

La composition isotopique de la glace des calottes polaires : un paléo-thermomètre

D'après https://cache.media.eduscol.education.fr/file/SVT/09/8/Climat_220098.pdf

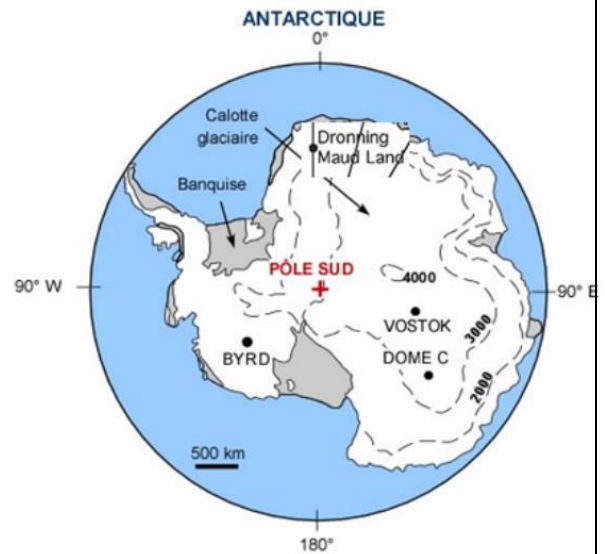
Les glaciologues **forent** les glaciers antarctique et arctique sur plusieurs kilomètres de profondeur afin de remonter à la surface des **carottes** de glaces anciennes qui seront ensuite analysées en laboratoire. **Ils analysent** non seulement les bulles d'air piégées dans la glace (*vu en enseignement scientifique*) mais aussi la **composition de la glace hôte**.

Les matériaux disponibles

Une **calotte glaciaire** se forme par accumulation et tassement progressif des précipitations neigeuses au cours des années. La neige est tassée petit à petit sous son poids et se transforme en glace.

Trois kilomètres de **carottes de glace** ont été extraits du site de **Dôme Concordia** (ou Dôme C) placé sur le plateau central de l'Antarctique de l'Est à une altitude de plus de 3 230 m avec une température moyenne annuelle de $-54,5^{\circ}\text{C}$. C'est la glace la plus âgée extraite par le consortium européen EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) : elle a permis de reconstituer l'évolution des teneurs en dioxyde de carbone et de méthane durant les derniers 800 000 ans.

Le consortium EPICA, pour compléter le forage de Dôme C, a choisi d'extraire une seconde carotte de glace dans l'Antarctique, dans la région de la Terre de la Reine Maud (**Dronning Maud Land**). Sur ce second site, les températures sont plus clémentes ($-44,5^{\circ}\text{C}$ de moyenne annuelle). Ce forage a permis de récupérer 2 774 m de glace. Si les glaces très profondes issues du forage de Dôme C n'ont pas battu le record de profondeur atteint sur le site de **Vostok** (plus de 3 600 m) elles représentent les plus anciennes archives climatiques obtenues jusqu'à présent dans les calottes polaires puisqu'elles remontent jusqu'à 800 000 ans.



sites des différents forages en Antarctique

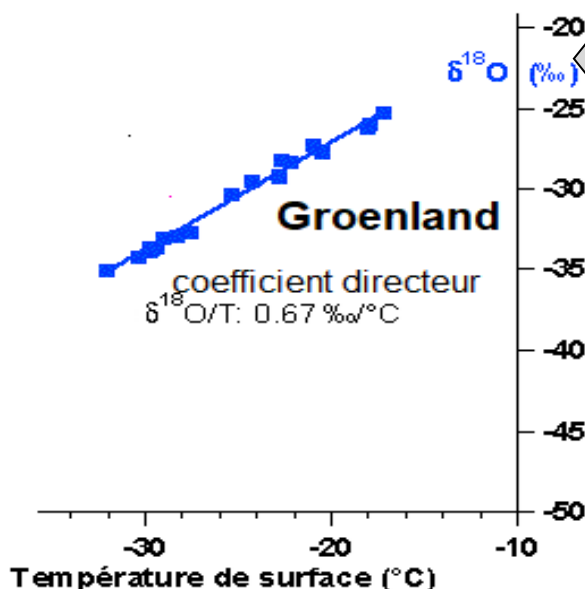
L'intérêt de la mesure de la composition isotopique de la glace

L'oxygène est un mélange de deux principales formes isotopiques stables, en proportions très inégales : 99,8% de ^{16}O et 0,2% de ^{18}O . Ces proportions se retrouvent dans les molécules d'eau de mer et d'eau douce : H_2^{16}O et H_2^{18}O . Les proportions relatives des deux isotopes dans un échantillon d'eau liquide ou de **glace** peuvent être calculées par un rapport appelé **delta ^{18}O** :

$$\delta^{18}\text{O} = \left[\frac{\left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right]_{\text{échantillon}} - \left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right]_{\text{SMOW}}}{\left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right]_{\text{SMOW}}} \right] \times 1000$$

Le rapport $[\text{H}_2^{18}\text{O}/\text{H}_2^{16}\text{O}]_{\text{SMOW}}$ représente le rapport de référence pour l'eau ("Standard Mean Ocean Water" ; ce rapport est proche de la composition moyenne des océans actuels).

Les scientifiques ont constaté que le $\delta^{18}\text{O}$ dans les chutes de neige actuelles dépend de la température atmosphérique du lieu. À partir des mesures du rapport ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) effectuées sur divers échantillons d'eau de mer, d'eau douce, de neige et de glace prélevés dans diverses stations à travers le monde et, connaissant la moyenne des températures annuelles de l'air de ces stations, **une corrélation a pu être établie entre la température et la valeur du $\delta^{18}\text{O}$** .



Graphique de référence montrant la relation entre le $\delta^{18}\text{O}$ et la température de la formation de la glace

Source : J. Jouzel, C. Lorius, S. Johnsen, P. Grootes, 1994

La proportion de l'isotope ^{18}O dans les précipitations neigeuses diminue avec la température. La mesure du delta ^{18}O le long de carottes obtenues par forage des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland permet donc, connaissant la correspondance entre le delta ^{18}O et la température, de **reconstituer les variations du climat**.

MEMO → «Un échantillon de glace polaire relativement riche en oxygène 18 (= delta ^{18}O moins fortement négatif) témoigne d'une période plutôt chaude tandis qu'un échantillon plus pauvre (= delta ^{18}O plus fortement négatif) témoigne d'une période froide ».