

TP n° 9 : La glace, mémoire du climat et de la composition atmosphérique

On peut reconstituer les climats et la composition de l'atmosphère grâce à des indicateurs comme les glaces polaires, qui ont permis de retracer l'évolution de la température et de la composition atmosphérique depuis 800000 ans.

➤ Objectif de connaissance :

- On cherche à comprendre comment l'étude des glaces polaires peut nous renseigner sur l'évolution du climat et de la composition atmosphérique.

➤ Objectifs méthodologiques :

- Recenser, extraire et organiser des informations.
- Utiliser un logiciel.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié.
- Adopter une démarche explicative.

➤ Travail à réaliser :

Partie 1 : Les glaces polaires et les paléotempératures

- Montrez que les glaces polaires permettent de connaître l'évolution de la température polaire au cours des 800000 dernières années et décrivez ces évolutions.

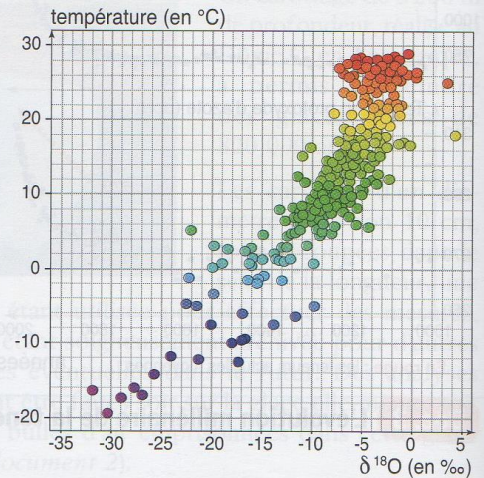
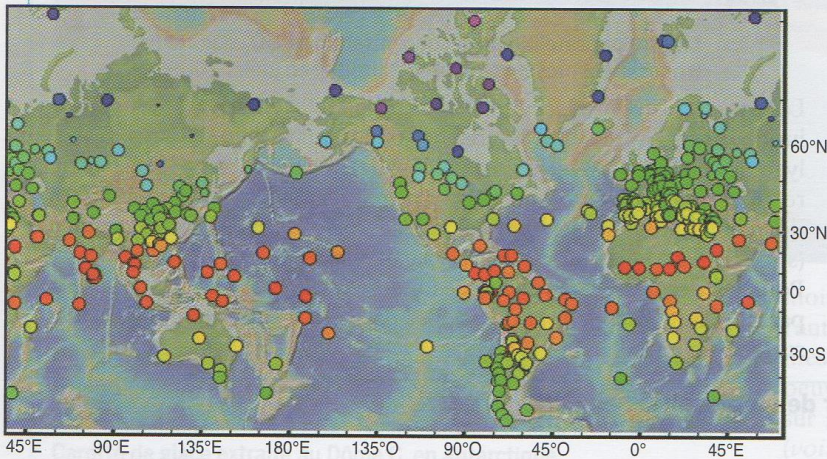
Partie 2 : Evolution de la composition atmosphérique

- Montrez que les glaces polaires permettent de connaître l'évolution de la composition atmosphérique et décrivez ces évolutions.
- Proposez une interprétation à l'évolution de la composition atmosphérique actuelle.

Productions attendues	Critères de réussites
Texte argumenté + graphiques.	Montrez en quoi les carottes de glaces peuvent nous renseigner sur les températures du passé. Corrélation entre variation du $\delta^{18}\text{O}$ (ou du δD) et celle de la température. Graphique de l'évolution du $\delta^{18}\text{O}$ en fonction de la température pour la station Halley Bay (afficher la droite de régression ainsi que l'équation de la droite) Calcul des températures pour le forage GISP. Graphique de l'évolution du $\delta^{18}\text{O}$ en fonction du temps et graphique de l'évolution de la température en fonction du temps pour le forage GISP. Description de l'évolution de la température au cours des 800 derniers milliers d'années.
Texte argumenté et graphique.	Montrez en quoi les carottes de glace peuvent nous renseigner sur la composition atmosphérique des temps passés. Graphique de l'évolution de la concentration du méthane et du dioxyde de carbone en fonction du temps à l'aide du fichier Excel. Description de l'évolution de la concentration du méthane et du dioxyde de carbone au cours des 800 derniers milliers d'années (Utilisation de l'ensemble des graphiques).
Texte argumenté.	Description de l'évolution actuelle (d'environ 1900 à nos jours) de la composition atmosphérique et proposition d'interprétation.

Document 1 : La recherche d'un « paléothermomètre »

- Utilisation du logiciel « Geomapp »



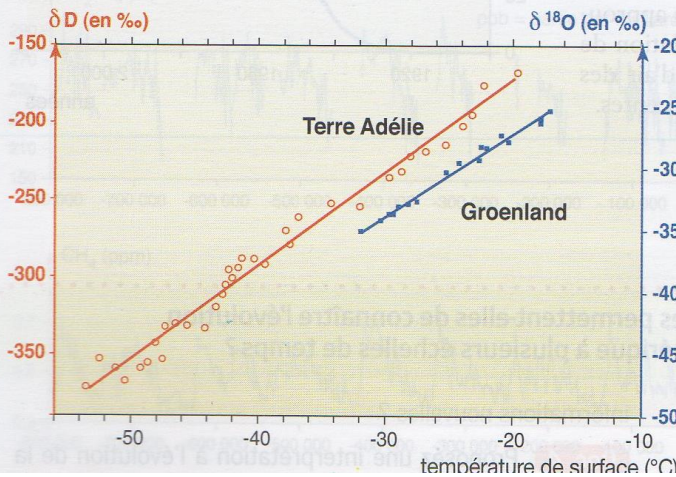
a Localisation des différents sites de mesures. Les couleurs indiquent les températures moyennes mesurées (voir *graphe b*).

b Relation entre $\delta^{18}\text{O}$ et température pour les différents lieux indiqués dans le document a.

- L'élément oxygène existe sous deux formes isotopiques ^{16}O et ^{18}O . L'eau est donc un mélange de molécules de H_2^{16}O (99,8%) et de H_2^{18}O (0,2%). Les physiciens utilisent des **spectromètres de masse** pour mesurer ces proportions. Ils établissent alors le **rapport $\delta^{18}\text{O}$** en comparant le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dans la glace (ou dans l'eau) à un

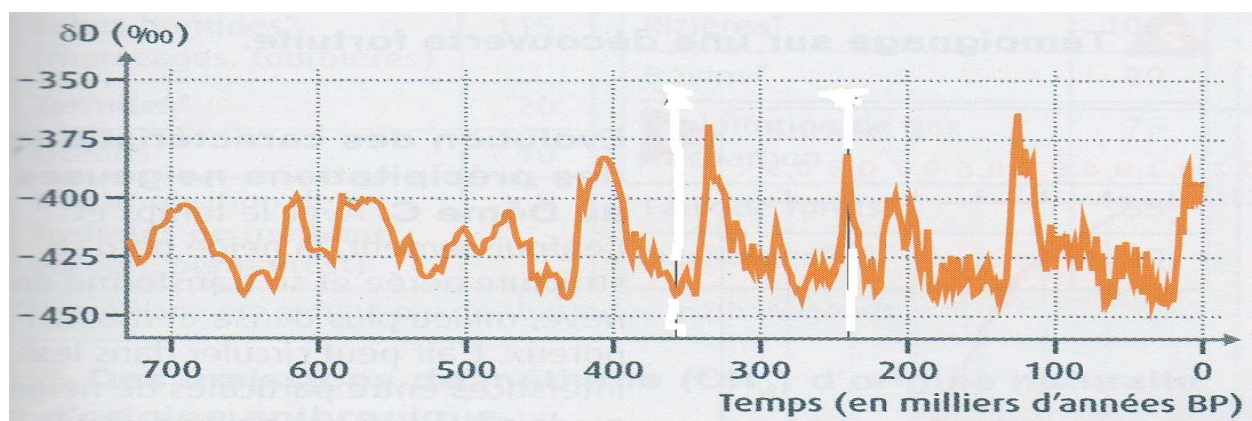
rapport de référence (le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ moyen des océans). En analysant des données provenant de multiples sites (*carte a*), ils ont pu établir une corrélation entre la valeur du $\delta^{18}\text{O}$ dans la neige (ou l'eau) et la température atmosphérique au moment de la précipitation (*graphe b*).

- Le « calibrage » du thermomètre isotopique au Groenland et en Antarctique



- Outre le $\delta^{18}\text{O}$, Les glaciologues utilisent également un autre rapport isotopique pour déterminer les paléotempératures : c'est le δD (rapport entre les isotopes de l'hydrogène ^1H et ^2H ou deutérium). Sur le *graphe*, les points représentent les moyennes annuelles de la température et de la composition isotopique des précipitations (neige) mesurées en différents endroits des régions polaires.

- On peut penser que la corrélation entre $\delta^{18}\text{O}$ (ou δD) et température était la même par le passé. Ces rapports isotopiques peuvent donc constituer des « paléothermomètres » pour déterminer les températures du passé.

Document 2 : Evolution du δD dans les glaces antarctiques

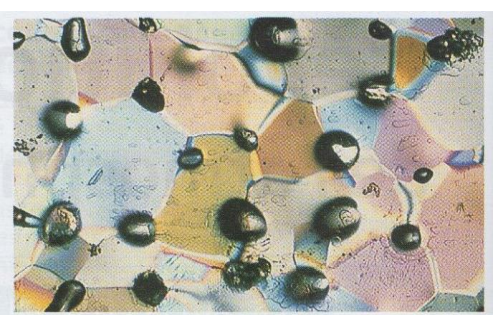
Document 3 : Les carottes de glace, des témoins de l'atmosphère du passé



Carotte de glace extraite au Dôme C, en Antarctique

Un carottage de 3200 m de profondeur, réalisé au Dôme C, en Antarctique, a permis d'atteindre des glaces âgées de 800 000 ans.

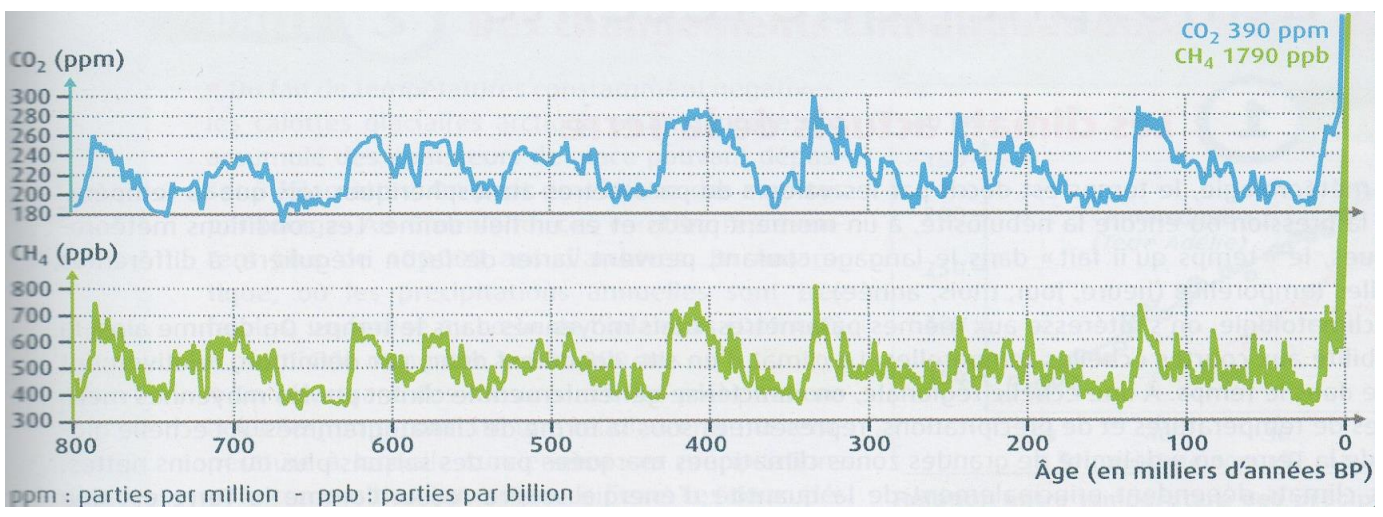
Les carottes, d'un diamètre d'environ 10 cm, sont découpées dans le sens de la longueur, une moitié étant utilisée pour effectuer des mesures, l'autre étant soigneusement archivée pour d'autres mesures éventuelles dans le futur. Des analyses peuvent être faites soit sur la glace elle-même, soit sur les bulles d'air emprisonnées dans cette glace



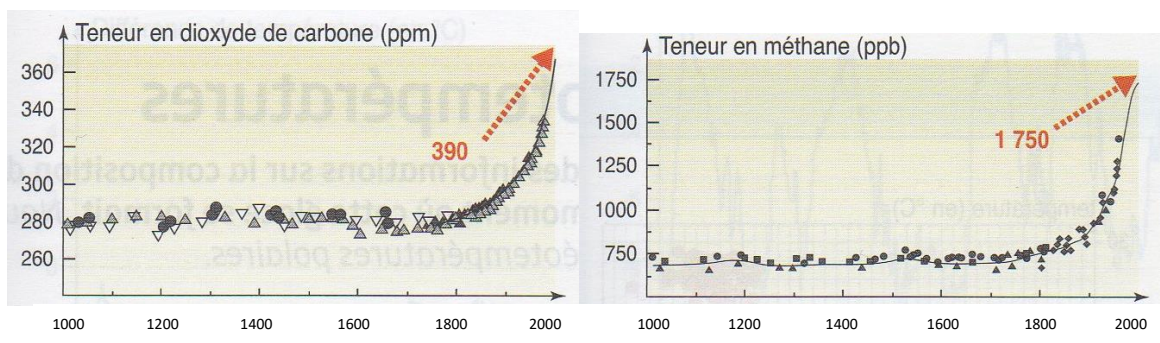
Bulles d'air emprisonnées dans les cristaux de glace (observation au microscope polarisant)

Les bulles d'air piégées dans la glace lors de la transformation de la neige en glace contiennent de l'air de l'époque où s'est formée cette glace. Plus la glace est ancienne, plus ces bulles sont elles-mêmes anciennes. Leur analyse permet de connaître l'évolution de la concentration des gaz atmosphériques.

Document 4 : Evolution au cours du temps du taux de certains gaz piégés dans les glaces

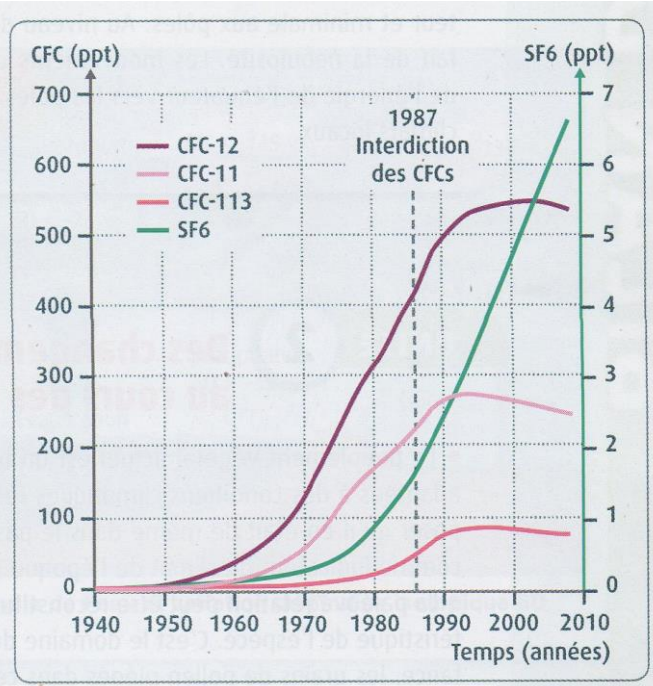


Document 5 : Evolution millénaire de la teneur de l'atmosphère en certains gaz



En rouge : les teneurs actuelles moyennes.

Document 6 : Evolution du taux atmosphérique d'autres gaz polluants d'origine anthropique



Les résultats proviennent de l'analyse des bulles d'air piégées dans la glace et, pour les années récentes, de mesures directes. Les CFC ont été utilisés dans la réfrigération et en tant que gaz propulseurs jusqu'à leur interdiction en 1987 en raison de leur rôle dans la destruction de l'ozone stratosphérique. Ils ont été remplacés par le SF6.

Document 7 : Des émissions de méthane d'origine naturelle et d'origine anthropique

Sources naturelles de CH ₄ (en millions de tonnes par an)		Sources anthropiques de CH ₄ (en millions de tonnes par an)	
Zones humides* (marécages, tourbières)	115	Rizières*	100
Termites*	20	Bovins*	80
Océans*	10	Exploitation de gaz et charbon	75
Décomposition des hydrates de méthane (océan, permafrost)	5	Feux de forêts	55
		Décharges*	40

*Le méthane est produit par des bactéries méthanogènes.