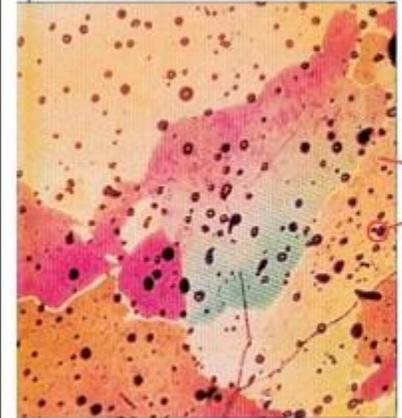
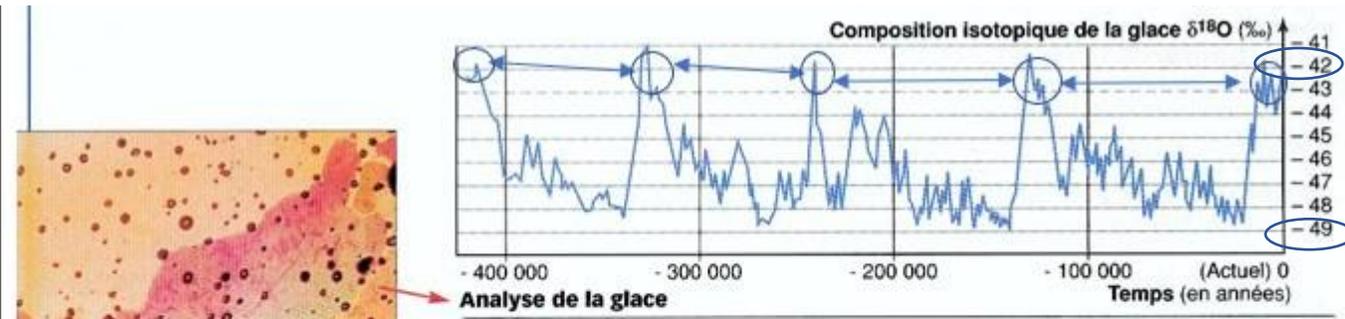


Les changements climatiques des 800 000 dernières années sont déduits d'analyses effectuées à partir de carottes glaciaires, de tourbes mais aussi d'indices sédimentaires.

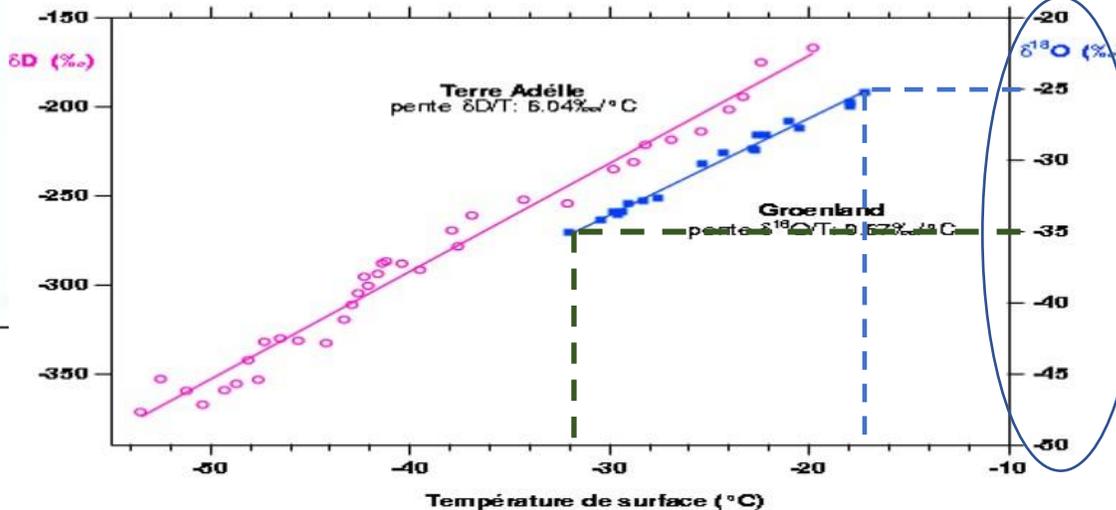
Activité 2 : Des indices physico-chimiques dans les carottes de glace

1°) A l'aide des documents 1 et 2, montrer quelles ont été les variations climatiques depuis 400 000 ans.



Fine lame de glace observée au microscope polarisant (MO \times 240). Les minuscules bulles d'air sont des restes de l'atmosphère qui régnait lors de la chute de neige.

LE THERMOMETRE ISOTOPIQUE (Jouzel et al., 1994)



On étudie les variations du $\delta^{18}\text{O}$ mesuré dans la glace sur une période de 400 000 ans.
* D'après le doc.1, on observe que le $\delta^{18}\text{O}$ varie entre -49‰ et -42 ‰. Or, le $\delta^{18}\text{O}$ sert de paléothermomètre car sa valeur dépend de la température qui régnait lors de la formation de la glace.

Le document 2 permet de mettre en relation la valeur du $\delta^{18}\text{O}$ et cette température. Les données sont issues de deux endroits, Terre Adélie et Groenland. On a relevé le $\delta^{18}\text{O}$ en fonction de la température.

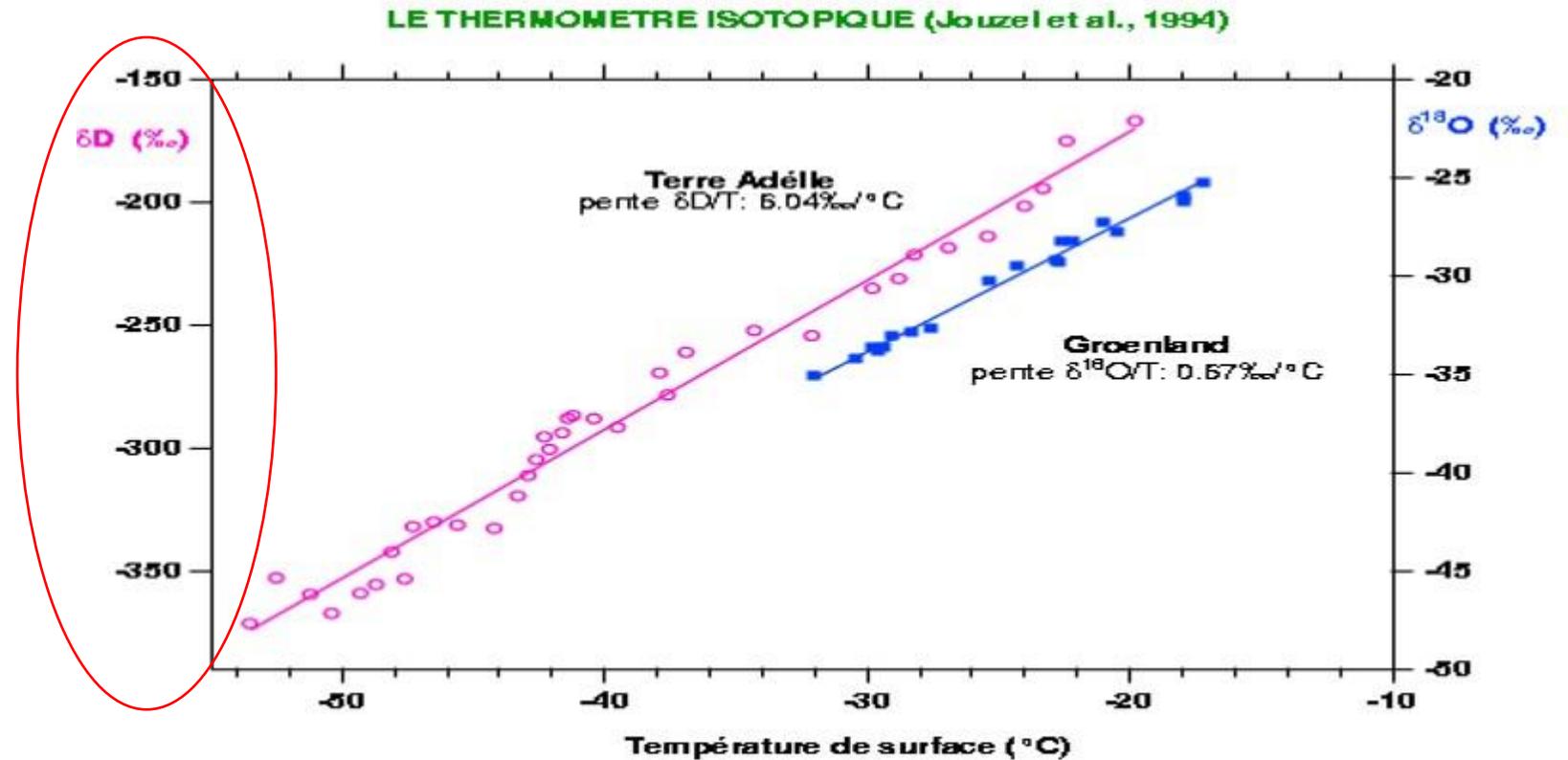
On observe que ce rapport isotopique est d'autant plus faible que la température est faible.

Exemple: $\delta^{18}\text{O} = -25$ ‰ indique que la température est de -17°C alors que si $\delta^{18}\text{O} = -35$ ‰, $T^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}$.

Dans ce document, on utilise deux types de rapports isotopiques mesurés dans les glaces: le $\delta^{18}\text{O}$ et le δD

Le δD est aussi un rapport isotopique mais on mesure ici les rapports entre deux isotopes de l'hydrogène: le ^1H et le ^2H ou deutérium (d'où le D), qui n'est pas radioactif.

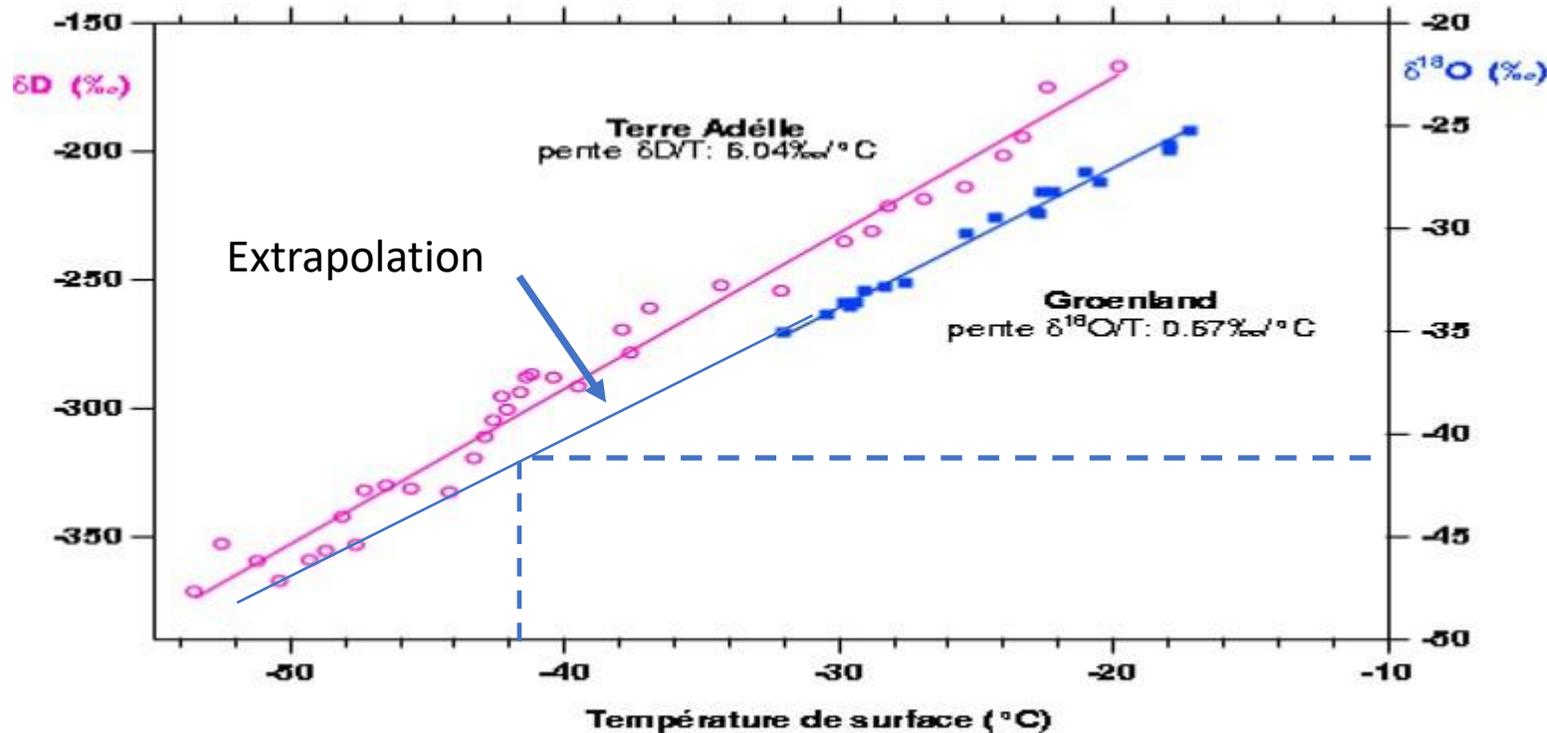
On observe comme pour le $\delta^{18}\text{O}$ que ce rapport est d'autant plus faible que la température est faible. Il sert donc aussi de paléothermomètre.



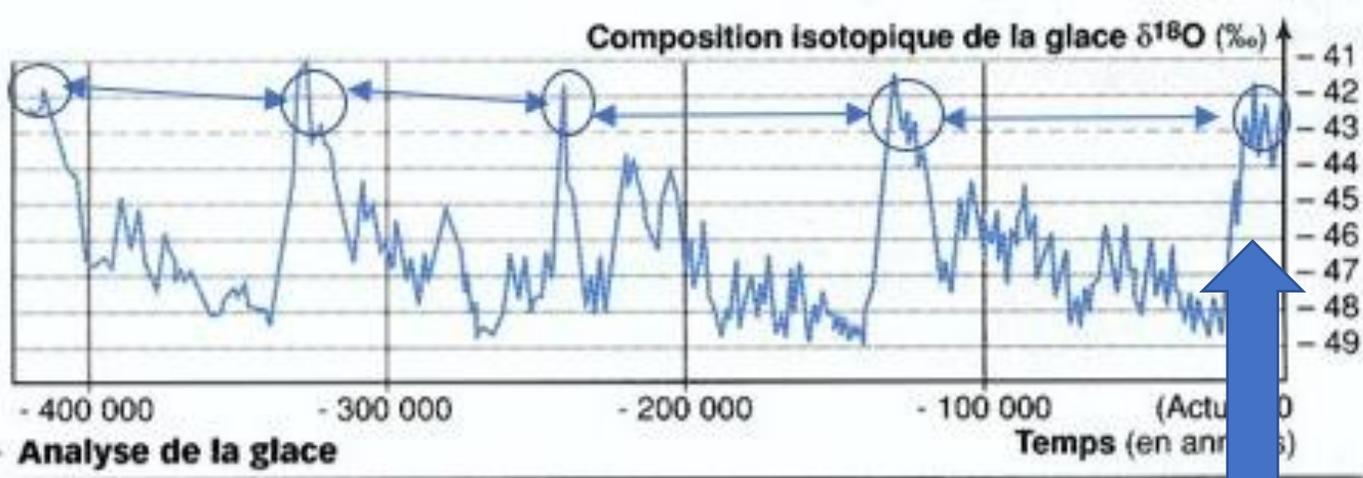
1°) A l'aide des documents 1 et 2, montrer quelles ont été les variations climatiques depuis 400 000 ans.



Grâce au $\delta^{18}\text{O}$, on peut donc déduire que sur les 400 000 dernières années, il y a eu des périodes de refroidissement et des périodes de réchauffement. Les périodes de refroidissement sont relativement plus longues et dures environ 100 000 ans. Avec un $\delta^{18}\text{O}$ de 49 ‰ au plus bas, la température était de l'ordre de -50°C . Ces périodes alternent avec des périodes plus froides qui dure en moyenne 10 000 ans avec une température de l'ordre de -42°C pour un $\delta^{18}\text{O}$ de -42 ‰ (à peu près).

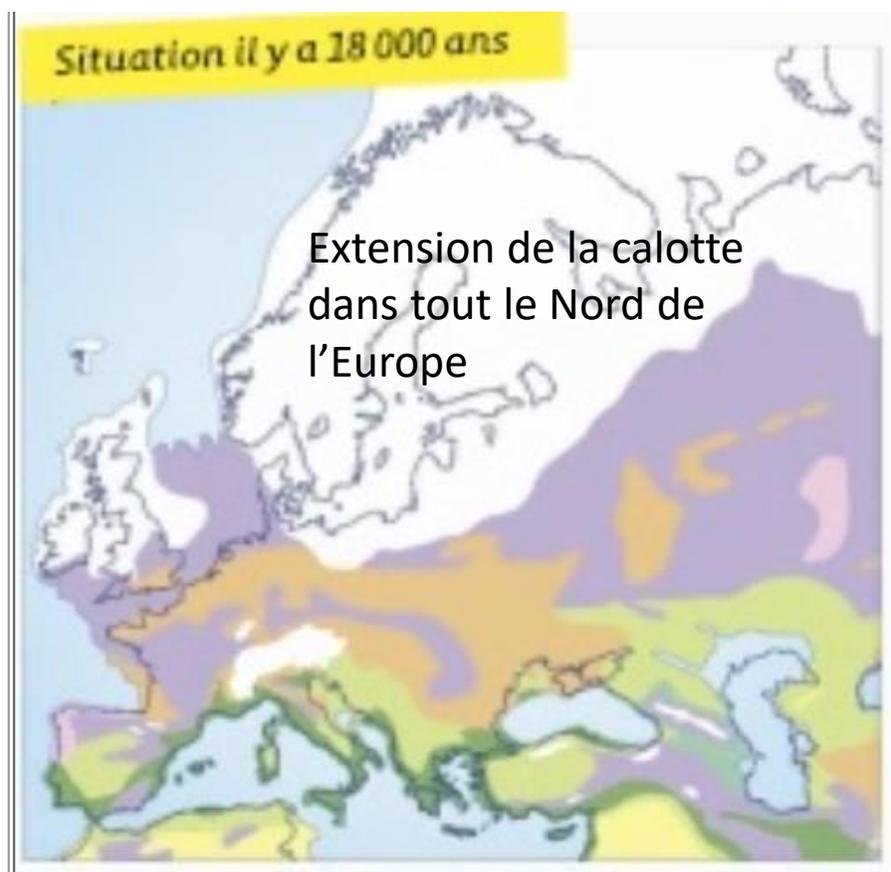
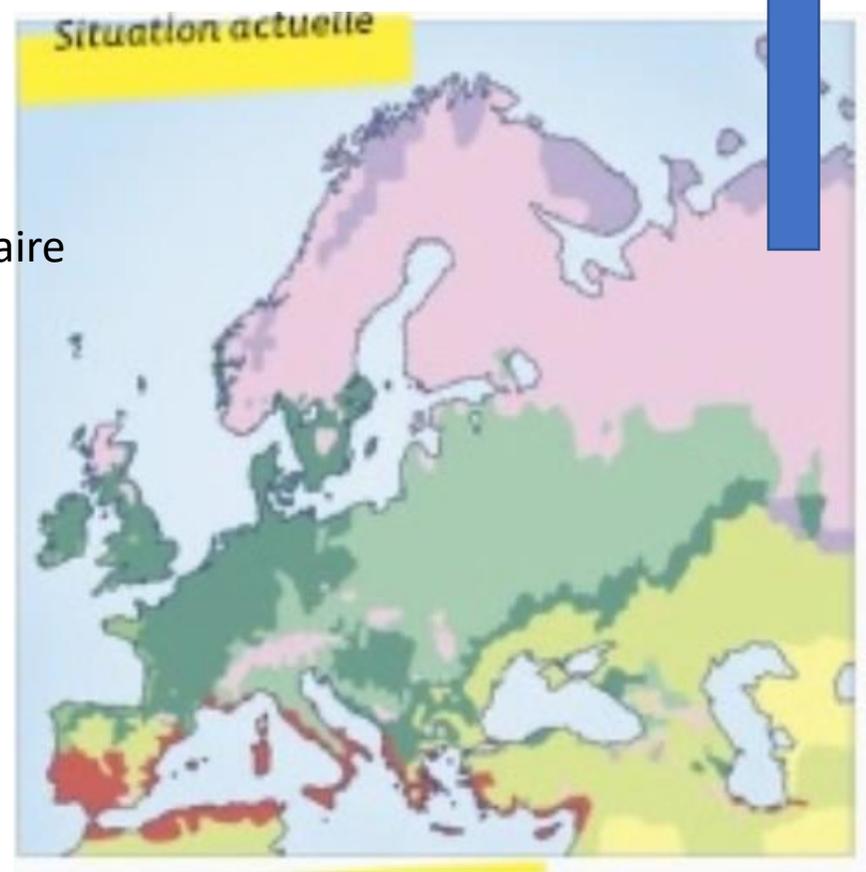


2°) Montrer alors que depuis 400 000 se succèdent des périodes glaciaires et interglaciaires. Les périodes de refroidissement correspondent à des périodes glaciaires (extension des calottes glaciaires sur les continents) et les périodes plus chaudes correspondent à des périodes interglaciaires (diminution des surfaces englacées sur les continents). Actuellement nous sommes dans une périodes interglaciaire depuis environ 20 ans.

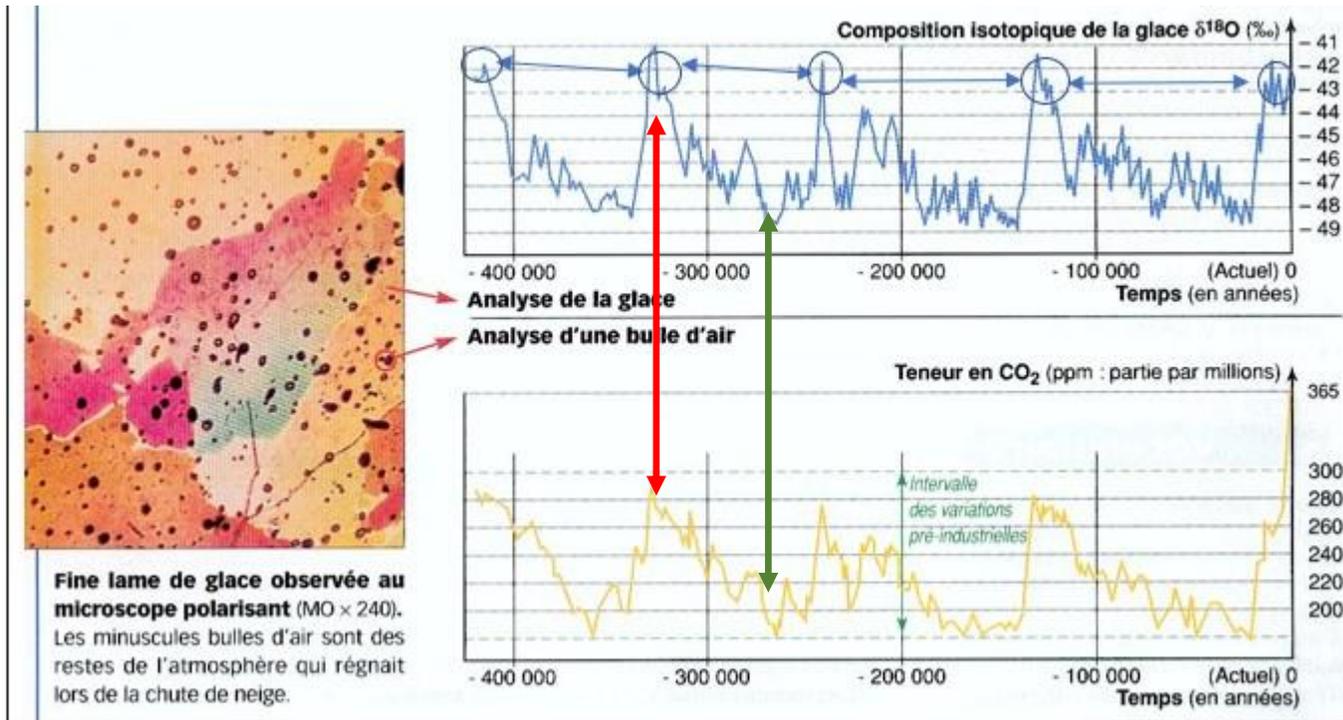


Période glaciaire

Période interglaciaire



3°) Montrer à l'aide du document 1 comment on peut connaître le taux de CO₂ atmosphérique et montrer qu'il existe une corrélation entre les variations de température et le taux de CO₂.



Remarque: ces variations cycliques sont à mettre en relation avec les variations cycliques des paramètres astronomiques

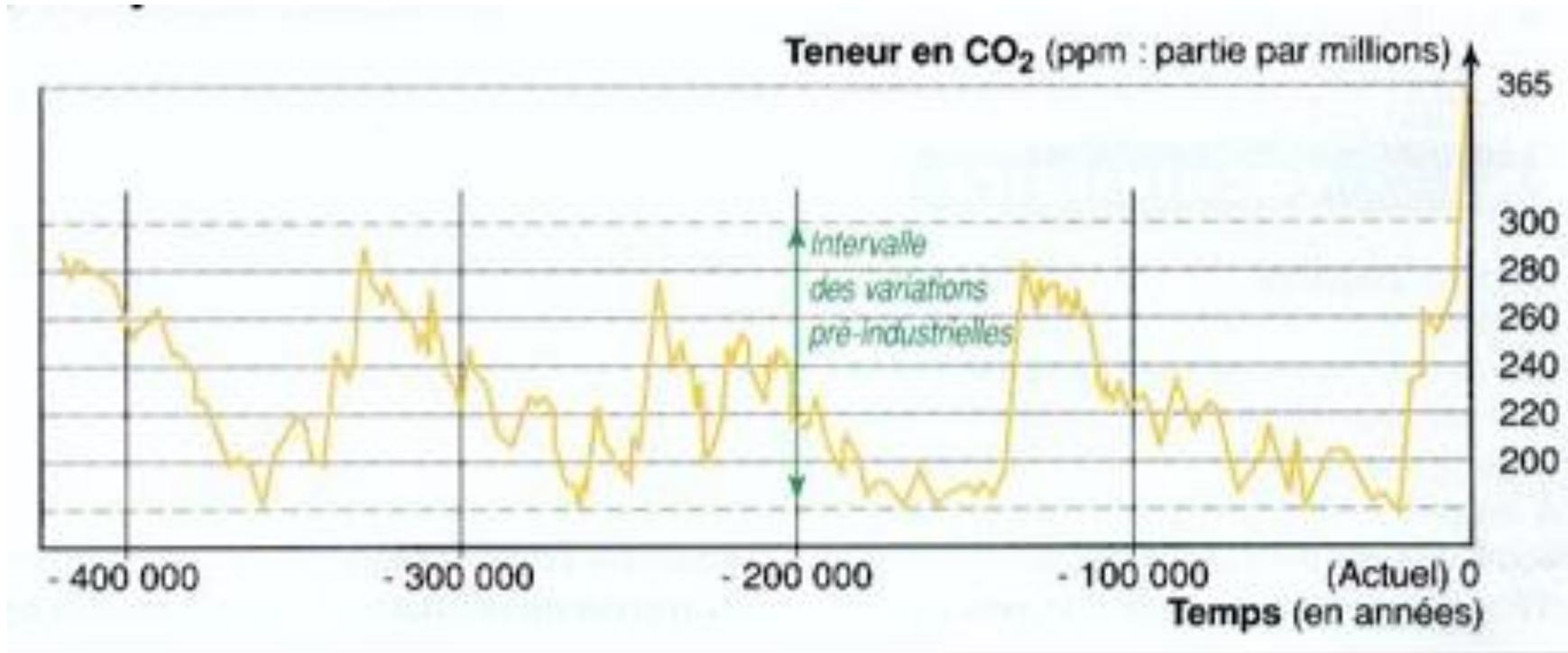
L'analyse des bulles de gaz emprisonnées dans la glace au moment de sa formation permet de connaître le taux de CO₂ à une époque donnée. On observe effectivement une corrélation entre les variations du $\delta^{18}\text{O}$ et le taux de CO₂:

- Lorsque le $\delta^{18}\text{O}$ est plus élevé, le taux de CO₂ aussi.
- Lorsque le $\delta^{18}\text{O}$ est plus faible, le taux de CO₂ aussi.

On ne peut pas en déduire néanmoins une relation de cause à effet car les variations sont synchrones.

On peut observer cependant qu'un faible taux de CO₂ en période glaciaire peut amplifier le refroidissement par diminution de gaz à effet de serre. Et inversement en période interglaciaire.

4°) Montrer qu'actuellement, en comparant les taux sur les 400 000 dernières années, pourquoi le taux de CO₂ est inquiétant.



Sur les 400 000 dernières années, le taux de CO₂ varie entre un maximum de 280 ppm et un minimum de 200 ppm. Cependant, actuellement le taux de CO₂ a atteint 365 ppm sur une période très courte à mettre en relation avec les activités humaines de l'ère industrielle.

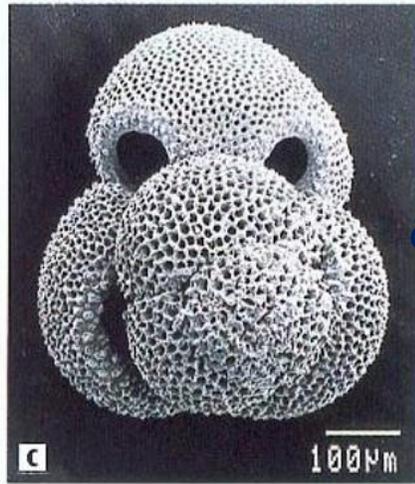
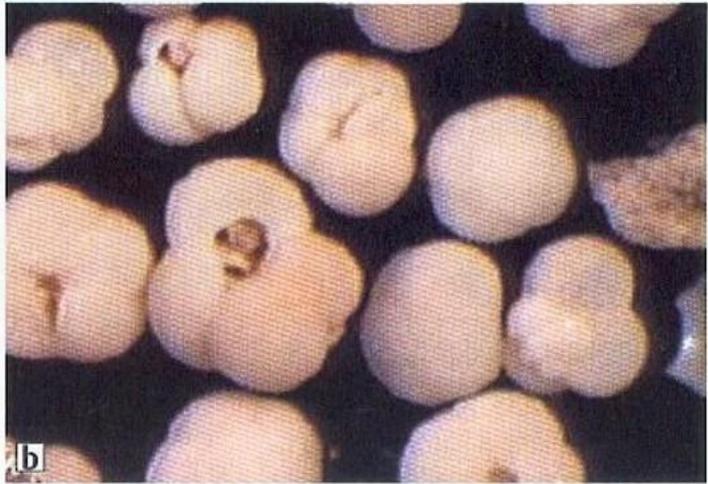
On a vu que des taux de CO₂ ont déjà été élevés durant certaines périodes mais sur de très longues périodes, et avec une augmentation ou une diminution très lente. Ce qui est très inquiétant actuellement c'est la vitesse à laquelle s'est effectuée cette augmentation avec les conséquences que nous connaissons actuellement avec le réchauffement climatique rapide.

Activité 3 : Des indices physico-chimiques dans les sédiments océaniques

Utilisation des foraminifères marins

5°) Après avoir observé les foraminifères, expliquez comment à partir du test des foraminifères on peut reconstituer un paléoclimat en exploitant les documents 3 à 6.

Document 3 Foraminifères observés à la loupe binoculaire (b) et au microscope électronique à balayage (c)



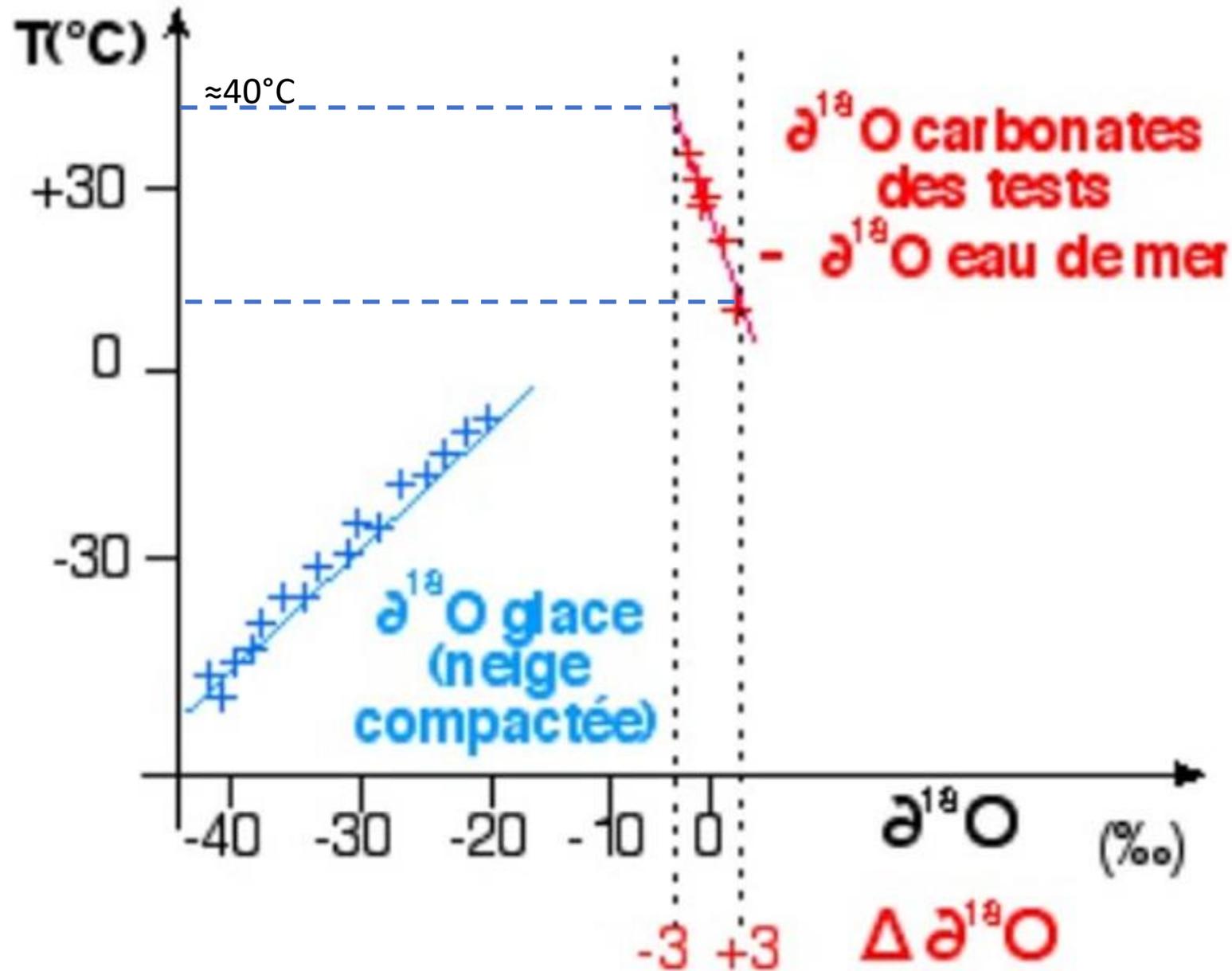
$\delta^{18}\text{O}$

Document 4 Le test des foraminifères

Les foraminifères sont des organismes unicellulaires qui vivent dans les mers ou les océans. Ce sont des organismes hétérotrophes. Les foraminifères produisent une sorte de « coquille » appelée test. Pour fabriquer leur test calcaire CaCO_3 . On peut alors mesurer sur les tests calcaires le $\delta^{18}\text{O}$.

Le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré à partir des tests calcaires des foraminifères vont également jouer le rôle de paléothermomètre car le rapport isotopique va dépendre de la température de l'eau. Comme les foraminifères vivent dans les mers et les océans, on peut alors faire des mesures dans les sédiments d'âges variés et dans le monde. Alors que le $\delta^{18}\text{O}$ des glaces ne peut se faire que s'il y a de la glace!

Ce $\delta^{18}\text{O}$ pourra alors permettre d'étudier des variations climatiques plus anciennes.



Le $\delta^{18}\text{O}$ des carbonates des tests de foraminifères diminue lorsque la température augmente. Par exemple, à une température de 40°C environ, le $\delta^{18}\text{O}$ est de -3 ‰ alors qu'à une température de $\approx 10^{\circ}\text{C}$, le $\delta^{18}\text{O}$ est de $+3$ ‰

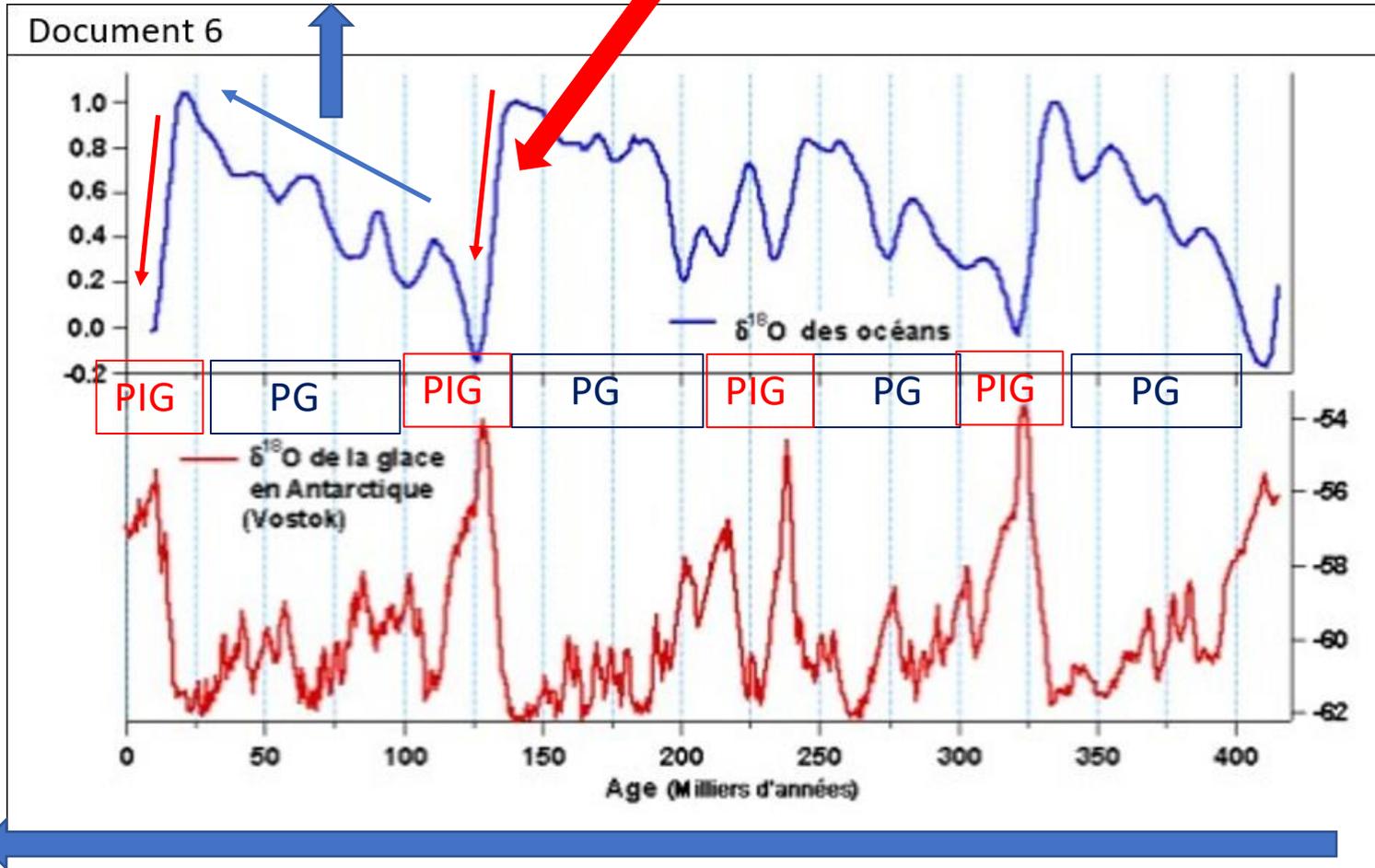
Remarque: cette droite a été établie expérimentalement avec des températures variant entre 0 et 40°C

Période glaciaire PG

Augmentation du $\delta^{18}\text{O}$ jusqu'à 1 ‰ : on en déduit un refroidissement

Diminution du $\delta^{18}\text{O}$ jusqu'à presque -0,2 ‰ : on en déduit un réchauffement

Période interglaciaire (PIG)



Concordance entre les deux types d'analyse

On lit du plus ancien vers le plus récent!!!! Attention donc!