

## TD3 - La glace : mémoire récente du climat.

**Introduction :** mise en évidence de l'évolution de la composition atmosphérique depuis 800 000 ans

→ activité 1 p 98-99 Bordas

**Pb :** Comment l'étude des glaces polaires peut-elle nous renseigner sur l'évolution récente du climat ?

**Activité 1 - Utilisation des données géochimiques des glaces : le  $\delta^{18}\text{O}$  et le  $\delta\text{D}$  des glaces utilisés comme paléo-thermomètre.**

**Q1 -** A partir des informations tirées de l'ensemble des documents suivants, expliquez pourquoi la glace « garde en mémoire » les conditions climatiques lors de sa formation.

**Q2 -** Discutez des variations de température depuis 800 000 ans.

**Document 1 :** Qu'est ce que le  $\delta^{18}\text{O}$  ? Qu'est-ce que le  $\delta\text{D}$  ?

L'oxygène est un mélange de deux principales formes isotopiques stables, en proportions très inégales : **99,8% de  $^{16}\text{O}$  et 0,2% de  $^{18}\text{O}$** . Ces proportions se retrouvent dans les molécules d'eau de mer et d'eau douce :  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  et  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ . Les proportions relatives des deux isotopes dans un échantillon d'eau liquide ou de glace peuvent être calculées par le rapport suivant appelé  $\delta^{18}\text{O}$  :

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

Ce rapport est exprimé en ‰.

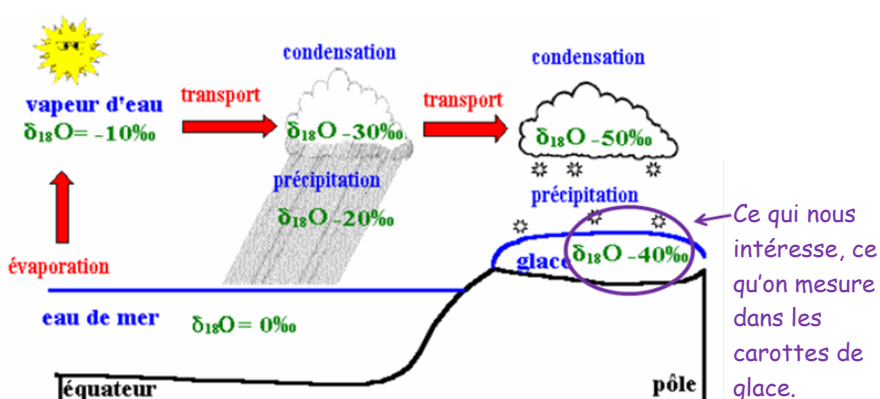
- Le  $(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}$  est une **référence** par rapport à laquelle on compare des compositions isotopiques. C'est la valeur moyenne de l'eau de l'océan actuel (SMOW = Standard Mean Ocean Water).
- On utilise cette référence car les différences relatives entre les rapports isotopiques sont faibles donc ceci permet de faciliter la lecture des mesures.
- La valeur du rapport  $(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})$  de l'eau de mer actuelle (SMOW) est de  $2.10^{-3}$ . La valeur du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau de mer moyenne actuelle (SMOW) est logiquement de 0 ‰. (car  $(2.10^{-3} - 2.10^{-3}) / 2.10^{-3} = 0 \dots$ )

Un autre rapport isotopique est couramment utilisé comme thermomètre isotopique. Il s'agit du **rapport (D/H)**. Le deutérium (D) est l'isotope lourd de l'hydrogène de masse atomique 2 ( $^2\text{H}$ ). Pour des raisons similaires à celles évoquées pour les isotopes de l'oxygène, on n'utilise pas ce rapport directement mais l'écart  $\delta\text{D}$  (en ‰) par rapport à un standard de référence de composition proche de celle de l'océan mondial. (Le rapport isotopique du standard  $(\text{D}/\text{H}) = 155,76.10^{-6}$ )

$$\delta\text{D}_{\text{glace}} = \left\{ \frac{(\text{D}/^1\text{H})_{\text{glace}} - (\text{D}/^1\text{H})_{\text{SMOW}}}{(\text{D}/^1\text{H})_{\text{SMOW}}} \right\} \times 1000$$

**Document 2 :** Variation du  $\delta^{18}\text{O}$  et cycle de l'eau (idem pour  $\delta\text{D}$ )

L'évaporation favorise le passage de l'océan vers l'atmosphère des molécules les plus légères : **la vapeur d'eau se retrouve enrichie en  $^{16}\text{O}$** ; au contraire, la condensation favorise la précipitation des molécules les plus lourdes : **les océans se retrouvent enrichis en  $^{18}\text{O}$** .

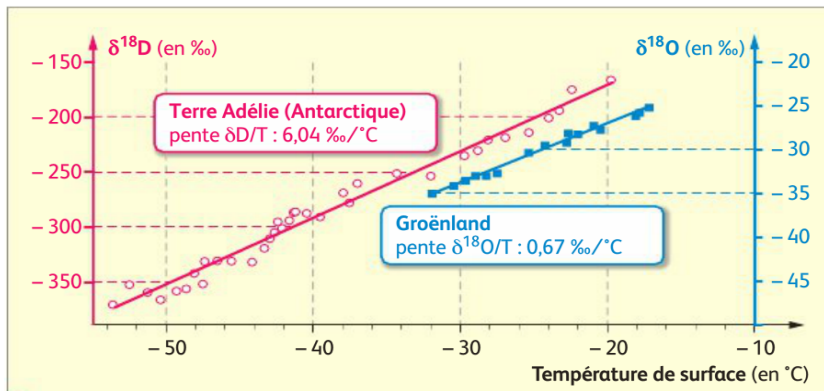


Après évaporation à l'équateur, les masses d'air qui remontent vers les pôles se condensent et génèrent des précipitations plus riches en  $^{18}\text{O}$ . Ainsi, la vapeur d'eau qui arrivera aux hautes latitudes (pôles) et qui se condensera sous forme de neige (échantillonnée dans les carottes de glace) aura « perdu » beaucoup de  $^{18}\text{O}$  et sera donc fortement enrichie en  $^{16}\text{O}$ . Le  $\delta^{18}\text{O}$  de la neige (donc de la glace) est donc bien plus faible que celui de l'eau de mer dont elle est issue. C'est pourquoi il est négatif.

**Document 3** : Utilisation de  $\delta^{18}\text{O}$  et de  $\delta\text{D}$  des glaces comme paléothermomètre (doc 1 p 100 Bordas)

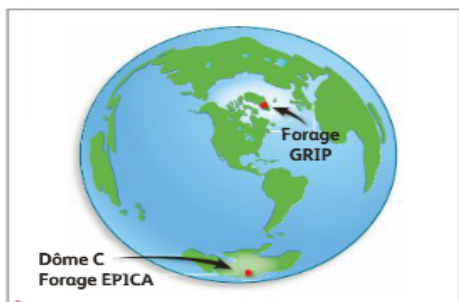
Compositions isotopiques de la neige en fonction des températures moyennes de formation de ses cristaux

A différents endroits, on a mesuré la température moyenne au cours de l'hiver et la composition isotopique de la neige s'y étant accumulée au cours de cette même saison.

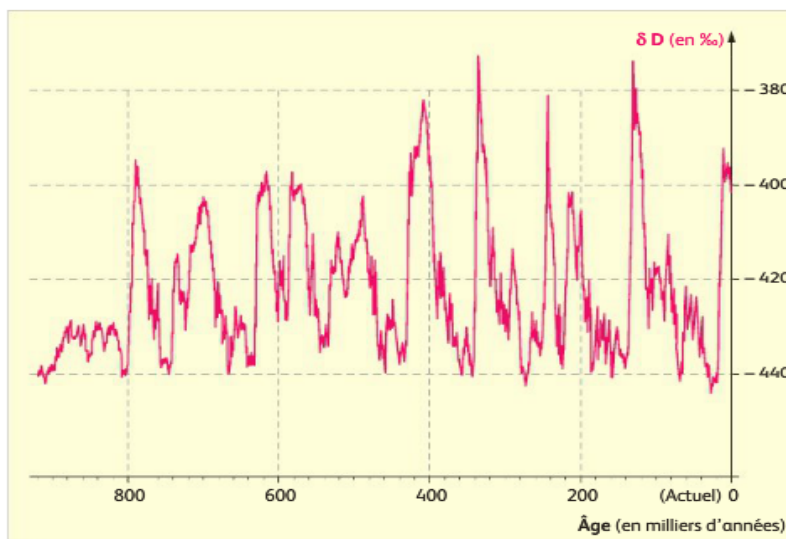


**Document 4** : La composition isotopique des glaces anciennes

► Les forages réalisés au travers des calottes de glace polaires ont atteint des profondeurs de 3 000 m au Groënland et de 3 270 m en Antarctique sur le site du Dôme C.

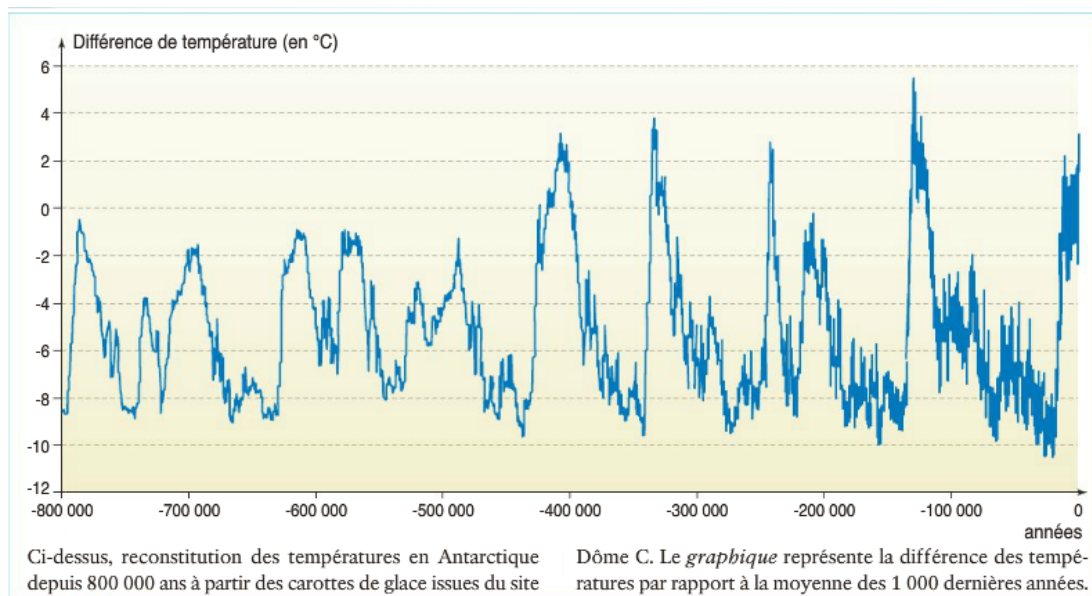


**b** Localisation de quelques forages dans les calottes glaciaires :  
GRIP : projet européen de carottage au Groënland.  
EPICA : projet européen de carottage en Antarctique.



**c**  $\delta\text{D}$  de la glace en fonction de son âge dans la calotte glaciaire antarctique sur le site du Dôme C.

**Document 5** : Evolution de la température depuis 800 000 ans (doc.2 p.101 Bordas)

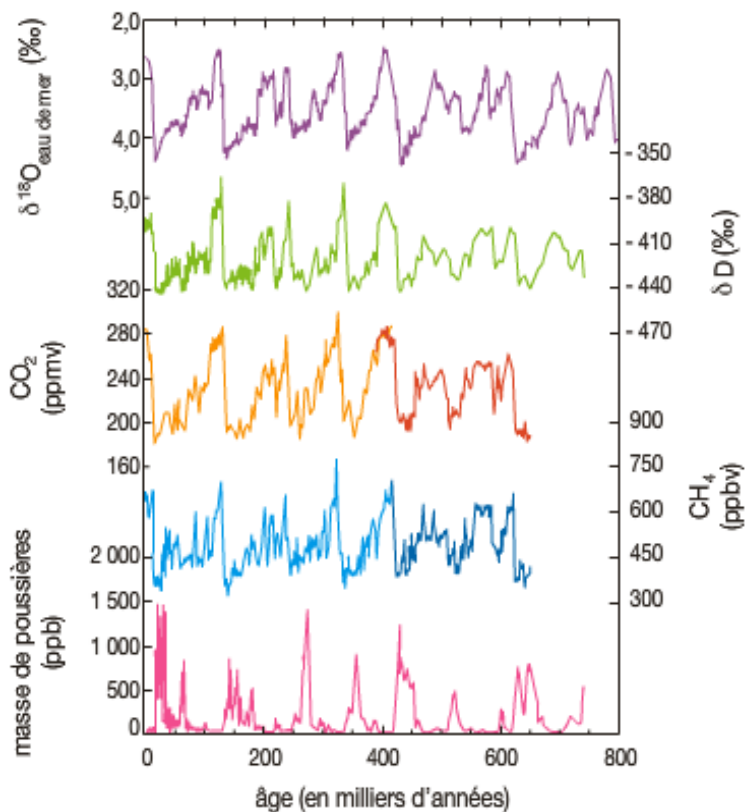


**Doc. 2** Évolution de la température depuis 800 000 ans (à partir des données du forage Epica, Dôme C).

## Activité 2 - Mise en relation des différentes données issues de l'analyse des glaces.

Q1 - Analysez le document suivant en mettant en relation les différentes données.

Le document ci-contre représente l'évolution de différents paramètres au cours du temps.



## Activité 3 - Les glaces polaires et l'évolution récente du climat. - Doc.1,2 et 3 p.106 et 107 Bordas

Q1 - Quels arguments permettent de mettre en évidence des modifications très récentes des glaces polaires ?

Q2 - Comparez les modifications dans la région arctique à celle de l'Antarctique.