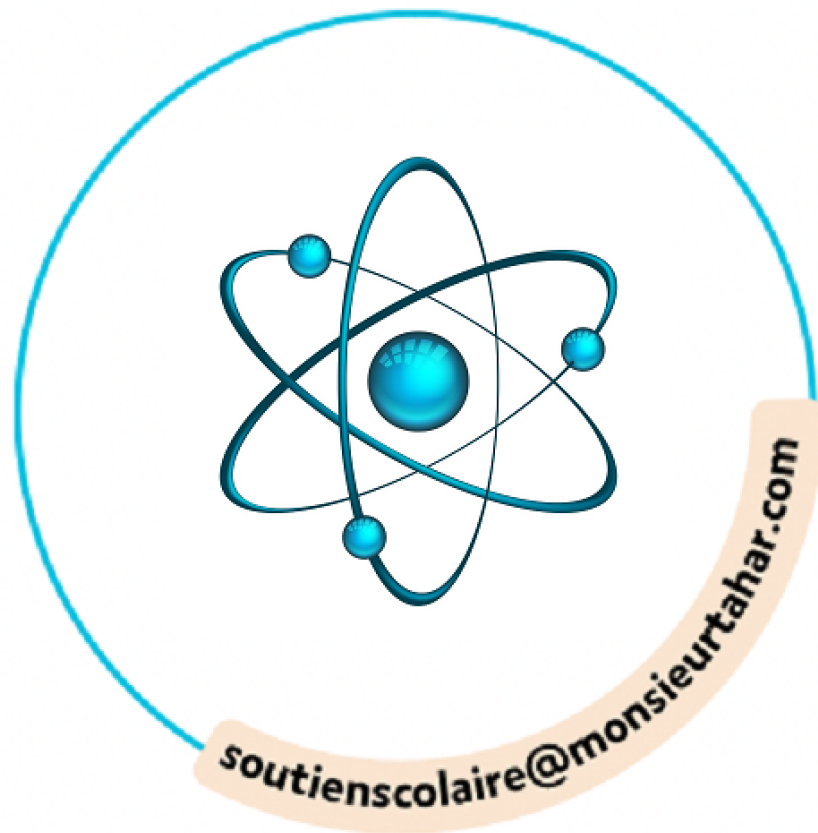
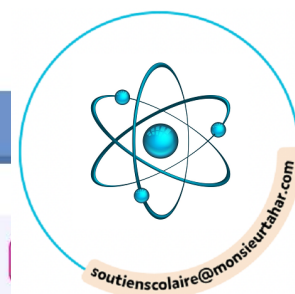


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



SVT

CHAPITRE 2



QCM

CORRIGÉ p. 246

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	a	b	c	d
1 L'étude du climat :	se fait au jour le jour en étudiant les données météorologiques en un lieu donné.	fait appel à des données statistiques dans une région et sur une période donnée.	révèle des variations de ses différents paramètres, uniquement liées à l'action de l'espèce humaine.	révèle que les paramètres climatiques ont varié à différentes échelles de temps.
2 L'étude des bulles d'air dans les glaces polaires permet de :	déduire la température qui régnait jusqu'à 800 000 ans avant nos jours.	mesurer la concentration en différents gaz atmosphériques.	mettre en évidence la diminution de la surface des banquises.	comprendre le forçage radiatif de certains gaz à effet de serre.
3 Le forçage radiatif :	est lié à l'action positive des gaz à effet de serre et des aérosols dans l'atmosphère.	est la différence entre les énergies radiatives reçue et émise, dans un système.	lorsqu'il a une valeur positive, signifie que le système tend à se réchauffer.	lorsqu'il a une valeur négative, signifie que le système tend à se réchauffer.
4 Le climat est un système dynamique dans lequel :	le CO ₂ anthropique exerce une rétroaction positive sur l'augmentation de la température terrestre.	la fonte des glaces de mer et continentales exerce une rétroaction négative sur l'augmentation de la température terrestre.	les végétaux exercent une rétroaction positive en dégageant du CO ₂ au cours de la photosynthèse.	l'océan de surface absorbe une fraction importante de l'énergie additionnelle due au réchauffement climatique.

5 Réaliser un schéma fonctionnel

1. **Construire** un schéma fonctionnel mettant en relation les éléments suivants : *insolation, albédo, volume des glaces, température en surface, température des océans, effet de serre, CO₂ atmosphérique*

2. **Indiquer** par des signes « + » et « - » les interactions dans le cas d'une diminution de l'insolation terrestre.

6 Les aérosols, une solution ?

À l'oral !

Afin de réduire le réchauffement climatique, le physicien David Keith, professeur à l'université de Harvard, suggère d'injecter des quantités massives de particules de calcite dans la haute atmosphère. Ces aérosols sont sans danger pour l'ozone. Il a été élu « Héros de l'environnement » en 2009 par le magazine *Times*.

Expliquer la proposition de David Keith en utilisant les mots : *aérosol, forçage radiatif, albédo*.

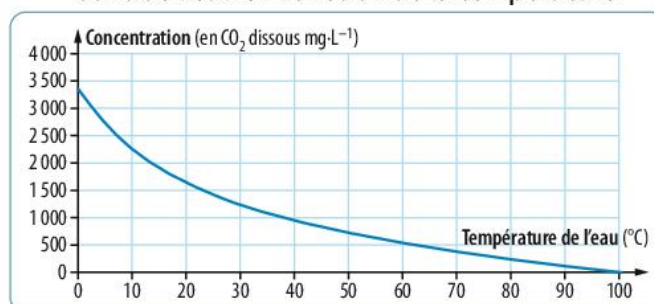
📺 Vidéo : <https://geoengineering.environment.harvard.edu>

7 Température et dissolution du CO₂

CORRIGÉ p. 246

Le CO₂ se dissout dans l'eau et y forme du H₂CO₃.

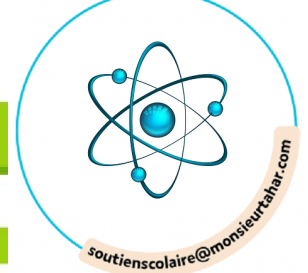
Concentration du CO₂ dissous (H₂CO₃) dans de l'eau en fonction de la température



1. On considère une enceinte fermée contenant de l'air et de l'eau et dont on fait varier la température. **Indiquer** comment évoluent les concentrations de CO₂ dissous et de CO₂ gazeux en fonction de la température.

2. **Expliquer** en quoi ces données permettent de mettre en évidence une rétroaction positive sur l'évolution de la température terrestre.

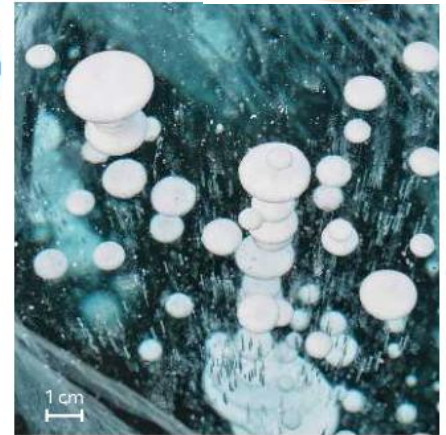
Exercice résolu



8 Action du méthane sur le réchauffement climatique



Paysage à pergélisol en Sibérie



Bulles d'hydrate de méthane dans la glace

1 Le méthane dans les pergélisols

Le méthane est un puissant gaz à effet de serre (GES) qui provient, entre autres, d'une fermentation de la matière organique. Son dégagement dans l'atmosphère est à 40 % d'origine naturelle.

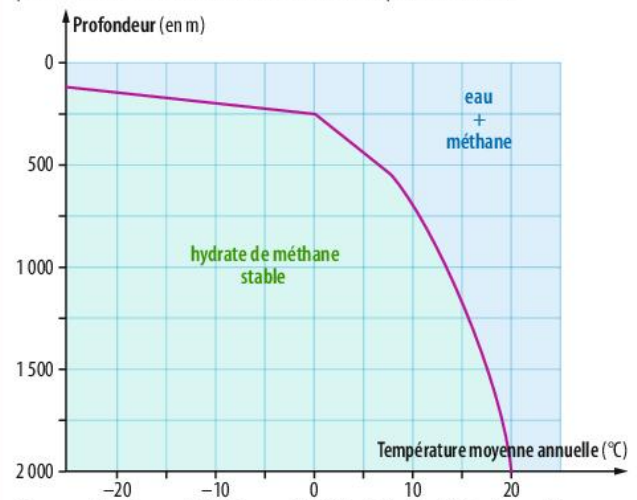
Dans des conditions particulières de température et de pression, le méthane peut s'associer de façon réversible à l'eau pour former un cristal mixte appelé « hydrate de méthane ». On le trouve dans les sédiments océaniques et dans les pergélisols. Ces sols, à une température inférieure ou égale à 0°C, recouvrent plus de 20 % des terres émergées soit environ 15 millions de km².

Les chercheurs estiment que si le climat du futur se stabilise à +2°C par rapport à aujourd'hui, la surface des pergélisols serait réduite de 40 %. Ce dégel constituerait une véritable bombe à retardement.

1. **Estimer** quelle serait la surface restante des pergélisols avec un réchauffement de 2°C.
2. À partir des données tirées du texte et du graphique, **justifier** le fait que le dégel des pergélisols constitue une « bombe à retardement » pour le climat.

2 Zone de stabilité des hydrates de méthane dans les pergélisols

La température du sol augmente avec la profondeur. Pour un sol à -10°C en surface, les hydrates de méthane sont présents et stables dès 200 m de profondeur.



Source : Hyndman et Dallimore, *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 2006

Conseils

Justifier le propos par l'analyse du graphique.

Mettre en relation des données et utiliser des connecteurs logiques (donc, de plus...).

Conclure.

Solution

1. $15 \times 10^6 \text{ km}^2 \times 60 \% = 9 \times 10^6 \text{ km}^2$
Avec un réchauffement de 2°C, il resterait $9 \times 10^6 \text{ km}^2$ de pergélisols.
2. Une augmentation de température entraîne une augmentation de la profondeur de stabilité des hydrates de méthane. Les hydrates de méthane les moins profonds sont alors déstabilisés et du méthane gazeux est libéré.
Le réchauffement de ces hydrates libère du méthane gazeux (CH₄).
De plus, le dégel de la matière organique favorise sa fermentation et donc la libération de méthane gazeux supplémentaire.
Le méthane est un puissant GES qui agit donc de manière positive (rétroaction positive) sur le réchauffement climatique, ce qui aggrave le dégel des pergélisols.

9 Aérosols et climat

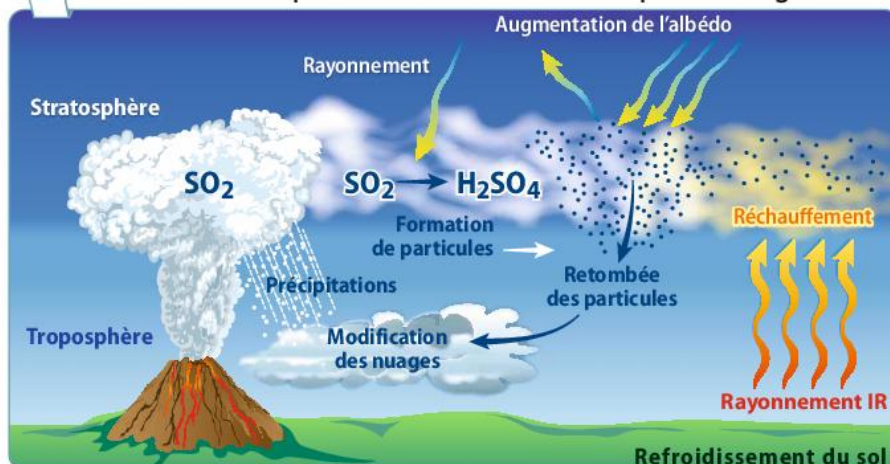
Prépa E3C

Le Pinatubo est un volcan situé aux Philippines qui connut une éruption en novembre 1991. Il dégagea plus de 20 millions de tonnes de SO_2 qui s'élevèrent à près de 20 km d'altitude (stratosphère). On observa une diminution du rayonnement solaire atteignant la surface terrestre de $3,50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Les observations montrèrent une baisse de la température moyenne du globe de $0,5^\circ \text{C}$ sur une durée de presque 3 ans.

1 Origine des aérosols

Les aérosols sont des particules solides ou liquides dont la taille varie de quelques nanomètres à 100 micromètres et que l'on retrouve en suspension dans l'atmosphère. Plusieurs millions de tonnes d'aérosols sont émises chaque jour de sources naturelles (cendres volcaniques, poussières désertiques, embruns marins, érosion des sols) et de sources anthropiques (feux de forêt, fumées industrielles, gaz d'échappement, etc.). Les aérosols dans la haute atmosphère se forment notamment à partir de sulfure d'hydrogène H_2S et de dioxyde de soufre SO_2 .

2 Réflexion directe par les aérosols et réflexion par les nuages



Éruption du volcan islandais Eyjafjöll

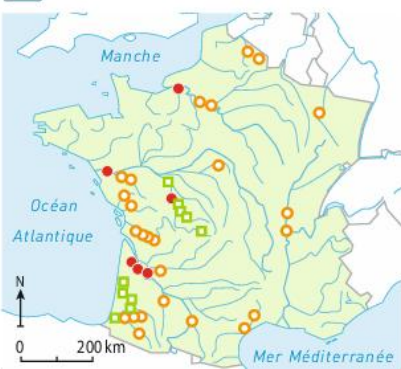
Le volcan islandais Eyjafjöll est entré en éruption en mars 2010. Le 14 avril, un panache de cendres et de poussières est monté jusqu'à près de 10 km d'altitude, perturbant les plans de vol des avions. Cependant, l'éruption fut moins violente que celle du Pinatubo en 1991 aux Philippines et cent fois moins de dioxyde de soufre fut rejeté.

1. Indiquer les origines possibles des aérosols.
2. Décrire l'effet des aérosols en matière de forçage radiatif.
3. Raisonner pour expliquer le fait que l'éruption du volcan islandais n'ait pas eu le même impact climatique que celle du Pinatubo.

10 Des indicateurs climatiques d'origine biologique

Prépa E3C

1 Apparition de Diatomées dans les cours d'eau français



Distribution observée en France pour trois espèces de Diatomées thermophiles d'origine tropicale

Source : Coste et Ector, Syst. Geogr. Pl., 2000

Une étude menée en 2000 a montré que depuis 20 à 30 ans il y a eu apparition et/ou prolifération dans les cours d'eau français de plusieurs espèces de Diatomées, notamment d'origines tropicales ou subtropicales, considérées comme de bons indicateurs de l'augmentation de la température de l'eau de surface.

La pluie, les insectes aquatiques, les oiseaux migrateurs, la navigation et les activités humaines permettent l'introduction de nouvelles espèces de Diatomées en France métropolitaine. Cependant, elles ne s'acclimatent pas toujours.

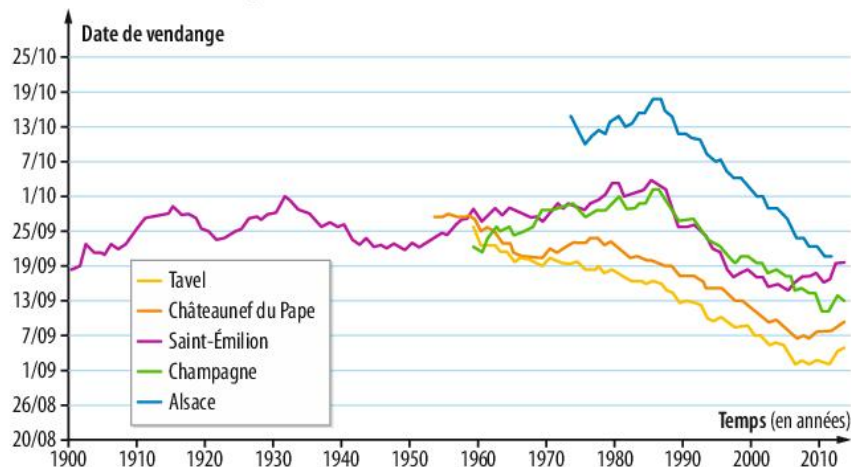
Diadesmis confervacea est une Diatomée thermophile d'origine tropicale. On l'a tout d'abord identifiée en France dans des serres et des sources thermales chaudes. En 1972, on la découvre dans les eaux rejetées par la centrale thermique de Porcheville et en 1976, dans la Loire au niveau des rejets en eau de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux. Depuis 1990, on la retrouve dans divers cours d'eau de France : Adour, Dordogne, Charente, etc.



Les Diatomées sont des microalgues unicellulaires enveloppées par un squelette siliceux de $2 \mu\text{m}$.

2 Date des vendanges dans différents vignobles français

La date des vendanges est corrélée à la température terrestre locale. En effet, une température plus élevée accélère la maturation du raisin (teneur en sucre et acidité du grain) et avance donc la date de récolte.



Source : ONERC – SDES, 2019

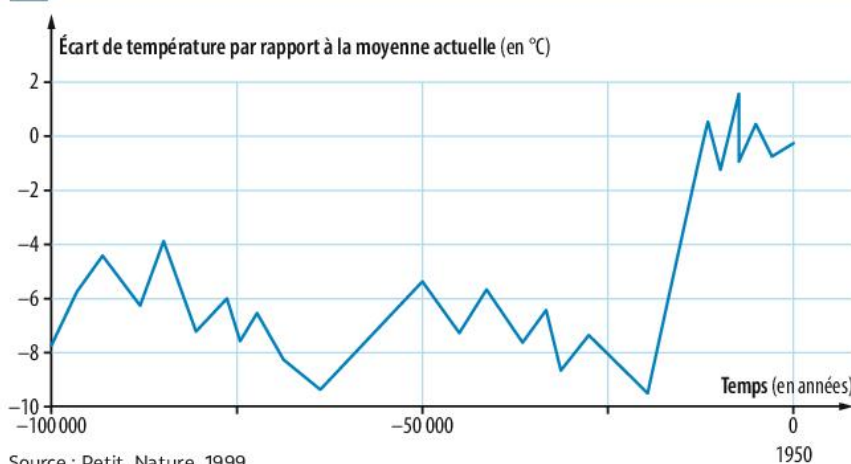


1. **Expliquer** pourquoi on retrouve des *D. confervacea* dans les serres, les sources thermales et dans les fleuves près de certaines centrales (doc 1).
2. **Justifier** le fait que les trois espèces de Diatomées indiquées sur la carte puissent être considérées par certains chercheurs comme des indicateurs du réchauffement climatique (doc 1).
3. **Expliquer** en quoi la date des vendanges est un indicateur climatique confirmant les observations précédentes (doc 2).

11 La disparition des Mammouths

Prépa E3C

1 Variations de la température d'après les prélèvements glaciaires



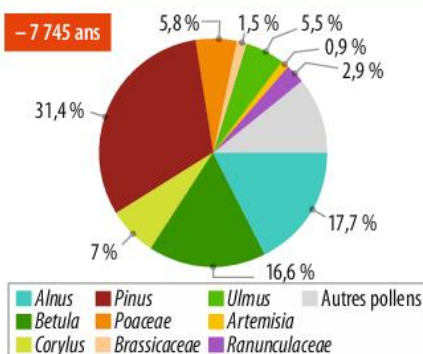
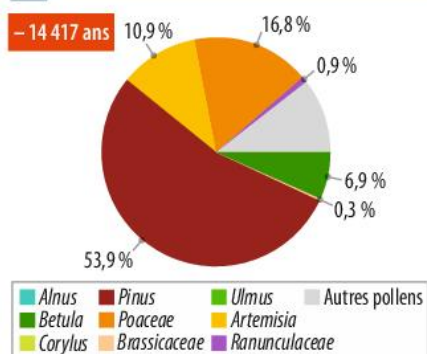
Source : Petit, Nature, 1999



La population des Mammouths laineux a commencé à régresser il y a 10 000 ans et s'est éteinte il y a 3 700 ans sur l'île de Wrangler en Sibérie. Cette disparition serait due à un changement climatique.

À partir des documents fournis, **justifier** le fait qu'un changement climatique ait eu un impact sur la disparition des Mammouths laineux.

2 Données polliniques obtenus à Druzny (Biélorussie)



Données obtenues avec le logiciel Paléobiome2.

Les Mammouths laineux se nourrissent presque exclusivement de végétaux ($180 \text{ kg} \cdot \text{j}^{-1}$) des steppes et toundras, typiques des zones climatiques froides, dont font partie les Poacées, Lichens, Mousses, Saules, Bouleaux (*Betula*), Cypéracées et Joncacées (espèces en partie présentes dans le logiciel Paléobiome 2).

L'activité humaine émet des gaz dans l'atmosphère. Ils ne contribuent pas de manière équivalente au réchauffement climatique.

Pour comparer leurs effets, le dioxyde de carbone sert de référence : on lui attribue une valeur de potentiel de réchauffement global (PRG) de 1. Le PRG d'un gaz est alors calculé pour une durée précise par rapport au dioxyde de carbone. Ainsi, si un gaz présente un PRG de 100 à 20 ans, cela signifie que 1 kg de ce gaz aura la même contribution à l'effet de serre que 100 kg de dioxyde de carbone pendant une durée de 20 ans.

Potentiel de réchauffement global de quelques gaz

Gaz	PRG à 20 ans	PRG à 100 ans	Équivalent carbone	Durée de vie dans l'atmosphère
CO ₂	1	1	1	environ 100 ans
CH ₄	84	25		12 ans
N ₂ O	264	298	81,3	114 ans
CF ₄ , gaz fluoré	4 880	6 630		50 000 ans

Source : GIEC 2007

En pratique, les physiciens et climatologues n'utilisent pas le PRG en équivalent de masse de CO₂ mais en masse de carbone.

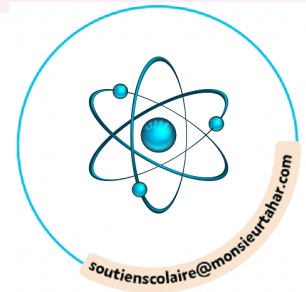
Or la masse de carbone dans 1 g de dioxyde de carbone n'est que de 0,2727 g.

Ainsi, on attribue à chaque GES : $\text{équivalent carbone} = \text{PRG à 100 ans} \times 0,2727$.

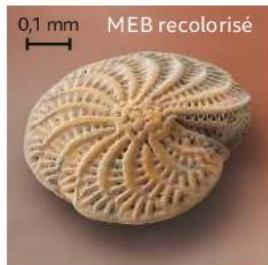
1. **Comparer** les contributions des différents gaz au réchauffement climatique sur une durée de 20 ans.

2. **Calculer** la valeur de l'équivalent carbone du méthane et du CF₄.

3. **Proposer** une hypothèse pour **expliquer** que la valeur du PRG du méthane CH₄ diminue entre 20 et 100 ans. Même question pour **expliquer** la hausse de la valeur de tétrafluorure de carbone (CF₄) entre 20 et 100 ans.



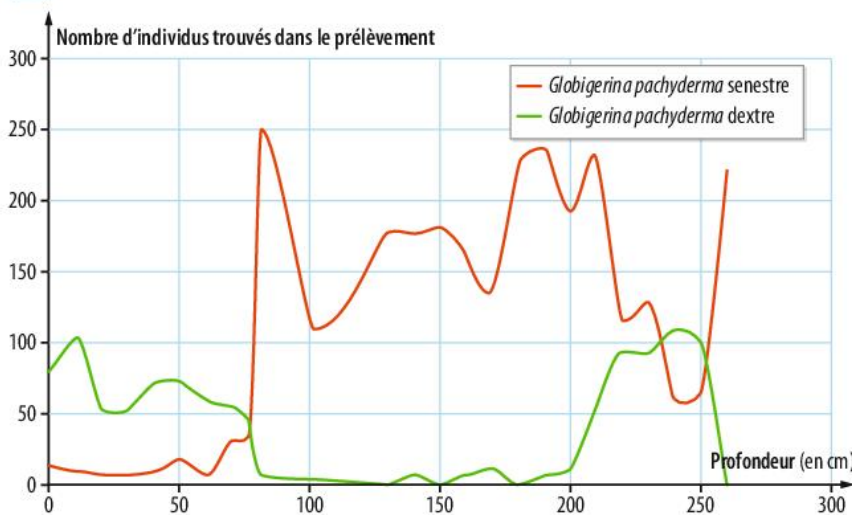
13 Foraminifères et température



Globotruncana forme un genre éteint de Foraminifères planctoniques (Eucaryotes¹ unicellulaires ayant un squelette externe minéral perforé). On retrouve ces squelettes dans les sédiments océaniques. Le sens d'enroulement des coquilles vers la droite (dextre) ou vers la gauche (senestre) dépend de facteurs environnementaux tels que la température.

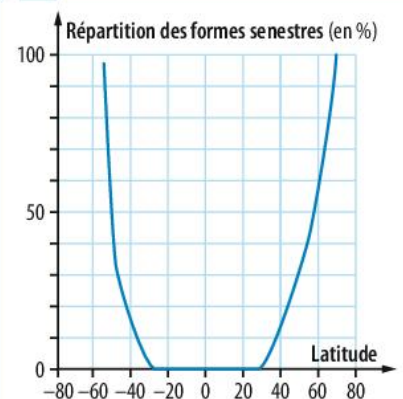
¹ Être vivant dont les cellules possèdent un noyau contenant le génome.

2 Nombre de *Globotruncana* senestres et dextres à partir d'un échantillon prélevé par carottage



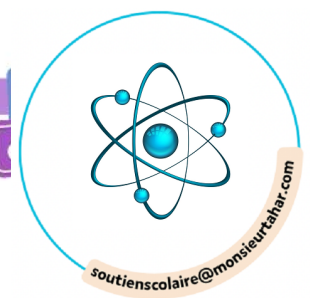
On étudie un échantillon de sédiments provenant d'un carottage. Il est profond de 150 cm, ce qui correspond à -28 660 ans.

1 Répartition des différentes formes de Foraminifères en fonction des latitudes



1. **Démontrer** que les *Globotruncana* constituent un indicateur de climat (doc 1).

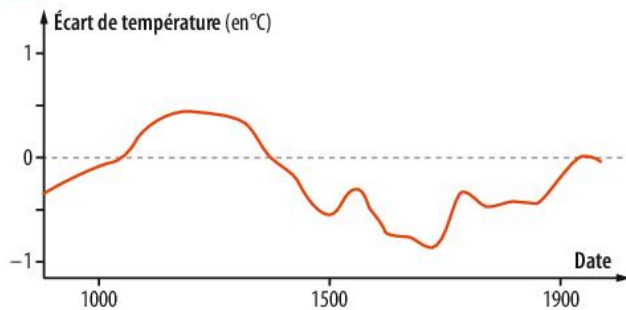
2. **Indiquer** quel pouvait être le climat au moment de la formation de l'échantillon du doc 2.



Faut-il douter du réchauffement climatique ?

Un réchauffement climatique majoritairement causé par les activités humaines est-il en cours ? Pour répondre à cette question, les scientifiques du climat cherchent notamment à reconstituer l'évolution des températures globales du passé. En l'absence de relevés par thermomètres, il faut utiliser des indicateurs indirects de température.

1 Première reconstitution de l'évolution de la température moyenne faite par Lamb en 1965 pour l'Angleterre



Basée sur des données d'archives historiques incluant l'évolution des surfaces cultivées, elle permet de définir deux périodes :

- un optimum climatique médiéval de 1000 à 1400 ;
- un petit âge glaciaire de 1400 à 1900.

En l'absence d'autres reconstitutions, cette courbe est reprise par le 1^{er} rapport du GIEC, en 1990.

La colonisation viking du Groenland témoignerait d'un optimum climatique médiéval



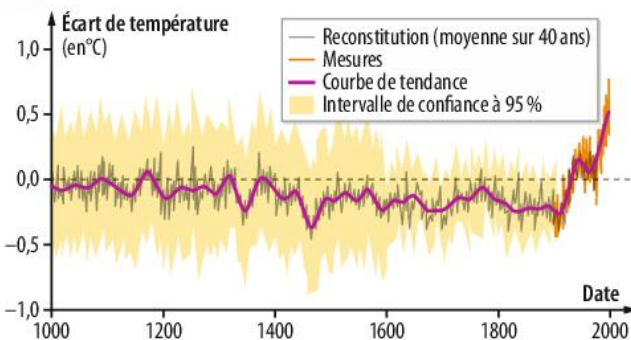
Reconstitution de l'église de Brattahlíð, Sud Groenland

Certains tableaux anciens témoigneraient d'un petit âge glaciaire



Brueghel l'Ancien, *Le cycle des saisons : janvier*, 1565

2 Nouvelle reconstitution de l'évolution de la température moyenne publiée par Mann en 1999 pour l'hémisphère nord

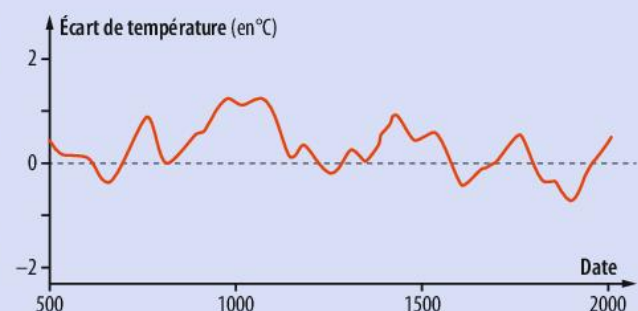


Cette publication s'appuie sur l'étude de cernes d'arbres, de densité du bois, et de carottes de glace en 11 lieux répartis dans l'hémisphère nord. Un traitement statistique permet d'obtenir une température globale.

Après confrontation avec d'autres résultats, le GIEC reprendra la courbe dans son 3^e rapport, en 2001. L'utilisation d'autres indicateurs permettra de corriger cette courbe, qui gardera sa forme générale, dite « en crosse de hockey », et sera encore intégrée au rapport du GIEC de 2013.

De nos jours encore, la courbe « en crosse de hockey » n'est pas acceptée par des détracteurs du réchauffement climatique. Ils accusent ses auteurs d'avoir volontairement effacé l'optimum climatique médiéval par des moyens statistiques, afin de dramatiser l'augmentation actuelle de la température globale.

En 2008, Grudd publie une reconstitution pour la Scandinavie. Basée sur l'étude des cernes d'arbres et la densité du bois, elle montre à nouveau un optimum médiéval. Les détracteurs lui accordent plus de valeur qu'à la courbe de Mann, qu'ils estiment périmée.



Reconstitutions de Grudd en 2018 pour la Scandinavie

À VOTRE
AVIS

- Entre scientifiques du climat et négateurs, il y a désaccord sur le choix des courbes montrant comment le climat a évolué. Laquelle des trois courbes montre vraisemblablement le mieux l'évolution de la température globale depuis 1 000 ans ?

Voir Esprit scientifique
➤ esprit critique p. 6-11