

I/ Evolution de l'atmosphère et développement de la vie (4,5 Ga à 500 Ma)

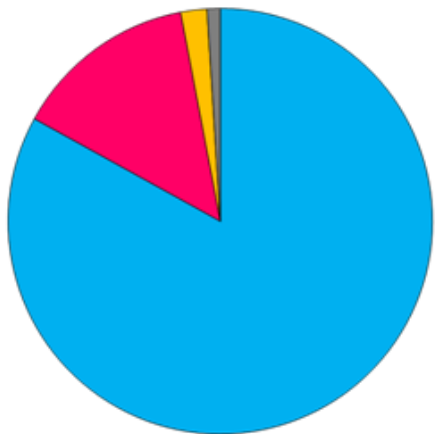
Voir TD1

Bilan général: Evolution de l'atmosphère et celle de la vie sont liées

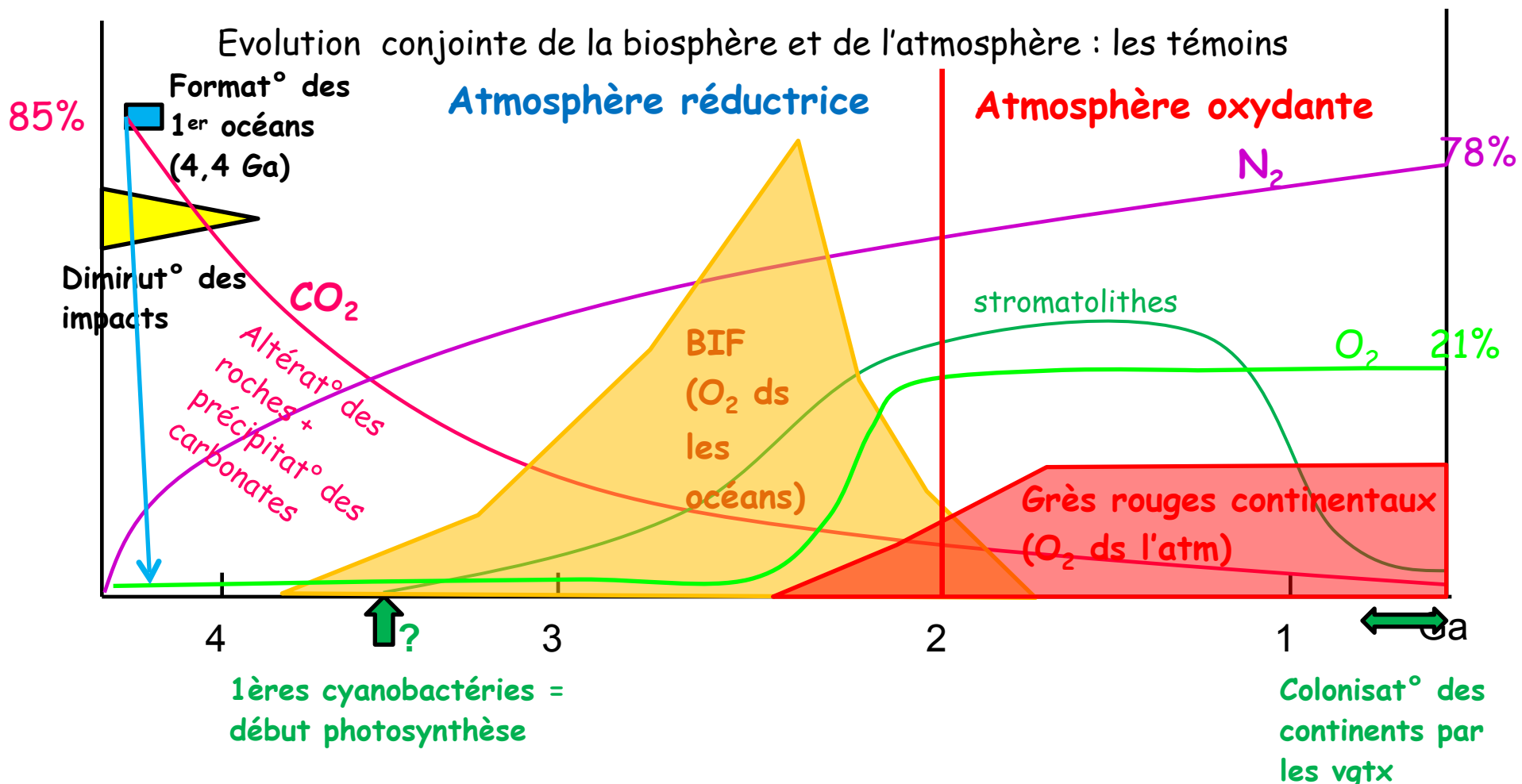
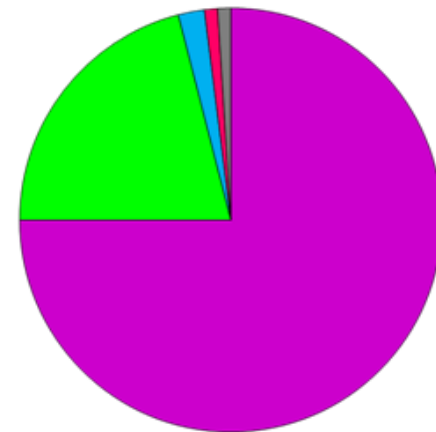
Les 1ers producteurs de O_2 sont probablement des **procaryotes photosynthétiques**, proches des cyanobactéries actuelles qui édifiaient des st calcaires, les **stromatolithes** (les + anciennes de -3,5 Ga).

La product° de O_2 a ds un premier temps été toxique pour certains organismes, mais elle a ensuite permis d'accélérer **l'évolut° des espèces grâce à la respirat°** et, bien plus tard, a permis la conquête des milieux continentaux par la mise en place de la **couche d'ozone** (O_3).

L'histoire de cette transformat° se trouve **inscrite dans les roches**, en particulier dans les roches sédimentaires.



Atmosphère primitive / Atmosphère actuelle



II/ Evolution de l'atmosphère et du climat au cours des 800 000 dernières années : les apports de la glaciologie et de la palynologie

Glaciologie : étude des glaces et des glaciers. Ici : étude des indices conservés par les glaces (gaz, composition isotopique des bulles d'air, traces de polluants...) permettant de reconstituer des climats passés.

Palynologie : étude des pollens et des spores conservés dans les couches géologiques, permettant de reconstituer des climats passés?

Pollen : contient les spz des plantes à la reproduction sexuée.

Spore : forme de dissémination des plantes à reproduction non sexuée.

1) Les pollens et l'évolution climatique locale

Cf TP2 pollens

À la belle saison, les végétaux terrestres à fleurs disséminent des quantités considérables de grains de **pollen**. Ces éléments reproducteurs mâles comportent une enveloppe très résistante caractéristique de chaque espèce.

Le pollen se conserve d'autant mieux que le milieu dans lequel il tombe est pauvre en dioxygène. C'est le cas des sédiments des lacs et des tourbières qui constituent le meilleur « cimetière » pour les pollens.

■ PROTOCOLE

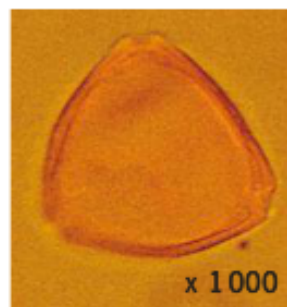
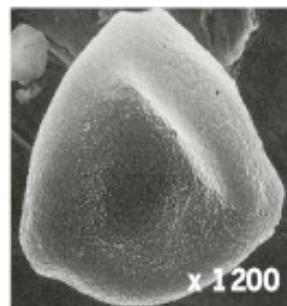
- Prélever une pointe de scalpel de sédiments carbonatés fins, pauvres en matière organique, provenant d'un lac.
- Ajouter HCl N/2 pour dissoudre les carbonates pendant 5 à 10 minutes.
- Centrifuger 5 minutes à 4 000 tours par minute.
- Éliminer le surnageant et ajouter de l'eau distillée au culot de centrifugation.
- Centrifuger à nouveau 3 minutes à 4 000 tours par minute.
- Éliminer le surnageant.
- Si le culot est suffisamment clair, l'observer

Activité 3 p102-103

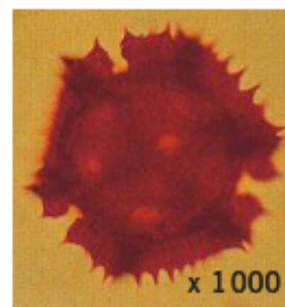
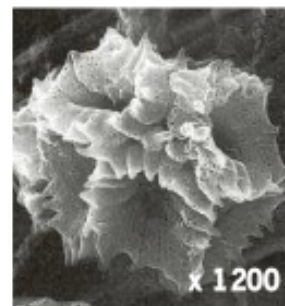
au microscope dans une goutte d'eau glycinée additionnée de fuchsine.

Remarque : on peut également extraire des pollens à partir de tourbe ou d'argiles riches en matière organique.

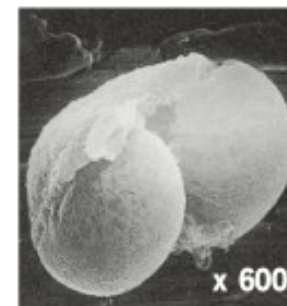
■ QUELQUES OBSERVATIONS



noisetier



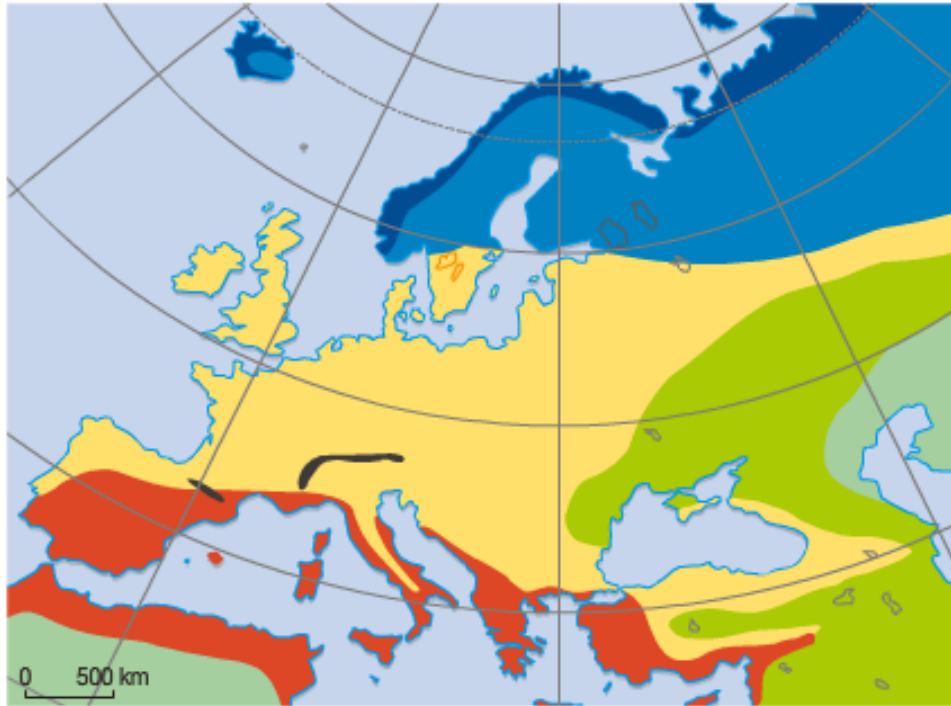
chicorée



pin

En noir et blanc : observations au MEB.

En couleur : Observations au microscope optique après coloration.



À l'échelle de la planète, les grandes formations végétales naturelles, appelées **biomes**, tendent à se superposer aux grandes zones climatiques. Cette carte montre la répartition des grands biomes en Europe.

- **Toundra** : plantes herbacées et arbrisseaux nains (aulne, bouleau, dryas, rhododendron, cypéracées...).
- **Forêt boréale** : conifères (épicéa, sapin, pin) et arbres à feuilles caduques (bouleau, aulne et saule...).
- Conifères de la **forêt tempérée fraîche** (sapin) et arbres à feuilles caduques de la **forêt tempérée** (chêne, hêtre, noisetier, charme, tilleul, orme, érable, frêne, platane...).
- **Steppes froides et tempérées** : plantes herbacées (armoise, cichoriées, chénopodiacées...).
- **Forêt chaude** : arbres à feuilles caduques (platane) et arbres à feuilles persistantes (chêne vert, chêne liège...).

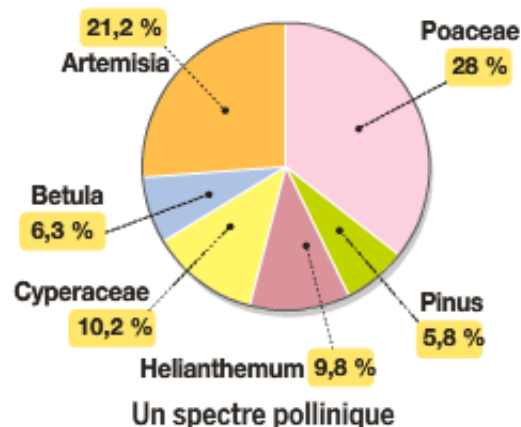
Doc. 2 Zones climatiques et grandes formations végétales.

■ EXEMPLES DE RÉSULTATS

• Le spectre pollinique

L'identification des pollens présents à un niveau donné (donc à une époque précise) dans la colonne sédimentaire et l'évaluation du pourcentage de chaque type de pollen permet d'établir ce que l'on appelle un spectre pollinique.

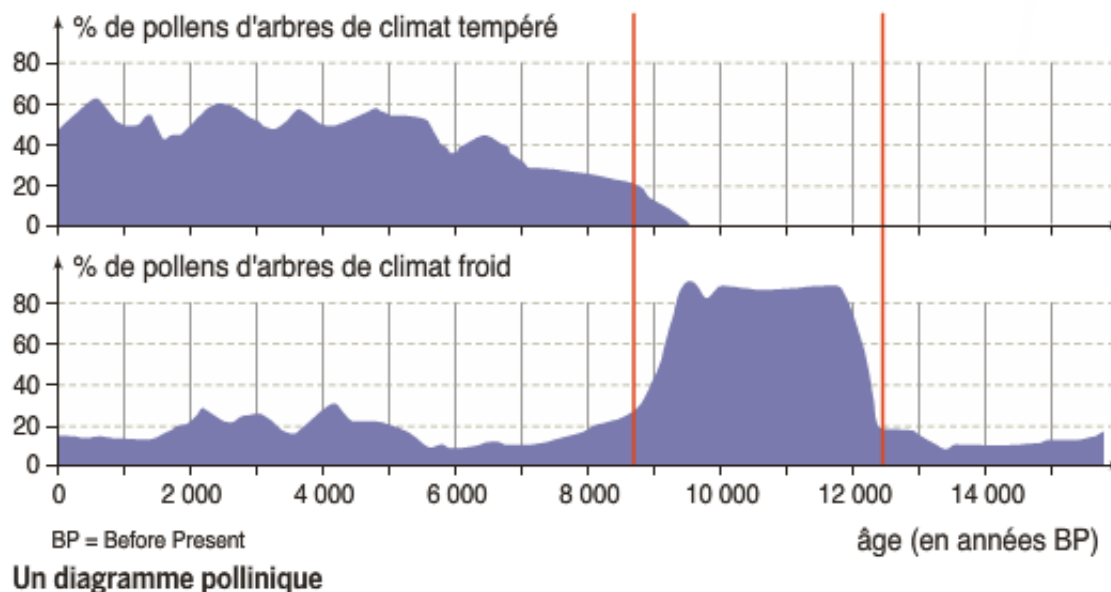
Le spectre pollinique *ci-contre* a été construit à partir des pollens trouvés au niveau - 16 000 ans BP (*Before Present*) : seuls les pollens représentés à plus de 5% ont été pris en compte. Le spectre donne donc une image « instantanée » de la végétation à cette époque.



• Le diagramme pollinique

Pour étudier l'évolution de la végétation (et donc du climat) en un site donné (ici le lac d'Amsoldingen), il est nécessaire d'avoir des données (spectres polliniques) pour toute une série d'âges.

Le logiciel permet de sélectionner un certain nombre d'espèces ou de créer des associations végétales significatives (*ci-contre*). On obtient ainsi un diagramme pollinique qui présente les variations au cours du temps de l'importance relative de ces associations.



Doc. 3 Une évolution très nette de la végétation et du climat au cours des 16 000 dernières années.

Spectre pollinique : représentat° ss forme d'un diagramme circulaire, des proportions des grains de pollens des différentes espèces présentes dans un niveau donné, donc à un moment donné.

Diagramme pollinique : représentat° graphiQ de l'évolut° des fréquences de pollens de différentes espèces en fonct° de la profondeur ds les sédiments donc de l'âge. Il permet de reconstituer l'évolut° du paléo-climat et du paléo-environnement d'un territoire donné.

Q1. Quelles caractéristiques rendent les pollens intéressants ?

Enveloppe extérieure du pollen = exine.

- Résiste à la plupart des dégradat° chimiques et biologiques : fossilisat° ds les sédiments
- Taille, forme et ornementation spécifique de l'espèce.

Q2. Comparez cette carte avec une carte des zones climatiques.

Répartit° latitudinale des biomes correspondant à la répartition latitudinale des climats.

- Climat « polaire », climat « tempéré océanique », « tempéré continental », « méditerranéen ».

La palynologie permet donc de reconstituer les climats passés , à condit° bien sûr de dater les roches ds lesquelles sont les pollens.

Q3. Reconstituez les grandes tendances de l'évolution du climat ds la région d'Amsoldingen depuis de -16 000 ans à aujourd'hui.

Aujourd'hui à - 9000 ans : climat tempéré

De -9000 à -12 500 ans : climat froid

- 16 000 ans ?... Recherche internet grâce au spectre pollinique proposé

Bilan :

La **palynologie**, associée à des méthodes de datation des sédiments, permet de reconstituer l'extension dans l'espace et le temps des différents **biomes** (association végétale présente à une époque), et ainsi de reconstituer les **conditions de T° et de précipitations** donc les **climats passés**.

Pour la semaine prochaine : act 1 p 98-99

2) Les apports de la glaciologie dans la reconstitution des climats

Cf TD3

Bilan général (p 112 Bordas) :

- Les glaces polaires = archives climatiques

- Rapports isotopiques $\delta^{18}\text{O}$ et δD permettent de retrouver les paléotempératures de l'atmosphère au moment de la formation de la glace : reconstitution des températures depuis 800 000 ans.

- Mise en évidence de périodes glaciaires et interglaciaires qui se succèdent tous les 100 000 ans env. + variations à + petites échelle.

- Actuellement : période interglaciaire avec augmentation rapide et importante des températures depuis le milieu du XIX^{ème}.

- L'extension des glaces = marqueur des modifications récentes

- Diminution importante du volume des calottes et de la banquise depuis 30 ans. Preuve d'un réchauffement climatique.

En + : car on ne sait jamais... Ca pourrait tomber :

L'étude des sédiments océaniques : le $\delta^{18}\text{O}$ des tests calcaires des foraminifères utilisé comme paléothermomètre

L'étude des foraminifères permet de repérer **des variations de la température des eaux océaniques.**

En effet, lors de la formation de leur test carbonaté, les foraminifères « fossilisent » le $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer de l'époque où ils vivaient.

Le $\delta^{18}\text{O}$ des carbonates est calculé selon le même principe que celui des glaces polaires mais il est rapporté à une autre référence : un rostre de bélemnite du Crétacé.

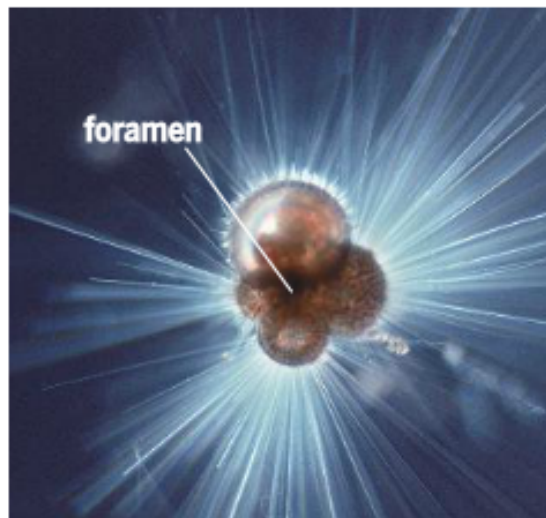
$$\delta^{18}\text{O}_{\text{sédiment}} = \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sédiment}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{bélemnite référence}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{bélemnite référence}}}$$

Le rapport ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) mesuré dans les tests carbonatés des foraminifères des sédiments océaniques récents (Quaternaire) est un traceur permettant de **reconstituer la température de l'eau de mer (et par conséquent de l'atmosphère)** ainsi que les variations du niveau de la mer et de l'extension des calottes polaires au cours du temps.

Doc 1. Les foraminifères, un groupe de protozoaires marins très diversifiés (doc 2 p 105 Bordas)

- **Une cellule entourée d'un test calcaire**

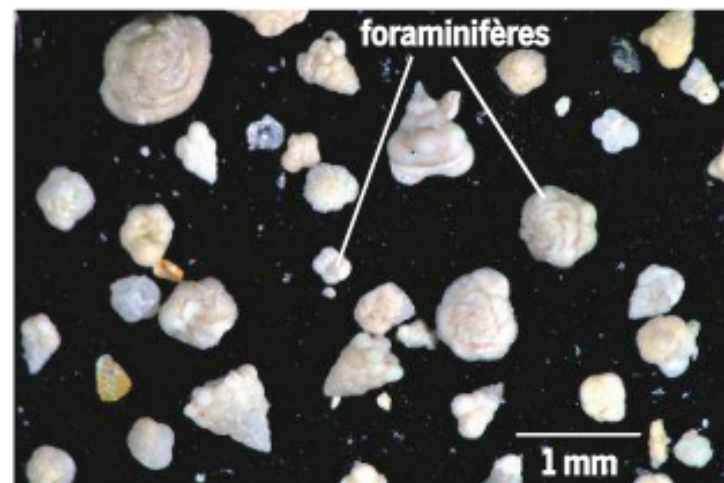
Les foraminifères sont des animaux unicellulaires (protozoaires) très répandus dans les milieux marins. De petite taille (quelques dizaines de microns à quelques millimètres), ils sont logés dans un test (une « coquille ») formé de plusieurs loges et ouvert au niveau d'un foramen (la *photographie* repré-



sente un test de globigérine actuelle). Ce test est souvent perforé d'une multitude de pores laissant passer des filaments cytoplasmiques. Très abondants dans les sédiments marins, depuis le début de l'ère primaire, ce sont de très bons indicateurs des caractéristiques de leur environnement.

- **Observation à la loupe binoculaire**

En tamisant une boue océanique, on peut isoler de nombreux tests de foraminifères et les observer à la loupe binoculaire (*photographie*). Un comptage est alors possible (*voir exercice 9 page 221*).

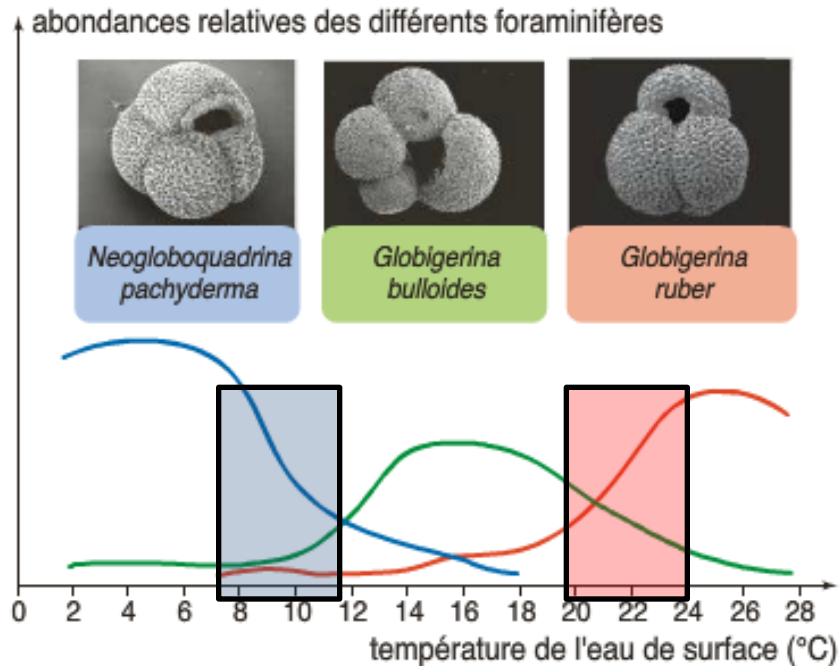


Protocole détaillé

Doc 2. Les foraminifères présents dans les sédiments océaniques fournissent des informations sur l'évolution du climat (doc 3 p 105 Bordas)

• Données pour la période actuelle

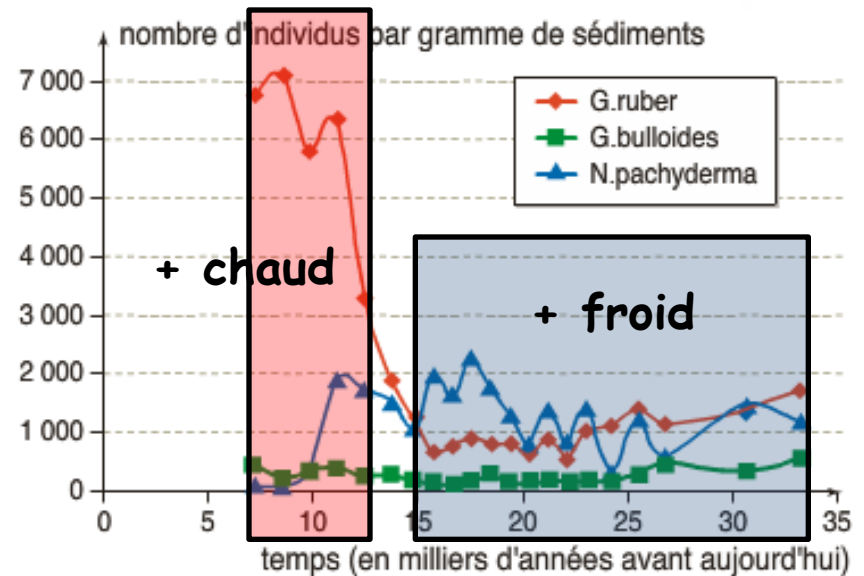
Les échantillons de sédiments marins contenant des foraminifères ont été prélevés par carottage en différents points de l'Atlantique Nord. Dans les sédiments superficiels (donc récents), des comptages ont permis d'estimer l'abondance relative de trois espèces (*graphe ci-dessous*).



• Données pour des périodes plus anciennes

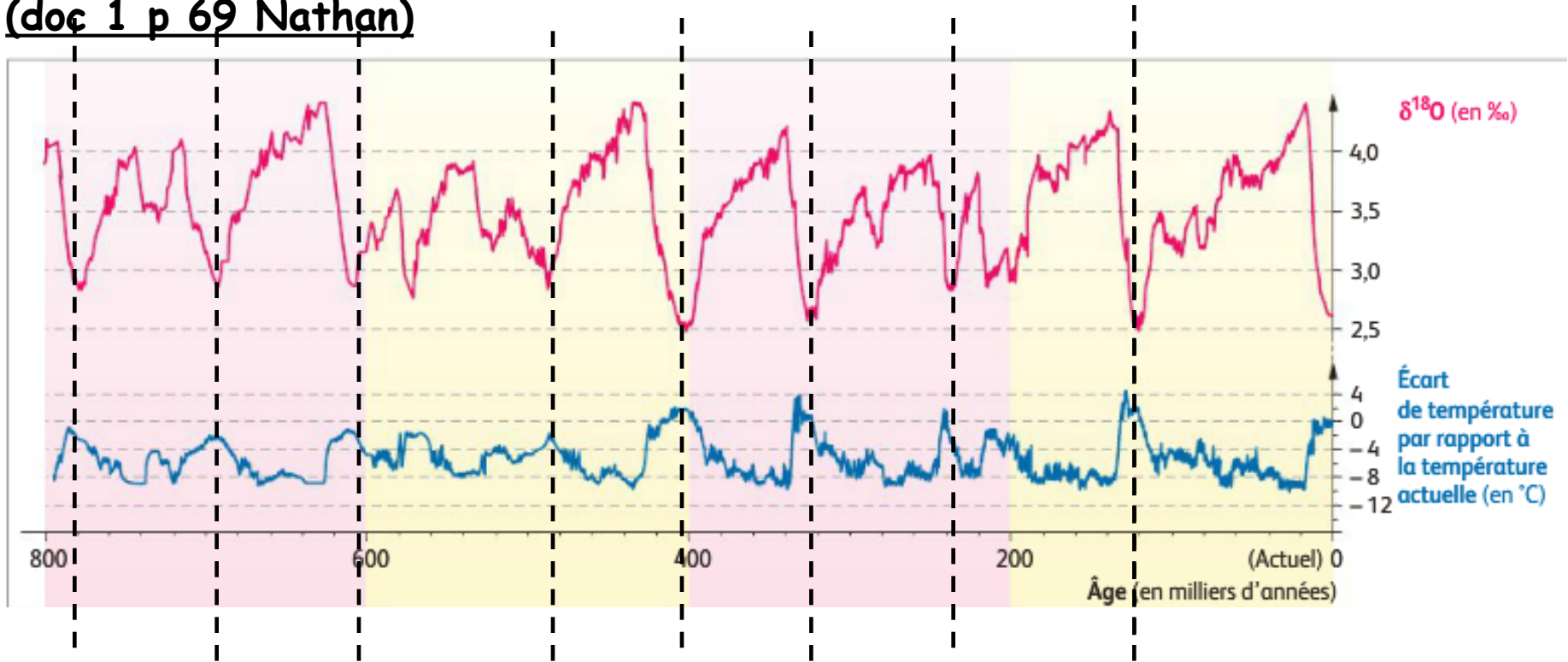
À partir de prélèvements de sédiments plus profonds (plus anciens) effectués dans de nombreux sites océaniques, on peut retracer l'évolution de la température des eaux et en déduire les variations climatiques globales.

Par exemple, le *document ci-dessous* a été obtenu à partir d'échantillons provenant de différents niveaux d'un carottage réalisé par 0° de latitude et 23° de longitude ouest.



Q1. Commentez les variations de température de l'eau de mer depuis 35 000 ans.

Doc 3. Composition isotopique des tests de foraminifères benthiques depuis 800 000 ans et écart de température par rapport à la température actuelle (doc 1 p 69 Nathan)



Q2. Quel est le lien entre le $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères et la température ?

+ le $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères est faible, + il fait chaud... **C'EST L'INVERSE DU $\delta^{18}\text{O}$ DES GLACES.**

On retrouve la cyclicité de 100 000 ans...