

Enregistrements des paléoclimats

Leçon Prépa Agreg 2008
Robert Alexandra (arobert@geologie.ens.fr)

Proposition de Plan

1 Introduction

Fonctionnement simplifié de la machine climatique et les interactions entre ses différents composants. Pourquoi la paléoclimatologie ?

2 Les enregistrements de la variabilité climatique dans les glaces

2.1 Les calottes glaciaires

La glace s'accumule dès que les précipitations neigeuses dépassent la fonte estivale et l'écoulement. La position des calottes dépend donc de la proximité des zones océaniques relativement chaudes (évaporation importante et transport direct de la vapeur vers les zones froides : refroidissement local important)

Pour étudier les enregistrements : besoin de carottes de glace

Exemple de la calotte antarctique (forages EPICA, Vostok, Dome C et F,...)

Important de pouvoir dater la glace des carottes :

- Reconnaissance des couches annuelles
- Identification des années de références (ex. : volcanisme)
- Modélisation des variations d'accumulation, de l'écoulement de la glace
- Corrélations entre les différents forages (CO_2 , CH_4) et les sédiments marins ($\delta^{18}\text{O}$ de O_2 atmosphérique).

2.2 Les enregistrements paléotempératures

Schématisation du fractionnement isotopique avec la température (théorie).

Donc δD (Deutérium/Hydrogène) et $\delta^{18}\text{O}$ ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) sont des traceurs des températures de

condensation de la neige.

Limitations :

- Saisonnalité des précipitations
- Origine des précipitations

2.3 Les enregistrements des gaz dissous dans la glace

Composition en gaz de l'atmosphère.

CO₂ et CH₄ sont des gaz à effet de serre.

3 Enregistrement dans les sédiments pélagiques

3.1 Le fractionnement isotopique de l'Oxygène

Fractionnement de l'Oxygène entre CaCO₃ et l'eau : principe et dépendance avec la température. Enregistrement par les foraminifères.

3.2 Stratigraphie isotopique

Principes, $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères benthiques et planctoniques. Effet isotopique des changements du niveau de la mer. Reconstruction des changements de salinité

3.3 Quantifications des changements du niveau de la mer

Coraux, datations U/Th, et ¹⁴C des foraminifères benthiques.

4 Les changements climatiques à longues échelles de temps

Sédimentologie et Géomorphologie

Exemple des stries glaciaires orientées Ordovicciennes (Sahara), varves, paléosols, dunes,...

Loess (indicateurs de l'érosion éolienne, de la végétation, de la circulation atmosphérique et des renversements du champ magnétique terrestre).

Faunes et flores (pollens, insectes, plantes fossiles,...).

Étalonnage en comparant les pourcentages des différentes espèces avec température moyenne actuelle permet d'obtenir une relation calibrée et ainsi d'estimer les températures des eaux de surface dans le passé.

Magnétostratigraphie et Séries sédimentaires

Datation et chronostratigraphie par les variations du champ magnétique terrestre dans les séries sédimentaire (Schakleton, 1976).

Les paramètres orbitaux

Excentricité (100 000 et 400 000 ans) : variation de l'ellipse autour du soleil

Obliquité (41 000 ans) : inclinaison de l'axe de la Terre.

Précession (23 000 et 19 000 ans) : Combinaison de 2 mouvements de rotations (rotation de

l'orbite elliptique autour du soleil et axe de rotation de la Terre qui tourne par rapport à la perpendiculaire de l'elliptique).

Climat et Tectonique des Plaques

Comment la répartition des masses continentales influent-elles sur le climat ? Exemple du Carbonifère. Position des continents peut modifier les courants océaniques et atmosphériques.

5 Conclusion

Importance pour calibrer les modèles de climatologie.

6 Questions

1. Pourquoi n'est il guère envisagée de fonte significative de l'Antarctique de l'Est au cours des prochains 1000 ans ? Quid du Groenland ?
2. Pourquoi pas de carottage en Arctique ?
3. On étudie le fractionnement Deutérium/Hydrogène ou $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et pas le fractionnement du Rb ?
4. Pourquoi la datation directe du carbone ^{14}C dans les sédiments donne-t-elle des âges généralement beaucoup trop vieux ?
Cristallisation carbonates en profondeur : pas de circulation donc pas à zéro lors de la cristallisation.
5. Cycles de Milankovitch
6. Cycles d'Heinrich
7. Comment se fait une entrée en glaciation ?
8. Quelle influence les trapps du Deccan ont eu sur le climat ? Pourquoi ?
9. et au Carbonifère ?
10. Causes possibles d'augmentation du CH_4 ?
11. Combien d'augmentation du niveau de la mer si fonte de la calotte groenlandaise ? Antarctique ?
12. Formule de δD ?

$$\delta D = \left(\frac{D_{ech}}{D_{ref}} - 1 \right) \times 1000$$

13. Pourquoi les compositions isotopiques sont exprimée en δ ?
Problèmes de mesures, techniquement, on ne peut pas mesurer des compositions absolues.
14. Pourquoi les mesures de $\delta^{18}\text{O}$ se font principalement sur les espèces benthiques ? L'océan profond a une température plus stable.
15. Comment l'océan piège-t-il le CO_2 ?
Dissolution en s'équilibrant avec l'atmosphère et biomasse intègre une partie pour tissus et squelettes.
16. Une eau froide (0°C) contient plus ou moins de CO_2 dissous qu'une eau chaude (20°C) ?
Deux fois plus !
17. Pourquoi la calotte Antarctique ne s'est formée qu'il y a 37 Ma ? Quand les continents étaient suffisamment éloignés pour permettre le passage d'un courant océanique.