

L'EXPLORATION PALÉOCLIMATIQUE EN ARCTIQUE & EN ANTARCTIQUE : STATIONS DE FORAGE ET CAROTTES DE GLACE AUX PÔLES :

Les carottes de glace prélevées aux pôles sont les témoins privilégiés du passé climatique de notre planète. Elles renferment notamment de minuscules bulles d'air, qui sont autant d'échantillons de l'atmosphère terrestre au cours de son histoire. En forant ainsi à grande profondeur dans les calottes polaires et en analysant des glaces de plus en plus anciennes, les scientifiques ont pu démontrer qu'il était possible de reconstituer les conditions environnementales du passé. Ces archives ont également permis de confirmer la relation étroite existant entre l'évolution de la température et les teneurs dans l'atmosphère des principaux gaz à effet de serre (gaz carbonique et méthane essentiellement). Or mieux comprendre les climats anciens, c'est aussi mieux pouvoir évaluer les changements à venir...

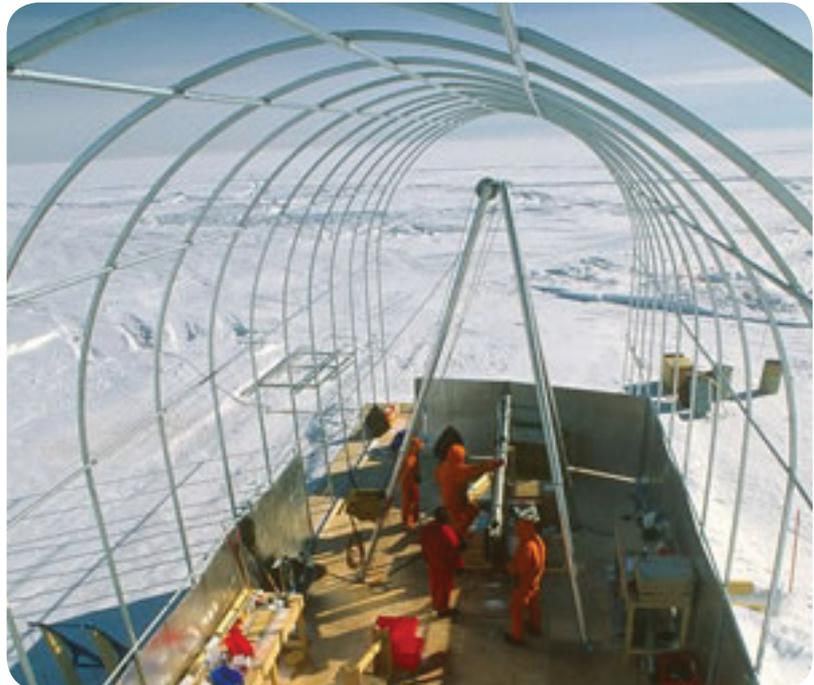
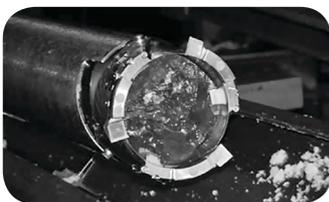


Figure 1a

Carottage de glace prélevé dans les calottes polaires

Figure 1b

Éléments d'une carotte de glace permettant de reconstituer les paléoclimats

1

Bulles d'air, échantillons de l'atmosphère du passé

2

Paléotempératures calculées à l'aide d'une méthode utilisant les isotopes de l'oxygène (^{16}O & ^{18}O)

3

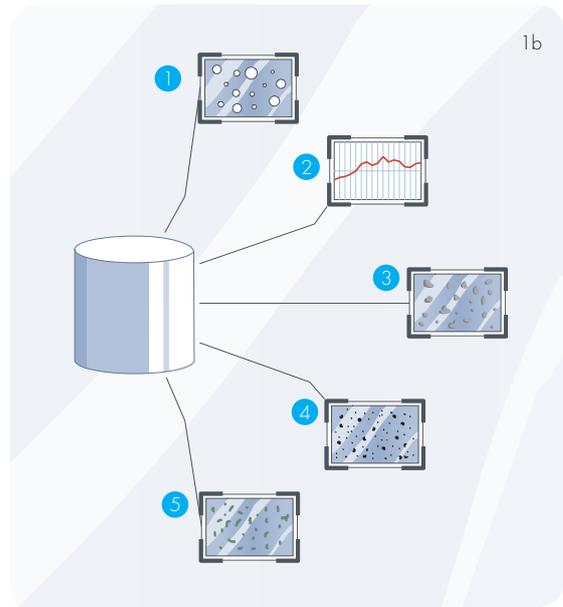
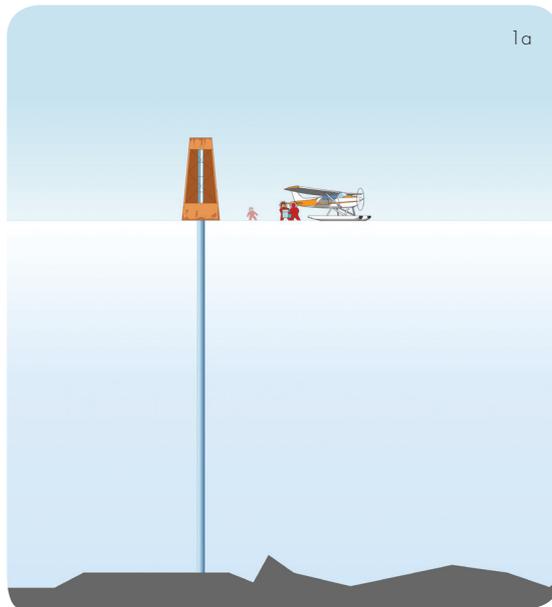
Cendres volcaniques projetées dans l'atmosphère lors d'éruptions violentes

4

Aérosols : poussières éoliennes, grains de sable, particules de sel marin, etc.

5

Grains de pollen



1) QU'EST QU'UNE CAROTTE DE GLACE ?

Une **carotte de glace** est un long échantillon cylindrique prélevé dans une calotte glaciaire en Antarctique, au Groenland ou dans les glaciers de haute montagne. Cette épaisse carapace de glace résulte de l'accumulation, année après année, des couches de neige tombées en surface et de la compaction de celles-ci sur de très longues périodes (habituellement plusieurs milliers d'années au moins).

Plus on descend en profondeur et plus les couches sont anciennes. Ceci revient donc à remonter en arrière sur une ligne du temps. Par ailleurs, en s'agglomérant, les cristaux de neige emprisonnent de minuscules bulles d'air, fidèles échantillons de l'atmosphère de l'époque à laquelle la glace s'est formée. Une fois piégées dans la glace, ces bulles d'air sont alors complètement isolées de l'atmosphère sus-jacente et plus aucun échange ne peut avoir lieu. Ceci confère aux carottes de glace un véritable statut d'**archives climatiques**. L'étude de ces archives a beaucoup apporté à la **paléoclimatologie**, qui consiste à reconstituer l'évolution du climat passé à l'aide de diverses informations déduites notamment de l'étude des carottes de glace ou des sédiments.

Actuellement, les carottages dans la glace nous permettent de remonter jusqu'à 120.000 ans en arrière dans les glaces de l'inlandsis groenlandais et à 800.000 ans dans celles de l'inlandsis en Antarctique.

2) QU'EST-CE QU'UN ISOTOPE ET QUEL EST SON INTÉRÊT EN PALÉOCLIMATOLOGIE ?

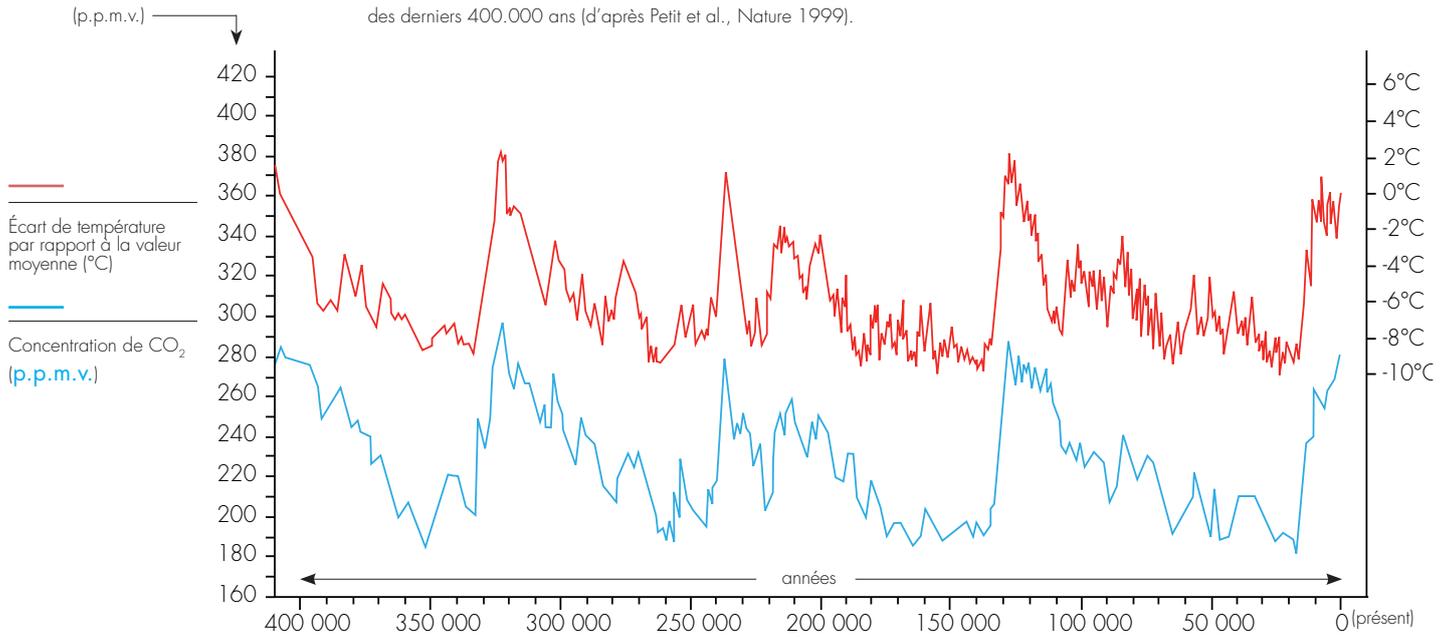
De nombreux éléments chimiques du **tableau de classification périodique** existent sous forme d'**isotopes**. Ces isotopes possèdent le même nombre de protons dans le noyau mais se différencient en revanche par leur nombre de neutrons. C'est le cas pour le carbone par exemple qui possède trois isotopes: ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C . Parmi ces trois éléments, ^{12}C et ^{13}C sont des **isotopes stables** dans le temps alors que ^{14}C est un isotope **radioactif**, c'est-à-dire qu'il se désintègre au cours du temps en émettant divers rayonnements électromagnétiques et particules.

On appelle **demi-vie** ou **période** le temps nécessaire pour qu'une quantité donnée d'un tel **radio-isotope** diminue de moitié par désintégration naturelle. Ce principe est d'ailleurs utilisé dans la méthode de "**datation au carbone 14**". L'isotope radioactif ^{14}C est produit dans la haute atmosphère à partir d'azote, lorsque celui-ci est bombardé de particules cosmiques (le ^{14}C représente 1×10^{-10} % du carbone présent sur terre). Ainsi, même présent en trace, le carbone 14 va être assimilé par les organismes au cours de leur vie et cette assimilation ne prendra fin qu'à leur mort. Seul le ^{14}C disparaît ensuite par désintégration. Il est donc possible de dater quantité d'objets anciens, en mesurant leur teneur résiduelle en ^{14}C afin d'en déduire le temps qu'il a fallu pour que la quantité de ^{14}C diminue jusqu'à la valeur mesurée.



Figure 2 : Carottage glaciaire réalisé à Vostok en Antarctique :

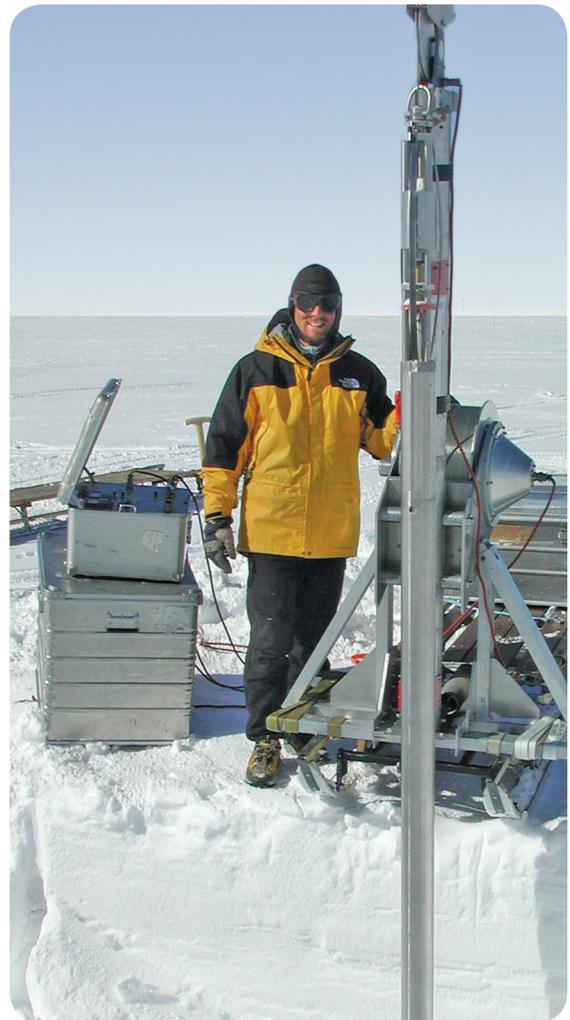
Évolutions des écarts de température par rapport à la valeur moyenne et de la concentration en gaz carbonique (CO₂) au cours des derniers 400.000 ans (d'après Petit et al., Nature 1999).



Toutefois, en raison de sa très courte demi-vie à l'échelle des temps géologiques (seulement 5730 ans), cette méthode de datation au ¹⁴C ne s'applique qu'aux objets plus récents que 50.000 ans environ, après quoi les traces deviennent indétectables.

De même, l'analyse de deux isotopes de l'oxygène, respectivement ¹⁶O, l'isotope "léger" et ¹⁸O, l'isotope "lourd", va permettre de mesurer le fractionnement isotopique ¹⁸O/¹⁶O qui existe entre les deux et joue le rôle de paléo-thermomètre. C'est de cette façon qu'a été obtenue la courbe de la figure 2 qui présente la variation de la température autour de sa valeur moyenne, pour la période échantillonnée dans les glaces de Vostok (à savoir les derniers 400.000 ans). Nous voyons par ailleurs que la courbe de concentrations en dioxyde de carbone (CO₂) lui correspond parfaitement ; on dit qu'elles sont bien corrélées entre elles, car elles varient de concert.

En procédant de la sorte dans des coquilles de foraminifères (micro-organismes planctoniques) prélevées dans des carottes de sédiments océaniques, on peut reconstituer les conditions de température des eaux de surface sur de bien plus longues périodes encore (~ 200 millions d'années).



GLOSSAIRE :

Aérosol : n.m. Ecol. - Particules solides ou liquides de très petite taille (de l'ordre du micron) en suspension dans l'air et qui peuvent servir de noyaux de condensation pour les gouttelettes microscopiques des nuages.

Carotte : n.m. Glacio. ou sédim. - Echantillon de glace ou de sédiments marins prélevé au moyen d'un cylindre de quelques centimètres de diamètre et habituellement par tranches de 3 à 5m. Ces échantillons vont permettre de déduire diverses informations sur les paléoclimats.

Datation au carbone 14 : n.f. Phys. nucl. - Opération qui permet de dater un objet en utilisant la propriété de désintégration de l'isotope radioactif ^{14}C . La proportion de cet isotope décroît en effet régulièrement au cours du temps.

Demi-vie ou période : n.f. Phys. nucl. - Durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents ont disparu par désintégration.

Isotopes : n.m. Chim. - Atomes ayant le même numéro atomique Z (nombre de protons), mais qui diffèrent en revanche par leur masse atomique M (somme des neutrons et des protons).

Fractionnement isotopique* : n.m. Chim. - Rapport des proportions

respectives de deux isotopes différents d'un même élément dans un milieu donné. Dans le cas de l'oxygène, le rapport des teneurs des deux isotopes ^{16}O et ^{18}O , présents dans les molécules d'eau de la glace polaire, permet de déduire les températures du passé (paléotempératures), lors de la formation de la glace à partir de neige fraîche.

Paléoclimatologie : n.f. Climato. - Domaine de la climatologie qui étudie les climats anciens.

ppmv : n.f. Chim. - Valeur de concentration qui correspond à une partie par million en volume (ppmv), ce qui équivaut à $1\text{ cm}^3/\text{m}^3$.

Radioactivité : n.f. Phys. nucl. - Emission de rayonnements électromagnétiques et de particules par désintégration de certains atomes instables ou radioactifs, lorsqu'ils se transforment spontanément en d'autres éléments chimiques, avec libération d'énergie. L'uranium et le plutonium sont deux exemples d'éléments radioactifs.

Tableau de classification périodique dit "de Mendeleev" : Chim. - Tableau reprenant l'ensemble des éléments chimiques classés par ordre croissant de numéro atomique. En procédant de la sorte, les éléments s'agencent en lignes (périodes) et en colonnes (familles), ce qui détermine les propriétés physico-chimiques de ceux-ci.

* Voir également la définition d'isotope.

WEB :

Découvrez l'animation "Les archives du climat" sur EDUCAPOLES, le site pédagogique de l'International Polar Foundation :

<http://www.educapoles.org>

http://www.institut-polaire.fr/ipev/video/video/carottage_glaciaire_en_antarctique

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/index.html>

<http://planetterre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-temperature-des-glaces.xml>