

QCU Pour chaque question, indiquer la (ou les) proposition(s) exacte(s).

- Une augmentation du delta ^{18}O mesurée dans des couches successives de la glace d'une carotte indique :
 - une baisse de la température atmosphérique.
 - une hausse de la température atmosphérique.
 - une baisse de la concentration atmosphérique en dioxygène.
 - une hausse de la concentration atmosphérique en dioxygène.
- Les variations climatiques au cours du Quaternaire s'expliquent par :
 - une modification cyclique de l'activité des dorsales.
 - une baisse régulière du taux de CO_2 dans l'atmosphère.
 - une activité solaire de plus en plus intense.
 - des variations cycliques des paramètres astronomiques.
- Au cours des 30 derniers millions d'années :
 - les indices climatiques ont montré une tendance générale au refroidissement.
 - le taux de CO_2 atmosphérique est resté constant.
 - les continents étaient regroupés en un mégacontinent.
 - l'activité solaire a globalement augmenté.
- L'altération des matériaux constituant les chaînes de montagnes :
 - est sans conséquences sur le climat de la Terre.
 - entraîne des modifications des conditions climatiques en quelques dizaines d'années.
 - peut engendrer un refroidissement global de la planète à l'échelle de plusieurs millions d'années.
 - rejette beaucoup de CO_2 dans l'atmosphère.

5 Vrai / faux

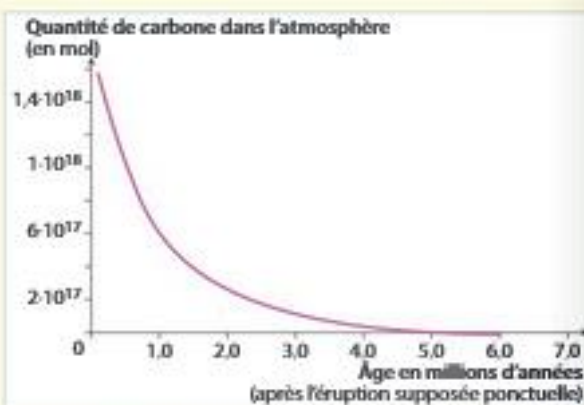
Indiquer si les affirmations suivantes sont exactes en justifiant votre réponse.

- Le CO_2 rejeté par les activités humaines est entièrement absorbé par les océans.
- L'altération chimique de certains silicates constitutifs des roches de la croûte consomme du CO_2 .
- La position des continents n'a pas d'influence sur le climat de la Terre.
- Le courant océanique circumpolaire joue un rôle important dans la régulation du climat global.

6 Question de cours

Datée entre 67 et 65 Ma, une intense et longue période d'éruption due à un point chaud a émis une surface de 500 000 km² de basalte (roche contenant des minéraux calciques, comme l'amphibole ou l'anorthite) sur une épaisseur de près de 2 000 m. Il s'agit des trapps du Dekkan. L'évaluation du CO_2 émis par le volcanisme intensif de cette période est de $1,6 \cdot 10^9$ moles de carbone ajoutées à l'atmosphère. Des indices géologiques ont permis de retracer le devenir du carbone émis dans l'atmosphère après l'épisode de volcanisme.

Décrire l'évolution du taux de carbone au cours du temps et proposer une explication possible à cette évolution.



7 VERS L'ORAL

Commenter cette image avec les mots suivants :

Crétacé température calottes glaciaires
niveau de la mer
activité des dorsales calcaire
localisation de Paris cycle du carbone



Carte de la France au Crétacé supérieur

Source : Fisher, Mascam (1980)

9 Enroulement des coquilles et température de l'eau chez les foraminifères

Neogloboquadrina pachyderma est un foraminifère planctonique vivant dans les régions polaires. L'enroulement de son test (coquille) dépend de la température de l'eau.

– Les formes à enroulement senestre (vers la gauche) sont abondantes lorsque les eaux de surface sont très froides. Elles sont quasiment absentes lorsque les eaux dépassent 8 °C.

– Les formes à enroulement dextre (vers la droite) se développent dans des eaux plus chaudes.

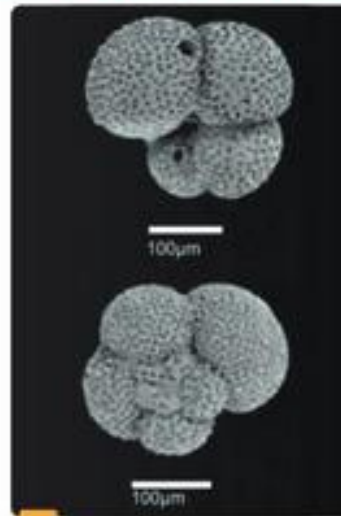
La détermination du sens d'enroulement des tests de foraminifères est ainsi un indicateur des conditions climatiques.

Extraire des informations de documents, comparer des données, communiquer à l'oral

Expliquer en quoi l'étude du sens d'enroulement des coquilles de foraminifères peut apporter des informations sur les climats passés.

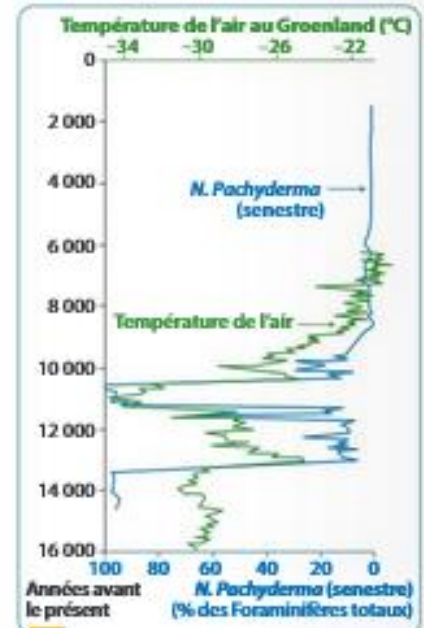
Déterminer les variations climatiques mises en évidence grâce à cette méthode d'étude depuis 18 000 ans.

Comparer ces résultats aux données géochimiques présentées dans le document et **émouvoir** des critiques sur ces données.



1 Coquille dextre de *Neogloboquadrina pachyderma* observée au microscope électronique à balayage

En haut, la coquille est vue sur sa face ombilicale, en bas, sur sa face spiralée. L'enroulement est déterminé en suivant la taille croissante des loges sur la face spiralée.



2 Température de l'air au Groenland et sens d'enroulement des coquilles de *Neogloboquadrina pachyderma* dans l'Atlantique Nord au cours du temps

Température d'après les mesures isotopiques

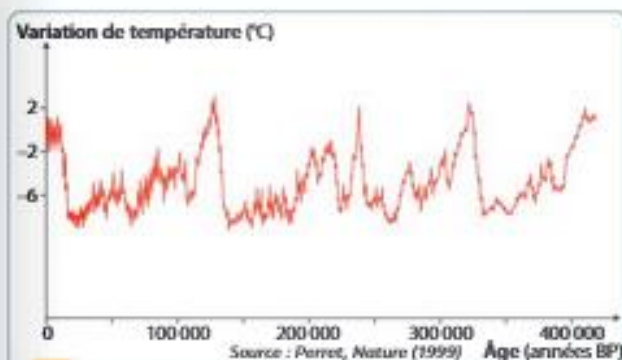
Source : whai.edu

10 Des mammouths dans la Manche !

Les chalutiers qui naviguent dans la partie méridionale de la mer du Nord dans le détroit qui sépare la France de l'Angleterre recueillent parfois dans leurs engins de drôles d'animaux appartenant à la faune du Quaternaire, tels que le Mammouth et le Grand Bœuf. Le musée de Boulogne-sur-Mer (62) possède un certain nombre de dents, deux mandibules et un tronçon de défense de Mammouth trouvés dans le détroit dans la partie Sud de la mer du Nord.

Extraire des informations de documents, mener une démarche explicative, communiquer par écrit

Expliquer la présence de squelettes de mammouth retrouvés dans la Manche.



1 Variations de température durant le Quaternaire d'après l'analyse de carottes de glace en Arctique (Vostok)



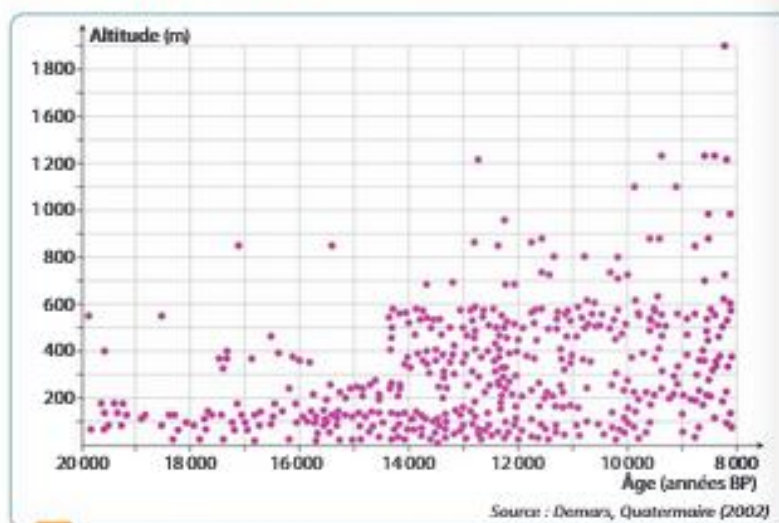
2 Carte du nord de la France il y a 18 000 ans

11 L'espèce *Homo sapiens* est-elle un bon marqueur climatique ?

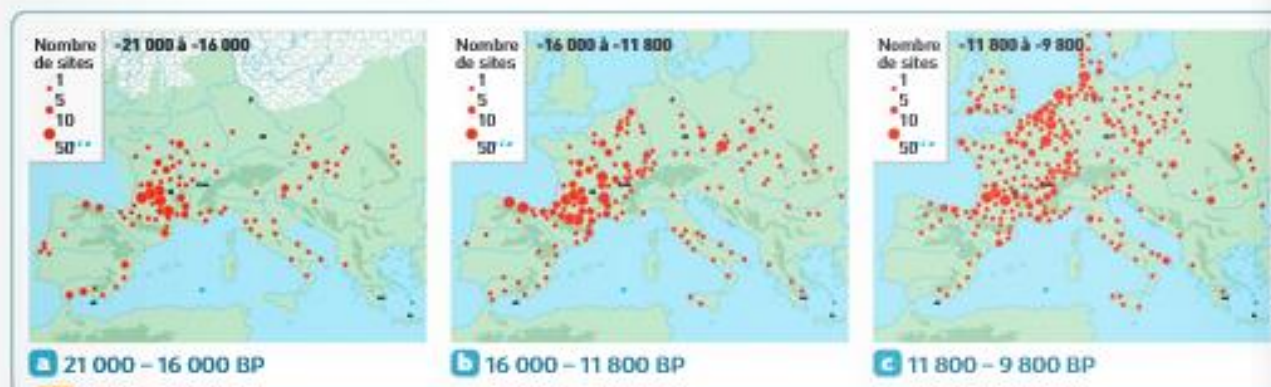
L'inventaire des sites paléolithiques et mésolithiques depuis 21 000 ans en Europe centrale et de l'Ouest permet d'obtenir une répartition des sites occupés par les populations de chasseurs-cueilleurs. Nous cherchons à comprendre ce que dévoilent les comportements humains sur le climat qui régnait à l'époque.

Extraire des informations de documents, comparer des données, communiquer à l'écrit

Expliquer en quoi l'étude des sites occupés par les populations de chasseurs-cueilleurs peut apporter des informations sur le climat entre 21 000 et 9 800 ans. Puis **déterminer** les variations climatiques mises en évidence.



1 Altitude des sites occupés par *Homo sapiens* en France entre -20 000 et -8 000 ans



2 Répartition géographique des sites en Europe centrale et de l'ouest

Source : Demars, Quaternaire (2002)

12 Une sortie géologique dans le Jura : à la recherche d'indices des climats passés sur le terrain !

Au cours d'une sortie géologique, des élèves ont relevé différents indices leur donnant des informations sur le climat passé de la région. Julie formule l'hypothèse (doc. 1) de l'existence d'une période froide et Mathias pense que les indices qu'il a découverts (doc. 2 et 3) témoignent d'une période chaude.

Extraire des informations de documents, mener une démarche explicative, communiquer à l'oral

En exploitant les informations présentées dans les documents ci-dessous, **expliquer** à l'oral ce qui conduit Julie et Mathias à proposer leurs hypothèses. **Proposer** une explication qui mette d'accord les deux élèves.



1 Photographie d'un relief en forme de « croissant » et roche constitutive à Cognia, Jura (39)

Déposée il y a environ 20 000 ans, la roche est meuble et constituée de particules de toutes tailles, de nature très variée, ne présentant aucun tri particulier. Certains galets ont une forme typique de « fer à repasser » avec deux arêtes dessinant la pointe d'un triangle.



2 Surface d'une couche calcaire à Loulle
 Il s'agit d'une couche à empreintes de dinosaures, datés de 155 Ma. On observe des empreintes de Théropodes (en rose) et de Sauropodes (en violet) dans une couche de calcaire présentant des anciens polygones de dessiccation. Actuellement, de tels polygones de dessiccation se forment lorsqu'un sédiment fin et humide est desséché par le soleil.



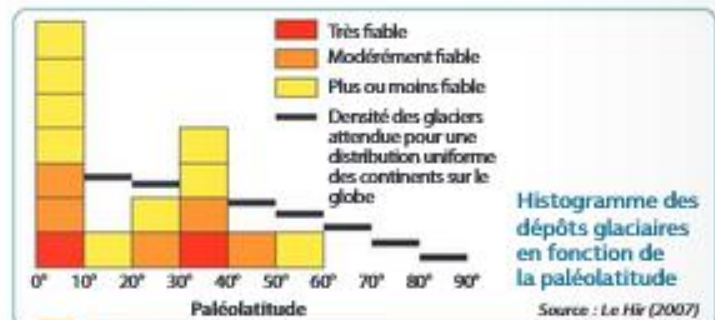
3 Fossile trouvé sur un affleurement de roches calcaires
 Le banc calcaire est situé plusieurs mètres sous la couche à empreinte de dinosaures. Il est assez massif et contient un très beau fossile de corail. L'échelle est donnée par le crayon.

13 La théorie de la Terre « boule de neige »

Notre planète n'a pas toujours été bleue et hospitalière; elle a même connu, à plusieurs reprises, des périodes suffisamment froides pour que sa surface se couvre intégralement de glace. Longtemps contestés, ces épisodes dits de « Terre boule de neige » (« Snowball Earth ») sont aujourd'hui attestés par de nombreuses traces géologiques et géochimiques.

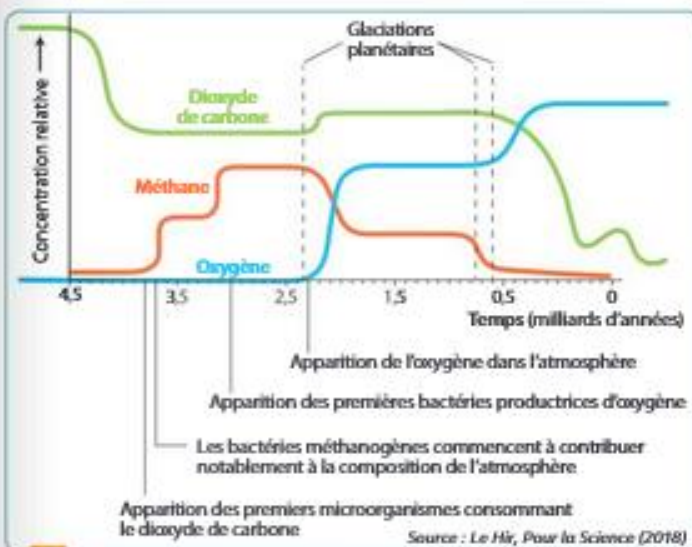
Extraire des informations de documents, mener une démarche explicative, communiquer à l'écrit

À partir de l'exploitation des documents et de vos connaissances, préciser les processus ayant permis à la glace de recouvrir le globe et formuler des hypothèses sur la sortie de cet état.



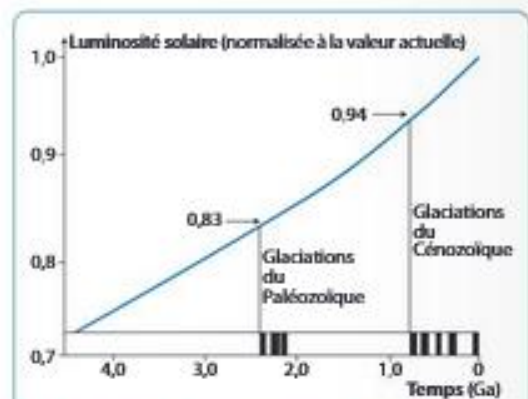
1 Simulation de l'extension des calottes polaires datées de -720 à -635 Ma dans l'hémisphère Nord

Lorsque la banquise atteint 30° de latitude, le seuil critique est atteint. Au-delà, la Terre se refroidit de manière irréversible.



2 Teneurs en CO₂, méthane et dioxygène de l'atmosphère depuis la formation de la Terre

Le méthane est un gaz à effet de serre trente fois plus puissant que le dioxyde de carbone. Il est produit par les bactéries méthanogènes. L'apparition des bactéries productrices de dioxygène il y a 3 milliards d'années va entraîner une compétition avec les autres espèces (en effet, la présence d'oxygène entraîne l'oxydation du méthane en CO₂, ce qui provoque une diminution du taux de méthane dans l'atmosphère).



a Évolution de la luminosité solaire au cours des temps géologiques

Source : Rotani, 2006

b Albédo en fonction de la surface

Surface	Albédo (%)
Neige fraîche	95
Glace	60
Mer	40
Sol sombre	15

3 Luminosité dans le temps et albédo en fonction de la surface

Exercice 1 Synthèse argumentée autour d'une question scientifique 1h 45min | Barème : 7 points

Les grandes périodes de froid au cours de l'histoire de la Terre

Au cours de l'histoire de la Terre, des indices climatiques ont montré que des périodes de froid intense ont existé sur Terre.

Mobiliser et organiser des connaissances, communiquer à l'écrit

À partir d'un exemple de votre choix, **montrer** comment les scientifiques réussissent à prouver et à expliquer l'existence de telles périodes au cours de l'histoire de la Terre. Votre exposé sera organisé et illustré.

Exercice 2 Pratique du raisonnement scientifique 1h 45min | Barème : 8 points

Des momies égyptiennes nous racontent le climat

L'étude des vestiges archéologiques de l'Égypte ancienne apporte de précieux indices sur les climats du passé. Des analyses géochimiques effectuées sur les momies ainsi que l'analyse d'écrits réalisés par les égyptiens permettent de reconstituer certains paramètres climatiques.



1 Localisation des sites égyptiens d'où proviennent les momies étudiées



2 Photographie d'une momie prédynastique conservée au musée des confluences à Lyon

a Constitution chimique des os et des dents de momies

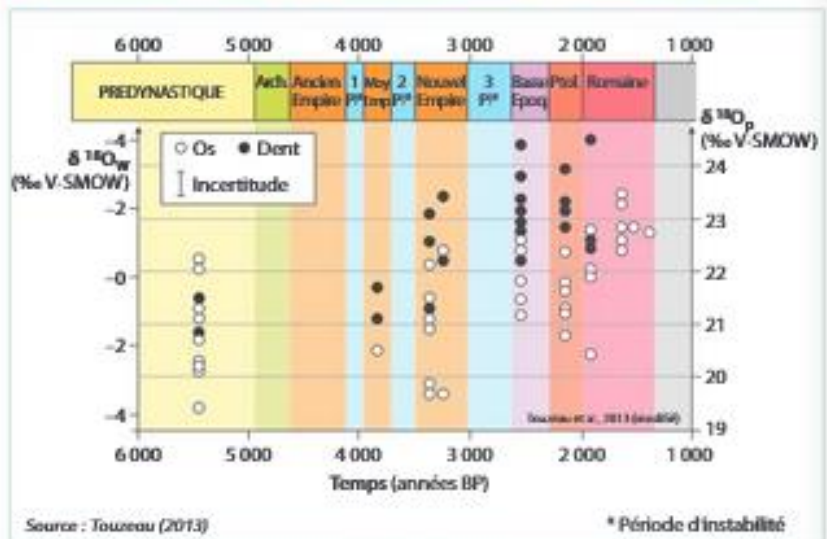
L'apatite $(Ca_5(Mg,Fe^{2+})(PO_4)_3(OH))$ constituant l'os et l'hydroxyapatite $(Ca_5(PO_4)_3(OH))$ de l'émail des dents contiennent de l'oxygène.

b Lien entre le $\delta^{18}O$ des os et dents des Égyptiens et climat

Aux basses latitudes, le $\delta^{18}O$ de l'eau de pluie est principalement contrôlé par l'effet de « quantité de précipitations ». Cet effet peut se résumer ainsi : aux basses latitudes, plus il pleut, plus la valeur du $\delta^{18}O$ dans la pluie est faible. De même, moins il pleut, c'est-à-dire plus le climat est aride, plus le $\delta^{18}O$ dans la pluie est élevé.

L'eau de pluie est la source d'eau de boisson des Égyptiens. Le $\delta^{18}O$ de l'eau de boisson détermine le $\delta^{18}O$ retrouvé dans leurs os et leurs dents.

c Variation du $\delta^{18}O$ des os et dents des momies égyptiennes étudiées



À droite, valeurs du $\delta^{18}O$ du phosphate mesuré dans des os et dents de momies égyptiennes. À gauche, valeurs correspondantes reconstituées pour de l'eau de boisson des Égyptiens.
V-SMOW : valeur de l'eau océanique de référence (eau océanique moyenne normalisée de Vienne ou Vienna Standard Mean Ocean Water).

3 Le $\delta^{18}O$ des os et dents des momies égyptiennes, indicateur de la quantité de précipitations

En Égypte, le Nil représente la principale ressource en eau, dans la mesure où les précipitations sont généralement peu abondantes. De l'Antiquité au Moyen-Âge et jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la crue du Nil était attendue avec impatience, car elle permettait d'irriguer les terres cultivables. Son niveau au maximum de l'inondation était mesuré et transcrit, et servait notamment au calcul des impôts. En effet, plus la crue était haute, plus la surface inondée était importante, ce qui promettait donc davantage de récoltes.



2,06 m = 2 doigts + 6 paumes + 3 coudées

Les crosses, présentes à intervalles réguliers dans chaque bandeau, délimitent des cases correspondant à des années. Pour chaque année, la hauteur de la crue est indiquée en bas du registre, avec les unités de mesure égyptiennes : la coudée, la paume et le doigt. L'analyse de ces hauteurs de crue a été publiée par Bell en 1970.

4 Des informations apportées par la pierre de Palerme égyptienne

Extraire des informations de documents et les mettre en relation, construire une démarche explicative, communiquer à l'écrit

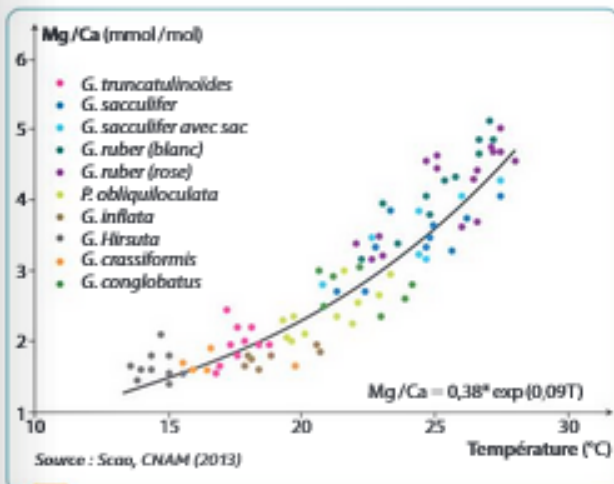
À partir des documents suivants, expliquer comment l'étude des vestiges archéologiques de l'Égypte ancienne permet d'apporter des informations sur les variations climatiques de l'époque.

Exercice 3 Pratique du raisonnement scientifique

1h • Barème : 2 points

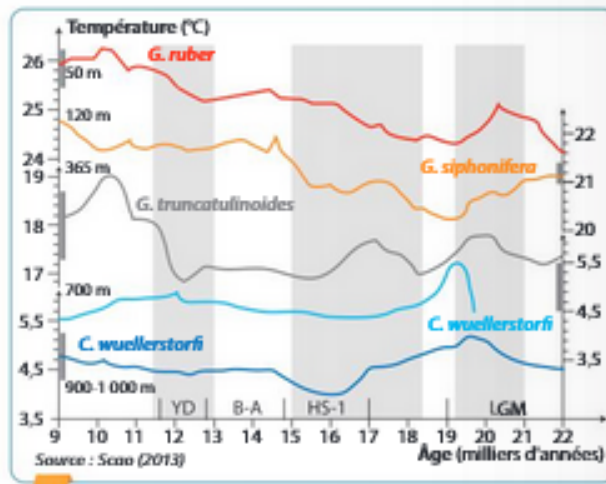
La méthode Mg/Ca, un paléothermomètre pour les eaux océaniques

La mise au point d'outils permettant la détermination de la température passée des eaux océaniques de surface et de fond est une des grandes priorités de la paléocéanographie pour la compréhension des changements climatiques. Ces dernières années ont vu se développer un outil particulièrement prometteur basé sur l'analyse du rapport Mg/Ca dans les tests des foraminifères.



1 Rapport Mg/Ca de tests de foraminifères en fonction de la température

Lors de la calcification du test des foraminifères, certains éléments chimiques de l'eau de mer, de rayon ionique proche de celui du calcium, dont le magnésium, vont se substituer au calcium dans le réseau cristallin du test. Il a été démontré expérimentalement que cette substitution s'accroît quand la température augmente. En mesurant le rapport Mg/Ca dans la calcite du foraminifère conservé dans les sédiments, on peut donc espérer reconstruire les variations de température de l'eau de mer dans le passé.



2 Reconstitution des paléotempératures Mg/Ca des eaux de 50 m à 1 000 m de profondeur à l'aide de différentes espèces de foraminifères au cours des derniers 22 000 ans

Extraire des informations de documents et les mettre en relation, construire une démarche explicative, communiquer à l'écrit

À partir des documents suivants, expliquer l'intérêt de mesurer le rapport Mg/Ca dans les tests de foraminifères puis préciser quelles informations apporte cette méthode sur les changements climatiques des derniers 22 000 ans.