épisodes chauds), d'une durée moyenne de 100.000 ans.

Périhélie : n.m. Astro. - Point de l'orbite d'une planète le plus proche du soleil

Précession des équinoxes : n.f. Astro. - Mouvement rétrograde (dans le sens opposé au mouvement) des points d'équinoxes sur le plan de l'écliptique. Sa période est de 26.000 ans.

Régression (marine) : n.f. Géol. - Recul des océans depuis les surfaces continentales se mettant en place durant un épisode de glaciation où d'importants stocks de glace se déposent aux pôles.

Transgression (marine) : n.f. Géol. - Avancée des océans sur les surfaces continentales en fin d'épisode glaciaire suite à la fonte des calottes polaires.

Wechsel : Glaciol. - Nom de la dernière glaciation de la période glaciaire du Plio-Quaternaire. Commencée il y a 115.000 ans, elle culmina il y a 20.000 ans avant d'entrer dans l'interglaciaire actuel appelé Holocène, il y a 10.000 ans.

Cette fiche Savoir n°4 fait référence aux fiches suivantes :

3 5 18

WEB :

Deux sites traitant de la théorie astronomique des paléoclimats de Milankovitch :

<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Histoire/Paleoclimats/Animations/milankovitch.html>

<http://www.inrp.fr/Acces/biotic/envIRON/paleoclimats/html/milanko2.htm>