

Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées.

Introduction

Différence météorologie / climatologie

Problématique : Comment les scientifiques reconstituent-ils les variations climatiques passées ?

I. Les variations climatiques récentes et leurs origines

A. les changements climatiques récents

Le climat du quaternaire (depuis 2.6Ma) a été marqué par une **alternance** de périodes de refroidissement (appelées **glaciations**) et de périodes de **réchauffement**. La dernière glaciation (**Würm**) a débuté il y a environ 120 000 ans et s'est achevée il y a 11 000 ans (maximum glaciaire : – 20 000 ans). Depuis 15 000 ans environ, le climat s'est réchauffé et s'est traduit par une forte réduction de la surface des glaciers.

On peut mettre en évidence que les phases de refroidissement se répètent régulièrement avec une période de **100 000 ans**. Entre deux glaciations, on peut déterminer des cycles climatiques moins marqués (réchauffement – refroidissement).

B. les marqueurs de ces changements climatiques

La détermination de ces variations climatiques a été effectuée en utilisant différents marqueurs climatiques, comme la teneur isotopique des glaces, les grains de pollen ou le contenu fossilifère de dépôts sédimentaires récents.

1. les rapports isotopiques dans les cristaux de glace

Dans les cristaux de glace qui se forment actuellement, on peut montrer une corrélation entre les **rapports isotopiques** de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) et de l'hydrogène (δD) et la température de formation des cristaux : plus la température est **faible**, plus la valeur du $\delta^{18}\text{O}$ et du δD est **faible**.

A partir des rapports isotopiques mesurés dans des cristaux de glace anciens (prélevés dans des carottes de glace) et en utilisant le principe de **l'actualisme**, on peut donc estimer les variations climatiques passées depuis 800 000 ans.

2. les grains de pollens

Le pollen, élément servant à la reproduction des plantes à fleurs, **petit, léger**, émis en très grand **nombre**, très **résistant** à la décomposition (*grâce à son enveloppe extérieure l'exine*), de forme et de taille variable est **fossilisé** dans les sédiments.

L'identification des végétaux d'une région et à une période donnée est faite par comparaison des pollens fossiles (carottage de sédiments continentaux) et des pollens actuels. On peut faire une évaluation (*à partir de comptage*) du pourcentage de chaque type de pollen, permettent d'établir **un spectre pollinique caractéristique d'une période donnée.**

Celui-ci permet de reconstituer l'association végétale (**biome**) présente à cette époque et **indicatrice d'un climat particulier.**

Pour une région donnée, on peut, en observant les spectres polliniques d'époques successives, construire **un diagramme pollinique** traduisant l'évolution des biomes au cours du temps. Associés à des méthodes de datation, les pollens permettent de retrouver les grandes variations climatiques récentes.

3. les microfossiles marins

Les observations actuelles montrent que la répartition de certains microfossiles (ex : **foraminifères** planctoniques) est dépendante des conditions climatiques locales. L'utilisation de ces données actuelles permet, à partir d'échantillons de sédiments marins anciens, de reconstituer les conditions climatiques passées. Cette reconstitution est basée sur l'étude de l'évolution au cours du temps des **proportions** de différentes espèces « repères » dans une carotte sédimentaire.

L'analyse des microfossiles contenus dans les dépôts sédimentaires fournit donc également des informations sur les conditions climatiques passées dans les zones de prélèvement de ces dépôts.

Remarque : il est également possible d'étudier le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré dans certains microfossiles marins pour déterminer les variations climatiques océaniques. Attention, dans ce cas-là, une diminution du rapport isotopique $\delta^{18}\text{O}$ traduira une augmentation de la température !

Bilan : La détermination des conditions climatiques passées sera d'autant plus fiable que le nombre de marqueurs utilisés sera important. Par ailleurs, l'exploitation actuelle de ces différents marqueurs permet de constater l'évolution climatique qui affecte aujourd'hui les différentes régions du globe.

Les marqueurs présentés ici ne peuvent être exploités que pour des variations récentes car ces marqueurs ne sont présents que dans des terrains récents ; dans des formations géologiques plus âgées, ces marqueurs ont disparu (glaces, pollens ...).

C. les origines des changements climatiques

1. les variations de la concentration en gaz à effet de serre (GES)

L'effet de serre est un phénomène **naturel** de réchauffement de la température terrestre ; en effet, en absence d'effet de serre, la température de la surface terrestre

serait d'environ -18°C alors qu'elle atteint **$+15^{\circ}\text{C}$** en moyenne. L'effet de serre est donc responsable d'un réchauffement moyen de $+33^{\circ}\text{C}$.

L'effet de serre est la conséquence des propriétés de certains gaz de l'atmosphère (H_2O , CO_2 , CH_4 , oxydes nitreux) – appelés **Gaz à Effet de Serre** (GES). Ces derniers retiennent les rayons **infrarouges** émis par la surface terrestre (celle-ci est en effet « chauffée » par les rayonnements solaires reçus et émet alors des rayons IR).

Ainsi, plus la concentration en GES augmente et plus la température à la surface du globe augmente.

La concentration en GES a varié de nombreuses fois au cours des temps géologiques pour des raisons diverses (cf TD2).

On peut retrouver les taux de GES en étudiant les bulles d'air conservées dans les glaces à l'aide de carottage.

Il faut noter que le réchauffement actuel est dû à des polluants d'origine **anthropique** (= humaine) comme le CH_4 par exemple.

2. les autres facteurs à l'origine des variations climatiques : paramètres orbitaux, albédo

D'autres facteurs peuvent agir sur les conditions climatiques et indépendamment de l'effet de serre :

– **les paramètres orbitaux** qui affectent la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre et donc la température moyenne à la surface du globe.

On distingue 3 paramètres orbitaux différents définis par :

- inclinaison de l'axe de rotation : **obliquité**
- **excentricité** de l'orbite terrestre
- orientation de l'axe de rotation : **précession**

La théorie astronomique du climat

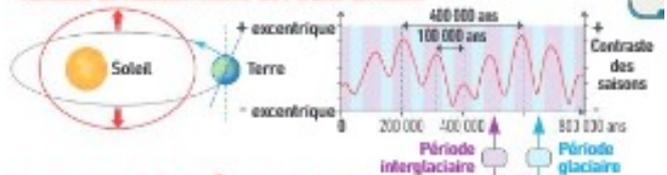
Publiée en 1941, la théorie astronomique du climat, de l'astronome croate Milutin Milanković, suppose que les variations climatiques quaternaires sont la conséquence des variations cycliques de différents paramètres de l'orbite terrestre :

- L'excentricité de l'orbite correspond au degré d'aplatissement de l'ellipse que décrit la Terre dans sa révolution autour du Soleil.
- L'obliquité correspond à l'angle d'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de son orbite.
- La précession correspond à la position de l'axe de rotation de la Terre, suivant un mouvement d'oscillation ressemblant à celui de l'axe d'une toupie.

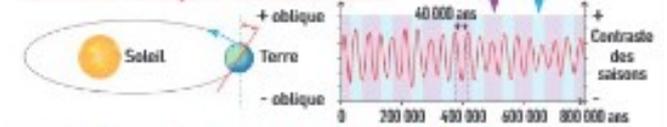
Ces différents paramètres ont une influence sur la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre au cours de l'année et également sur le contraste entre les saisons. Ils produiraient des variations climatiques cycliques, appelées **cycles de Milanković**.

Cette théorie ne fût largement admise dans la communauté scientifique qu'au début des années 1970.

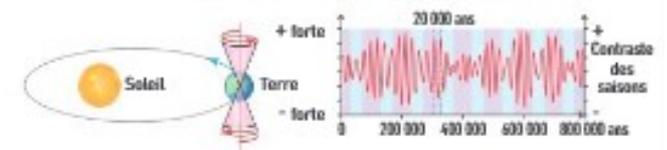
Variation de l'EXCENTRICITÉ de l'orbite terrestre



Variation de l'OBLIQUITÉ de l'axe de rotation



Variation de la PRÉCESSION de l'axe de rotation de la Terre



■ Variation des paramètres (excentricité, obliquité et précession) de l'orbite terrestre.

Ces paramètres varient de manière cyclique avec des périodes qui pourraient expliquer certaines des variations climatiques cycliques récentes.

Pour comprendre les origines de variations glaciaires-interglaciaires, nous pouvons envisager deux cas extrêmes, parmi de nombreuses configurations possibles :

- **Pour la période glaciaire** : excentricité faible (donc orbite de la Terre presque circulaire), faible inclinaison et grande distance Terre-Soleil en été. Il en résulte un **faible contraste saisonnier** et une configuration favorable à l'apparition d'une période glaciaire.
- **Pour l'apparition d'une période interglaciaire** : forte excentricité (l'orbite de la Terre est une ellipse), inclinaison forte et une faible distance Terre-Soleil en été. Il en résulterait **des saisons très contrastées**.

– **l'albédo** qui est définie comme le rapport entre énergie réfléchie et énergie reçue. Lorsque l'albédo augmente, cela signifie que davantage d'énergie est réfléchie. En période froide, le développement des banquises et des glaciers provoque une augmentation de l'albédo, amplifiant de nouveau le refroidissement.

– **la solubilité du CO₂** diminue lorsque la température augmente ; ainsi, en période **chaude**, le CO₂ se dissout moins dans l'eau, il est rejeté dans l'atmosphère, provoquant une **augmentation** de la concentration atmosphérique en CO₂, ce qui amplifie le **réchauffement**.

Ces deux phénomènes (albédo et solubilité du CO₂) sont donc des mécanismes amplificateurs des variations climatiques.