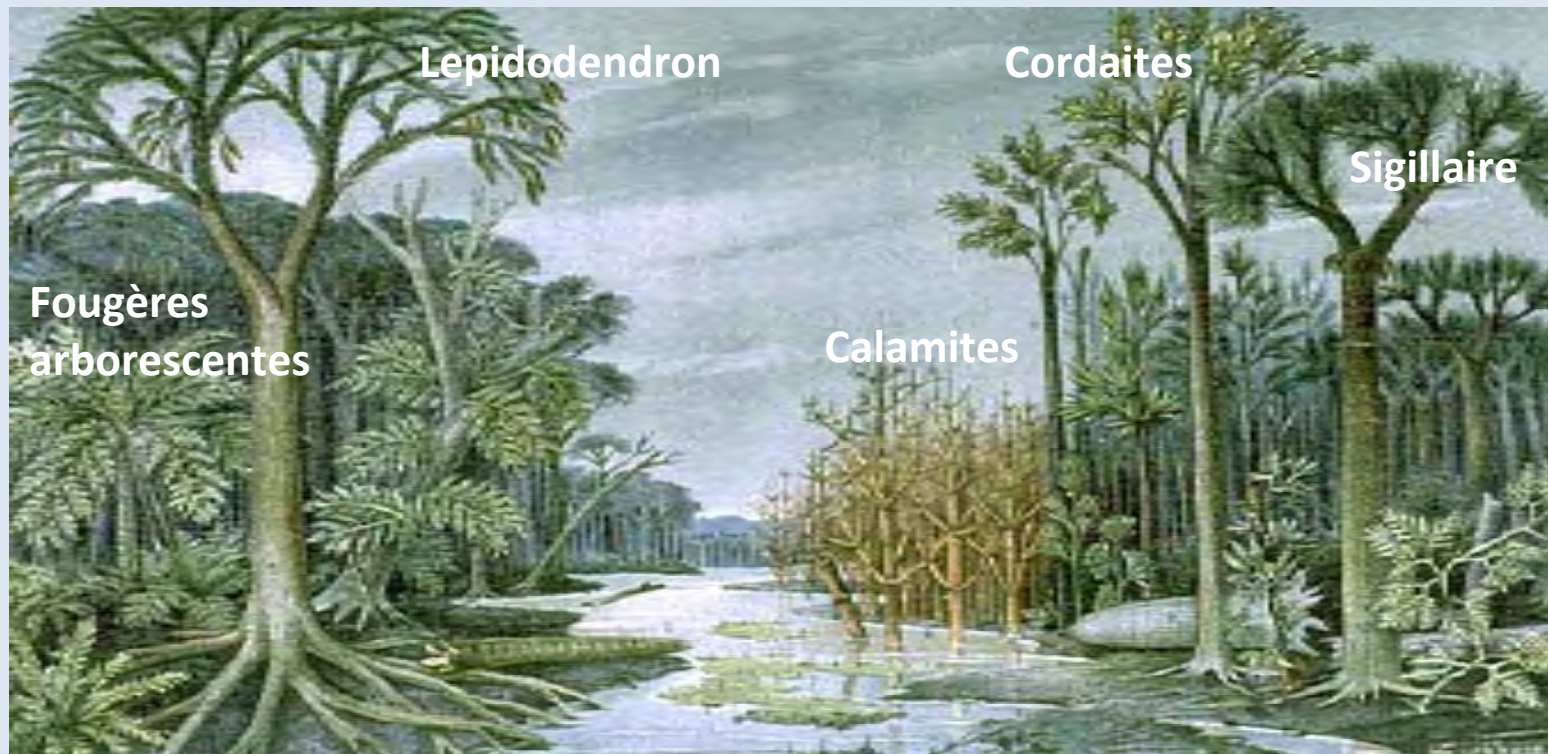




# BioGeoPal - L3

## Cours n° 2: Les apports des fossiles pour la reconstitution des paléoenvironnements



**Forêt houillère du Carbonifère ( $\approx 340\text{Ma}$ )**

**Comment aboutit-on à cette image d'une forêt tropicale luxuriante?**



**FACIES:** ensemble des caractères lithologiques et paléontologiques d'une roche sédimentaire dont certains permettent de cerner les conditions environnementales dans lesquelles les sédiments à l'origine de cette roche se sont déposés.

**Exemples de faciès :**

- Marin pélagique
- Marin benthique
- Marin littoral
- Marin néritique

- Milieu corallien
- Milieu lagunaire, saumâtre
- Milieu lacustre, marécageux
- Milieu continental
- Milieu réducteur, oxygéné...

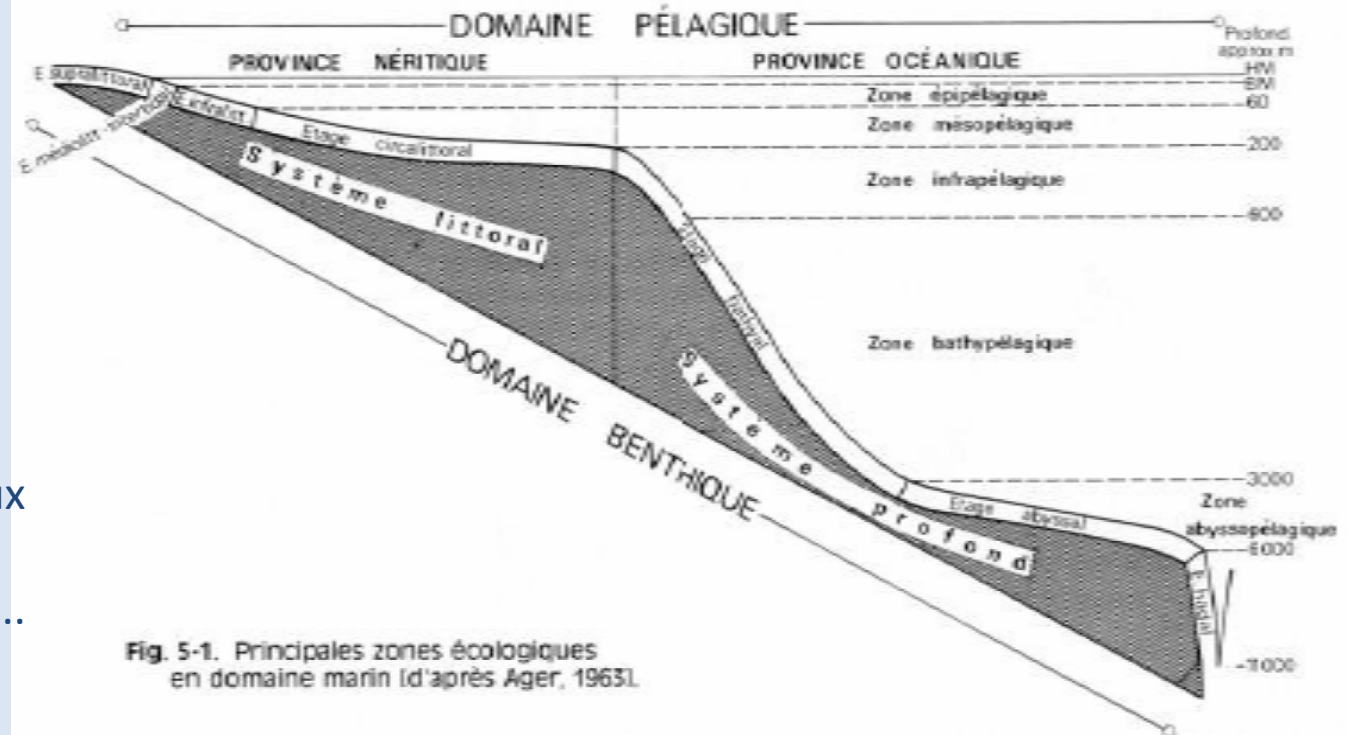


Fig. 5-1. Principales zones écologiques en domaine marin (d'après Ager, 1963).

**Les variables environnementales**

- Bathymétrie: lumière, le spectre de la lumière...
- Température
- Salinité: constante ou variable
- Oxygénation du milieu
- Hydrodynamisme ...

## But: reconstituer les conditions de milieu de dépôt d'une roche à partir des fossiles

Il existe différents types d'organismes:

- Sensibles à la salinité: Euryhalins/Sténohalins.
- Sensibles à la température.
- Sensibles à la présence/absence de lumière:
  - ✓ Organismes chlorophylliens et herbivores vivent dans la *zone photique* (20 à 120m, fonction de la latitude, saison, turbidité des eaux...). S'ils sont benthiques ils vivent à proximité des côtes.
  - ✓ Dans la *zone aphotique* (>300-500m) vivent des organismes hétérotrophes, des bactéries, des animaux microphages ou carnivores.



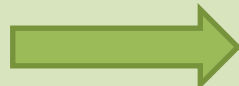
Les organismes, de part leurs exigences environnementales, donnent des indications sur les conditions de l'environnement.

NB: Complémentarité des renseignements

- sédimentologiques
- paléontologiques

# I. Qu'est ce qu'un fossile de faciès?

## A. Définition

 Fossile caractéristique d'un milieu de sédimentation particulier

Caractéristiques d'un bon fossile de faciès:

- Conditions physico-chimiques de vie restreintes
- Polymorphisme éventuel en fonction des conditions du milieu
- Faible vitesse d'évolution

## B. Comment connaît-on les conditions de vie d'un organisme?

Au cours des temps, de nombreuses espèces ont eu un optimum de vie.

1. Hypothèse pour espèces actuelles : toujours vécu dans les mêmes conditions= **actualisme**
2. Hypothèses pour espèces disparues :

a. conditions de vie de *l'espèce actuelle la plus proche phylogénétiquement*.

b. *organisation des individus en étroit rapport avec leur mode de vie* (ex. de convergences: aile / nageoire / patte).

c. *indications données par la roche sédimentaire (faciès)* dans laquelle est trouvé l'organisme systématiquement.

*N.B: Le terme actualisme, traduction de l'anglais actual, correspond à "réel" et non pas à "actuel".*

*Cette théorie était soutenue par des géologues comme l'écossais J. Hutton (1726-1797) ou Ch. Lyell (1797-1875); dans le contexte géologique de l'époque où régnait le catastrophisme, le terme de actual était utilisé dans le sens de réel (causes réelles). Il s'opposait aux causes imaginaires postulées par les catastrophistes qui recouraient à des processus inhabituels pour expliquer le passé.*

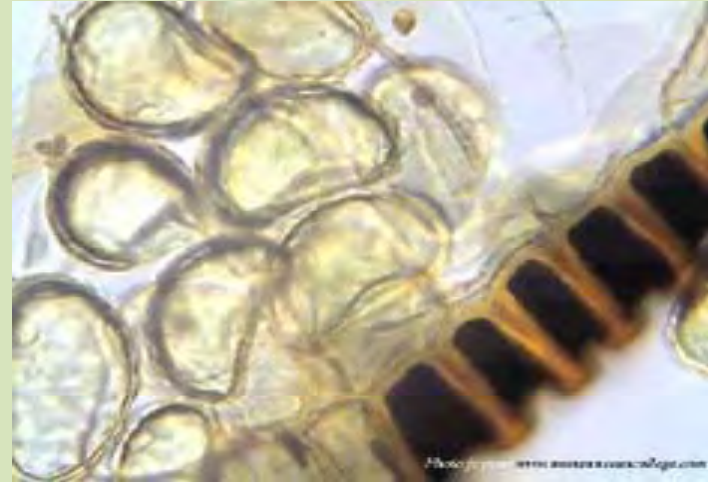
## C.1. Quelques fossiles typiques du milieu continental

Helix sp. (Gastéropode pulmoné)



(from <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/autoescargot/helixp.jpg>)

Spores a double paroi (inclus pollen etc)



La plupart des végétaux ligneux



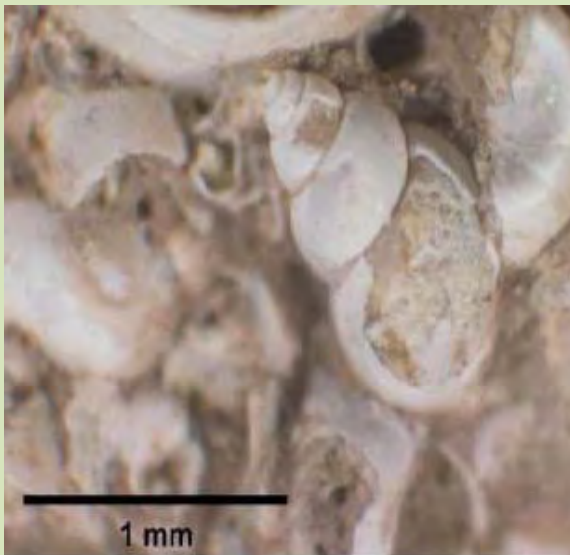
## C.2. Quelques fossiles typiques des milieux d'eau douce

Limnée (Gastéropode pulmoné)



<http://www.univ-ubs.fr/ecologie/Photos/limnee.jpg>

Hydrobie (Gastéropode pulmoné)



[www.geognosie.de/fund/ilbenstadt.htm](http://www.geognosie.de/fund/ilbenstadt.htm)

Planorbe (Gastéropode pulmoné)

≠ Ammonite

Oligocène-Actuel



<http://www.collegejeanjaures.com/iddgeologie/images/image2cjpg.jpg>

Certains ostracodes (Crustacés)

Cambrien-Actuel



<http://www.rngeologique-saucatslabrede.reserves-naturelles.org>

Oogone de Charophyte (Algue)

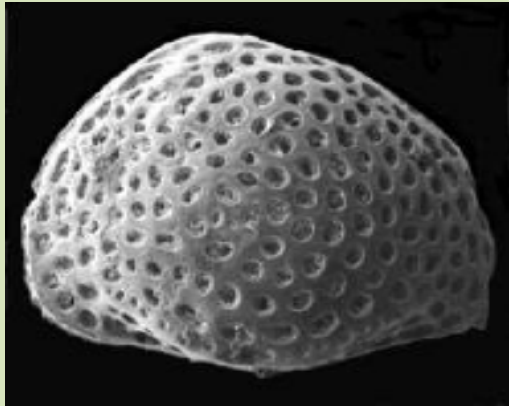
Devonien-Actuel



[cherves.chez.tiscali.fr/nou03/ch132.htm](http://cherves.chez.tiscali.fr/nou03/ch132.htm)

## C.3. Milieux lagunaires, saumâtres, salinité variable: *espèces euryhalines*

Certains ostracodes (Crustacés)  
Cambrien-Actuel



Potamides (gastropodes)  
Tertiaire-Actuel



Ostreidés –Ostrea, Gryphea (Lamellibranches)  
Trias-Actuel



Lingula (Brachiopode)  
Ordovicien-Actuel



*Un des rares Brachiopodes à vivre dans le milieu littoral (la plupart vivent entre 200 et 2000m)*



## C.4. Quelques fossiles typiques de milieux marins: *espèces sténohalines*

→ Milieux à salinité stable, donc loin du rivage

Pecten (Lamellibranches)  
Eocène-Actuel



Oursins  
(Echinodermes)



Favosites (Cnidaires,  
Tabulés)



**Coraux:** salinité fixe, faible bathymétrie,  
eaux oxygénées et claires (pas de particules détritiques)

Grands foraminifères associés aux récifs:

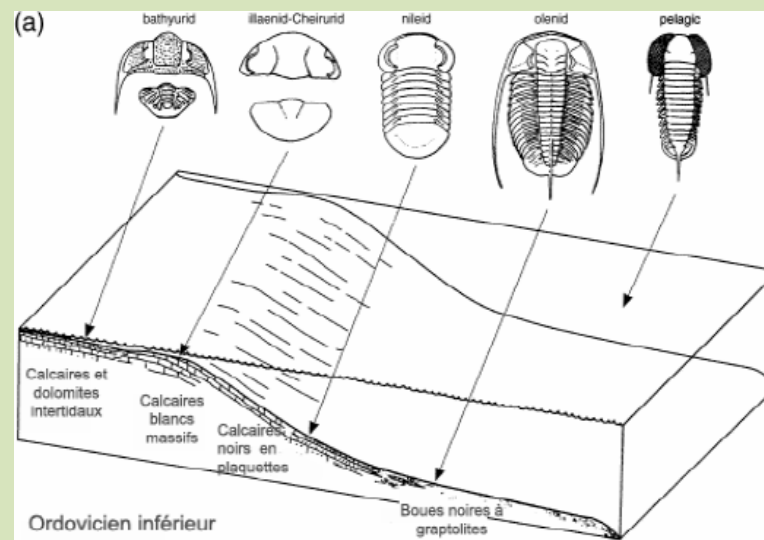
- *Fusulina* au Permien
- *Orbitolina* au Crétacé inférieur
- *Nummulites* abondants au Paléogène
- Alvéolinidés du Crétacé à l'actuel

## C.5. Exemples de relations « organismes-environnement »

| <b>Faciès paléontologique</b>               | <b>Milieu de sédimentation</b>   |
|---|--|
| Algues: Dasycladale, Udotécées, Rhodophytes | Milieu marin peu profond, zone littorale                               |
| Ammonites                                   | Milieu marin, variable selon les ammonites                             |
| Bivalves à byssus                           | Vie fixée sur des rochers  |
| Bivalves à siphon                           | Vie fouisseuse dans des vasières ou du sable                           |
| Brachiopodes                                | Milieu marin de faible profondeur, en général plate-forme continentale |
| Coquilles épaisses                          | Eaux chaudes   |
| Coquilles minces                            | Eaux froides   |
| Foraminifères                               | Milieu marin, variable selon les foraminifères                         |
| Radiolaires                                 | Milieu marin, parfois de très grande profondeur                        |

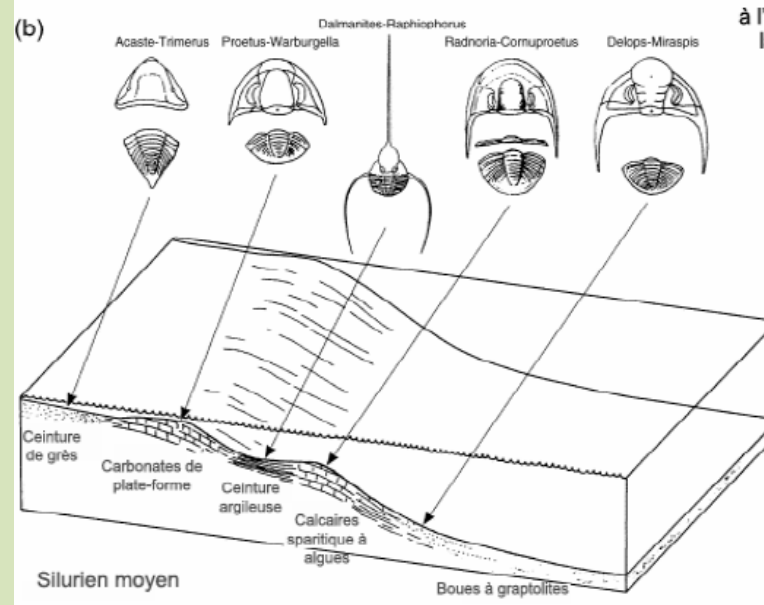
## C.5. Informations paléoenvironnementales données par les Trilobites

Tous marins mais...  
dans des contextes  
différents



**Biofaciès en relation avec les marges continentales :**  
profils représentatifs des biofaciès intertidaux à profonds pour (a) les trilobites de la marge de la Laurentia à l'Ordovicien inférieur et (b) ceux de la marge du Gondwana au Silurien moyen (b).

D'après Fortey & Coks, Earth-Science Reviews 61(3-4), 2003



Silurien moyen

Boues à graptolites

## D.1. Exemples de faciès classiques: Le faciès houiller

Le plus connu, au **Stéphanien** (Carbonifère), qui donne la plupart des gisements français de charbon.

Fossiles végétaux abondants: **Ptéridophytes** dont lycopodes atteignant 40 mètres de hauteur (*Lépidodendrons* et *Sigillaires*), Prêles géantes (*Calamites*), Fougères arborescentes, Gymnospermes: *Cordaïtes* (les premières Gymnospermes arborescentes proches des conifères).

Animaux: Insectes, scorpions, vertébrés tétrapodes dont amphibiens.



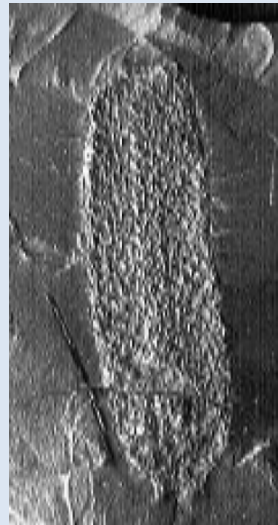
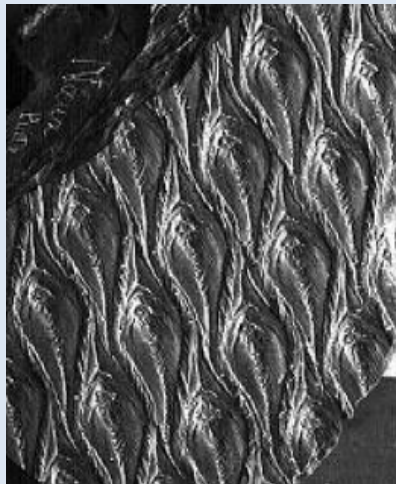
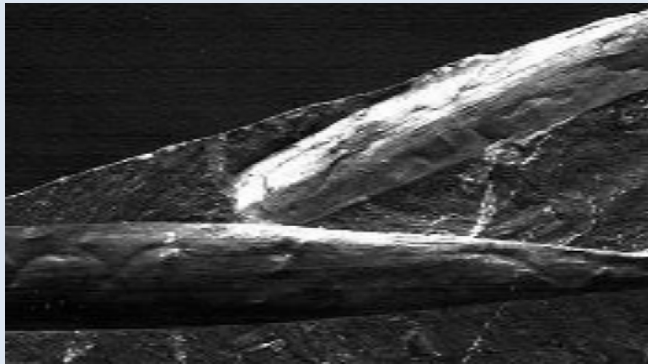
*N.B: On peut aller plus loin parfois sur les conditions paléoclimatiques grâce à ces fossiles de végétaux. Les végétaux à bois d'été et bois de printemps manifestent l'existence de saisons sèches et de saisons humides. L'absence de ces cernes dans les végétaux de la forêt houillère indique que ceux-ci vivaient en climat équatorial ou tropical sans alternance de saisons.*

# Exemples de fossiles du Stéphanien houiller

Feuilles et tronc de *Calamites* (Ptéridophyte)



Feuilles de *Cordaïtes* (Gymnosperme)



*Lepidodendron* (Ptéridophyte)  
Traces de feuilles sur tronc et épiphyte



Fronde de *Percopteris* (Ptéridophyte)  
<http://home.tele2.fr/hildoceras/Vegetaux.htm>

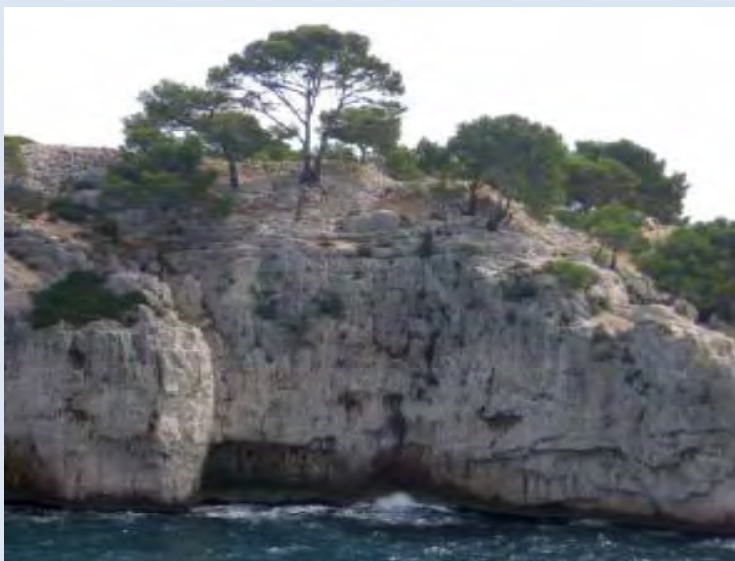
## D.2. Exemples de faciès classiques: Le faciès urgonien

Calcaires blancs, durs, récifaux à rudistes (lamellibranches comme **Requienia** ou **Toucasia**) et à **Orbitolines** (foraminifères) indiquant une sédimentation marine, dans un milieu chaud et relativement peu profond.

Forme la plupart des grandes barres rocheuses dans le Vercors, la Chartreuse ou dans les calanques. Datant du Crétacé inférieur, ce faciès n'est pas exactement du même âge dans les Alpes (Barrémien- Aptien inférieur) et dans les Pyrénées où il est un peu plus tardif (Aptien- Albien inférieur).

**Attention: L'Urgonien n'est pas un étage mais un faciès.**

*Autre ex: Tithonique (faciès calcaires fins pélagiques à calpionelles et ammonites) vs. Tithonien (étage du Jurassique supérieur).*



Urgonien dans les calanques (Sormiou)

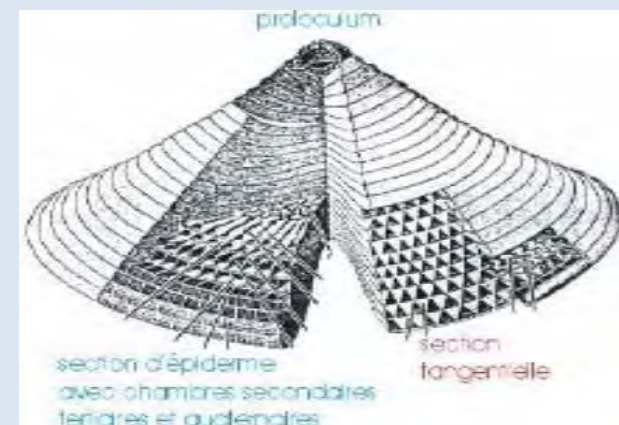
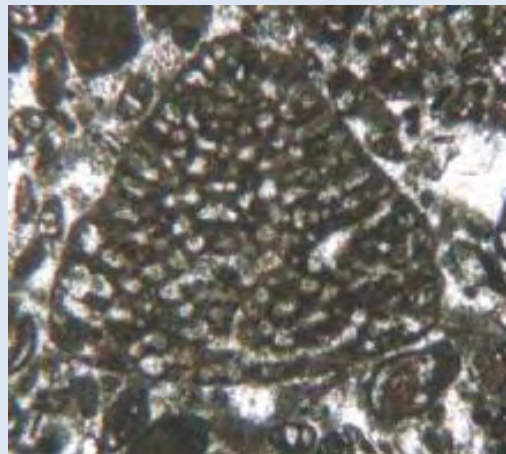
# Fossiles de l'urgonien (environnement récifal)

Polypiers



[http://www.geol-alp.com/chartreuse/2\\_roches\\_chartreuse](http://www.geol-alp.com/chartreuse/2_roches_chartreuse)

Orbitoline, grand foraminifère perforé Crétacé à Paléocène



<http://www.ulg.ac.be/geolsed/TP/TP.htm>

# Les Rudistes

Mollusques bivalves récifaux (Jurassique-Crétacé)



Requienia, Crétacé inférieur



Toucasia, Crétacé inférieur

La valve inférieure, qui peut être la droite ou la gauche et sur laquelle l'animal est fixé, est la plus grande. La valve supérieure est nettement plus petite (operculaire).

Apparus au Jurassique supérieur (*Dicéras*), les rudistes ont connu un développement important au Crétacé. Ils vivaient dans des mers tropicales et subtropicales où parfois ils étaient en si grand nombre qu'ils formaient des colonies en tapis denses et étendus.



## II. Utilisation des fossiles de faciès pour la reconstitution des paléoenvironnements

### A. Utilisation des foraminifères

Les foraminifères sont très abondants partout, que ce soit en surface (pelagos) ou au fond de l'eau (benthos). Ils forment un test qui peut être conservé dans les sédiments.

La probabilité d'en trouver dans un forage océanique est très grande.

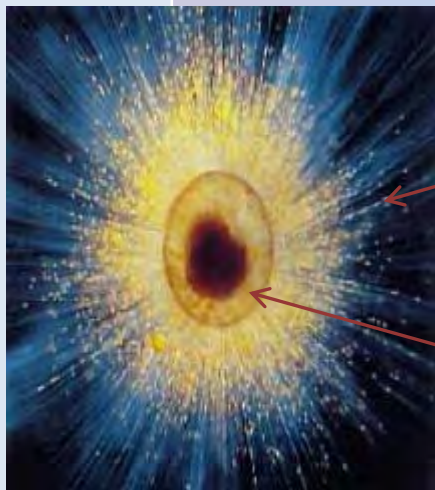
règne : PROTISTES

sous-règne : PROTOZOAIRES

embranchement : Rhizoflagellés

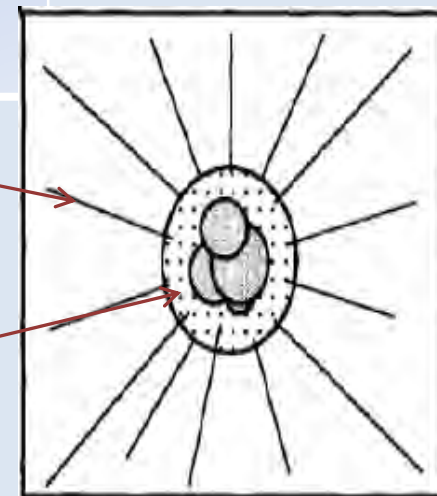
classe : RHIZOPODES

ordre : FORAMINIFERIDA



pseudopodes

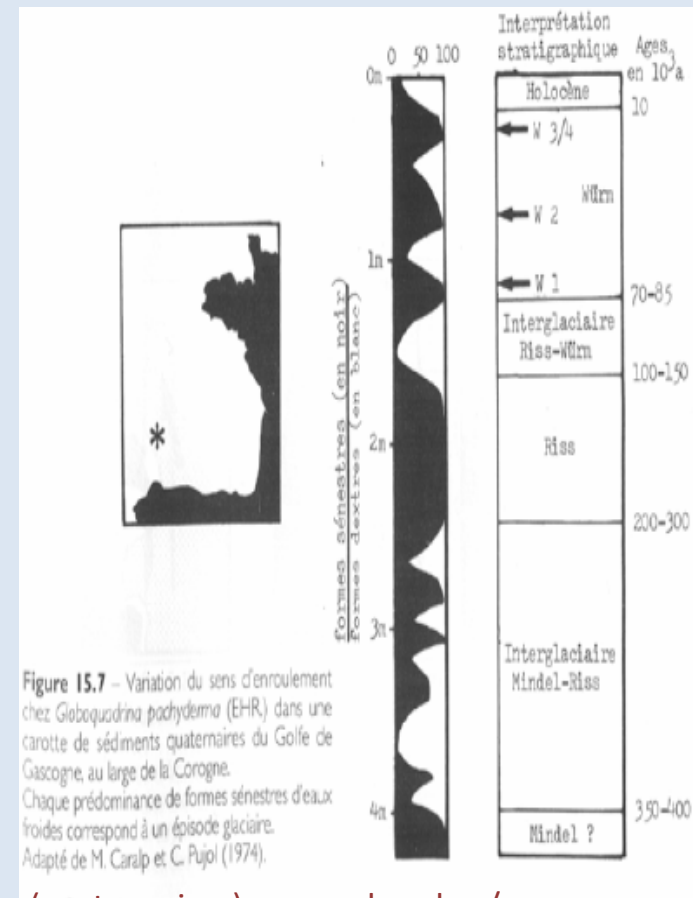
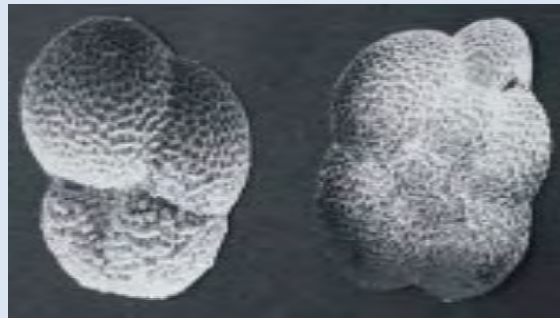
pores



## A.1. Informations sur la température à partir d'une espèce

Sens d'enroulement de *Neogloboquadrina pachyderma*:  
**senestre** dans les eaux **polaires / dextre** dans les eaux **chaudes**

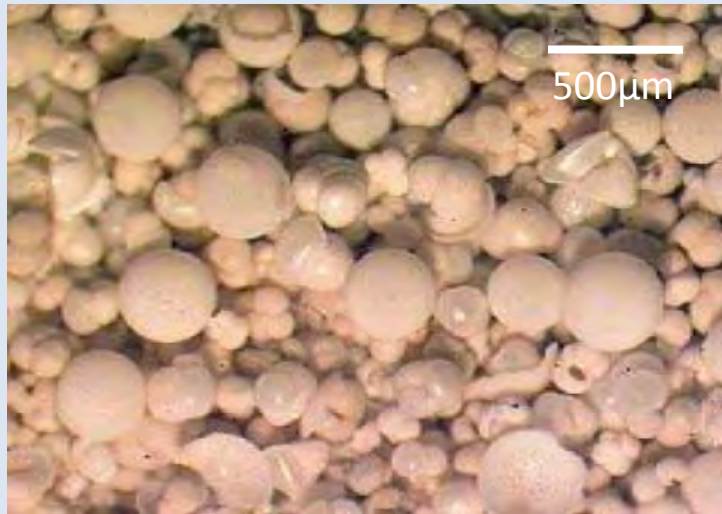
*N.B: Valable pour cette espèce, différent pour d'autres espèces !*



D'autres exemples de microorganismes pélagiques: Radiolaires (protozoaires) : eaux chaudes / diatomées (algues unicellulaires) : eau douce ou eaux froides

## A.2. Informations données par les foraminifères sur la profondeur

A partir d'un sédiment, on peut les extraire.....puis calculer le rapport benthique/planctonique



Benthiques: tests massifs



Planctoniques: tests « légers », globuleux avec plus de loges

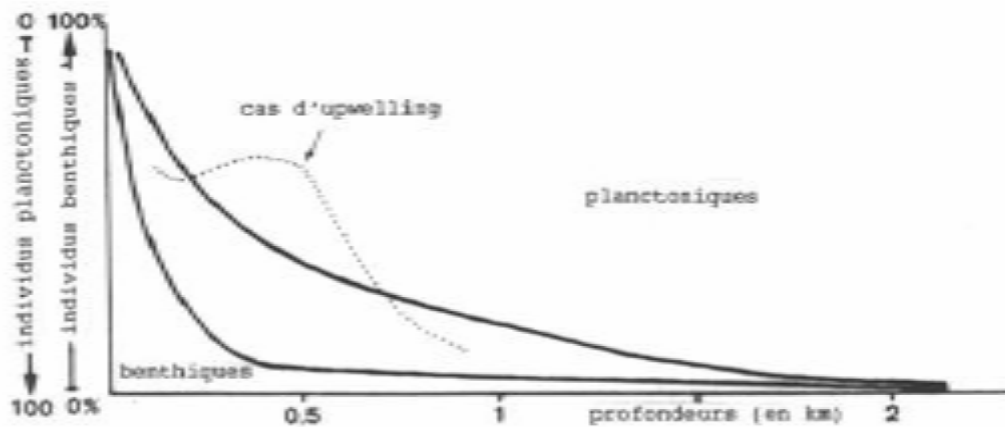
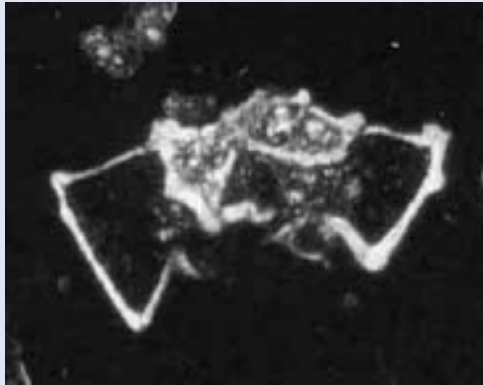


Figure 15.2 – Évolution du rapport Foraminifères planctoniques/Foraminifères benthiques dans les sédiments actuels en fonction de la profondeur. Une remontée du taux des benthiques autour des profondeurs -100 à -500 mètres traduit la présence d'un upwelling.

## A.3. En fonction de la nature du test et du caractère planctonique/benthique: accès à la distance au rivage



Globotruncana (II), pélagique



Nummulite (III), benthique à test hyalin



Benthique à test agglutiné (Actuel)

Adapté de A. Borenstein et B. Vermeij (1976)  
Bignot, Introduction à la Micropaléontologie

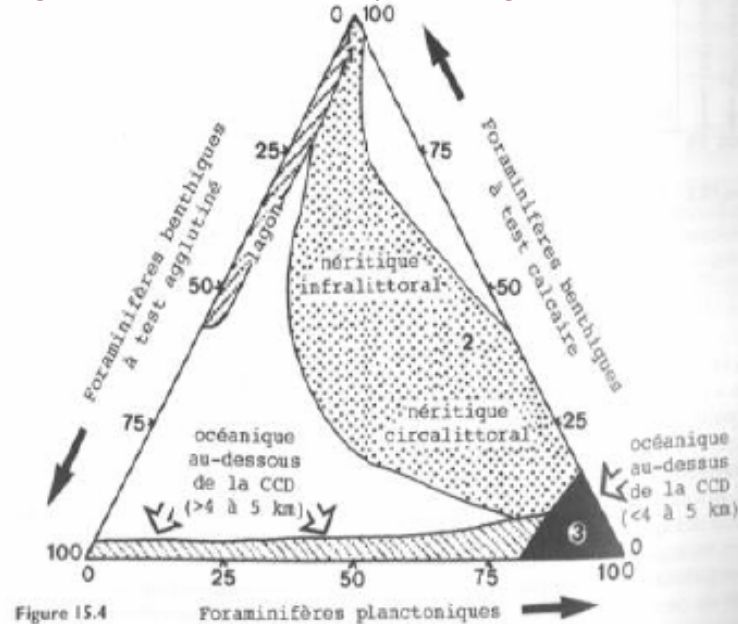
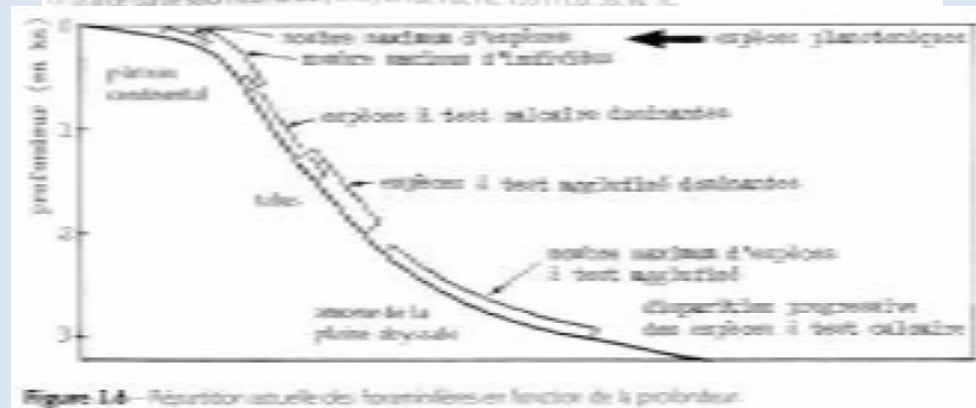


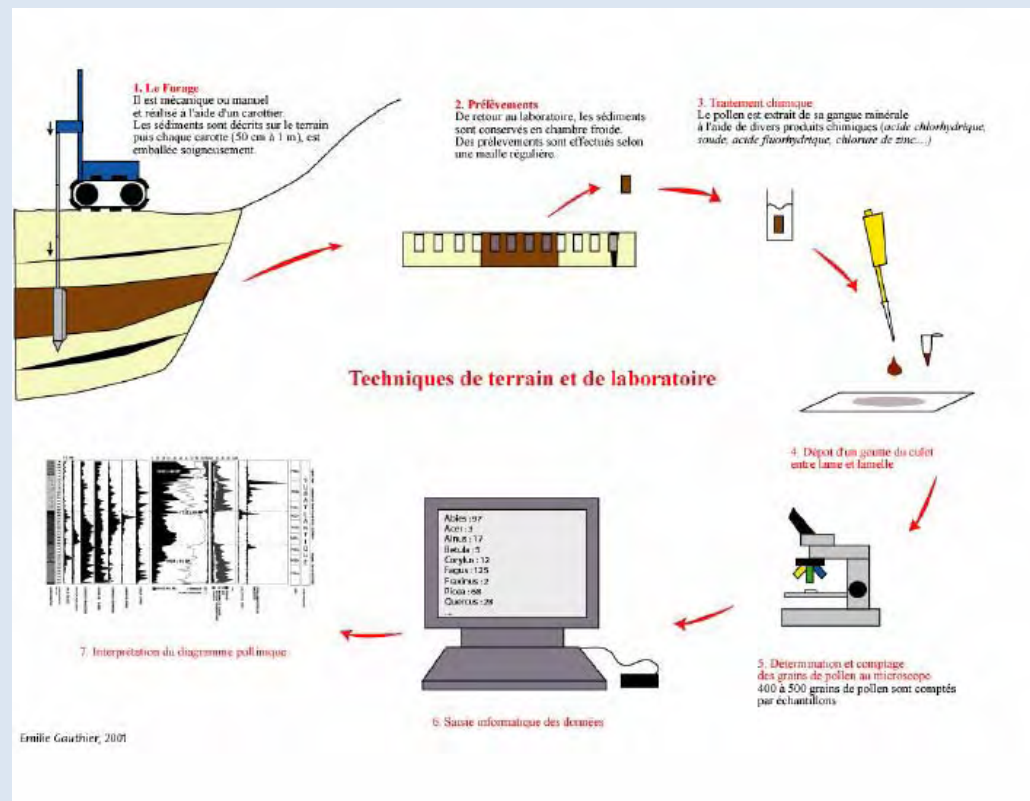
Figure 15.4 - Diagramme triangulaire de F.G. Snelkuij Gröbe (1999) dans lequel l'implémentation d'un gradient est fixé par les proportions relatives dans sa topographie des individus de Foraminifères benthiques à tests agglutinés, des Foraminifères benthiques à tests calcaires (porcelanés et hyalins) et, enfin, des Foraminifères planctoniques. Les plages délimitant les différents faciès ont été établies à partir de biostratigraphies rencontrées dans la nature actuelle. A titre d'exemple, trois gammes classiques ont été portées sur le diagramme: (1) Sud-lobban de Grignon (Bassin de Paris): milieu néo-infralittoral et/ou lagon; profondeur de l'ordre du mètre; (2) zones abissales du Boulonnais (cd): milieu néritique circalittoral; profondeur de l'ordre de la centaine de mètres; (3) calcaire d'acier de Bidart (près Biarritz, Aquitaine) échantillonné quelques mètres au-dessus de la limite KT: milieu océanique; profondeur de l'ordre du mille de mètres. En abrégé: voir selon Snelkuij Gröbe (1999) in Pal. Pal. Rev. 153 (1) p. 52, fig. 7c.



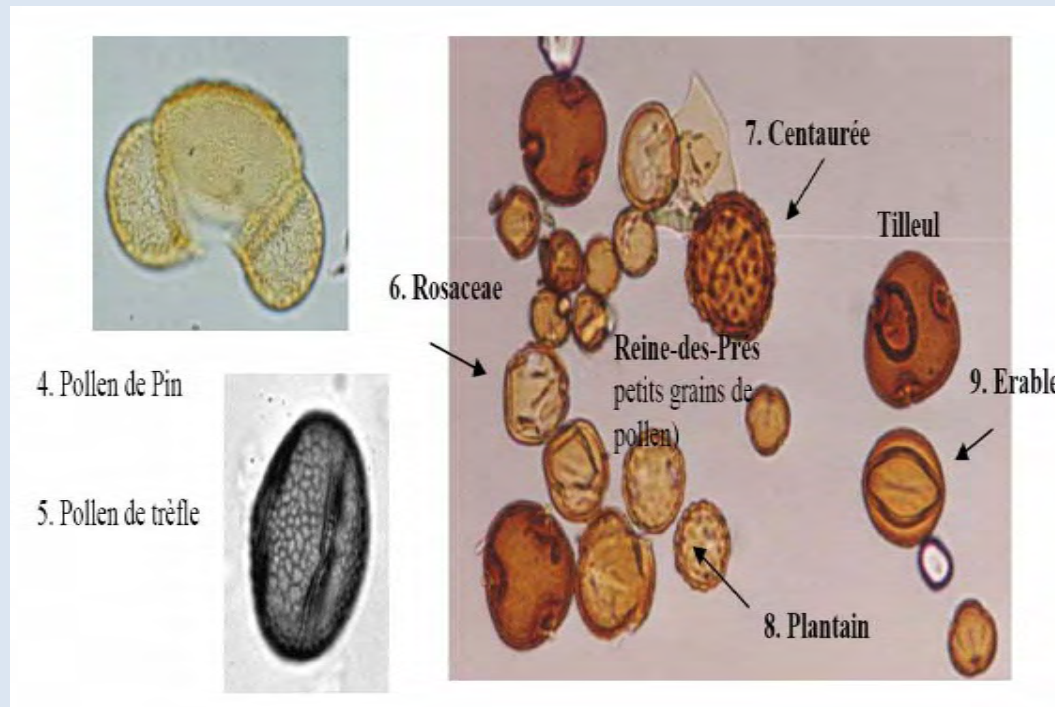
## B. Utilisation des matrices de transfert: exemple des diagrammes polliniques

*L'information devient difficile à traiter lorsque l'on utilise un assemblage de plusieurs espèces. On procède alors à une analyse statistique des populations présentes dans les sédiments qui permettent d'obtenir une estimation de certaines conditions physico-chimiques du paléo-environnement.*

Exemple: fonctions de transfert définies à l'aide des pollens pour estimer les paléo-températures et paléo-précipitations sur les continents = diagrammes polliniques

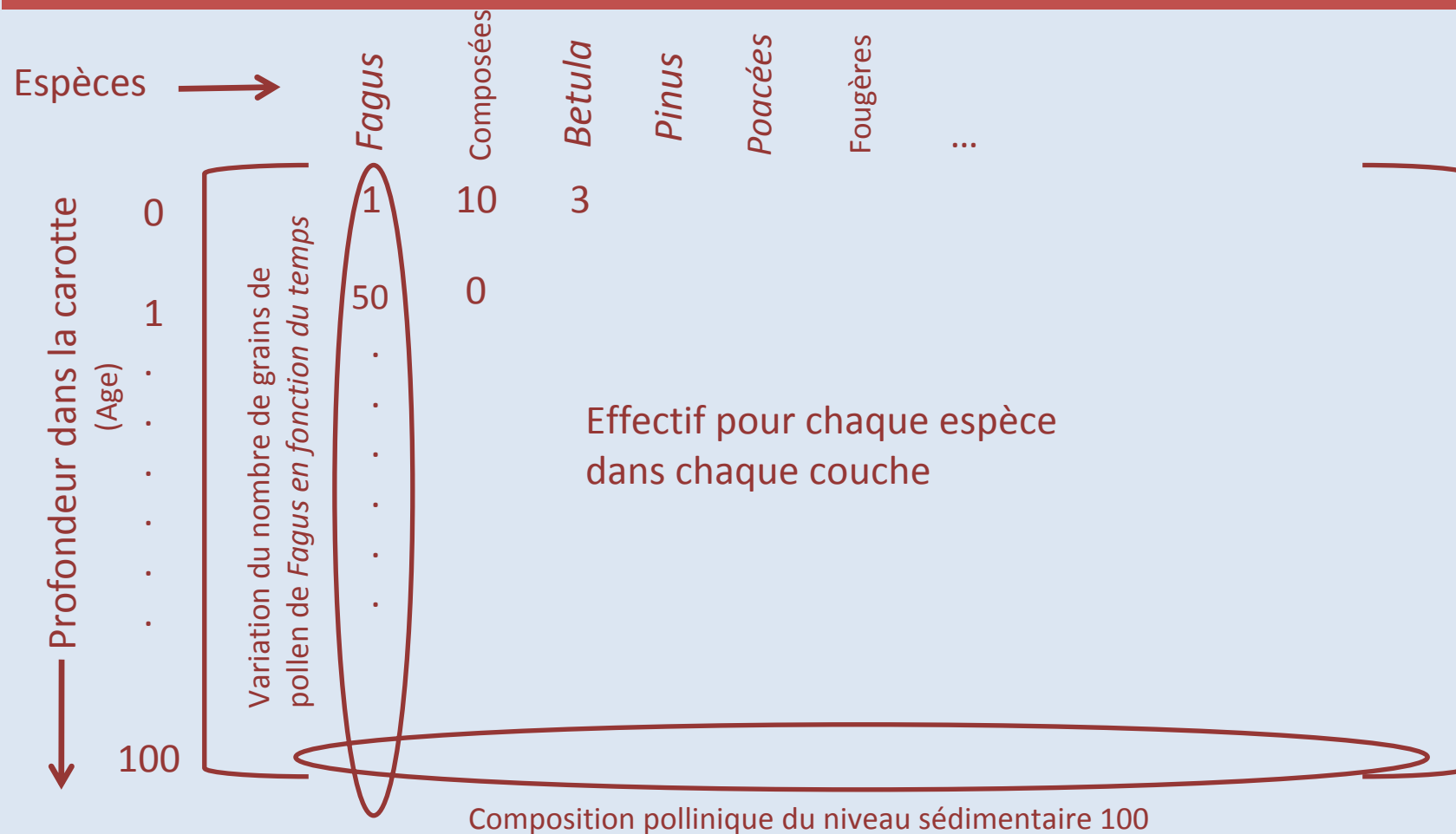


## B.1. Détermination et dénombrement des espèces de pollen dans les différentes couches d'un sédiment



| Taxons  | Nombre de grains de pollen compté | Pourcentages |
|---|-----------------------------------|--------------|
| <i>Pinus</i> (pin)                              | 1                                 | 0,43         |
| <i>Alnus</i> (aulne)                            | 2                                 | 0,86         |
| <i>Betula</i> (bouleau)                         | 4                                 | 1,72         |
| <i>Corylus</i> (noisetier)                      | 5                                 | 2,15         |
| <i>Tilia</i> (tilleul)                          | 2                                 | 0,86         |
| <i>Hedera</i> (lierre)                          | 1                                 | 0,43         |
| <b>AP (total pollen d'arbre)</b>                | <b>15</b>                         | <b>6,43</b>  |
| <b>NAP (total pollen d'herbacées)</b>           | <b>218</b>                        | <b>93,56</b> |
| Poaceae (graminées)                             | 15                                | 6,44         |
| <i>Cerealia</i>                                 | 5                                 | 2,15         |
| Composées                                       | 181                               | 77,68        |
| <b>Cichorieae</b>                               | <b>180</b>                        | <b>77,25</b> |
| Anthemideae                                     | 1                                 | 0,43         |
| Chenopodiaceae                                  | 6                                 | 2,58         |
| Brassicaceae                                    | 4                                 | 1,72         |
| Fabaceae  | 1                                 | 0,43         |
| Apiaceae  | 1                                 | 0,43         |
| Plantes d'eau ( <i>Potamo</i> et <i>Typha</i> ) | 5                                 | 2,15         |
| Fougères  | 31                                | 11,74        |
| Monolètes                                       | 27                                | 10,23        |
| Trilètes  | 4                                 | 1,51         |
| <b>Total pollen</b>                             | <b>264</b>                        |              |

## B.2. Traitement statistique des données

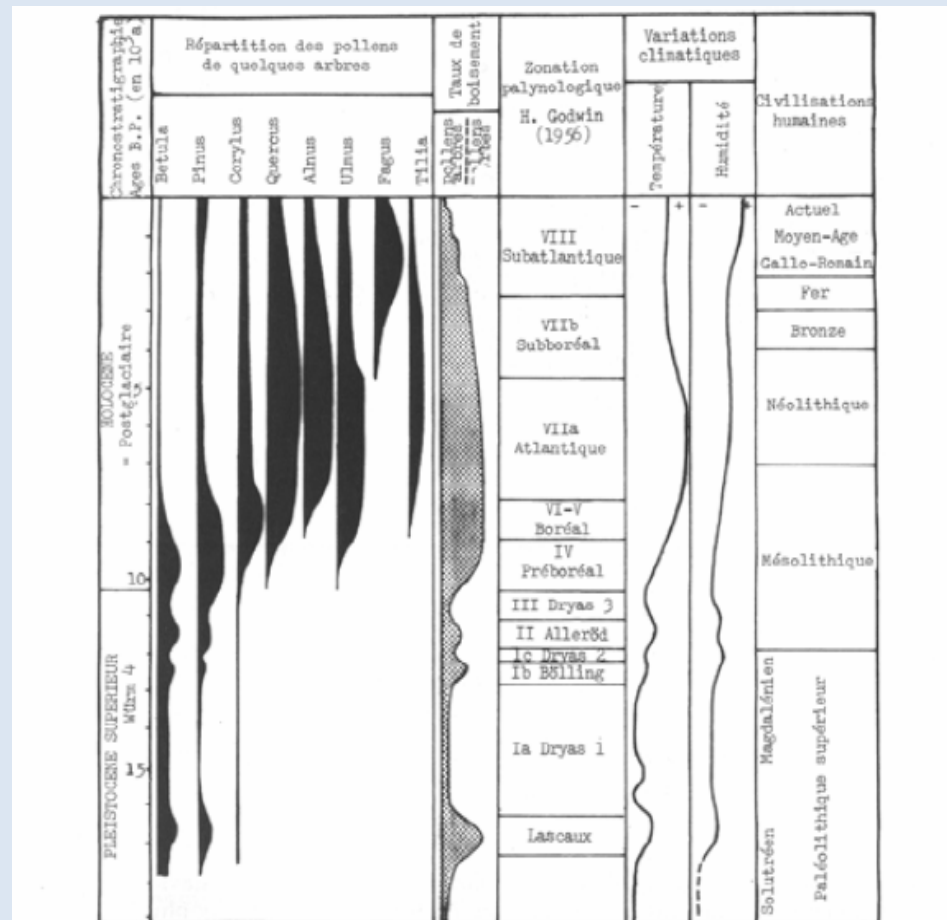


L'analyse définit des assemblages constitués d'un ensemble d'espèces qui ont le même comportement vis à vis des variations de la température et/ou des précipitations.

Traitement statistique

⇒ **f(Abondance des différentes espèces)=g(Température, précipitations)**

## B.3. Exemple de diagramme pollinique



**Figure 15.10** – Évolution de la végétation dans le NW de la France au cours des derniers 20000 ans. Le climat très froid au Würm entraîne des paysages de toundra sans arbres, ou de taïga à pins et bouleaux rabougris. À partir du Postglaciaire, le réchauffement et l'augmentation des précipitations permettent l'installation de forêts de pins, puis celle d'une chênaie mixte, enfin d'une hêtraie. Le défrichement, estimé à l'aide du taux de boisement (= pollens d'arbres/pollens d'herbes), s'amorce au Néolithique pour s'accélérer depuis l'époque romaine. En grande partie d'après des données d'H. Eihai (1963)

Même chose avec les foraminifères: permet d'estimer les paléotempératures à 1°C près



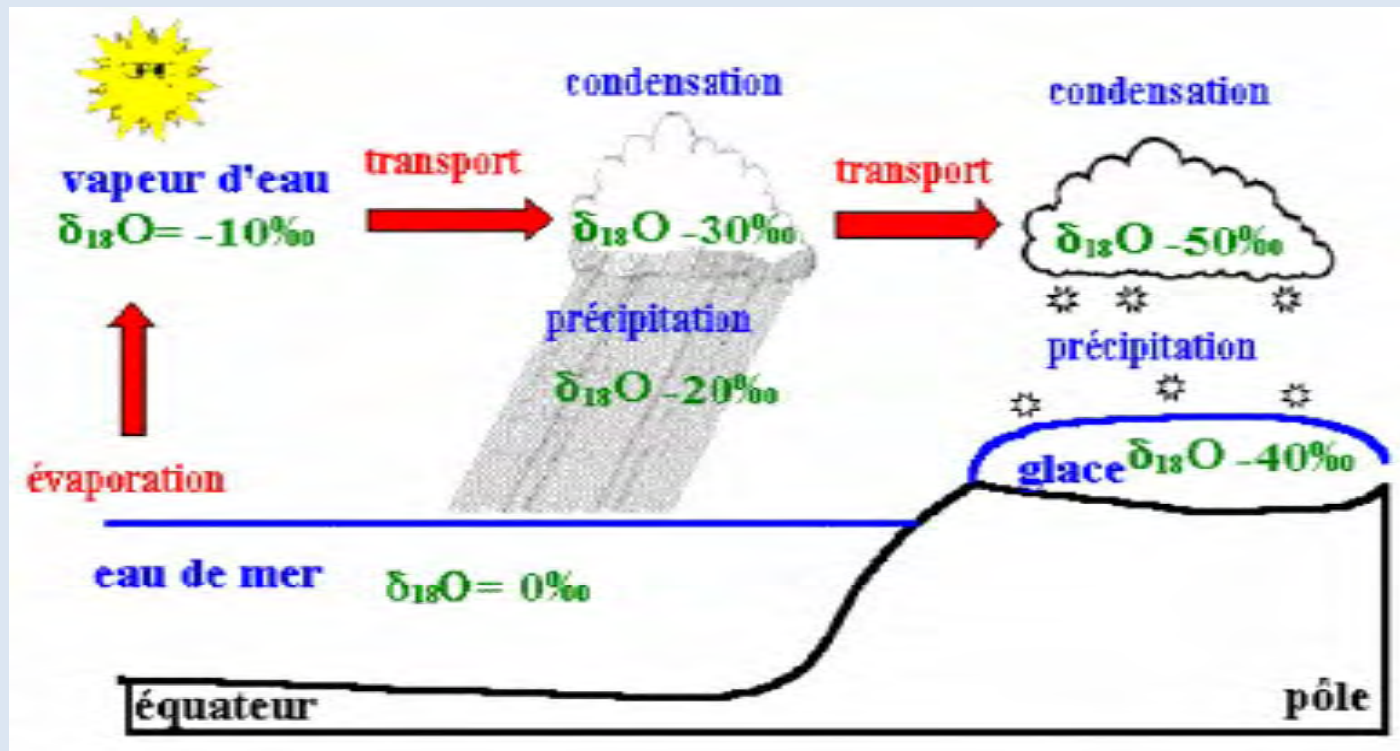
## C. Utilisation de la composition isotopique du test des foraminifères

- > Composition isotopique en oxygène des tests de foraminifères  
2 isotopes stables pour l'oxygène:  $^{18}\text{O}$  (lourd) et  $^{16}\text{O}$  (léger)

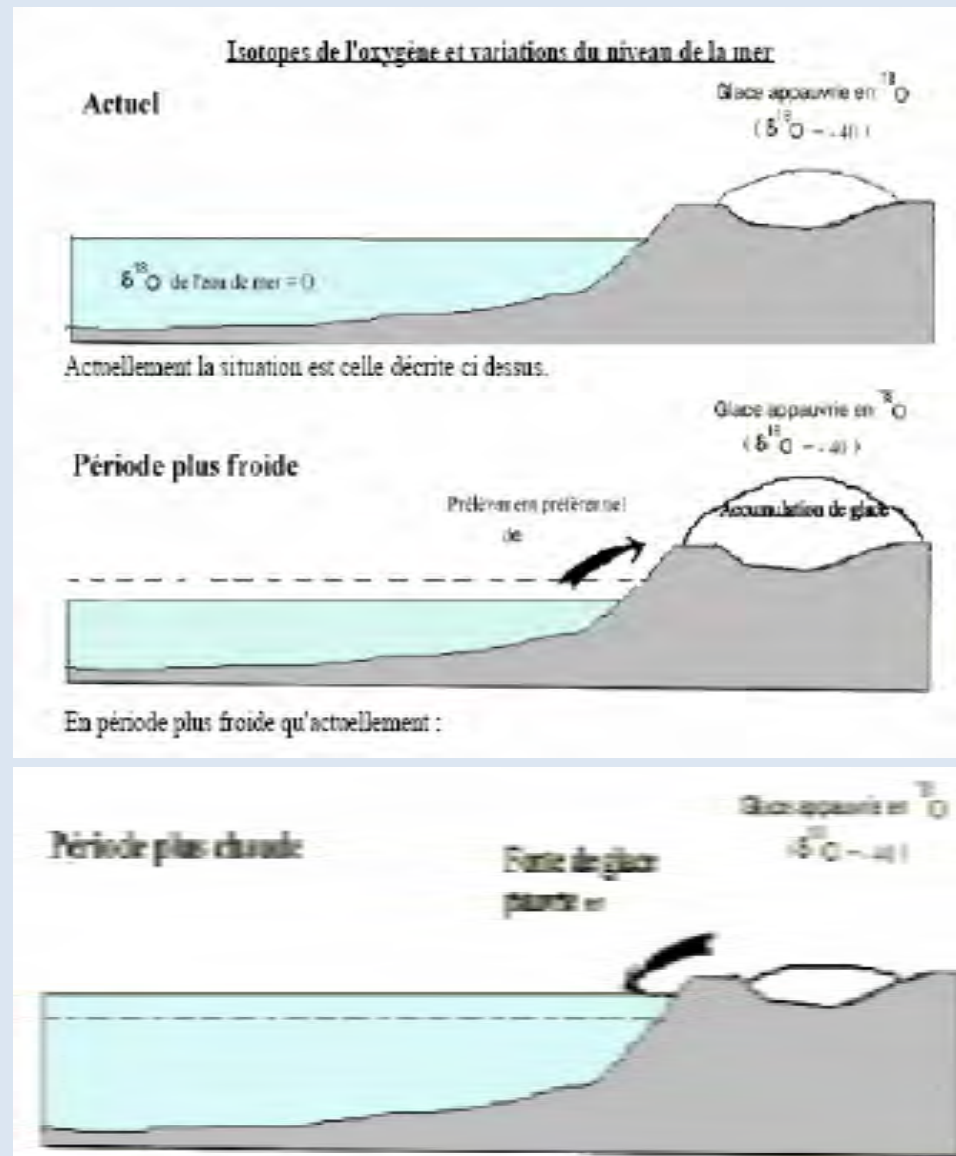
Le  $\delta^{18}\text{O}$  est défini ainsi:

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \frac{[ (\{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\}_{\text{échantillon}} - \{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\}_{\text{standard PDB}}) ] \times 1000}{\{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\}_{\text{standard PDB}}}$$

Plus il est négatif, plus l'échantillon est riche en  $^{18}\text{O}$  relativement à l' $^{16}\text{O}$



# Variations du niveau de la mer et variations de la composition isotopique de l'eau de mer



Relation fondamentale entre le  $\delta^{18}\text{O}$  du test des foraminifères, le  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau environnante et la température

$$T^{\circ} = 16,9 - 4,4 (\delta^{18}\text{O}_{\text{foraminifères}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{eau}})$$

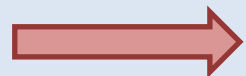
**Problème:** on a 2 variables :  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  et T

**Hypothèse:** la température du fond ne change pas au cours du temps ( $\approx 4^{\circ}\text{C}$ )

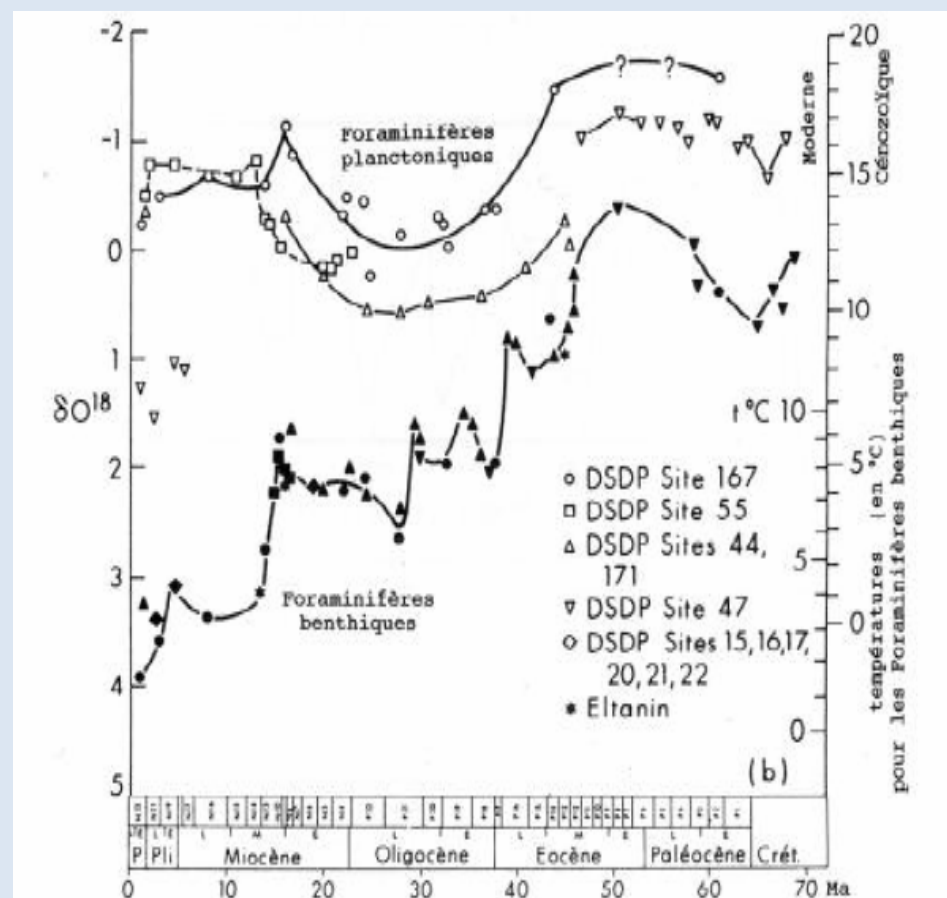
Par conséquent:

Les **foraminifères benthiques** donnent le  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau (signal global de changement du **volume des glaces**, et donc du niveau marin).

Connaissant le  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ , on a accès avec les **foraminifères planctoniques** aux **températures de surface des océans**.



il faut séparer les foraminifères benthiques des foraminifères pélagiques puis mesurer le  $\delta^{18}\text{O}$  sur chacune des fractions



**Figure 15.14** – Évolution de la composition isotopique de l'oxygène des tests de Foraminifères benthiques et planctoniques. Ces tests proviennent de plusieurs séries sédimentaires continues, aux basses latitudes, fournies par des sondages DSDP effectués dans le Pacifique nord. Quelques points proviennent de sites de l'Atlantique Sud et du Sud Pacifique.

Les échelles des températures « Actuel » et « Cénozoïque » sont calculées avec des eaux ambiantes dont les  $\delta^{18}\text{O}$  sont respectivement égaux à - 0,08 et -1,00.

Les températures des biotopes superficiels à Foraminifères planctoniques sont au cours du Paléocène-Éocène supérieures de 5°C environ à celles des biotopes profonds à Foraminifères benthiques.

Tout au long des temps cénozoïques, les températures diminuent, et spécialement celles des biotopes profonds dont la décroissance s'accélère vers la limite éocène-oligocène. Ce moment où les courbes benthique et planctonique divergent fixe le début du refroidissement accéléré des eaux profondes, et donc l'installation de la psychrosphère et des premières calottes glaciaires.

Selon S. M. Savin (1977) in *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 5, p. 333, fig. 3b.

Reproduit avec la permission d'Annual Review of Earth and Planetary Sciences.

## D. Quelques autres exemples de reconstitution paléo-environnementales

- **Salinité : ostracodes** (p 200 du Bignot).

Les **paléosalinités** peuvent être déduites de la présence d'évaporites, des teneurs en certains éléments-traces (Ba, Sr) ; cependant, les indications les plus fines sont fournies par les êtres vivants : organismes sténohalins /euryhalins. Les ostracodes sont de précieux indicateurs.

- **Niveaux marins, Paléoplages: coraux.**

En admettant que les coraux vivent juste sous la surface de la mer, on peut retracer les variations liées à la surrection du continent et/ou la variation du niveau de la mer (eustatisme). Ex: On retrouve à la Barbade des coraux fossiles vieux de 125 000 ans situés à 40 m au dessus du niveau de la mer.

Les tranches d'eau faibles ou proches de l'exondation sont aussi reconnaissables aux rides d'oscillation, aux pistes de locomotion laissées par des animaux tels que des reptiles ou des oiseaux venant de la terre (paléo-plages).

- **Direction et sens des paléocourants - Orientation des coquilles**

(p 117,118,119 du Babin)



Fig. 3-45. Orientation paléocourant des Bâtes (Babin) de coquilles de bivalvifères orientées dans la direction de la mer (Babin, 1973).

- **Energie du milieu (vagues, courants).**

Les coquilles sont plus ou moins désarticulées, cassées selon l'hydrodynamisme. L'action des vagues et des courants entretient l'agitation des eaux, ce qui assure le renouvellement des nutriments, favorise l'établissement d'animaux suspensivores ; les exosquelettes, les coraux par exemple, seront massifs pour offrir moins de prise aux vagues. Inversement, une eau calme favorise la décantation de la matière organique collectée par les organismes détritivores et limivores.

- **Ecologique-évolutif : Paléorégimes alimentaires (dents des vertébrés ...).**

# III. Limites de l'utilisation des fossiles pour la reconstitution des paléo-environnements

## A. Problèmes liés à la Taphonomie

Transport post-mortem des coquilles à travers le talus ⇒ fossiles des eaux peu profondes présents dans des sédiments profonds.

Diagenèse: s'il y a dissolution et précipitation sélective des coquilles carbonatées (cf. TD2). De plus, le système se rééquilibre isotopiquement avec les fluides diagénétiques ⇒ perte d'information sur la température d'origine.

La dissolution des carbonates étant une fonction croissante de la pression, les tests calcaires sont entièrement dissous sous une profondeur appelée profondeur de compensation des carbonates (CCD), il ne reste que des tests siliceux ce qui limite l'utilisation des foraminifères. Dans la partie équatoriale de l'océan Pacifique, la CCD se situe vers 5000 m de profondeur.

## B. Problèmes liés à l'actualisme

Théorie simple et efficace mais il y a évolution des êtres vivants qui peuvent s'adapter au cours du temps à de nouvelles conditions...

| Organismes                   | Milieus de vie fossiles                          | Milieus de vie actuels           |
|------------------------------|--|----------------------------------|
| Crinoïdes (échinodermes)     | Côtiers (Mésozoïque, Cénozoïque)                 | Abyssaux                         |
| Globigérines (foraminifères) | Faible profondeur, plateau continental (Crétacé) | Grande profondeur                |
| Trigonia (lamellibranches)   | Mers chaudes (Mésozoïque)                        | Mers chaudes ou climats tempérés |

Autre exemple: **effet "vital" pour le  $\delta^{18}\text{O}$**  = variation du fractionnement isotopique en fonction de l'espèce analysée et de la taille de l'individu.

🔍 Comment alors connaître le fractionnement induit par des espèces disparues?

# Conclusions

Définition, caractéristiques et exemples de fossiles de faciès

Comment reconstituer des paléo-environnements à l'aide des fossiles: T, salinité, profondeur, précipitations

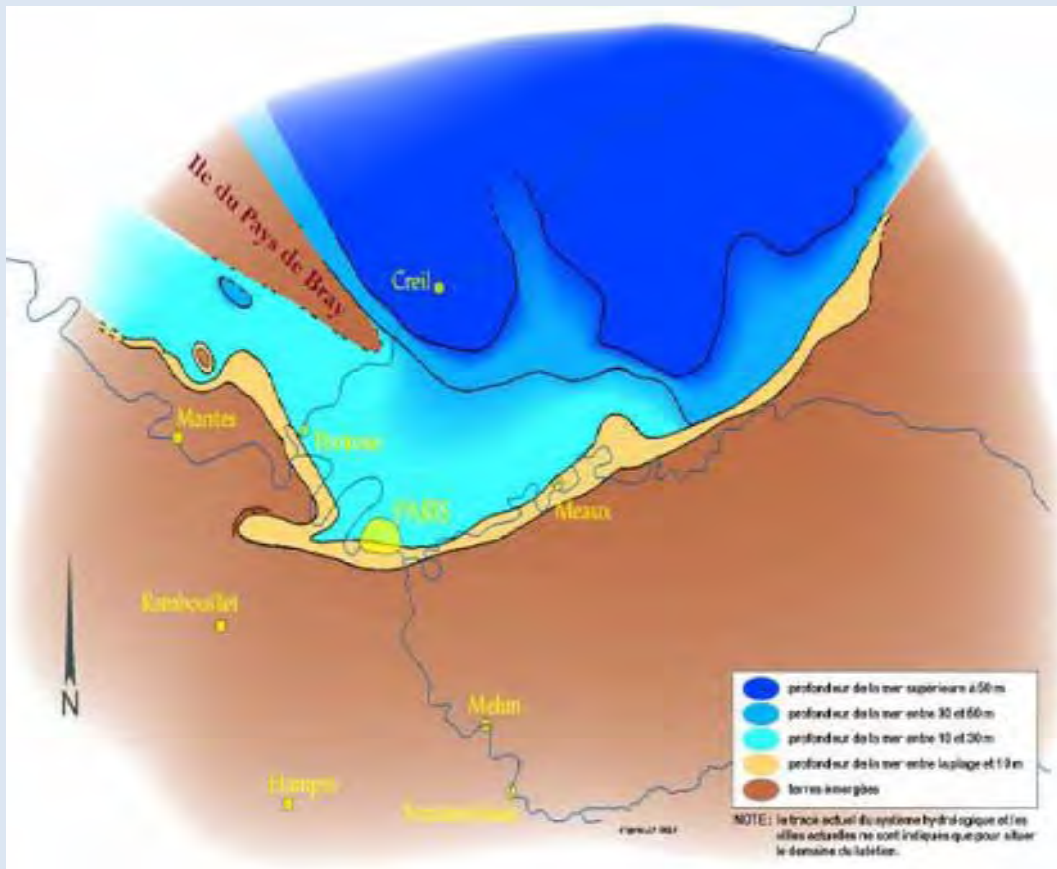
Tous les fossiles ne sont pas caractéristiques d'un milieu donné, certain ont un large spectre écologique

De plus après avoir reconstitué les conditions d'un paléoenvironnement, il faut encore le dater

Dans les cours suivants: utilisation des fossiles stratigraphiques pour la datation des couches sédimentaires...



# Variations du niveau de la mer au cours des temps géologiques



Etendue de la mer sur le Bassin Parisien au Lutétien inférieur

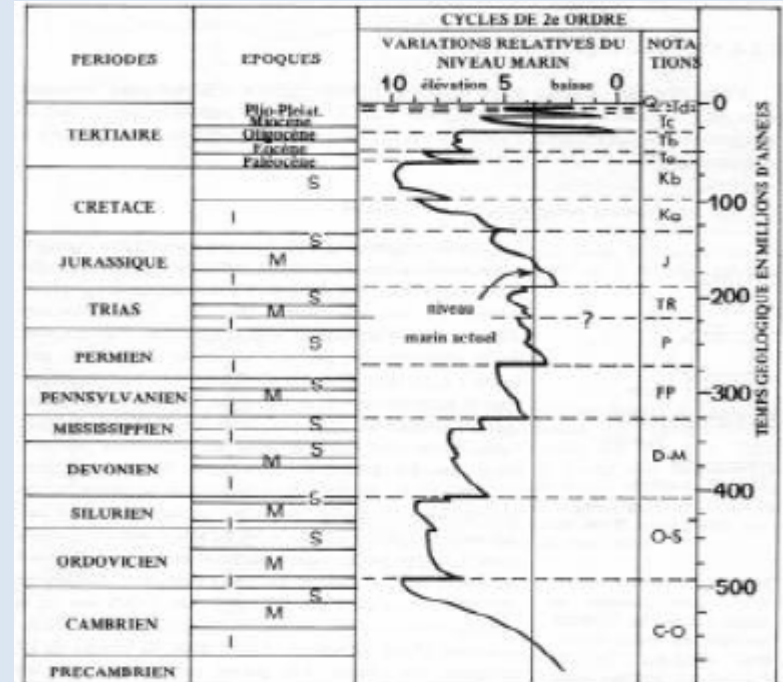


Fig. 30 - Cycles majeurs des variations globales du niveau marin d'après P.R. Vail (1977).

Cycles sédimentaires dans le Bassin Parisien (transgression/régression)

Comment reconstitue t-on ces variations?

## Autre exemple de faciès: la pierre à liards

Lutétien du bassin Parisien: dépôt marin peu profond, mer chaude



La roche est constituée de *Nummulites laevigatus*, grand foraminifère benthique.  
Echelle = 2 cm

