

Chapitre 7 : Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

Introduction : Le climat actuel change très rapidement

Depuis des dizaines d'années, de nombreux scientifiques alertent sur l'existence d'un changement climatique récent se caractérisant par un réchauffement .

Depuis 150 ans, la température moyenne de la Terre a augmenté d'environ 1°C. Ce réchauffement climatique est lié à la perturbation du cycle du carbone par les rejets de gaz à effet de serre tels que le CO₂ liés aux activités humaines. Nos émissions sont en partie compensées par des puits de carbone qui captent le CO₂, mais ces puits sont insuffisants et le taux de CO₂ supplémentaire entraîne un forçage radiatif (Effet de serre additionnel) entraînant la hausse des températures.

Pour comprendre et mieux appréhender ce réchauffement climatique, il faut pouvoir le replacer dans l'histoire et le comparer avec les variations climatiques passées .

Problématique : Quelles sont les méthodes pour reconstituer et pour comprendre les variations climatiques passées ?

I Les variations climatiques du quaternaire

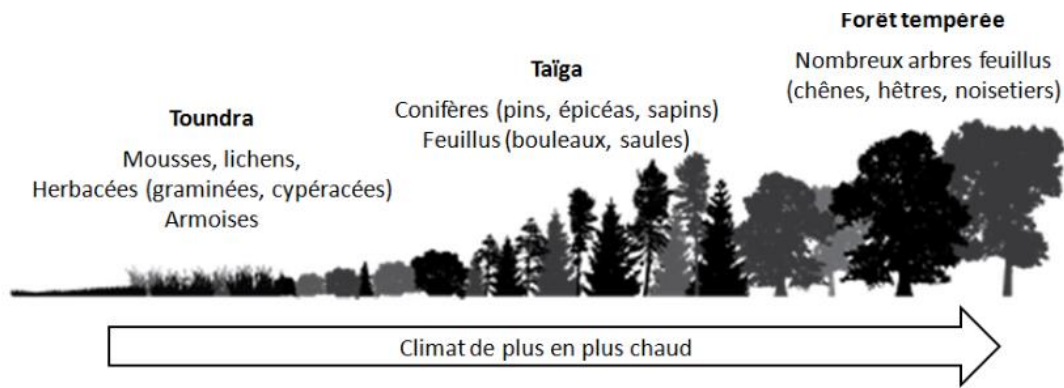
Le quaternaire est la dernière période du Cénozoïque qui débute il y a 2.5 Millions d'années.

A Les indicateurs des variations climatiques .

On peut reconstituer les variations climatiques passées en se basant sur le principe d'**actualisme** qui postule que dans le passé les processus opéraient de la même façon qu'actuellement .

Les climatologues **recherchent** donc des **indices** :

- **Géologiques** capables de révéler les climats du passé : la glace façonne les paysages qui gardent longtemps après son retrait les traces de passage du glacier : vallées à fond plat, restes de **moraines** , **blocs erratiques** (exemple de bloc retrouvé à central parc à New York).
- **Paléo-écologiques** (= les traces laissées par la faune ou la flore) qui permettent de reconstituer les climats locaux . Les plantes à fleurs se reproduisent en disséminant notamment des grains de pollens. Chaque espèce produit des grains caractéristiques (taille, forme, ornementation) . À l'abri de l'air, dans un milieu acide et humide (tourbière, marécage, lac...), le pollen peut se fossiliser et se conserver des centaines de milliers d'années. Pour une période donnée, la combinaison des pollens retrouvés donne une idée de la végétation qui occupait le lieu étudié et donc des **conditions climatiques** qui prévalaient. **l'étude des pollens fossilisés** permet de reconstituer l'évolution de la végétation et donc du climat au cours du temps .



Document 1 : Types de plantes et climat

- **Préhistoriques** , l'étude des peintures rupestres nous informe sur la faune côtoyée par l'Homme et donc sur le climat et ses évolutions .(exemple de la grotte Cosquer actuellement sous l'eau qui présente des peintures rupestres présentant des animaux de climat froid → niveau de l'eau était plus bas à cause de la présence de glaciers)
- **Datations isotopiques** = la mesure de rapports isotopiques de l'oxygène dans les calottes polaires et les sédiments océaniques.

L'oxygène est présent sous forme de deux isotopes, le ^{16}O (léger) et le ^{18}O (lourd).

Le calcul du delta ^{18}O ($^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$) à partir de carottages réalisés dans la glace et / ou dans les sédiments océaniques nous renseigne sur les conditions climatiques de l'époque .

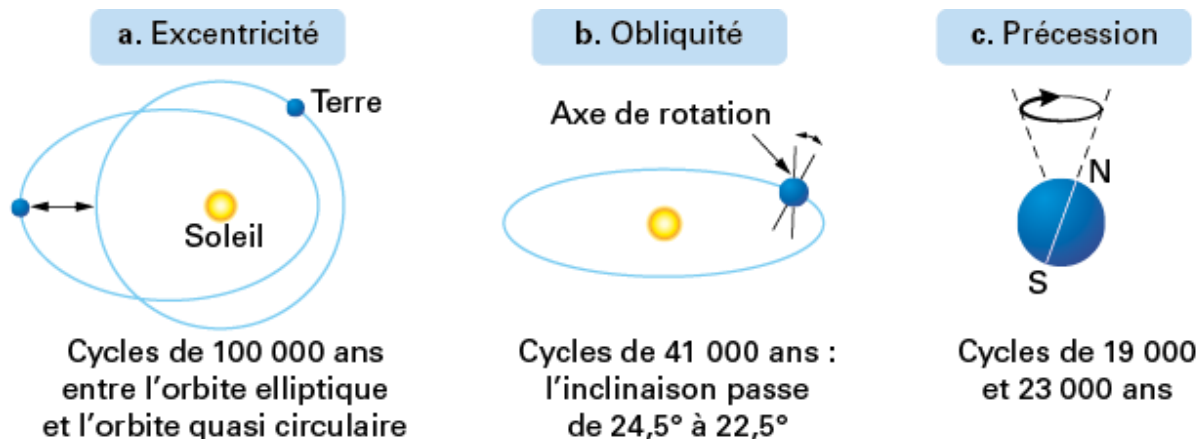
- En période chaude le ^{16}O prisonnier de la glace est libéré dans les océans : le delta ^{18}O des océans est faible alors que les glaciers proportionnellement s'appauvrissent en ^{16}O , le delta ^{18}O sera fort .
- En période froide beaucoup de ^{16}O piégé dans la glace donc moins présent dans les océans : delta ^{18}O sera fort dans les océans et faible dans la glace .

L'ensemble des données préhistoriques, géologiques et paléo-écologiques attestent de l'existence d'une période glaciaire entre -120 000 et -11 000 ans.

- Le climat du Quaternaire correspond donc à une alternance de périodes froides dites **GLACIAIRES** (périodes de temps où la baisse planétaire des températures conduit à une vaste extension des calottes glaciaires) et de périodes plus chaudes dites **INTERGLACIAIRES**. Actuellement, la Terre se situe dans une période interglaciaire.

B L'origine des variations climatiques quaternaires.

La théorie astronomique du climat, de Milankovic, suppose que les variations climatiques du Quaternaires sont la conséquence des variations cycliques de **3 différents paramètres de l'orbite terrestre**.



a. Excentricité = changement de la forme de l'orbite de la Terre autour du soleil.

b. Obliquité = Changement d'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre.

c. Précession = Changement de direction de l'axe de rotation de la Terre

Une boucle de rétroaction positive apparaît lorsqu'une petite variation d'un paramètre entraîne une variation importante dans le même sens

Les variations climatiques du Quaternaire s'expliquent par les variations cycliques des paramètres orbitaux qui, en modifiant les contrastes été/hiver, font varier la couverture de glace et donc l'albédo. Ces effets sont amplifiés par les océans (modification de la solubilité du CO₂ dans l'eau).

❖ Lors d'une période glaciaire, la diminution de température induite par les paramètres astronomique est à l'origine de deux rétroactions positives :

– Augmentation de la solubilité du CO₂ => diminution de la concentration atmosphérique en CO₂ => diminution de l'effet de serre => diminution de la température ;

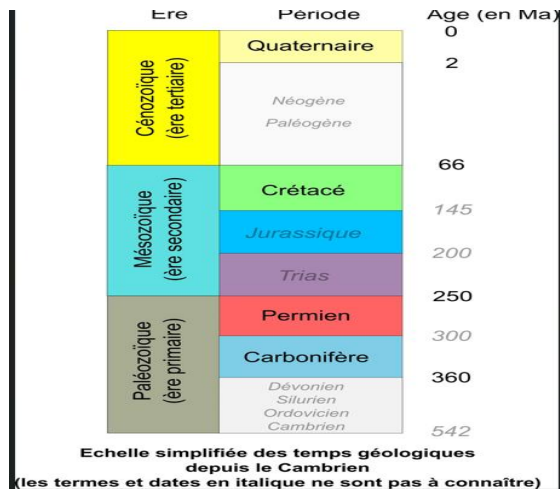
– augmentation de la surface des calottes glaciaires => augmentation de l'albédo => diminution de la température

❖ Lors d'une période interglaciaire, l'augmentation de température induite par les paramètres astronomique est à l'origine de deux rétroactions positives :

– Diminution de la solubilité du CO₂ => augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ => augmentation de l'effet de serre => augmentation de la température

– diminution de la surface des calottes glaciaires => diminution de l'albédo => augmentation de la température

II Les variations climatiques des 500 derniers millions d'années.



A Le refroidissement cénozoïque.(-66 Ma à la période actuelle)

Les 50 derniers millions d'années sont marqués par un refroidissement progressif aboutissant aux glaciations du Quaternaire .

- Différents indices indiquent une tendance générale au refroidissement :
 - Géochimiques ($\delta^{18}\text{O}$ des carbonates qui est fort)
 - Répartition des fossiles de climats chauds répartis au niveau de l'équateur et des tropiques
 - Indices géologiques sédimentaires spécifiques d'aires climatiques (présence de tillites roches d'origine glaciaire)
- Les facteurs à l'origine de ce refroidissement sont :
 - La tectonique des plaques et les mouvements horizontaux de la lithosphère ont entraîné la formation des chaînes de montagnes dont les Alpes et l'Himalaya .Ces reliefs ont été soumis au processus d'érosion. L'altération de certains minéraux étant consommatrice de CO_2 , la concentration atmosphérique de CO_2 a baissé et donc l'effet de serre provoquant le refroidissement .
 - La variation de la position des continents a modifié la circulation océanique. (L'Antarctique s'est individualisé → mise en place de la circulation circumpolaire (courant froid se déplaçant autour de l'Antarctique). → refroidissement de l'Antarctique et donc à l'installation ainsi qu'au maintien de la calotte antarctique →augmente l'albédo global de la Terre → **refroidissement cénozoïque**)

B Le réchauffement du mésozoïque (-252Ma à - 65 Ma).

- Différents indices indiquent un réchauffement important au Mésozoïque (notamment au Crétacé, de - 146 à - 66 Ma) avec un climat globalement plus chaud (d'environ 3 °C) qu'aujourd'hui. Il semble que la Terre ne possédait plus aucune calotte polaire).
 - Indices géologiques (charbons au niveau des pôles, bauxites, évaporites)
 - Indices paléontologiques et paléobotaniques (extension flore et faune tropicale dont les coraux à haute latitude).

- Les facteurs à l'origine de ce réchauffement sont un taux élevé de CO₂ atmosphérique au Crétacé à cause du volcanisme des dorsales . En effet , il s'agit d'une période de séparation des masses continentales (ouverture de l'Atlantique) avec un taux d'expansion océanique particulièrement élevé .

C Les grandes glaciations du Paléozoïque(- 360 à - 250 Ma)

La découverte de traces glaciaires sur de nombreux continents révèle l'existence d'une vaste glaciation qui a pu recouvrir entièrement la Terre de glace (« Snowball earth »)

Un ensemble d'indices montrent qu'à cette époque le taux de CO₂ atmosphérique était très bas . Plusieurs causes peuvent expliquer ce climat très froid .

- Altération de la chaîne hercynienne située au niveau de l'équateur donc en climat chaud et humide .

- Fossilisation de grandes quantités de matières organiques par enfouissement de matières végétales piégeant ainsi le carbone sous forme de charbon dans les bassins sédimentaires en périphérie de la chaîne Hercynienne .

-Modification des circulations océaniques et atmosphériques due à la formation du supercontinent Pangée favorisant la formation d'une vaste calotte glaciaire dans l'hémisphère Sud .

Conclusion : Quelles sont les méthodes pour reconstituer et pour comprendre les variations climatiques passées ?

- Depuis 1850 la température globale a augmenté , ce réchauffement climatique est lié aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre (CO₂) .
- L'étude des climats passés est indispensable pour anticiper le changement climatique à venir .
- Les variations climatiques cycliques du Quaternaire coïncident avec les variations périodiques des paramètres orbitaux de la Terre qui modifient la puissance solaire reçue aux hautes latitudes .
- Dans les temps géologiques , des périodes froides ou chaudes alternent , les facteurs sont divers :
 - Altération chimique des roches.
 - Tectonique des plaques
 - Circulation océanique
 - Forte activité des dorsales océaniques
 - Effet de serre
 - Fossilisation de matières organiques .