

LES TÉMOINS DU CLIMAT · PARCOURS 1

**LES FORAMINIFÈRES,
TÉMOINS DES CLIMATS PASSÉS**

Mallette pédagogique *Les témoins du climat*

Impression : mai 2021

Illustration et graphisme des couvertures et de la boîte : Coline Aubert

Conception et réalisation des supports pédagogiques : les Petits Débrouillards et le Cerege



LES TEMOINS DU CLIMAT

Durée : parcours sur plusieurs séances

Act
1

LES FORAMINIFÈRES

Cette première activité permet de découvrir, sous forme d'un jeu de cartes, ce que sont les foraminifères : des organismes unicellulaires généralement marins, parfois retrouvés en eau douce. Dans un deuxième temps, on pourra observer des photos de ces organismes, ainsi que des échantillons et des maquettes d'un de leurs éléments constitutifs : leur coquille, encore appelée test.

Transition vers l'activité 2 : quelles sont les propriétés des tests de foraminifères ? De quoi sont-ils constitués ?

Act
2

TEST, MON CALCAIRE

Lors de cette activité nous découvrirons à travers quelques expériences simples certaines propriétés des tests de foraminifères. Ainsi nous verrons qu'ils ne sont pas solubles dans l'eau (douce ou salée) et qu'ils sont constitués de calcaire.

Transition vers l'activité 3 : que se passe-t-il lorsqu'un foraminifère meurt ? Que devient son test ?

Act
3

DES FOSSILES ET DES CAROTTES

Cette activité permet dans un premier temps d'aborder la notion de fossile, par l'observation de photos et/ou d'échantillons de fossiles. Dans un deuxième temps, des expériences permettront de visualiser un processus de sédimentation et de formation de couches sédimentaires, avant de réaliser un prélèvement de carotte à petite échelle. Ceci permettra de comprendre le processus de fossilisation d'un foraminifère, et la façon dont on peut prélever ces fossiles pour les étudier.

Transition vers l'activité 4 : comment les chercheurs réalisent-ils ces prélèvements de carottes de sédiment en pleine mer ?

LES TEMOINS DU CLIMAT

Act
4

À LA PÊCHE AUX CAROTTES

Cette activité permet de comprendre quelles sont les différentes étapes d'une mission de carottage réalisée par des chercheurs. Elle se présente sous la forme de jeux de cartes à associer, et à placer dans le bon ordre chronologique.

Transition vers l'activité 5 : une fois que les chercheurs ont prélevé et étudié les carottes de sédiments contenant des fossiles de foraminifères, comment s'en servent-ils pour étudier les climats passés ?

Act
5

FORAMINIFÈRE, RACONTE-MOI TON HISTOIRE

Cette activité se fait en plusieurs étapes. Il s'agit dans un premier temps de découvrir, en observant des documents, que le climat du passé était différent de celui que nous connaissons actuellement. La deuxième étape permet d'étudier les liens entre les océans et le climat : ils régulent le climat et subissent également des modifications lors des changements climatiques. Les foraminifères qui vivent dans les océans sont de bons indicateurs de ces modifications. Ainsi, en étudiant les tests de foraminifères fossilisés, que l'on retrouve dans les sédiments marins, on peut avoir une idée des conditions climatiques dans lesquelles ils vivaient.

On conclura sur un bilan de ce que peut apporter l'étude des foraminifères pour mieux connaître les climats passés.



Act 1

LES FORAMINIFÈRES

Partons d'un questionnaire :

Connaissez-vous les foraminifères ? Cette première fiche vous permettra de découvrir leurs caractéristiques principales et de les observer.

Matériel :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - cartes du jeu "qui suis-je" (annexe 1) - photos de cellules (annexe 2) - photos de foraminifères (annexe 3) - modèles 3D de coquilles de foraminifères - échantillons de coquilles de foraminifères - bleu de méthylène | <p>Facultatif (hors malle) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - microscope - oignon (rouge ou blanc) - cotons tiges - levure de boulangerie - lames et lamelles |
|--|--|

JEU "QUI SUIS-JE" ?

Objectifs :

Ce jeu de cartes très simple permettra aux enfants de découvrir par élimination la définition basique d'un foraminifère.

Les enfants disposent de 16 images, dont une de foraminifère. On leur donne successivement quatre caractéristiques des foraminifères. Le but du jeu est d'identifier l'image correspondant au foraminifère en éliminant les autres images en 4 étapes. Chaque étape peut faire l'objet de questionnements ou d'expériences autour des notions abordées.

1^{ère} étape : je suis un être vivant

Les enfants peuvent élaborer une liste de critères permettant, selon eux, de reconnaître le vivant du non vivant (mouvement, respiration, croissance, nutrition...). Ces critères sont-ils spécifiques du vivant ?

2^{ème} étape : je suis un animal

Demander aux enfants s'ils connaissent la différence entre un animal et un végétal. Se nourrissent-ils de la même façon ? Se déplacent-ils ?

3^{ème} étape : je vis dans l'eau

Comment sait-on qu'un animal vit dans l'eau ? Les enfants peuvent repartir de différentes fonctions qui définissent la vie (étape 1) et voir si les animaux du jeu les réalisent dans un milieu aquatique.

4^{ème} étape : je suis constitué d'une seule cellule

Si l'on dispose d'un microscope, on peut observer des cellules animales ou végétales :

- Cellules de peau d'oignon rouge ou blanc : couper un oignon en deux, puis retirer les couches intérieures. À l'aide d'un couteau, gratter légèrement l'intérieur de l'oignon, afin de retirer une fine pellicule, qu'on déposera sur une lame dans une goutte d'eau. Placer une lamelle par-dessus la préparation.

- Cellules de la muqueuse buccale : À l'aide d'un coton-tige gratter doucement l'intérieur de la joue. Déposer le prélèvement sur une lame, disperser dans une goutte d'eau et couvrir d'une lamelle. Eventuellement pour colorer l'échantillon déposer une goutte de bleu de méthylène et attendre quelques minutes avant de placer la lamelle.

- Cellules de levure de boulangerie : Mettre en suspension de la levure de boulangerie dans de l'eau. Déposer une goutte de suspension sur une lame et placer une lamelle par-dessus. On peut également colorer la préparation au bleu de méthylène.

Si l'on ne dispose pas de microscope, montrer des images de cellules de différents organismes vivants (annexe 2).



OBSERVATION DE FORAMINIFÈRES

Protocole :

Observer des photos de foraminifères vivants (annexe 3) et les décrire. Puis observer des maquettes 3D de coquilles de foraminifères. Si l'on dispose d'un microscope, on pourra également observer des échantillons de coquilles de foraminifères. A quoi correspondent les maquettes et échantillons par rapport aux photos ? Les foraminifères ressemblent-ils à d'autres organismes connus ?

Explications :

. je suis un être vivant :

Comment distinguer ce qui est vivant de ce qui ne l'est pas ? Nous avons spontanément tendance à associer certaines caractéristiques à la vie (se mouvoir, croître, ...). Mais on peut se demander si ces caractéristiques sont spécifiques à la vie. En effet certains objets non vivants sont aussi capables de mouvement : une chute d'eau ou un robot par exemple. Inversement l'absence de mouvement n'est pas nécessairement associée à une absence de vie : les plantes, les graines et les arbres ne se déplacent pas et pourtant sont des êtres vivants. Alors comment définir la vie ? On peut pour cela partir du cycle de vie, commun à tous les êtres vivants : naître, se nourrir, croître, se reproduire, mourir. Un organisme qui répond à ces cinq critères peut être considéré comme un être vivant.

. je suis un animal :

Quelle est la différence entre un végétal et un animal ? Les végétaux (tels que les plantes et les algues) se nourrissent de matière minérale (non produite par un être vivant) qu'ils transforment grâce à la lumière du soleil. Les animaux ne peuvent se nourrir que de matière organique, qu'elle soit animale ou végétale. Ils sont incapables d'en synthétiser à partir d'éléments minéraux. De plus, les végétaux sont pour la plupart immobiles alors que les animaux sont généralement capables de se déplacer.

. je vis dans l'eau :

De nombreux animaux passent la grande majorité ou la totalité de leur vie dans l'eau. On les appelle des animaux aquatiques. Ils peuvent être marins et vivre dans les mers ou les océans, ou vivre en eau douce. On pense ainsi aux poissons, mais il existe aussi des mollusques (comme les coquillages), des crustacés (comme le crabe) ou encore des insectes (la punaise d'eau par exemple) qui passent toute, ou quasiment toute leur vie en milieu aquatique. Certains animaux sont dits semi-aquatiques, ils peuvent ainsi vivre en partie dans l'eau et en partie sur terre : c'est le cas de l'hippopotame, qui passe ses journées à se reposer dans l'eau, et ses nuits à brouter sur terre.



Un insecte aquatique :

La notonecte, ou punaise d'eau, est un insecte couramment retrouvé dans les mares. Elle est capable de nager sur le dos, sous la surface de l'eau, où elle passe la plupart de son temps. Mais elle peut également voler pour coloniser de nouvelles mares.

. je suis constitué d'une seule cellule :

La cellule est la plus petite unité du monde vivant, c'est-à-dire qu'elle peut assurer toutes les fonctions nécessaires à la vie. Elle est généralement si minuscule qu'on ne peut pas la voir à l'œil nu, on se sert donc d'un microscope pour l'observer. Les plantes et les animaux sont souvent constitués de très nombreuses cellules. Mais il existe aussi des êtres vivants constitués d'une seule cellule. On les appelle des organismes unicellulaires.

. finalement, qu'est-ce qu'un foraminifère ?

Les foraminifères sont des organismes unicellulaires qui vivent généralement dans la mer, parfois en eau douce. Ils sont minuscules, de taille équivalente à un grain de sable, et parfois invisibles à l'œil nu. Ils possèdent une coquille appelée test, qui sert à protéger la cellule, représenté ici sous forme de maquettes 3D. Les foraminifères peuvent émettre des filaments (pseudopodes), que l'on peut observer sur les images de foraminifères vivants.



POUR EN SAVOIR PLUS...

Les foraminifères sont de minuscules animaux unicellulaires que l'on retrouve dans tous les océans du globe, à toutes les profondeurs, à toutes distances des côtes, et parfois en eau douce. Ils ont la particularité d'exister depuis longtemps, bien avant l'apparition des dinosaures sur Terre. Ils vivent sur le fond des océans (foraminifères benthiques) ou en pleine mer (foraminifères planctoniques). Les foraminifères ont une durée de vie très courte (quelques semaines à quelques mois), mais se reproduisent rapidement et peuvent donc parfois être retrouvés en très grand nombre.

Leur cellule est protégée par une coquille appelée test, constituée de plusieurs chambres (loges) et perforée de minuscules orifices. Les foraminifères peuvent émettre des filaments (des pseudopodes), qui sortent par ces orifices. Ces pseudopodes leur servent essentiellement à se nourrir d'autres organismes unicellulaires, d'algues, de déchets, et aussi à se déplacer.

Ainsi, les foraminifères benthiques se déplacent en rampant sur le fond des mers, alors que les foraminifères planctoniques flottent et se laissent plutôt porter par les courants. Les foraminifères planctoniques font partie du zooplancton, qui comprend l'ensemble des animaux aquatiques qui dérivent au gré des courants, et capables de mouvements limités.

Ressource sur les foraminifères :

http://paleopolis.rediris.es/cg/BOOKS/CG2010_B02/fr-index.html



Act
1

ANNEXE 1

IMAGES DU JEU "QUI SUIS-JE" ?



Images (de gauche à droite et de haut en bas) :

coquillage, lune, robot, ophrys-bourdon, mouton, enfant, algues, arbre, chute d'eau, étoile de mer, foraminifère, graines, cailloux, phasme-feuille, crabe, hippopotame



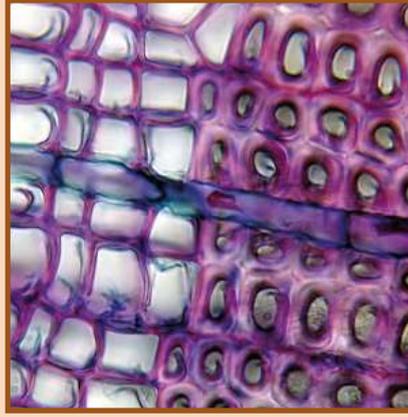
Act
1

ANNEXE 2

PHOTOS DE CELLULES DE DIFFÉRENTS ORGANISMES VIVANTS



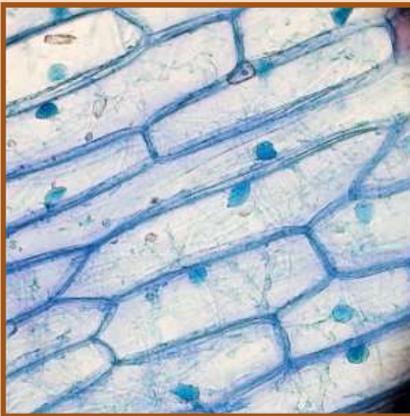
Bactéries



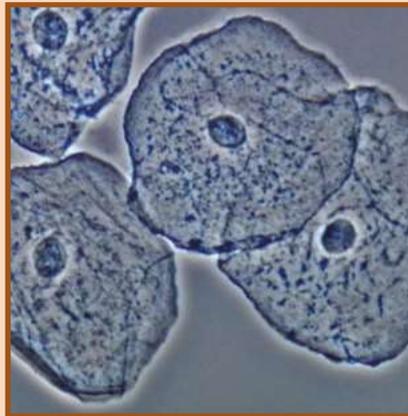
Bois de pin



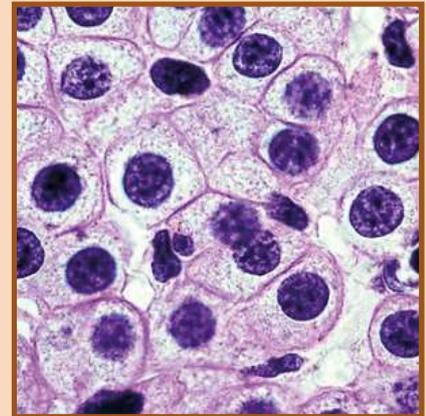
Levures



Peau d'oignon



Muqueuse buccale

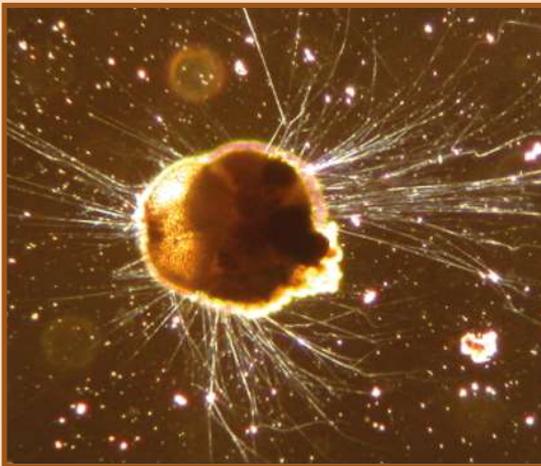


Peau



Act
1

ANNEXE 3
PHOTOS DE FORAMINIFÈRES VIVANTS





Act
2

TEST, MON CALCAIRE

Partons d'un questionnaire :

Les foraminifères possèdent une coquille appelée test qui sert à protéger leur cellule. De quoi est-elle constituée ? Quelles sont ses propriétés ? Cette activité permettra de le découvrir à l'aide de quelques expériences simples.

Matériel :

- Photos de tests de foraminifères (annexe)
- Echantillons de tests de foraminifères
- Echantillons :
 - Roches
 - Sable
 - Coquilles d'œuf
 - Os
 - Coquillages
 - Bâtons de craie blanche (hors malle)
- Récipients en verre : verres, béciers ou tubes à essai (hors malle)
- Vinaigre blanc (hors malle)
- Sel (hors malle)
- Facultatif : eau de mer (hors malle)

OBSERVATION DE TESTS DE FORAMINIFÈRES

Protocole :

Montrer aux enfants des photos de tests de foraminifères (annexe). Si l'on dispose d'un microscope on peut également leur faire observer des échantillons de tests. Que voient-ils ? Les tests sont-ils tous identiques ou observe-t-on des différences ? De quoi peuvent-ils être constitués ? Recueillir les premières propositions des enfants.

MISE EN ÉVIDENCE DE LA PRÉSENCE DE CALCAIRE

Protocole :

Montrer aux enfants des échantillons contenant ou non du calcaire : différents types de roche, du sable, des coquilles d'œuf, des os, des coquillages, des bâtons de craie. Où les trouve-t-on ? Les enfants ont-ils une idée de leur composition ? Puis remplir plusieurs récipients transparents de vinaigre blanc et ajouter chaque échantillon dans l'un d'entre eux. Qu'observe-t-on ? Tous les échantillons réagissent-ils de la même façon ? Pour les os on peut proposer de laisser les échantillons quelques jours de plus dans le vinaigre blanc pour observer une éventuelle modification.

LES TESTS SONT-ILS SOLUBLES DANS L'EAU ? ET DANS L'EAU DE MER ?

Protocole :

- Remplir deux récipients transparents d'eau. Ajouter dans l'un d'entre eux un peu de sel et mélanger. Ajouter dans l'autre récipient des tests de foraminifères. Que se passe-t-il ?
- Refaire la même expérience avec de l'eau de mer. On peut également utiliser le récipient d'eau salée préparé précédemment, qui représentera l'eau de mer. Qu'observe-t-on ?
- Discuter ensuite de ce qui se passe lorsqu'un foraminifère meurt. Que devient son test dans l'eau de mer ?



Explications :

Le calcaire est un constituant de nombreux matériaux naturels. On le retrouve ainsi dans certaines roches, mais aussi dans certaines matières organiques (produites par les êtres vivants) comme les os, les coquillages ou les coquilles d'œuf. La plupart des tests de foraminifères sont également constitués de calcaire. Le calcaire réagit en présence d'une solution acide telle que le vinaigre. Cette réaction est effervescente (elle produit de la mousse) ce qui permet de détecter facilement la présence de calcaire dans des échantillons. C'est ainsi que les géologues (spécialistes de l'étude des roches) emportent toujours un flacon de solution acide avec eux pour tester la présence de calcaire dans les roches.

Le calcaire est insoluble dans les eaux de mer, de surface et de rivière ce qui rend les coquilles des organismes vivants résistantes à l'eau. Les tests de foraminifères ont aussi cette propriété. Ainsi, à la mort d'un foraminifère, la cellule se dégradera mais le test pourra se conserver au cours du temps. C'est ce que l'on observe également avec les coquillages que l'on peut retrouver sur les plages après la mort de ces animaux.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Le calcaire est une substance minérale qui se forme dans l'eau, par voie chimique (c'est ce qui se passe par exemple au fond d'une bouilloire, ce qu'on appelle le tartre est en réalité un dépôt de calcaire) ou par voie biologique (fabriqué par des organismes vivants). Ainsi les os, carapaces et coquilles sont fabriqués par les animaux à partir de calcaire, et leur sert de charpente ou de protection. C'est le cas des foraminifères, qui produisent leurs tests à partir de calcaire.

Le calcaire entre aussi dans la composition de certaines roches, appelées roches calcaires. Les roches et pierres calcaires peuvent être utilisées pour la fabrication de bâtons de craie blanche, ou comme matériaux de construction. Ces roches se forment le plus souvent au fond des mers, par voie chimique, ou par accumulation de coquilles et squelettes d'organismes marins. On peut noter que l'on retrouve de nombreuses roches calcaires en Provence, constituant par exemple les reliefs des massifs de la Sainte-Baume et de la Sainte-Victoire, ou encore les calanques de Marseille et les falaises de Cassis.

Quant au sable, il est issu de la dégradation des roches continentales par l'eau et le vent. C'est ce qu'on appelle l'érosion. On peut également y trouver des débris venant de squelettes et coquilles d'organismes vivants (fragments de coquillages ou de coraux par exemple). Sur certaines plages, en particulier sur les plages tropicales, la majorité des grains de sable sont issus de ces débris, qui peuvent parfois être constitués essentiellement de tests de foraminifères. C'est ainsi le cas de certaines plages de la région d'Okinawa, au Japon. L'une de ces plages porte même le nom de "plage de sable étoilé", car ce sable est constitué en partie de tests de foraminifères en forme d'étoile.



Echantillon de sable d'une plage de la région d'Okinawa (Japon) :

On peut observer des tests de foraminifère en forme d'étoile parmi les constituants du sable de la plage.



Act
2

ANNEXE

PHOTOS DE TESTS DE FORAMINIFÈRES :



Act
3

DES FOSSILES ET DES CAROTTES

Partons d'un questionnement :

Qu'est-ce qu'un fossile ? Comment se forme un fossile de foraminifère ? Où peut-on en trouver et comment les prélever pour les étudier ? Cette activité permettra aux enfants de le découvrir.

Matériel :

- images de fossiles (annexe 1)
- échantillons de fossiles (hors malle)
- images du jeu "Fossile ou pas fossile ?" (annexe 2)
- sable fin et sable grossier
- petite cuillère (hors malle)
- boulgour et semoule (hors malle)
- récipients transparents : verres ou béciers (hors malle)
- tube transparent
- facultatif : plâtre de Paris (hors malle), fond de bouteille en plastique (hors malle) et coquillages

DÉCOUVERTE DES FOSSILES

Qu'est-ce qu'un fossile ?

Montrer aux enfants des photos de fossiles (annexe 1) ou, si l'on en dispose, de véritables fossiles (de type squelette de dinosaure, fossile pris dans de la résine, ...). Recueillir les réactions des enfants pour faire un point sur leur représentation des fossiles. Ces échantillons sont-ils anciens ? Lorsque les organismes meurent se retrouvent-ils toujours sous cette forme ? Que se passe-t-il la plupart du temps à la mort d'un être vivant ?

Jeu "Fossile ou pas fossile ?"

Montrer aux enfants les différentes images du jeu "Fossile ou pas fossile ?" (annexe 2). D'après la première étape de l'activité, quelles images représentent des fossiles ? Pourquoi les autres n'en sont pas ?

LA FOSSILISATION DES FORAMINIFÈRES

Comment les foraminifères peuvent-ils se retrouver sous forme fossile après leur mort ?

- Prendre un récipient transparent, le remplir à moitié d'eau et y verser une couche de sable fin. Puis verser par-dessus une couche de sable grossier, représentant des tests de foraminifères. À l'aide d'une cuillère créer des remous juste au-dessus du sable grossier pour simuler les courants marins. Observer ce qui se passe. Verser ensuite, par-dessus le sable grossier, une deuxième couche de sable fin. Qu'observe-t-on cette fois-ci en créant des remous ?

- Si l'on dispose de plus de temps : mettre de l'eau dans un fond de bouteille en plastique puis y verser du plâtre de Paris. Le plâtre se déposera au fond du récipient et représentera le fond de l'océan. Déposer sur cette couche du sable grossier ou des coquillages qui représenteront des foraminifères. Ajouter du plâtre par-dessus pour simuler la sédimentation. Laisser sécher quelques heures puis démouler et casser le plâtre pour retrouver les coquillages.



EXPÉRIENCE DE SÉDIMENTATION ET DE PRÉLÈVEMENT D'UNE CAROTTE

Protocole :

Remplir un récipient transparent (de type verre ou bécher) à moitié d'eau.

Verser une couche de 1 à 2 cm de semoule et attendre qu'elle se dépose. Puis verser par-dessus une couche plus fine de sable grossier, qui représentera des tests de foraminifères. Verser ensuite une couche de sable fin, puis une couche de boulgour (de 1 à 2 cm).

Attendre environ 10 minutes que la semoule et le boulgour gonflent. On peut pendant ce temps questionner les enfants :

Comment se sont disposés les différents éléments dans le récipient ? Quelle couche s'est déposée en premier ? Quelle couche est la plus récente ? Et la plus ancienne ?

Puis demander aux enfants de prélever un échantillon dans le récipient, à l'aide d'un tube transparent. Pour cela enfoncer le tube verticalement à travers les différentes couches, puis boucher le haut du tube à l'aide du pouce avant de le ressortir bien droit. Observer l'échantillon obtenu. Est-ce qu'on retrouve bien l'ordre des couches formées dans le récipient ?

Explications :

Les fossiles sont des restes d'êtres vivants disparus. Ils sont par définition anciens et ont pu être conservés dans le temps dans des conditions particulières. En effet, lorsqu'un être vivant meurt, il se décompose et il n'en reste généralement plus de trace. Mais, dans certaines circonstances, il peut être rapidement recouvert par des particules (qu'on appelle sédiments) et se retrouver enfoui. Seules les parties molles de l'organisme se dégradent et, après des milliers d'années, les sédiments se transforment en roche. L'organisme restera ainsi incrusté dans la roche, formant un fossile. Ce sont donc, en général, les parties dures de l'organisme que l'on retrouve sous forme fossile : les os, les dents ou encore les coquilles. Mais on peut également retrouver des traces de vie comme des empreintes de pas, de plumes ou de feuilles. La fossilisation des parties molles est plus rare car elles se décomposent très rapidement, mais certains organismes ont pu être congelés ou emprisonnés dans de la résine, les parties molles ayant dans ce cas été conservées. Plusieurs spécimens de mammouth ont ainsi été découverts en Sibérie. On a également retrouvé de nombreux insectes emprisonnés dans de l'ambre fossile, tels que des moustiques et des fourmis, mais également des araignées ou encore des scorpions.

Bien que la plupart des espèces fossilisées aient aujourd'hui disparu, on entend parfois parler de "fossiles vivants", pour désigner des organismes qui ont très peu évolué dans le temps. C'est le cas des nautilus, mollusques apparentés aux pieuvres et aux calamars, dont on connaît deux espèces vivantes, et plus de 300 sous formes fossiles. Ces dernières, datant de plusieurs millions d'années, sont encore très proches des nautilus vivants actuels.

Qu'en est-il des foraminifères ? Un foraminifère, à sa mort, tombe sur le fond des océans. Sa cellule se décompose et il ne reste plus que son test. Dans la plupart des cas, le test est emporté par les courants, peut remonter à la surface et être rejeté sur les rivages où il se dégradera. Mais il peut aussi rapidement être recouvert par des particules de sédiments à l'endroit où il s'est déposé. Le test sera ainsi protégé de la dégradation et pourra se fossiliser. Au cours du temps plusieurs couches de sédiments et de tests de foraminifères peuvent s'accumuler, en suivant le même processus de fossilisation. Les couches de sédiments les plus anciennes sont celles qui se sont déposées en premier, ce sont donc les plus basses. Si l'on veut prélever un échantillon de ces couches pour pouvoir les étudier, on peut faire ce qu'on appelle un carottage. Cette opération consiste à faire entrer un tube creux dans les sédiments puis à le remonter, ce qui permet de garder l'ordre des couches intact. On obtient ainsi une carotte de sédiments.



POUR EN SAVOIR PLUS...

Comment se forment les couches de sédiments ? Lorsque les roches situées à la surface de la Terre s'érodent (s'abîment) sous l'action d'éléments naturels tels que le vent ou la pluie, des particules se détachent : c'est ce qu'on appelle des sédiments. Ces sédiments peuvent être transportés jusqu'aux cours d'eau, puis jusqu'aux mers et aux océans, où ils se déposent sur le fond. Les dépôts sédimentaires se font par couches successives, les couches les plus profondes correspondant aux dépôts les plus anciens.

Lorsque des organismes marins, tels que des foraminifères, meurent au moment de la formation d'une couche de sédiment, ils peuvent être ensevelis et subir un processus de fossilisation. Ainsi, un fossile retrouvé dans une couche de sédiment donnée aura le même âge que celle-ci. L'étude des fossiles de foraminifères permet donc de dater la couche d'où ils ont été extraits. Elle permet aussi d'avoir une représentation des conditions de vie à une période donnée.

Article sur les fossiles :

Jean-Pierre Ulmet (14 septembre 2018). Fossiles : mais quelles sont ces traces ?
Museum Toulouse, <https://www.museum.toulouse.fr/-/fossiles-mais-queelles-sont-ces-traces->



Act
3

ANNEXE 1
PHOTOS DE FOSSILES



Squelette de dinosaure



Empreinte de dinosaure



Oeufs de dinosaure



Empreinte de feuille



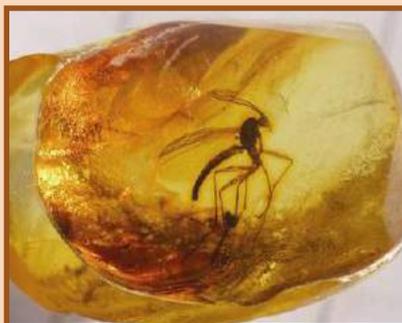
Coprolithe (excrément)
de lézard



Empreinte de poisson



Ammonite



Insecte pris dans
de l'ambre



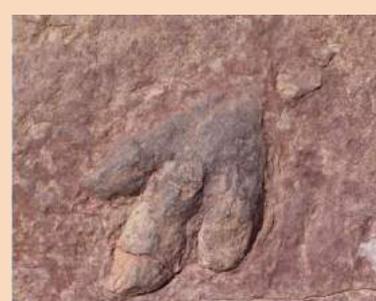
Mammouth congelé



Act
3

ANNEXE 2

IMAGES DU JEU "FOSSILE OU PAS FOSSILE ?"



Ordre des images (de gauche à droite et de haut en bas) :

nautilus fossile, nautilus vivant, coquille d'escargot, empreinte de poisson fossile, trace de pas, empreinte de pas de dinosaure, os de bœuf, squelette de dinosaure, moustique pris dans de l'ambre, squelette de mammoth, œuf de dinosaure, coquille d'oeuf.



À LA PÊCHE AUX CAROTTES

Partons d'un questionnaire :

Pour pouvoir étudier une carotte de sédiment, il faut d'abord aller la prélever en mer. Cette opération, longuement préparée, se fait sur un bateau et implique de nombreuses personnes. Comment se réalise concrètement une mission de carottage ? Quelles sont les personnes impliquées et quel est leur rôle exact ? Cette activité permettra de le découvrir.

Matériel :

- Cartes du jeu "Les étapes d'une mission de carottage" (annexe 1)
- Cartes du jeu "Et qui fait quoi ?" (annexe 2)

JEU "FRISE CHRONOLOGIQUE D'UNE MISSION DE CAROTTAGE"

Les trois étapes principales :

Sur un fil, accrocher trois cartes représentant les trois étapes principales d'une mission de carottage :

- Préparation de la mission : A terre
- Prélèvement des carottes de sédiments : En mer
- Analyse des carottes de sédiments : A terre

Demander ensuite aux enfants de deviner combien de temps dure chaque étape.

Détail de chacune des étapes :

Les enfants disposent de plusieurs photos représentant les étapes détaillées d'une mission de carottage, et de cartes décrivant chaque étape (annexe 1). Ils devront faire correspondre les photos et leur description. Classer ensuite les images par ordre chronologique en les plaçant sur le fil.

JEU "ET QUI FAIT QUOI" ?

Consignes :

Les enfants disposent de cartes sur lesquelles sont indiqués les métiers des personnes impliquées dans une mission de carottage, et d'autres cartes décrivant les tâches de chaque personne ou équipe (annexe 2). Ils doivent faire correspondre les deux séries de cartes.



Explications :

• Les étapes d'une campagne de carottage

- Une campagne de carottage nécessite beaucoup de préparation. Au préalable, il faut définir l'objectif de la mission, ce qui permettra de décider de la zone où se feront les prélèvements. Ce sont des scientifiques qui gèrent cette préparation en se basant sur les résultats de missions précédentes. Il faut ensuite documenter le projet afin d'obtenir les financements et autorisations nécessaires, et rassembler toute l'équipe qui participera à la campagne. La préparation d'une mission peut prendre plusieurs années.

- Une fois le bateau en mer, il faut valider les sites de prélèvements prédéfinis en étudiant sur place les fonds marins : profondeur, reliefs, sondage à distance des premières couches de sédiments. Les prélèvements de carottes peuvent alors être réalisés à l'aide d'un carottier. Celui-ci fonctionne comme un emporte-pièce qui fait rentrer un tube creux dans les fonds marins et le remonte ensuite. On peut ainsi prélever des carottes de plusieurs dizaines de mètres de longueur, à quelques kilomètres de profondeur. Les carottes sont récupérées puis découpées en tronçons. Chaque tronçon est annoté, et découpé à nouveau en deux dans le sens de la longueur. Une moitié est utilisée pour les analyses, l'autre est conservée telle quelle. On peut alors réaliser les premières analyses sur le bateau : observation à l'œil nu (les zones plus blanches montrent souvent la présence de coquilles, de foraminifères entre autres), observation d'un échantillon au microscope, prise de photos, analyses dans les laboratoires du bateau. En attendant la fin de la mission sur le bateau, qui peut durer plusieurs semaines, les carottes sont stockées au frais.

- A la fin de la mission les carottes sont mises en container réfrigéré puis transportées par bateau et par camion, jusqu'au site de stockage final. Il faut parfois attendre plusieurs mois avant que les containers arrivent à destination.

Des échantillons de carottes sont ensuite envoyés à différents laboratoires pour être analysés plus en détails. Cette étape peut prendre plusieurs mois voire plusieurs années.

• Qui fait quoi pendant la mission ?

La préparation de la mission est réalisée par une équipe de scientifiques, coordonnée par un ou une chef de mission.

Une fois sur le bateau, les scientifiques doivent travailler jour et nuit pour réaliser les prélèvements de carottes et les premières analyses. Pour cela, ils fonctionnent en quarts, c'est-à-dire qu'ils constituent plusieurs équipes, généralement trois, qui travailleront chacune deux fois quatre heures sur une journée. Le découpage des quarts se fait ainsi :

- Equipe 1 : 8h-12h puis 20h-minuit
- Equipe 2 : 12h-16h puis minuit-4h
- Equipe 3 : 16h-20h puis 4h-8h

L'équipe de scientifiques est épaulée par l'équipage du bateau. C'est le commandant de bord qui est responsable de la conduite du navire et du respect des règles de sécurité. Pour le bon fonctionnement de la mission, il faut également un équipage gérant le travail sur pont du navire, un autre s'occupant de la salle des machines (où se trouvent les moteurs et les chaudières), et une équipe chargée du travail en cuisine.

A la fin de la mission, une fois les carottes arrivées par container sur le site de stockage, elles peuvent être analysées par l'équipe de scientifiques mais aussi par d'autres laboratoires n'ayant pas participé à la mission de carottage.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Campagne de carottage ACCLIMATE à bord du Marion Dufresne (2016) : <http://www.sea.acclimateproject.eu/>

- Campagne de carottage CASEIS à bord du Pourquoi Pas ? (2016) : <http://www.ipgp.fr/fr/campagne-mer-caseis>

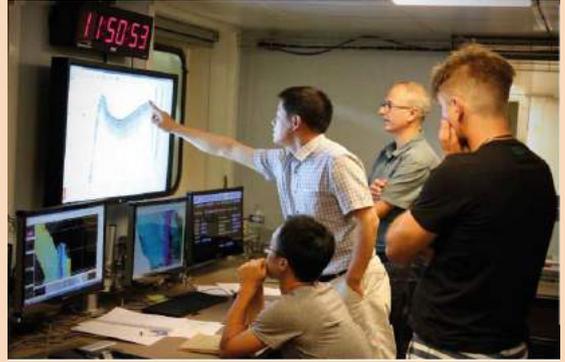
- Campagne de carottage HYDROSED à bord du Marion Dufresne (2018) : <http://www.hydroshed.cearc.fr/>



Act
4

ANNEXE 1 - 1

PHOTOS DES ÉTAPES D'UNE MISSION DE CAROTTAGE





Act
4

ANNEXE 1-2
CARTES DESCRIPTIVES DES ÉTAPES

Etape 1 :
Préparation de la mission.

Choix des sites de prélèvements des carottes, écriture du projet pour les demandes de subventions et d'autorisation de prélèvement, recherche des personnes qui partiront en mission.

Etape 2 :
Prélèvement des carottes en mer.

1. Etude des fonds marins pour valider le site de prélèvement.

Etape 2 :
Prélèvement des carottes en mer.

2. Prélèvement des carottes à l'aide d'un carottier.

Etape 2 :
Prélèvement des carottes en mer.

3. Découpage des carottes en tronçons (sections).

Etape 2 :
Prélèvement des carottes en mer.

4. Premières analyses sur le bateau : description visuelle, observation.

Etape 3 :
Transport et analyse des carottes de sédiment.

1. Mise en container réfrigéré et transport des carottes par bateau et camion jusqu'au site de stockage final.

Etape 3 :
Transport et analyse des carottes de sédiment.

2. Analyses complètes par différents laboratoires.



**Act
4**

ANNEXE 2 - 1

CARTES DU JEU "ET QUI FAIT QUOI ?"

1ÈRE SÉRIE DE CARTES : LES NOMS DE MÉTIERS OU D'ÉQUIPES

**CHEF
DE
MISSION**

LOGISTICIEN

**GESTIONNAIRE
DU
PROJET**

PALÉONTOLOGUE

GÉOCHIMISTE

CHERCHEUR

BIOLOGISTE

SÉDIMENTOLOGUE

INGÉNIEUR

TECHNICIEN

**COMMANDANT
DE
BORD**

ÉQUIPAGE



Act
4

ANNEXE 2 - 2
CARTES DU JEU "ET QUI FAIT QUOI ?"
2ÈME SÉRIE DE CARTES : LES MISSIONS

Responsable scientifique de la mission :

En charge de la préparation de la mission et de la gestion de l'équipe scientifique sur le bateau.

Il/elle prend toutes les décisions scientifiques de la mission.

En charge de l'organisation humaine et matérielle de la mission : lister et rassembler le matériel nécessaire et les équipes, planifier la mission

En charge de l'aspect administratif de la mission :

Rédaction du projet, recherche de financement, demande d'autorisations de prélèvements.

Spécialiste d'un domaine scientifique :

Il/elle définit les analyses à effectuer et est responsable de l'interprétation des résultats et de la rédaction des rapports correspondant.

Gère la conception ou l'optimisation des méthodes de mesure, ainsi que l'installation et le suivi des appareils et des logiciels sur le bateau.

Réalise les prélèvements et analyses sous la responsabilité d'un chercheur ou d'un ingénieur.

Chef de bord, il/elle est responsable de la conduite et de la sécurité du bateau et des conditions de travail de l'équipage et des scientifiques.

Gère l'entretien et la navigation du bateau.



FORAMINIFÈRE, RACONTE-MOI TON HISTOIRE

Partons d'un questionnaire :

Le climat de la Terre a-t-il toujours été celui que nous connaissons actuellement ? Comment avoir une idée du climat qu'il faisait par le passé ? Quel est le lien entre l'étude des foraminifères retrouvés dans des sédiments marins et l'étude du climat ? Cette activité va permettre de le découvrir.

Matériel :

- Documents sur la grotte Cosquer (annexe 1)
- Courbes d'évolution des températures et du niveau des mers (annexe 2)
- Bac ou aquarium transparent (hors malle)
- Glaçons (hors malle)
- Colorants alimentaires rouge et bleu (hors malle)
- Planisphère ou globe terrestre (hors malle)
- Poster représentant l'équateur, l'océan et un pôle, et schémas de molécules d'eau (annexe 3)
- Courbes d'évolution de la composition de tests de foraminifères (annexe 4)

FRISE CHRONOLOGIQUE

Consignes :

Demander aux enfants de réaliser une frise chronologique en classant les événements suivants :

- Naissance de la Terre : il y a 4,5 milliards d'années
- Premiers poissons : il y a 500 millions d'années
- Premiers mammifères : il y a 200 millions d'années
- Apparition des premiers hommes : il y a 3 millions d'années
- Utilisation des premiers outils : il y a 2 millions d'années
- Maîtrise du feu : il y a 500 000 ans
- Apparition de l'homme moderne : il y a 200 000 ans
- Découverte de l'élevage et de l'agriculture : il y a 10 000 ans
- Invention de l'écriture : il y a 5000 ans
- Fondation de Marseille : il y a 2600 ans

La frise pourra être réalisée à l'échelle, en utilisant un fil sur lequel les événements seront accrochés à différentes distances les uns des autres.

QUEL ÉTAIT LE CLIMAT IL Y A TRÈS LONGTEMPS ? EXEMPLE DE LA GROTTTE COSQUER

Consignes :

- Présentation de la grotte Cosquer aux enfants (annexe 1) :

Il s'agit d'une grotte sous-marine située au Cap Morgiou, près de Marseille. L'entrée de la grotte est située à plus de 30 m sous le niveau de la mer, et une grande partie de cette grotte est immergée.

La grotte a été découverte il y a une trentaine d'années. Sur les parois de la grotte des peintures réalisées par des hommes préhistoriques ont été trouvées. Elles datent de plus de 20 000 ans avant notre époque.

Questionner les enfants sur ces documents : comment les hommes préhistoriques ont-ils pu accéder à la grotte pour y réaliser ces peintures ? Les animaux représentés sont-ils adaptés au climat actuel ? Le climat de l'époque était-il plus froid ou plus chaud ?



- Quels climats dans la région de la grotte Cosquer ?

Montrer les images de la grotte Cosquer à deux époques différentes (annexe 1). Faire également lire aux enfants deux bulletins météo fictifs d'un 15 juillet, et leur demander d'associer les bulletins météo suivants aux images.

- Bulletin météo d'un 15 juillet, il y a 20 000 ans

Bonjour à tous, nous entrons au cœur d'un été qui s'annonce agréable avec des pointes à 22 à 25 °C localement, et pas une seule goutte de pluie à l'horizon. La sécheresse persiste comme nous nous y attendions, si vous cherchez des averses il faudra se rapprocher de l'Atlantique, avec quelques entrées maritimes. Partout ailleurs, grand ciel bleu, profitez donc de cette période estivale.

- Bulletin météo d'un 15 juillet, de nos jours

Bonjour à tous, soleil et chaleur sont au programme pour ce 15 juillet, avec des pointes à 35 °C localement. Le temps est lourd et orageux sur les reliefs, mais plus respirable le long du littoral. Ça restera chaud en soirée avec des températures avoisinant les 25 °C, n'oubliez donc surtout pas de bien vous hydrater et de vous rafraîchir. La chaleur persistera les prochains jours, restez informés car certains départements seront placés en vigilance orange canicule.

En conclusion, demander aux enfants : il y a 20 000 ans le climat était plus ou moins chaud qu'à notre époque ?

- Courbes d'évolution des températures

Montrer les courbes d'évolution des températures depuis 1850, puis sur les 200 000 dernières années aux enfants (annexe 2). Comment a évolué la température sur la période récente ? Et sur des périodes plus anciennes ? Où se situent les valeurs correspondant aux deux époques décrites précédemment ? Est-ce que les enfants retrouvent la conclusion précédente sur l'évolution des températures entre les deux périodes ?

- L'évolution du niveau des océans

Montrer aux enfants les courbes représentant l'évolution du niveau de la mer sur la période récente, et sur les 200 000 dernières années (annexe 2). La première courbe montre de combien de mm le niveau des mers a évolué depuis 1880. Sur la deuxième courbe, le niveau 0 représente le niveau actuel, et les valeurs négatives indiquent que le niveau des océans était plus bas qu'actuellement. Si on compare ces courbes à celles des températures, comment évolue le niveau des océans quand il fait plus chaud ? Et quand il fait plus froid ? Est-ce qu'on retrouve cette évolution d'après les données sur la grotte Cosquer ?

LES OCÉANS ET LE CLIMAT

Protocole :

- Expérience sur la circulation thermique des océans

Remplir un bac ou un aquarium transparent d'eau du robinet à température ambiante.

Plonger au fond du bac, près d'une des parois, un récipient fermé rempli d'eau chaude. Attendre quelques minutes que l'eau du bac se réchauffe un peu.

Placer ensuite à l'extrémité opposée du bac, sur la surface de l'eau, quelques glaçons ou un sac de glaçons.

Verser délicatement quelques gouttes de colorant rouge du côté du récipient d'eau chaude, et quelques gouttes de colorant bleu du côté des glaçons.

Observer le déplacement des colorants sans faire bouger le bac.

Les colorants se déplacent-ils de la même façon ? Pourquoi ? Que peut-on en déduire sur les propriétés de l'eau (aborder la notion de densité) ? Montrer aux enfants un planisphère ou un globe terrestre et leur demander où seraient situés l'équateur et l'un des deux pôles, si le système représentait les océans. Cette circulation des océans permet de réguler le climat en redistribuant la chaleur à l'échelle de la planète.

L'expérience peut aussi être réalisée en remplissant au départ le bac d'eau salée, afin de voir l'effet de la salinité de l'eau.



- Le voyage de l'eau des océans, de l'équateur aux pôles

Que se passe-t-il à notre époque ?

Présenter aux enfants le schéma représentant l'équateur, l'océan et un pôle (annexe 3). Leur expliquer qu'ils vont essayer de comprendre ce que devient l'eau de l'océan entre l'équateur et l'un des deux pôles.

L'eau est constituée de plusieurs types de molécules plus ou moins lourdes qui sont représentées ici schématiquement. La quantité de molécules légères est plus importante que celle de molécules lourdes (de l'ordre de 500 fois plus dans la réalité).

Les enfants devront déplacer les molécules d'eau pour représenter les phénomènes suivants :

1) L'eau s'évapore à l'équateur pour former des nuages. Quel type de molécule s'évapore préférentiellement ? On pourra déplacer dix molécules légères et cinq molécules lourdes de l'océan vers les nuages.

2) Les nuages sont transportés vers les pôles, la température va-t-elle se réchauffer ou se refroidir ? Que se passe-t-il quand de la vapeur d'eau refroidit ? Quel type de molécule d'eau tombera en premier sous forme de pluie ? Replacer quatre molécules lourdes et deux molécules légères dans l'océan.

3) Les nuages arrivent au pôle. Y a-t-il plus de molécules lourdes ou légères dans les nuages à ce moment-là ? Et dans la glace formée au pôle par la neige qui tombe (déplacer toutes les molécules des nuages vers la glace du pôle) ?

Pour les aider à répondre à ces questions, les enfants pourront compter le nombre de molécules d'eau de chaque type dans l'océan, dans les nuages et dans les glaces.

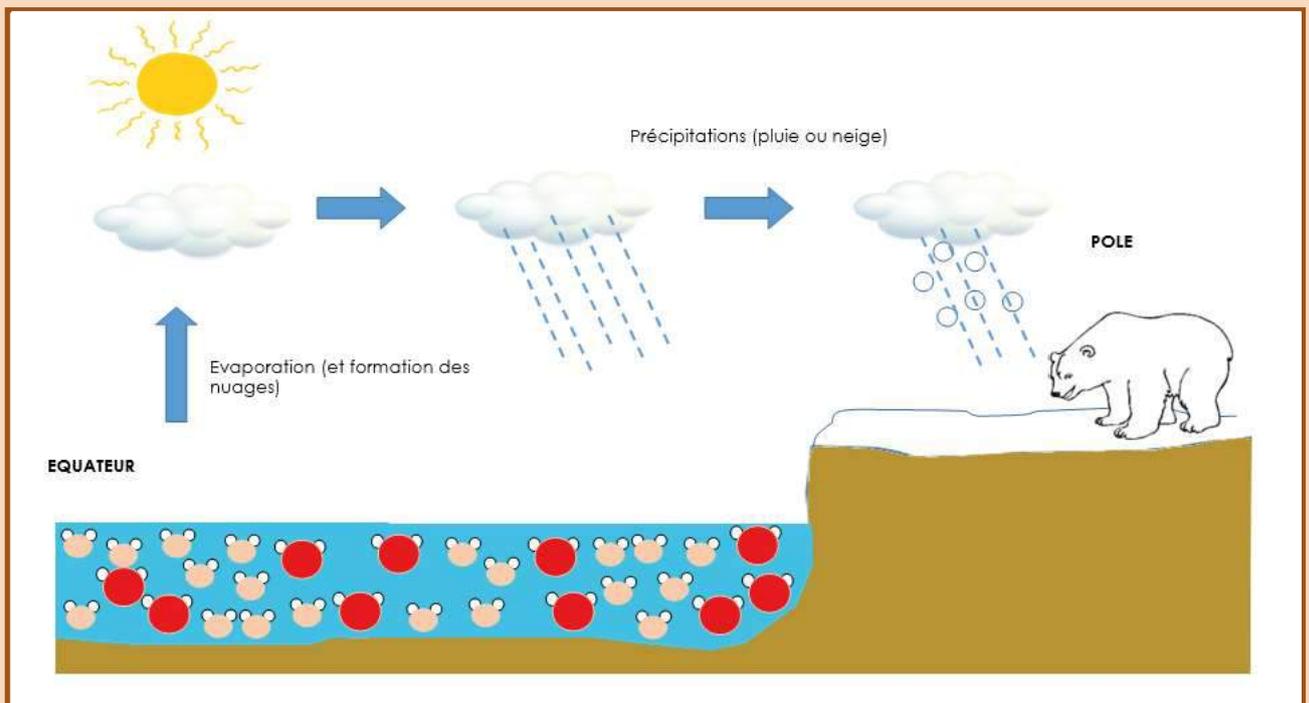


Schéma initial avant le déplacement des molécules d'eau par les enfants (20 molécules d'eau légères et 10 molécules d'eau lourdes)



Que se passe-t-il quand il fait plus froid ?

Reprendre le même schéma en expliquant qu'en période plus froide il y a moins d'évaporation à l'équateur, donc moins de précipitations, et que ce sont essentiellement les molécules d'eau légères qui s'évaporeront. Déplacer un nombre moins important de molécules que précédemment, et principalement des molécules légères : par exemple, neuf molécules légères et une molécule lourde. Puis faire tomber la molécule lourde dans l'océan pour simuler les précipitations. Dans ce cas le nuage qui arrive au pôle est-il constitué des mêmes molécules qu'à notre époque ? Qu'en est-il de la glace qui se forme aux pôles (à la fin de la manipulation la glace du pôle ne contiendra que des molécules légères) ? Comment a évolué la composition de l'eau de l'océan ?

Puis expliquer aux enfants qu'en période plus froide il y a plus de glace aux pôles. D'après ce qu'ils ont vu sur les courbes précédentes le niveau des océans est-il plus bas ou plus haut en période froide ?

Que se passe-t-il quand il fait plus chaud ?

Recommencer l'activité en expliquant qu'en période plus chaude, les glaces des pôles vont fondre et que les phénomènes d'évaporation et de précipitations seront plus importants qu'en période froide. On pourra reprendre comme schéma de départ la situation précédente et "faire tomber" les molécules d'eau présentes dans la glace dans l'océan, pour simuler la fonte des glaces, puis reprendre le phénomène d'évaporation comme précédemment. On déplacera dans le nuage plus de molécules d'eau que dans la situation 1 (il y a plus d'évaporation), par exemple onze molécules légères et sept molécules lourdes. Les précipitations étant plus importantes, replacer plus de molécules dans l'océan que dans la situation 1 (par exemple quatre molécules légères et cinq molécules lourdes). A la fin de la manipulation la glace du pôle contiendra un mélange de molécules légères et de molécules lourdes.

Bilan

Demander aux enfants de conclure sur la composition de l'eau des océans, et des glaces, selon que l'on se trouve en période chaude ou période froide. Comment le niveau des océans évolue en période chaude ou froide ?

LES FORAMINIFÈRES ET L'ÉTUDE DU CLIMAT

Consignes :

- Rappeler aux enfants ce qu'est un foraminifère. Où trouve-t-il les éléments qui vont lui permettre de fabriquer sa coquille (son test) ? Conclure sur le fait que la composition du test des foraminifères dépend de la composition de l'eau de l'océan où ils vivent. Comment peut-on alors se servir des foraminifères pour étudier le climat d'une période donnée ?

- Montrer aux enfants les courbes de l'annexe 4, qui représentent l'évolution de la composition de tests de foraminifères, sur les 200 000 dernières années. Montrer également la courbe d'évolution du niveau des mers de l'annexe 2 (figure D). Comparer la forme générale des deux courbes (pour les foraminifères, utiliser la courbe du bas où les valeurs de la composition des coquilles ont été inversées pour permettre cette comparaison). Que remarque-t-on ?

- On étudie une carotte de sédiments marins. On a mesuré la composition des coquilles de foraminifères à deux endroits différents de la carotte, qu'on nommera Foram 1 et Foram 2. Demander aux enfants de retrouver les données correspondantes et de remplir les textes à trous à l'aide de 3 indices (annexe 5). Pour cela, ils doivent utiliser les courbes d'évolution du niveau des océans et de la composition de coquilles de foraminifères (annexes 2 et 4). Tous les nombres à trouver sont des entiers.



CONCLUSION

Consignes :

Demander aux enfants de trouver la bonne réponse à chacune des questions suivantes :

- Lors des périodes froides :
 - a) Il y a moins de glace aux pôles
 - b) Le niveau des océans est moins élevé
- Pour étudier le climat des périodes passées on peut :
 - a) Etudier la composition de l'eau de l'époque
 - b) Mesurer la température qu'il faisait à l'aide d'un thermomètre
- Qu'étudie-t-on chez les foraminifères pour connaître le climat passé ?
 - a) La cellule
 - b) Le test (la coquille)
- Etudier le climat du passé permet :
 - a) D'avoir une idée de la façon dont le climat va évoluer dans le futur
 - b) Savoir comment étaient habillés les hommes préhistoriques

Explications :

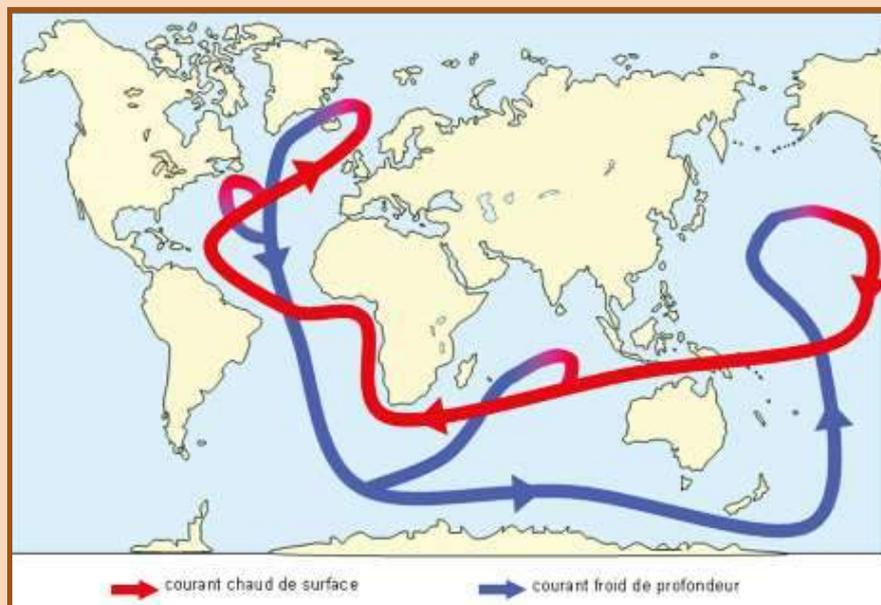
- L'histoire de notre planète est longue en comparaison de notre propre histoire. Pourtant, à des périodes relativement récentes mais qui nous paraissent déjà lointaines, les paysages et le climat n'étaient pas les mêmes que ceux que nous connaissons actuellement.

Ainsi, si on prend l'exemple de la grotte Cosquer située près de Marseille, nous pouvons retrouver des indices de ces modifications. La grotte est actuellement sous le niveau des mers, mais il y a 20 000 ans on pouvait y accéder à pied. Les peintures de l'époque, retrouvées sur les parois de la grotte, indiquent la présence d'animaux adaptés à un climat plus froid que le nôtre. Entre cette époque et aujourd'hui, le climat s'est donc réchauffé et le niveau des océans a considérablement monté. En effet, il était alors 120 m plus bas qu'actuellement, et le rivage était situé à plusieurs kilomètres de l'entrée de la grotte Cosquer. Si l'on observe les courbes d'évolution de la température de la planète et du niveau des océans sur les 200 000 dernières années, on remarque qu'en période plus chaude le niveau des mers est plus élevé, et qu'il diminue en période plus froide.

- La Terre a connu plusieurs modifications de son climat au cours du temps, avec des périodes plus froides ou plus chaudes que celle que nous connaissons. Le climat est en partie régi par la circulation des courants océaniques, qui permet de redistribuer la chaleur sur l'ensemble du globe. L'expérience présentée ici permet de mettre en évidence cette circulation, qui dépend entre autres de la température et donc de la densité de l'eau : l'eau chaude est moins dense que l'eau froide. Ainsi les eaux chaudes circuleront en surface, tandis que les eaux froides circuleront plus en profondeur. A l'échelle de la planète ces courants sont interconnectés et forment une sorte de "tapis roulant". C'est ce qu'on appelle la circulation thermohaline.



La circulation thermohaline



- L'activité suivante permet de mettre en évidence le devenir de l'eau des océans entre l'équateur et les pôles, et d'appréhender la notion d'étude des climats passés.

Une partie de l'eau de mer est transportée par évaporation de l'équateur vers les pôles. La température se refroidissant lorsqu'on se dirige vers les pôles, ceci entraîne une condensation de l'eau des nuages sous forme de pluie, puis de neige au niveau des pôles. Ce sont les molécules d'eau les plus légères qui s'évaporent en premier, et les molécules les plus lourdes qui se condensent en premier. Ainsi le nuage se forme préférentiellement de molécules légères, et perd en priorité les molécules lourdes au fur et à mesure qu'il se rapproche des pôles. Il y a donc plus de molécules légères lorsqu'il arrive aux pôles, où la glace peut se former. De son côté l'océan, lui, est enrichi en molécules lourdes. L'océan contient donc plus de molécules d'eau lourde que la glace des pôles.

Le phénomène s'accroît en période froide : il y a plus de glace et plus de molécules d'eau légère dans la glace, et il y a plus de molécules d'eau lourde dans l'océan. Au contraire, en période chaude, la glace va fondre et il y aura plus de molécules d'eau légère dans l'océan.

Ainsi, si l'on détermine la composition de l'eau à une époque donnée, on peut en déduire si l'on se trouvait en période plutôt chaude ou plutôt froide. Pour étudier les climats passés il faut donc retrouver des indices de la composition de cette eau. Celle-ci se retrouve sous forme de glace au niveau des pôles, on peut donc étudier cette glace. Quant à l'eau des océans, elle entre dans la composition du calcaire des coquilles d'animaux marins, tels que les foraminifères. Ainsi, l'étude de carottes de sédiments marins, et en particulier l'étude des coquilles de foraminifères s'y retrouvant, peut nous donner une indication du climat à l'époque où ces animaux vivaient.

Une des données obtenues par les scientifiques lorsqu'ils étudient les coquilles de foraminifères est la proportion (quantité) de molécules d'eau lourde qui la composent. Plus cette valeur est petite, plus la période à laquelle les foraminifères vivaient était chaude. Inversement, en période froide cette valeur sera plus grande.

Pourquoi passer par l'étude des foraminifères pour connaître les climats passés ? Parce qu'avant le milieu du 19^{ème} siècle nous n'avons pas de données directes sur le climat de notre planète. En effet nous pouvons pour les périodes récentes nous servir des données des stations météo pour connaître la température, ou encore des marégraphes pour le niveau des mers, voire de données satellitaires. Mais pour les périodes plus anciennes, quand ces mesures n'existaient pas, les spécialistes doivent étudier des "témoins" des climats passés. Les glaces des pôles et les foraminifères en font partie.

A quoi sert l'étude des climats passés ? Elle permet d'appréhender l'avenir. En effet en observant l'évolution du climat dans les périodes anciennes on peut avoir une idée de l'évolution du climat dans le futur. Et actuellement il a plutôt tendance à se réchauffer.



POUR EN SAVOIR PLUS...

- Sur la grotte Cosquer:

<http://www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Provence-Alpes-Cote-d-Azur/Politique-et-actions-culturelles/Archeologie/La-grotte-Cosquer>

<https://archeologie.culture.fr/fr/a-propos/grotte-cosquer>

- Sur l'étude de la composition de l'eau et du climat

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/delta-temperature.xml>

- Références des données utilisées pour la construction des courbes :

Base de données HadCRUT4 (juillet 2020) - Climatic Research Unit (University of East Anglia) et Hadley Centre (UK Met Office)

Church, J. A. and White N.J., 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century. *Surveys in Geophysics*.

C. Waelbroeck et al., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews*.

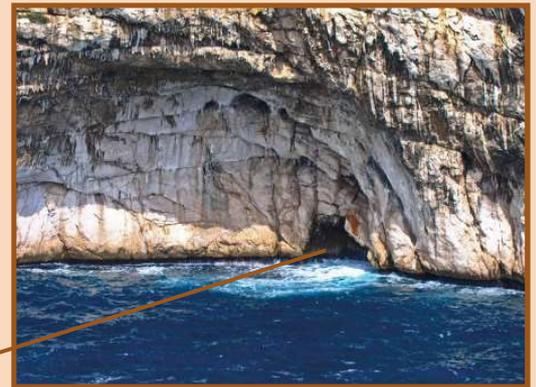
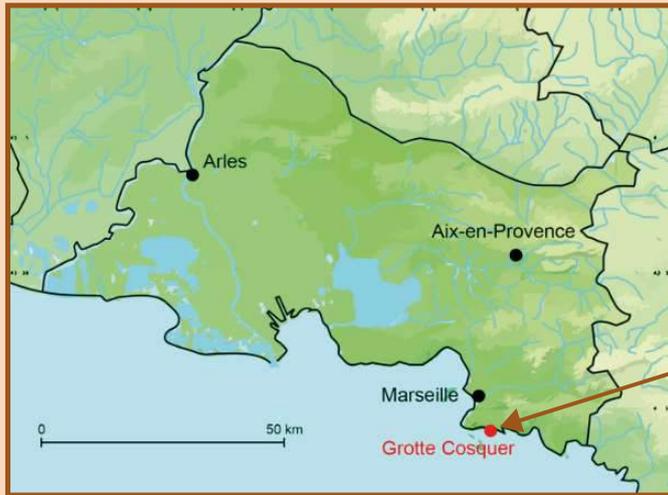
N. Lang and E. W. Wolff, 2011. Interglacial and glacial variability from the last 800 ka in marine, ice and terrestrial archives. *Climate of the Past*



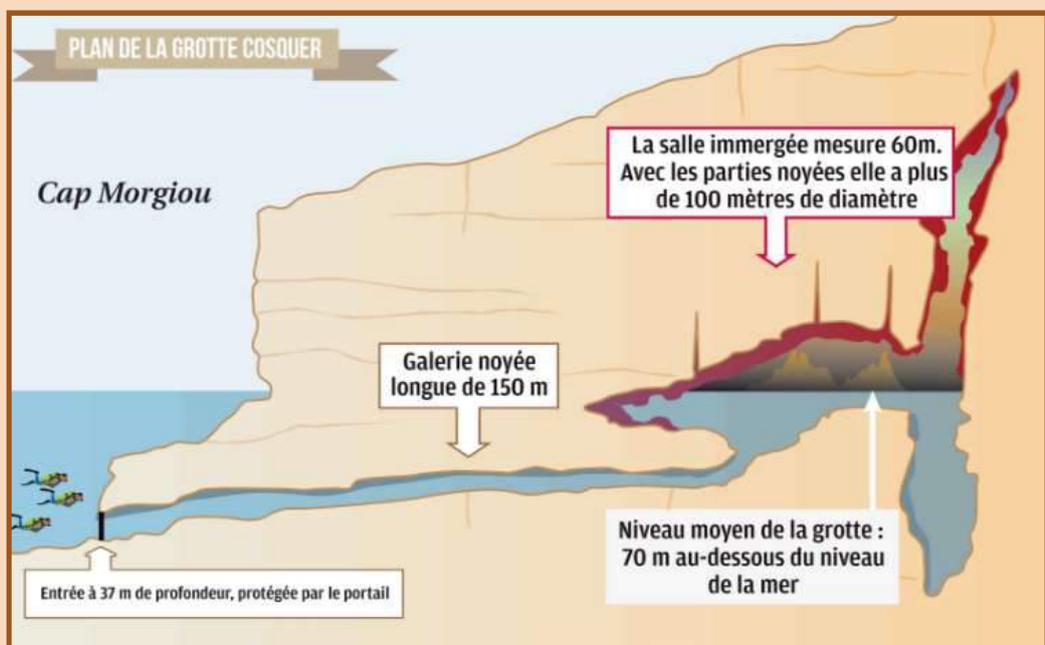
Act
5

ANNEXE 1 - 1
DOCUMENTS SUR LA GROTTTE COSQUER

Présentation de la grotte Cosquer



Situation et photo de l'entrée de la grotte Cosquer



Plan de la grotte Cosquer



Act
5

ANNEXE 1 - 2
DOCUMENTS SUR LA GROTTÉ COSQUER

Peintures rupestres retrouvées sur les parois de la grotte Cosquer



Main



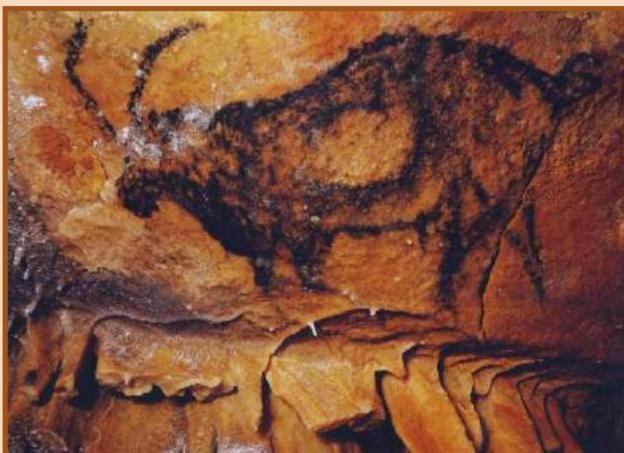
Main



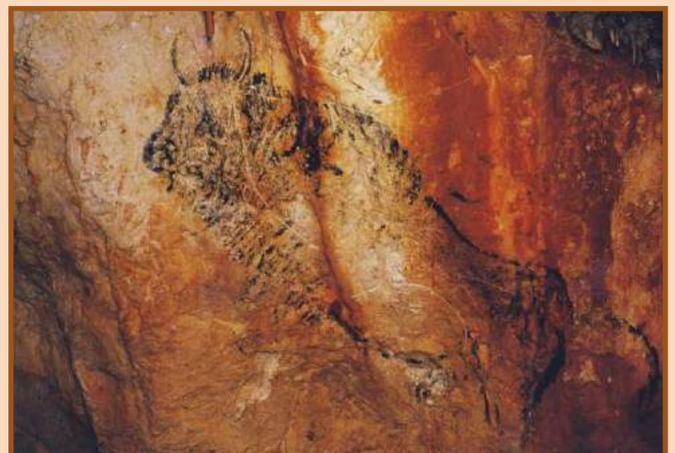
Pingouin



Cerf



Bouquetin



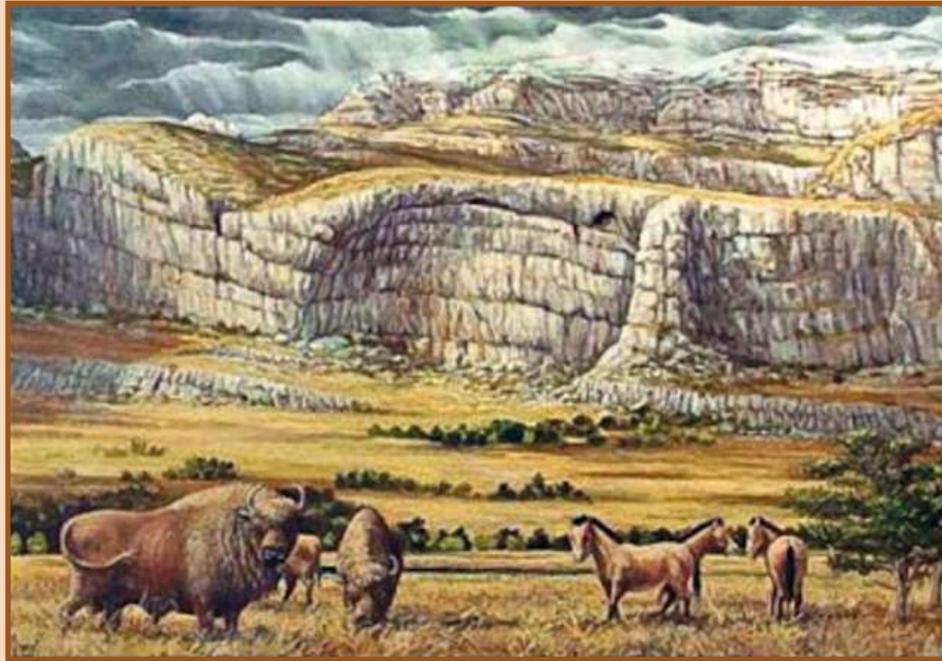
Bison



Act
5

ANNEXE 1 - 3
DOCUMENTS SUR LA GROTTTE COSQUER

Images de la grotte Cosquer, il y a 20 000 ans et de nos jours



Grotte Cosquer il ya 20 000 ans

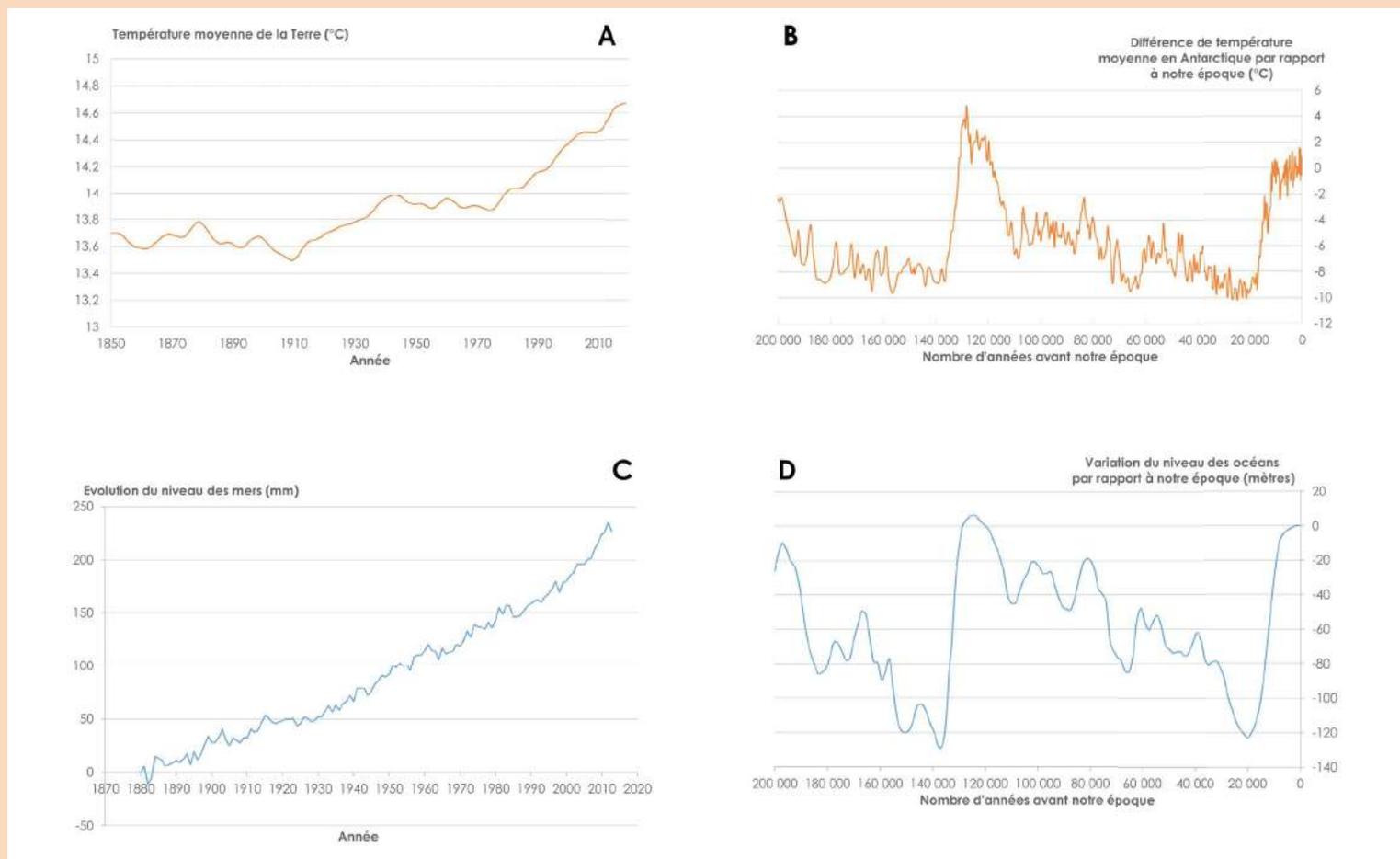


Grotte Cosquer de nos jours



Act
5

ANNEXE 2
COURBES D'ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES
ET DU NIVEAU DES MERS



Evolution des températures et du niveau des mers depuis la fin du 19e siècle (A et C) et sur les 200 000 dernières années (B et D)

Courbe A : valeurs mesurées par les stations météo (Climatic Research Unit, University of East Anglia)

Courbe B : données issues de forages de glace en Antarctique (projet EPICA)

Courbe C : valeurs mesurées par les marégraphes (Church et White, 2011)

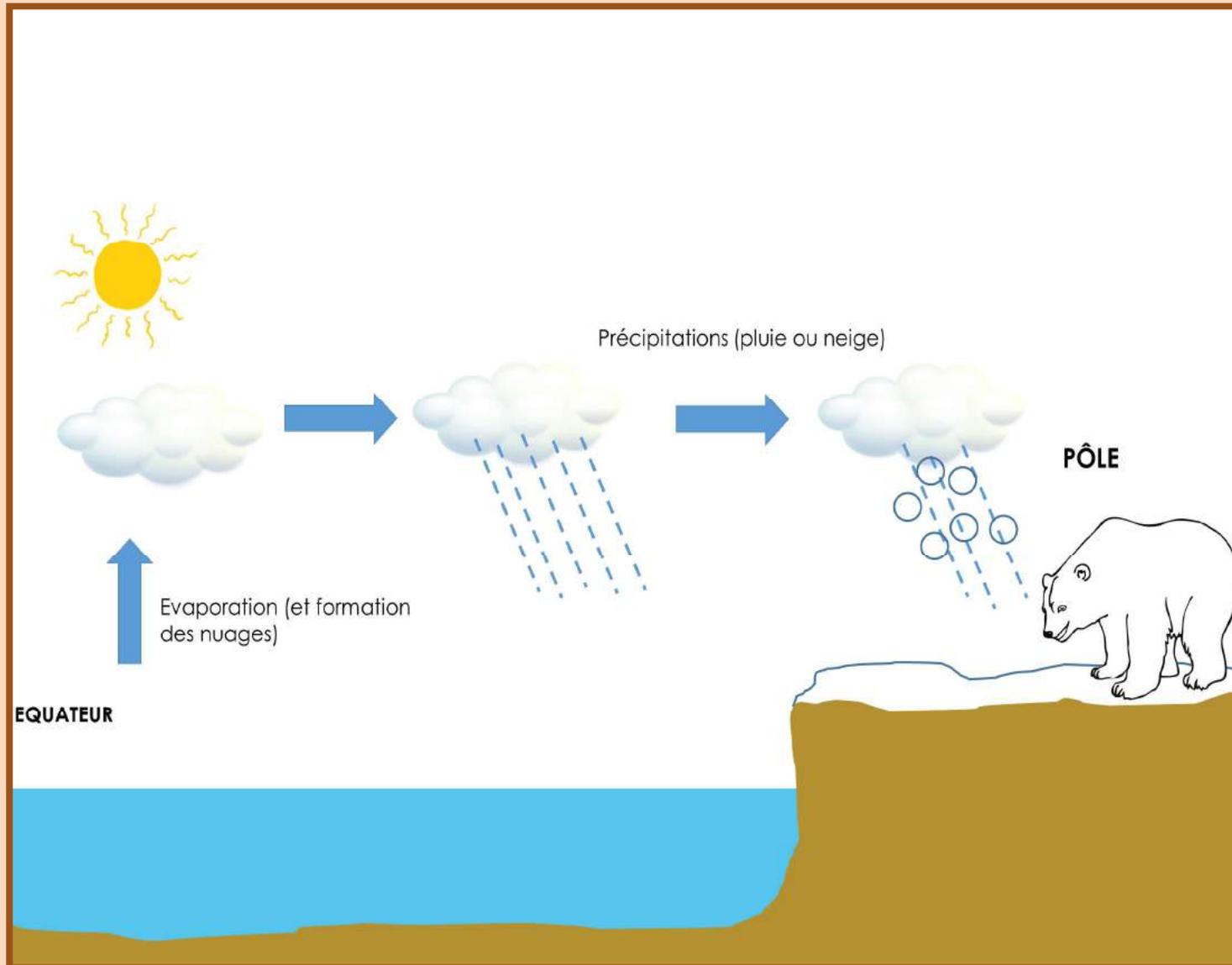
Courbe D : données issues d'études de foraminifères (Waelbroeck et al., 2002)



Act
5

ANNEXE 3

SCHEMA REPRESENTANT L'EQUATEUR ET UN DES DEUX PÔLES





Act
5

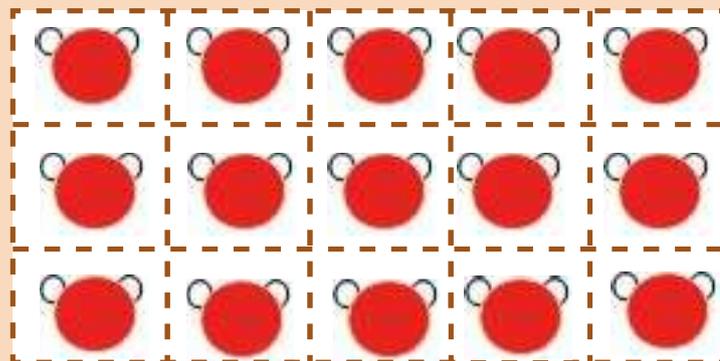
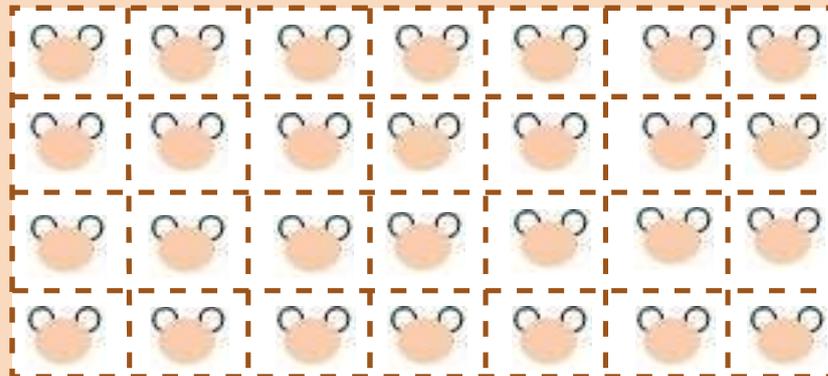
ANNEXE 3
MOLECULES D'EAU A DEPLACER



Molécule d'eau légère



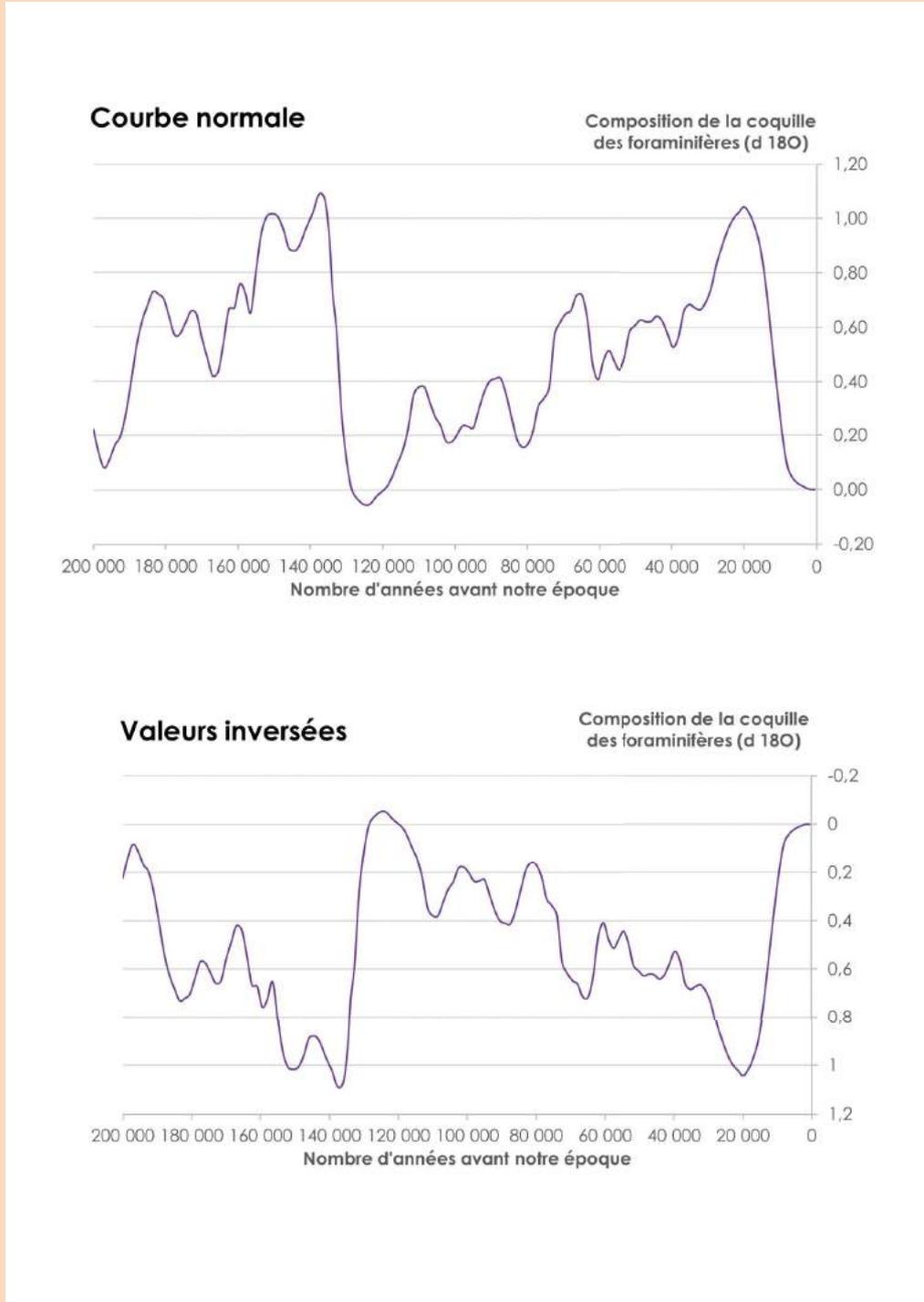
Molécule d'eau lourde



Act
5

ANNEXE 4

COURBES D'ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION DE COQUILLES (TESTS) DE FORAMINIFÈRES



Evolution de la composition de tests de foraminifères sur les 200 000 dernières années
 Sur la courbe de droite les valeurs de l'axe des ordonnées ont été inversées afin de faciliter la comparaison avec la courbe d'évolution du niveau des mers
 Données sources : Waelbroeck et al., 2002

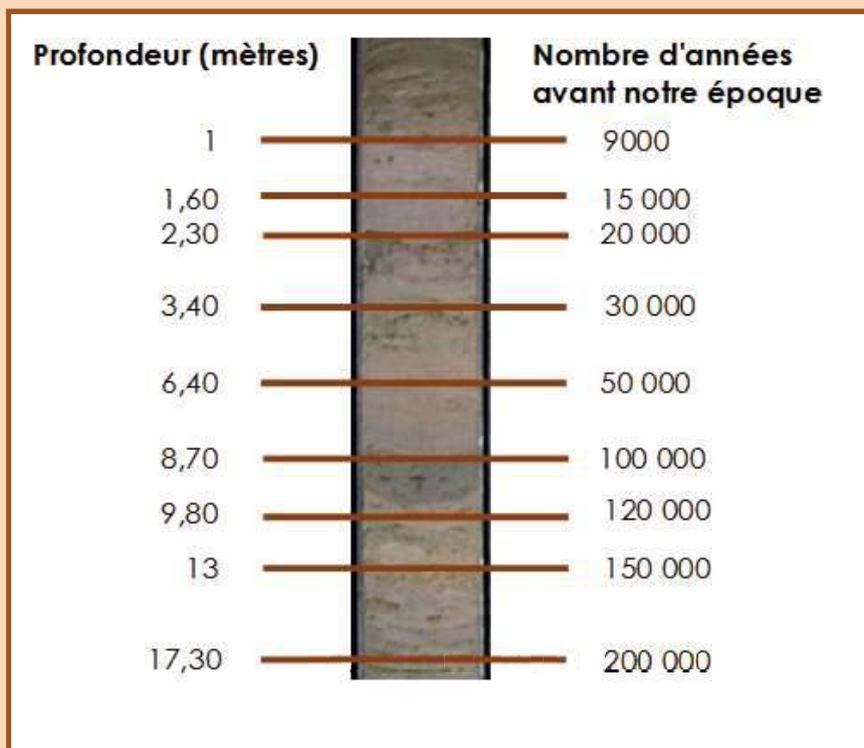


Act 5

ANNEXE 5

ÉTUDE DE FORAMINIFÈRES D'UNE CAROTTE DE SÉDIMENTS

1^{er} indice : correspondance entre la profondeur de la carotte et le nombre d'années avant notre époque



2^{ème} indice : Foram 1 est situé à une profondeur de 2,30 mètres dans la carotte.

3^{ème} indice : Foram 2 est situé à une profondeur de 9,80 mètres dans la carotte.

Texte à trou :

Foram 1 date de ans avant notre époque. La valeur de composition de coquille est de
 A l'époque le niveau des mers était mètres plus bas/plus haut que maintenant.

Foram 2 date de ans avant notre époque. La valeur de composition de coquille est de
 A l'époque le niveau des mers était mètres plus bas/plus haut que maintenant.

Du temps de Foram 1 le niveau des océans était plus bas/plus haut que du temps de Foram 2, donc il faisait plus froid/plus chaud.



Le climat de la Terre n'a pas toujours été celui que nous connaissons actuellement. Pour suivre son évolution, nous avons accès aux données des périodes récentes, obtenues grâce à des instruments de mesure. Ils nous permettent, par exemple, d'avoir une longue série de données de température depuis 1850, grâce aux relevés des stations météo, ou du niveau des mers, grâce aux données des marégraphes.

Mais pour étudier les climats passés, les chercheurs doivent se servir de témoins de l'histoire climatique ancienne, c'est-à-dire de marqueurs qui ont évolué en fonction des variations du climat, et dont on peut retrouver des traces aujourd'hui. Parmi ces témoins, les foraminifères sont considérés comme de très bons indicateurs des variations climatiques.

**Que sont ces organismes
et comment les étudie-t-on en laboratoire ?
Quel est leur lien
avec les changements climatiques ?**

