Activité 4: Le $\delta^{18}O$, un paléo-thermomètre.

La prévision des climats futurs nécessite l'identification des principaux paramètres responsables des variations climatiques. Cette identification des facteurs responsables des fluctuations climatiques est à rechercher dans l'analyse des climats passés ou paléoclimats. Il faut pour cela trouver des indices climatiques permettant de reconstituer les paléoclimats.

- **Montrez que le $\delta^{18}O$ peut être utilisé comme un paléo-thermomètre dans certaines conditions que vous préciserez.**
- **Exploitez le graphique de Jouzel pour exprimer la relation mathématique entre la valeur du $\delta^{18}O$ (ou du δD) mesurée en un lieu donné (Groenland: GRIP ou Antarctique: Vostok) et la température.**
- **En utilisant cette relation, exploitez les graphiques de la variation du $\delta^{18}O$ ou du δD en fonction du temps au niveau des forages GRIP et Vostok, afin de décrire les variations climatiques des 400 000 dernières années.**

Document 1: Le delta isotopique des glaces polaires.

Les calottes glaciaires qui recouvrent les pôles sont constituées d'une accumulation de neige déposée année après année et compressée sous son propre poids. Les carottes de glace extraites de forages donnent accès à des échantillons de glace issus de précipitations neigeuses dont l'âge dépend de la profondeur de l'échantillon. En certains forages, les glaces les plus profondes ont jusqu'à 800 000 ans.

Il existe plusieurs isotopes stables de l'oxygène dont ^{16}O et ^{18}O qui sont les plus abondants (respectivement 99,8 % et 0,2 %). On les retrouve dans tous les composés oxygénés naturels, notamment l'eau et les carbonates. L'eau (océan, vapeur, pluie, glace, etc.) est constituée essentiellement à partir de l'isotope 16 de l'oxygène qui est le plus répandu.

Le $\delta^{18}O$ représente la différence entre le rapport ^{18}O / ^{16}O mesuré dans un échantillon d'eau et le rapport ^{18}O / ^{16}O moyen des océans actuels (nommé SMOW). Il est exprimé en pour mille et il se calcule selon la formule suivante :

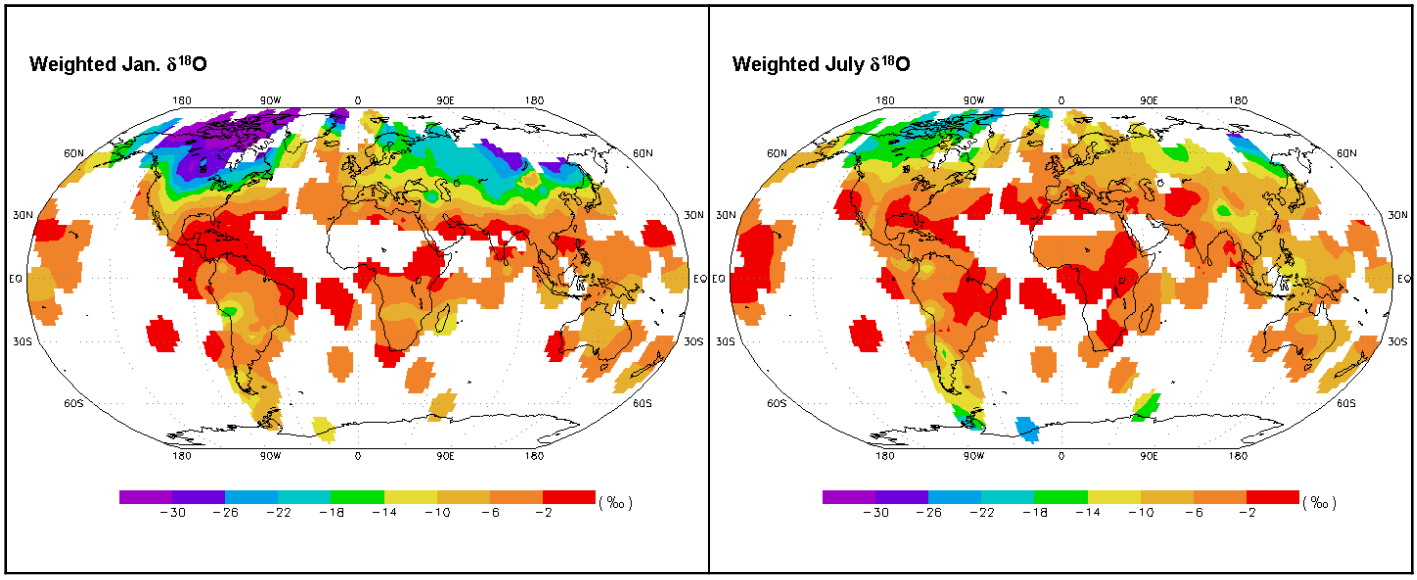
$$\delta^{18}O = 1000 \cdot [(^{18}O/^{16}O)_{mesuré} / (^{18}O/^{16}O)_{SMOW} - 1]$$

Le SMOW représente la composition moyenne de l'océan (Standard Mean Ocean Water):

$$(^{18}O/^{16}O)_{SMOW} = 2005{,}2.10^{-6}$$

Lorsque la concentration en ^{18}O de l'eau diminue le $\delta^{18}O$ diminue.

Document 2: Moyennes mensuelles du $\delta^{18}O$ des eaux de précipitation.



Document 3: Mise en évidence d'une corrélation entre le $\delta^{18}O$ et la température.

Le $\delta^{18}O$ de l'eau de pluie et la température ont été mesurés au cours du temps en différents lieux. Ces mesures permettent de représenter graphiquement la relation $\delta^{18}O$ = f(température) et d'afficher les droites de régression, ainsi que les équations et coefficients de corrélation R, pour différents lieux. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous:

	Amderma	Ascension	Kinshasa	Murmansk	Halley Bay	Barrow
Latitude	+ 69°	+ 7°	+ 4°	+ 68°	+ 75°	+ 71°
Équation	y = 0,29 x - 13,39	y = -0,33 x + 8,89	y = -0,64 x + 12	y = 0,25 x - 12	y = 0,43 x - 13	y = 0,37 x - 13
Coefficient de corrélation	0,75	-0,44	-0,25	0,74	0,93	0,84

Document 4: La notion de corrélation.

La corrélation (dont le coefficient est toujours compris entre + 1 et -1) est une mesure de l'intensité du lien existant entre 2 variables.

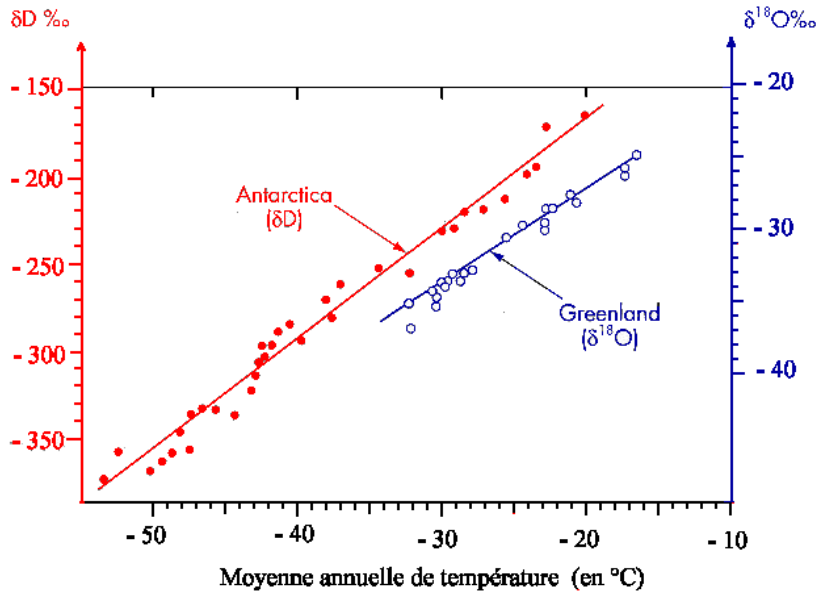
Construire une droite de régression qui passe au mieux au milieu de tous les points n'a de signification que si le nombre de points est suffisamment grand et si le coefficient de corrélation est élevé. Plus le coefficient de corrélation est proche de +1 ou de -1 plus le lien existant entre les 2 variables est fort. (On admet qu'il y a une corrélation si R > +/- 0,8).

La mise en évidence d'une corrélation n'implique pas nécessairement de relation de cause à effet.

Document 5: Les droites de Jouzel

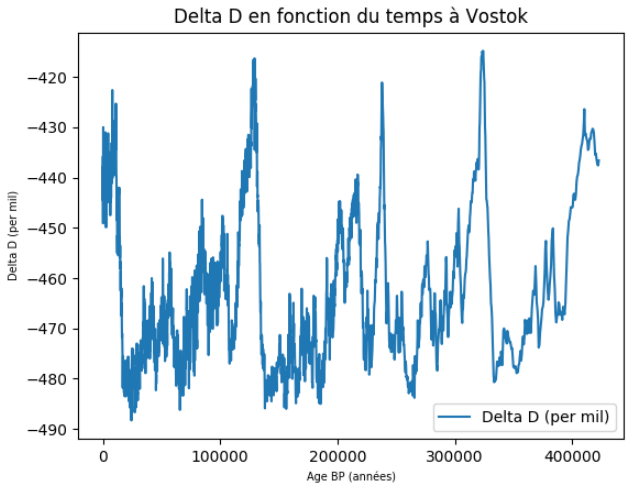
Jean Jouzel (climatologue et glaciologue français, ancien vice-président du GIEC) a étudié la relation $\delta^{18}O$ / température (GRIP - Groenland) et la relation δD / température (Vostok - Antarctique).

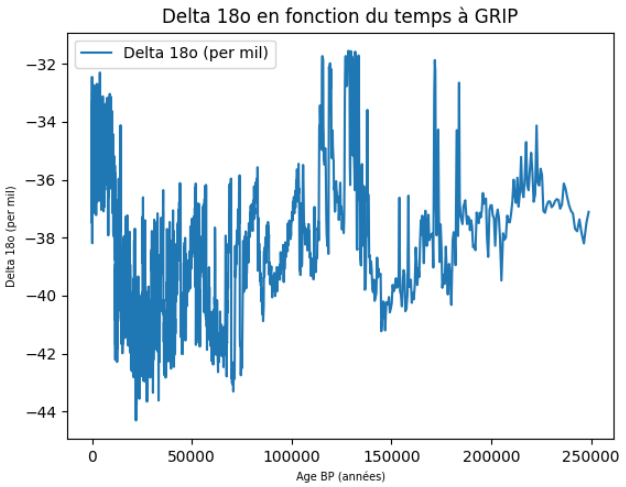
Le deutérium est un isotope de l'hydrogène qui peut être employé de la même façon que le $\delta^{18}O$.



Jouzel J., C. Lorius, S. Johnsen and P. Grootes, 1994 : Climate instabilities : Greenland and Antarctic records. Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris. vol. t. 319, série II, 65-77

Document 6: Variations du $\delta^{18}O$ ou du δD en fonction du temps (âge de la glace) mesurés au niveau des forages GRIP (Groenland) ou Vostok (Antarctique).





Âge BP = âge before present