

COURS DE PALEONTOLOGIE 2020

descriptif du Module:
Paléontologie (M23)

Première partie :

Pr. Hamid AMHOUD

7.5 heures de cours

Deuxième partie:

Pr. Brahim OUCHAOU

7.5 heures de cours

+

9 séances de TP (3hX9)

+

Sortie sur terrain d'une journée

Modalités d'évaluation

Pour chaque partie du module, l'évaluation des connaissances des étudiants se déroulera comme suite:

- * évaluation au niveau des séances des TP, et se fera à travers:
 - des interrogations écrites et des comptes rendus de chaque séance ;
 - un examen final qui tient compte de l'ensemble des séances.
- * évaluation sur le terrain estimée à travers un rapport de sortie (binôme);
- * évaluation relative à l'examen écrit final.

La note du module étant la somme de:

note des TP: 60%.
note théorique: 40%.

Filière des
Sciences de la Terre et de l'Univers
cours de
PALEONTOLOGIE
Semestre 4

Dans ce cours:

- Après un bref historique de la Paléontologie (chap. 1), seront développés trois axes organisés en six chapitres :
- Axe 1 : de la biosphère à la lithosphère (chap. 2 et 3);
- Axe 2 : histoire de la vie sur Terre (chap. 4 et 5);
- Axe 3 : introduction à la Paléontologie évolutive (chap. 6 et 7)

Généralités

Paléontologie : du latin *palaios* : ancien ;
ontos : être ;
logos : étude.

Ce terme fut inventé (De Blainville, 1822) pour désigner la branche des sciences naturelles qui étudie les restes d'organismes ayant vécu autrefois à la surface de la terre ou fossiles.

Fossiles : du latin *fossilis* : extrait de la terre.

Sont les restes d'anciens organismes entiers ou fragmentaires et/ou aussi toutes les traces de leurs activités ayant été conservées dans les sédiments et/ou roches anciennes.

Historique général de la paléontologie

Dans la préhistoire:

- les fossiles sont utilisés comme des éléments de parures;
- certains les considèrent comme des objets aux propriétés magiques;

Ensuite:

- au 6^{ème} siècle avant J-C. De Colophon et plus tard Hérodote expliquaient la présence de coquilles au milieu des terres par un recouvrement de la mer ;
- les Gréco-romains ne les reconnurent même pas comme des restes d'organismes éteints mais plutôt comme de simples objets façonnés par la nature ;
- B. Palissy (1510-1590), avait le mérite de remarquer que quelques groupes anciens n'ont plus d'équivalents actuels et a introduit la notion de **formes disparues** ou « **genres perdus** ». A la même époque, A. Cesalpino verra aussi dans les fossiles des preuves des déplacements des mers alors que J. Goropius et M. Mercati resteront partisans d'une naissance *in situ* des fossiles;
- en 1546, Agricola crée le mot fossile sans résoudre l'origine de telles « pierres » ;
- dès 1688, R. Hooke observe au microscope des Foraminifères, puis l'anatomie de bois silicifié et ensuite interprète correctement les lignes de sutures des ammonites ;
- au milieu du 18^{ème} siècle, C. V. Linné établit les règles de la **nomenclature binominale** qui sera adoptée par la Paléontologie et favorisera l'établissement de catalogues pour les collections des fossiles.

- La Paléontologie prend son essor au 19^{ème} siècle, avec l'apparition et le développement de la **Paléontologie des Vertébrés**, notamment les travaux de G. Cuvier (1769-1832).
- La notion de l'évolution du monde vivant, particulièrement les travaux de Buffon (1707-1788) et ses successeurs J.B. Lamarck (1744-1829) et Ch. Darwin (1809-1882), a suscité un grand débat et a ainsi joué un rôle important dans le développement de la Paléontologie.

Simultanément, la Paléontologie stratigraphique ou **Biostratigraphie** va affiner les échelles biochronologiques tandis que l'amélioration des techniques optiques et la confrontation des données des fossiles avec celles plus modernes de la Biologie et de la Géologie, induisent l'apparition et le développement de nouvelles disciplines telles : la **Micropaléontologie**, la **Paléontologie quantitative**, la **Paléoécologie**, la **Paléobiogéographie**,...

Ainsi la Paléontologie apparaît, aujourd'hui, comme une Science à la fois autonome et multidisciplinaire, et non plus comme on la considérait avant en tant que Science auxiliaire de la Géologie.

- A ses débuts, la Paléontologie se limitait à la description des fossiles (**Paléontologie descriptive**) sans se préoccuper de l'intérêt de ses fossiles. Mais actuellement, la Paléontologie se propose de déterminer ces fossiles afin de les ranger dans des groupes ayant en commun des similitudes : c'est la **Taxinomie** ou la **Systématique**. Puis ses anciens organismes ainsi identifiés sont situés à leur place dans l'échelle **chronostratigraphique** afin de servir comme témoins potentiels dans des **corrélations stratigraphiques** locales ou régionales.
- La Paléontologie apporte aussi de précieux renseignements sur les anciens milieux de vie (**paléomilieux** ou **paléobiotopes**) et modes de vie. Ceci, soit en se basant sur le principe de l'actualisme lorsque ces fossiles ont des représentants dans la nature actuelle ou par analogie lorsqu'ils n'ont que des structures analogues avec des groupes actuels ou même proposer des modes de vie pour des groupes qui n'ont pas d'équivalents actuels : c'est la **Paléoécologie**.

Qu'est-ce qu'un fossile ?

Les fossiles sont:

- des traces indirectes: empreintes, moulages, pistes, ...
- ou des restes directs d'anciens êtres vivants (ossements, coquilles, bois fossilisé, ...), animaux ou végétaux, conservés dans de la roche.

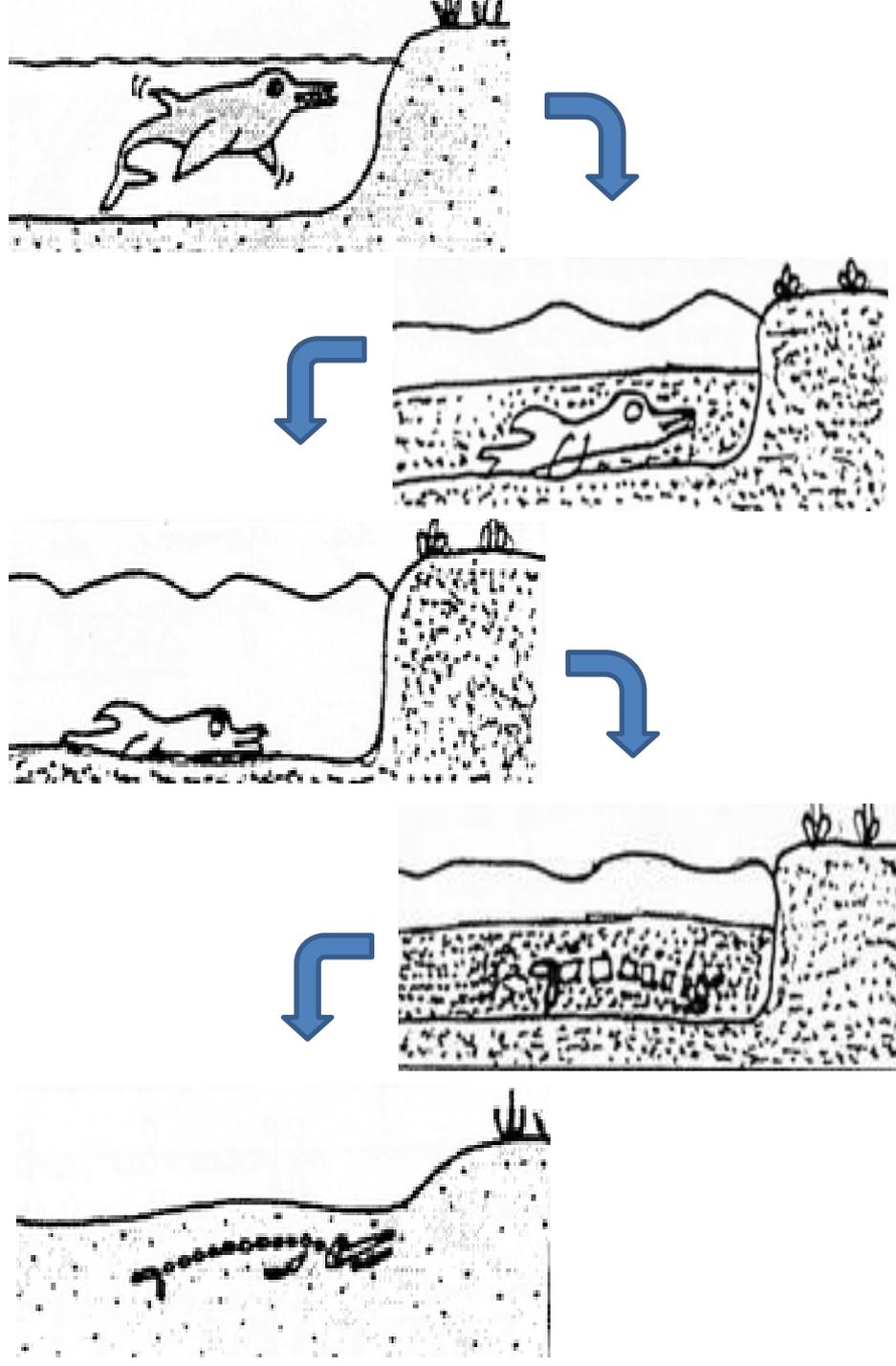


La fossilisation, est l'ensemble des phénomènes successifs qui permettent la formation des fossiles. La fossilisation se divise en plusieurs étapes.

Par exemple, pour un animal qui a vécu dans lieu donné à une époque déterminée :

- l'animal meurt ;
- souvent l'animal tombe au fond d'un océan, d'un lac, ...;
- les parties molles (peau, chair...) se décomposent ;
- pendant un long moment, de nombreuses particules que l'on appelle des sédiments, se déposent sur les restes de l'animal ;
- après des milliers d'années, les sédiments se transforment en pierre ainsi que les restes de l'animal.

.....le fossile est alors formé.



Types et intérêts des fossiles

Fossiles de faciès

Ils sont caractéristiques d'un environnement particulier et permettent donc de reconstituer les **milieux écologiques anciens**.

Encore appelés fossiles **indicateurs de faciès**.

Intérêt paléoécologique

Fossiles stratigraphiques

Un fossile stratigraphique est un fossile caractéristique d'une époque géologique délimitée dans le **temps**.

En stratigraphie, il permet de **dater** les couches dans lesquelles il se trouve.

Intérêt biostratigraphique

1. Fossiles de faciès ou indicateurs de milieux

Ils sont caractéristiques d'un environnement particulier et permettent donc de reconstituer les milieux écologiques anciens.

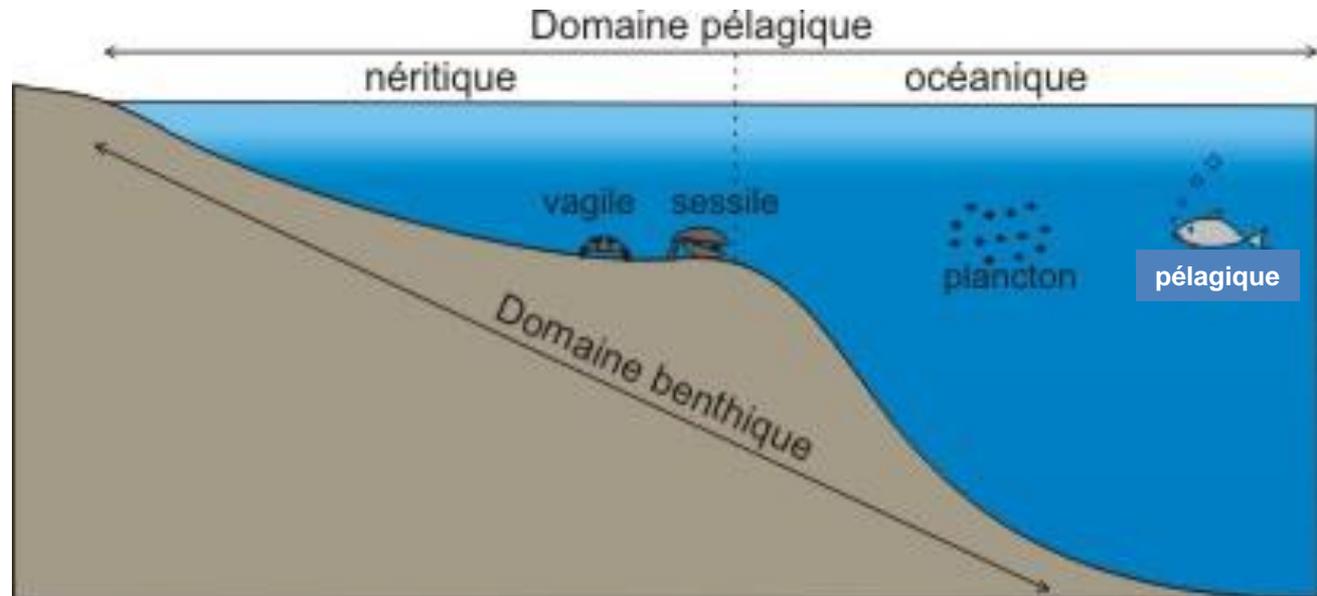
Les fossiles de faciès sont des espèces fossiles limitées à certains types de sédiments (faciès) et pouvant donner des indications relatives à la genèse du dépôt.

Leur distribution locale est étroitement liée aux conditions physiques, chimiques et biologiques de l'environnement.

Par comparaison avec les formes actuelles (principe de l'actualisme), ces fossiles nous renseignent, par exemple, sur la profondeur, sur la nature du substrat, sur le chimisme, ... du milieu dans lequel ils vivaient.

Les fossiles de faciès sont caractéristiques de milieux écologiques bien particuliers, on peut donc identifier différents types d'habitats :

- **pélagiques** : qui vivent en eau libre;
- **planctoniques** : qui flottent et sont déplacés par les courants;
- **benthiques** : qui vivent en dépendance du fond marin ;
- **benthiques vagiles** : libres de se déplacer ;
- **benthiques sessiles** : fixés au substrat.

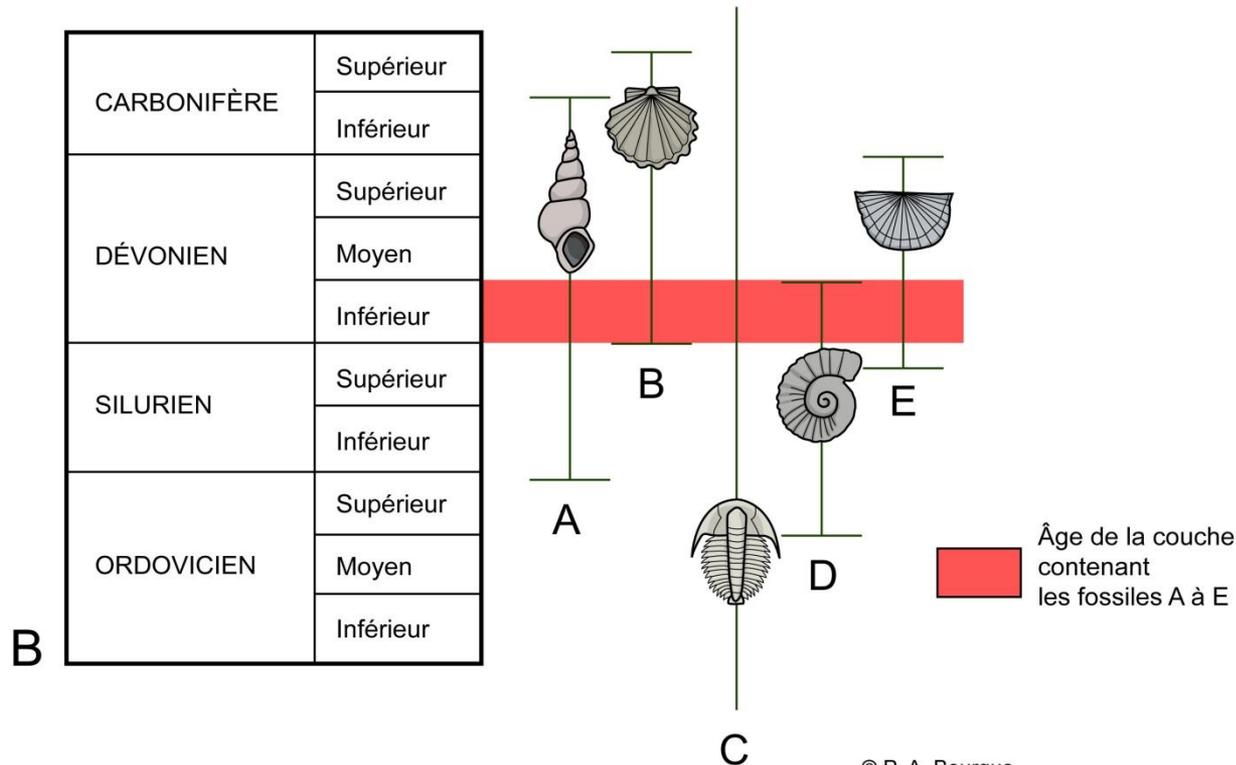


2. Fossiles stratigraphiques

C'est un fossile caractéristique d'une époque géologique délimitée dans le temps. En stratigraphie, il permet de dater les couches dans lesquelles il se trouve.

Pour être qualifiée de fossile stratigraphique, une espèce doit :

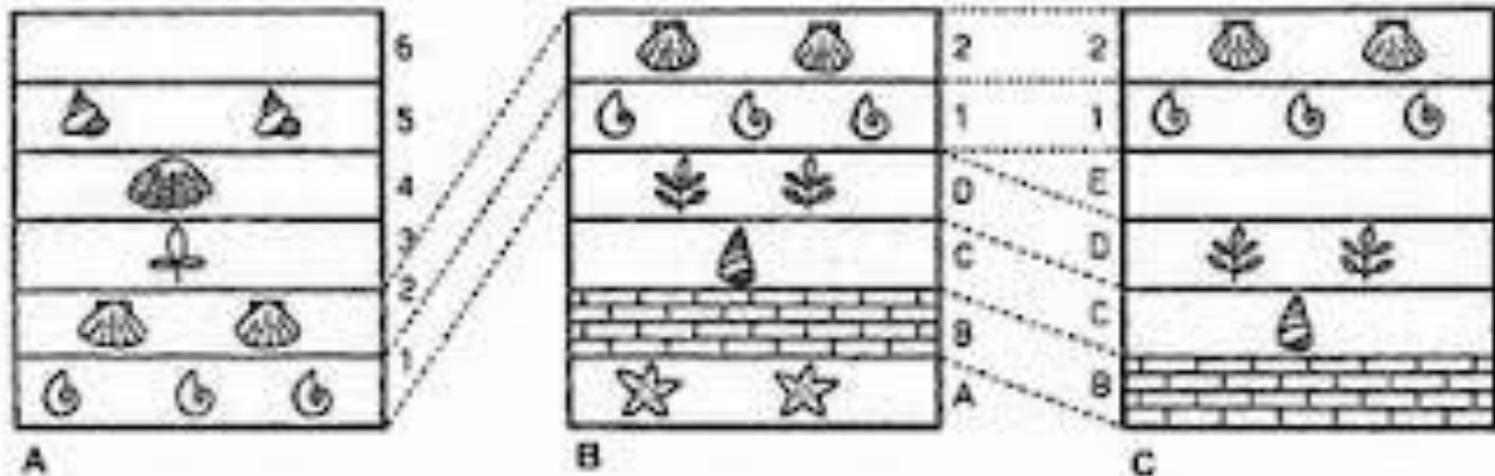
- avoir une grande extension géographique, ce qui permet d'établir des corrélations à plusieurs endroits éloignés du globe ;
- avoir existé pendant une courte durée à l'échelle des temps géologiques ;
- avoir été abondante (une condition nécessaire pour qu'on en retrouve suffisamment à l'état fossile).



Autrement dit une espèce animale (en général) ou végétale (rarement) est un bon fossile stratigraphique si:

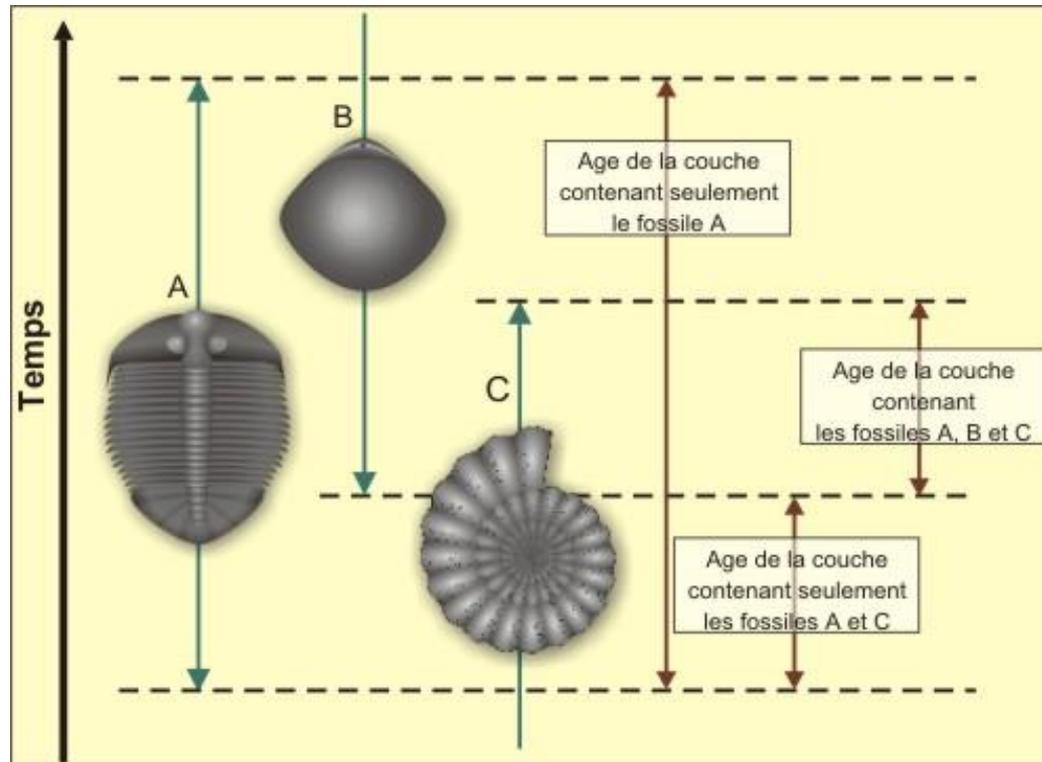
- elle est ubiquiste càd peut vivre dans différents environnements;
- possède une évolution rapide;
- et d'assez petite taille pour bien se conserver et être ainsi identifiable.

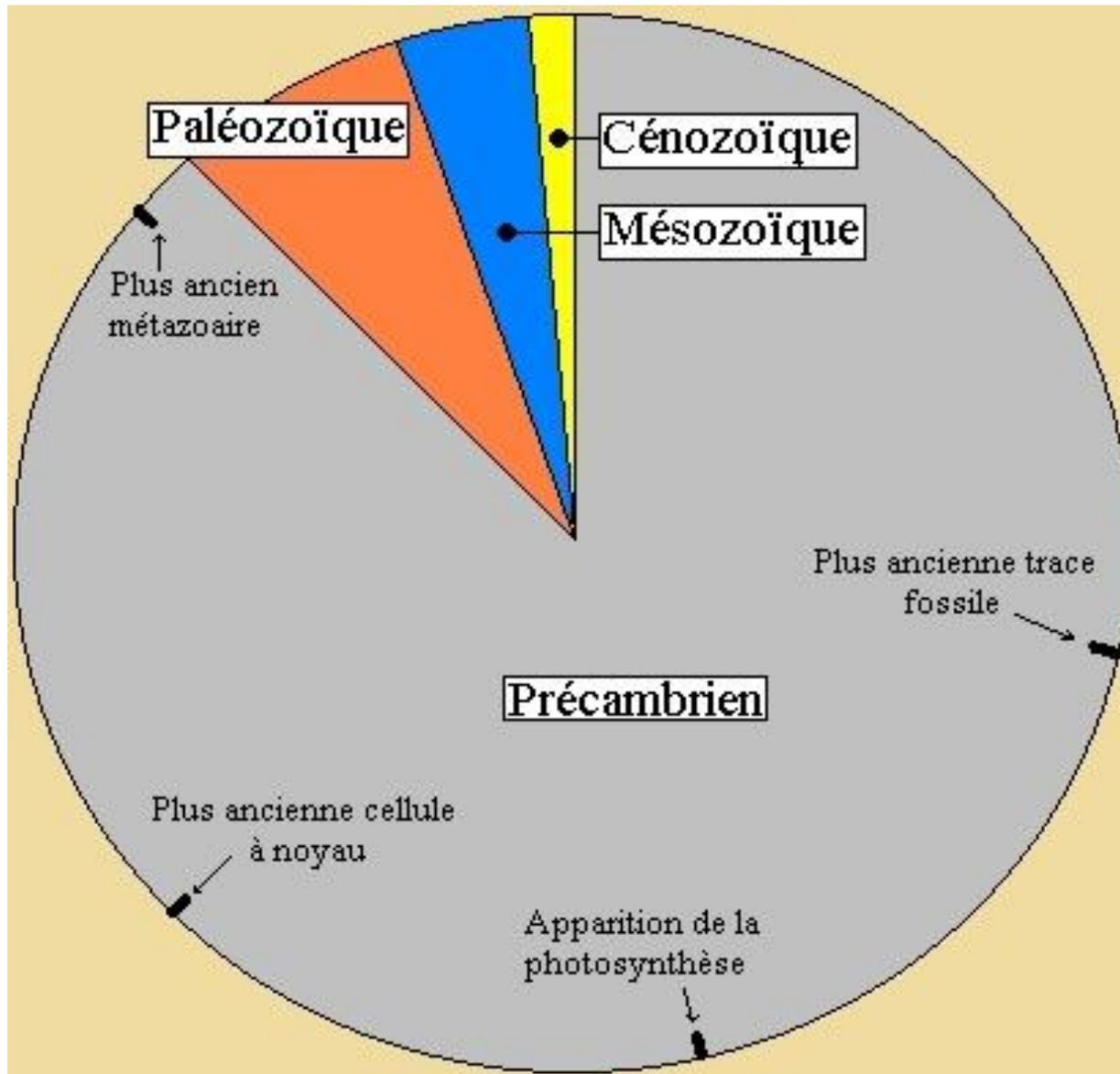
Les fossiles ne présentant pas ces caractères sont dits panchroniques et n'interviennent généralement pas en biostratigraphie.



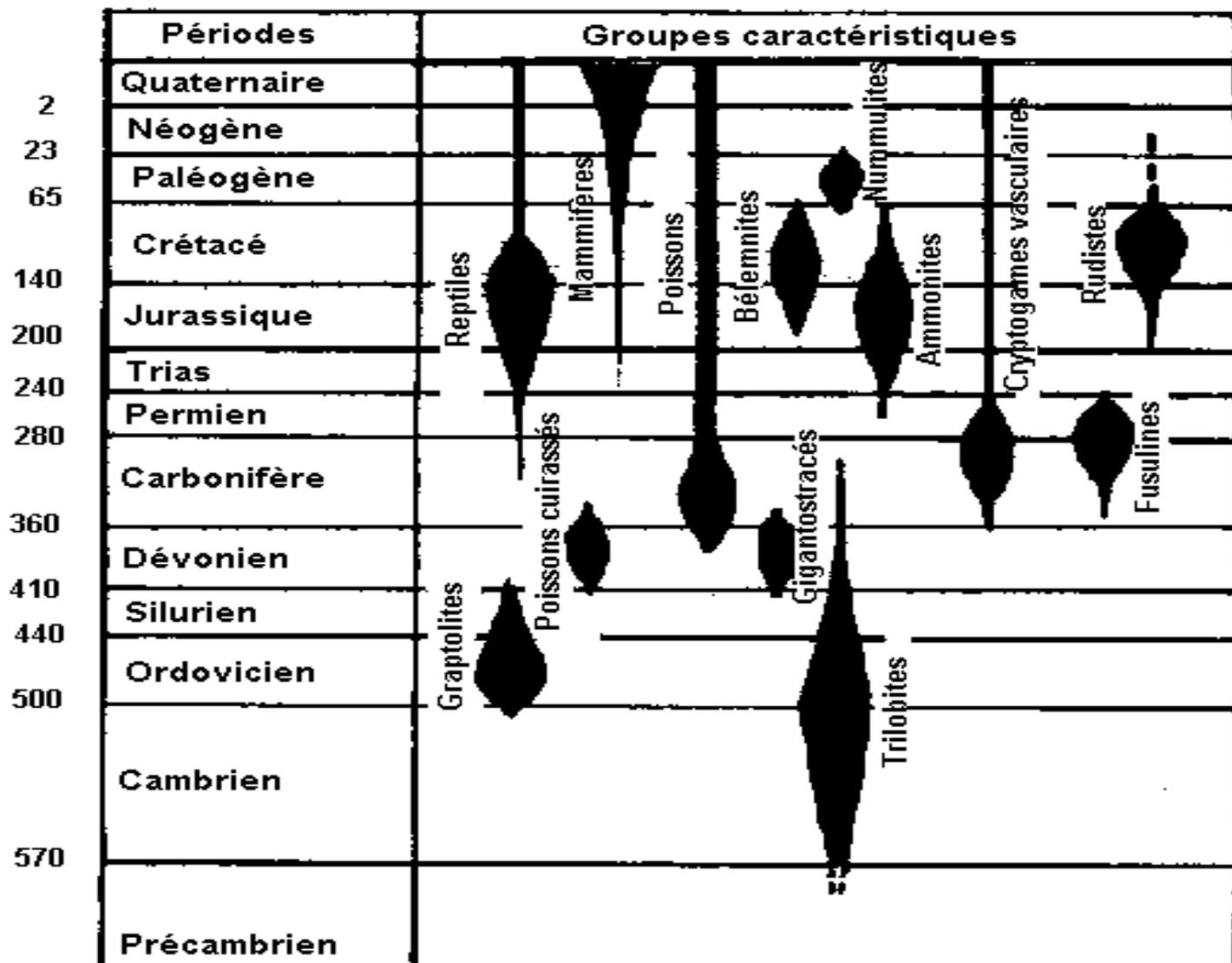
Dans tout empilement de couches de roches sédimentaires, les roches les plus anciennes se trouvent à la base alors que les plus jeunes se trouvent au sommet (principe de superposition). Le raisonnement est identique pour les fossiles.

Les premiers géologues ont ainsi très tôt remarqué que certains fossiles apparaissent systématiquement dans des couches plus anciennes que d'autres fossiles. Ils ont également remarqué qu'ils pouvaient faire les mêmes observations avec certaines familles de fossiles, que l'on retrouve partout sur la terre dans des couches d'âges identiques.

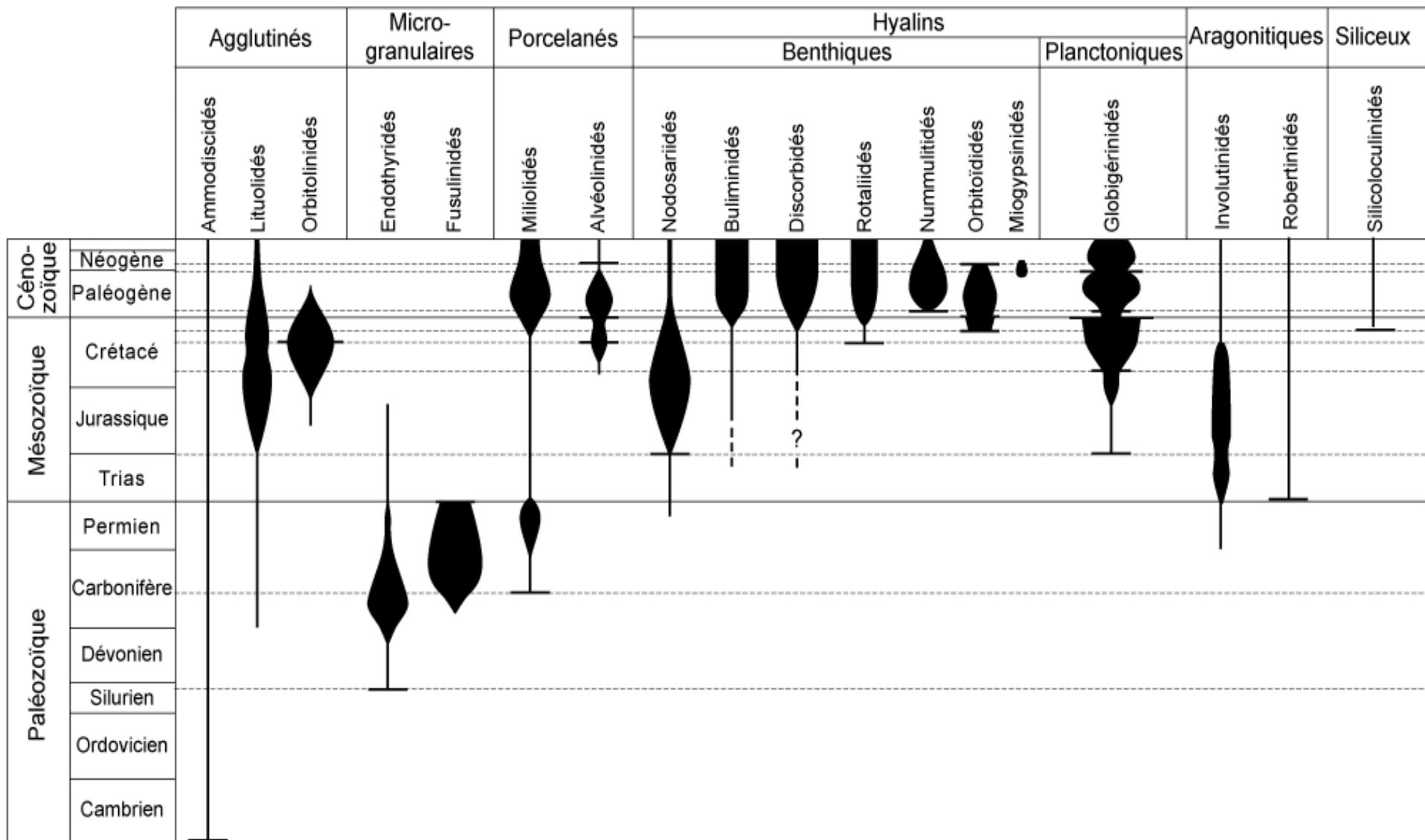




Pourcentage en temps des différents ères des temps géologiques



Différentes périodes géologiques
et extension de quelques groupes de fossiles stratigraphiques



Exemples de répartition stratigraphique des principaux groupes de foraminifères (<http://paleopolis.rediris.es>)

En plus de ceci, les fossiles sont très précieux dans d'autres domaines, comme :

- la **paléogéographie** : discipline qui se base sur la complémentarité de données géographique et paléontologique. Son objectif est la reconstruction (théorique) de la géographie passée de territoires. En effet, à travers les âges géologiques, la disposition des masses continentales et océaniques a changé, entraînant des bouleversements importants dont on peut avoir la trace;
- la **phylogénèse** : dont l'objectif principal est de reconstituer l'histoire de l'évolution des êtres vivants animaux et végétaux qui se sont succédés à la surface de la terre.

Chapitre 3

Notions de taphonomie et de paléoécologie

I. Notion de taphonomie

Objets fossilisables

- conservation complète;
- conservation fragmentaire;
- conservation des seules traces.

Processus de fossilisation

- conditions de fossilisation;
- formation des gisements fossilifères
- aspects chimiques de la fossilisation

II. Notion de Paléoécologie

Caractéristiques paléoécologiques

- caractéristiques physiques;
- caractéristiques chimiques;
- caractéristiques biologiques.

Associations d'organismes fossiles

- Pléobiocénose;
- thanatocénose

I. Notion de taphonomie

La **taphonomie**, du grec :

taphos = enfouissement ;

nomos = lois.

Elle recouvre l'ensemble des transformations qui se déroulent depuis la mort de l'organisme jusqu'à la récolte du fossile.

Les analyses taphonomiques se proposent d'élucider la genèse des archives paléontologiques et des conditions propices de leur constitution.

Dans ce chapitre on s'intéressera respectivement:

(A) **OBJETS FOSSILES;**

(B) **PROCESSUS DE FOSSILISATION.**

A. Objets fossiles

L'aspect des objets fossiles, extrêmement varié, est tributaire de l'évolution des sédiments qui les contiennent et donc de la qualité de la fossilisation.

S'agit en général:

- **des restes d'organismes**, complets ou en général fragmentaires;
- **des empreintes d'organismes**;
- **de simples traces de leurs activités.**

1. Conservation complète : fossilisation, même, des parties molles ou faiblement indurées

La fossilisation de telles parties demeure exceptionnelle et correspond à des conditions très particulières. Les cas les plus cités sont :

- **congélation de Mammouth dans les glaces sibériennes ;**
- **inclusion d'Insectes de l'Oligocène dans l'ambre (: type de résine) ;**
- **conservation dans des silex du Crétacé, de traces de protoplasmes de Protistes.**

- congélation de Mammouth dans les glaces sibériennes ;



Mammoth dans la glace avec son contenu stomacal

- inclusion d'Insectes ou autre petit animal dans l'ambre (: résine) ;



Exemple de conservation d'insecte dans un morceau d'ambre.



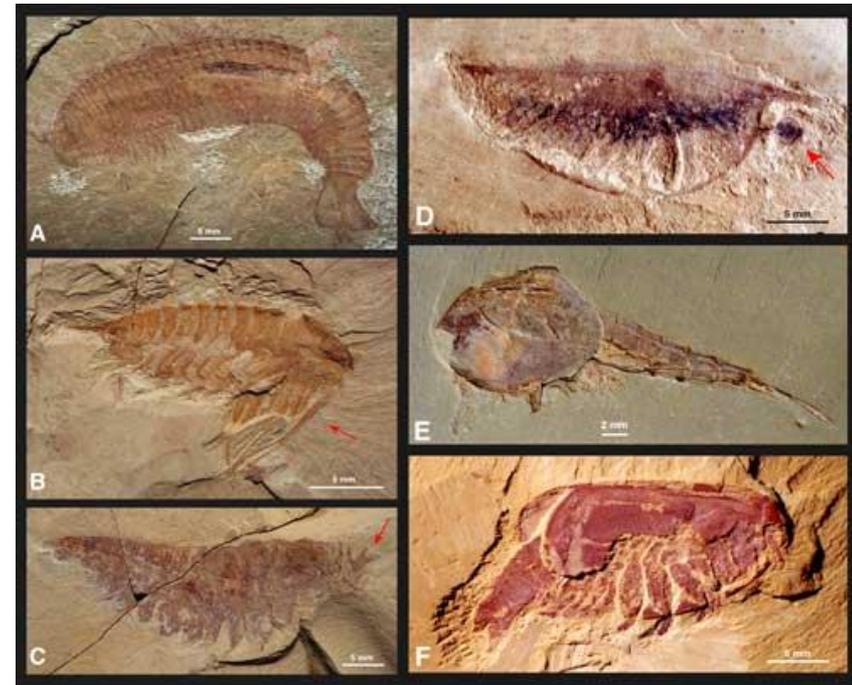
Exemple de conservation : un petit Gecko, inclus dans un morceau d'ambre du Tertiaire.

Dans d'autres circonstances, les parties molles ont été plus ou moins minéralisées (phosphatisation ou pyritisation) ou ont laissé leur empreinte dans le sédiment meuble. Parmi les nombreux exemples, on cite :

- Calcification de polypes ou de petits Anthozoaires au Silurien;**
- Pyritisation des parties molles de Céphalopodes au Dévonien;**
- Phosphatisation d'appendices de larves d'Arthropodes.**



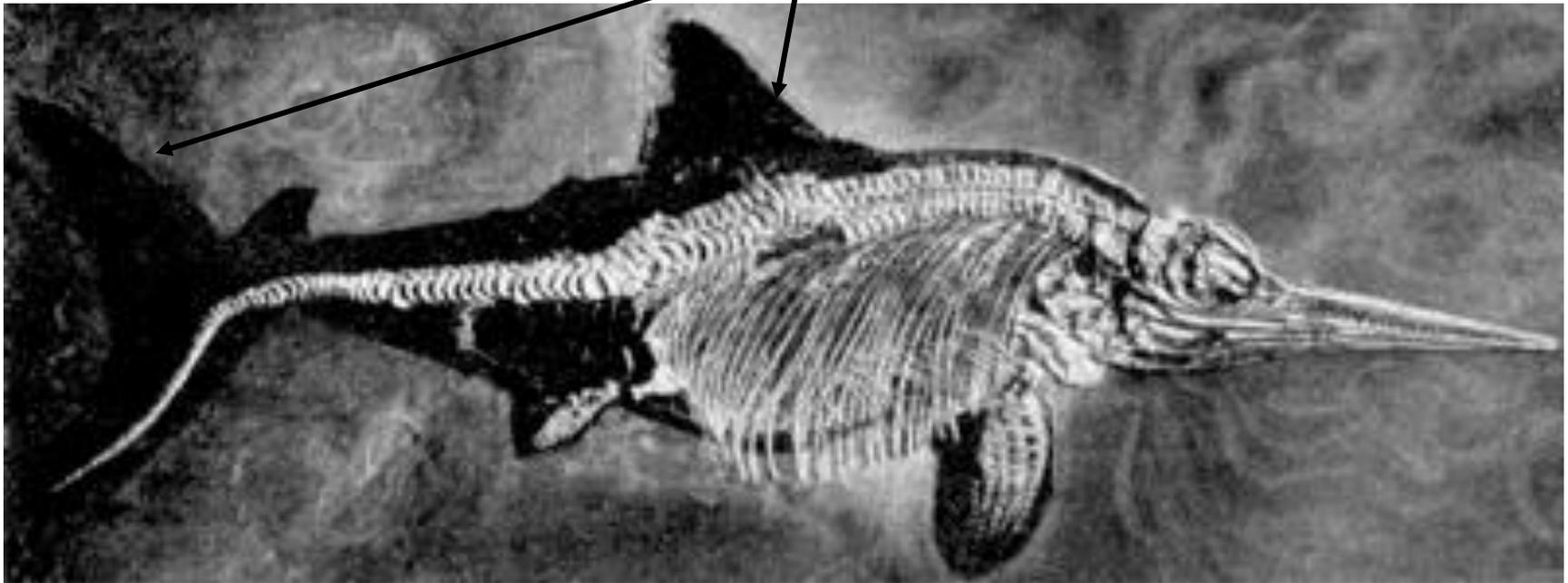
(a)



(b)

Enfin les parties molles peuvent avoir totalement disparu mais après l'impression de leur contour dans des sédiments fins et meubles : cas d'Ichthyosaure du Jurassique.

Contour de l'animal



**Ichthyosaure avec le contour du corps (environ 115cm de longueur)
(la peau ayant été fossilisée sous forme d'un film noir de matière organique)**

S'agit de coquilles, tests, carapaces, squelettes de vertébrés, dents, etc.

Ces éléments peuvent être conservés sans modification de leur morphologie.



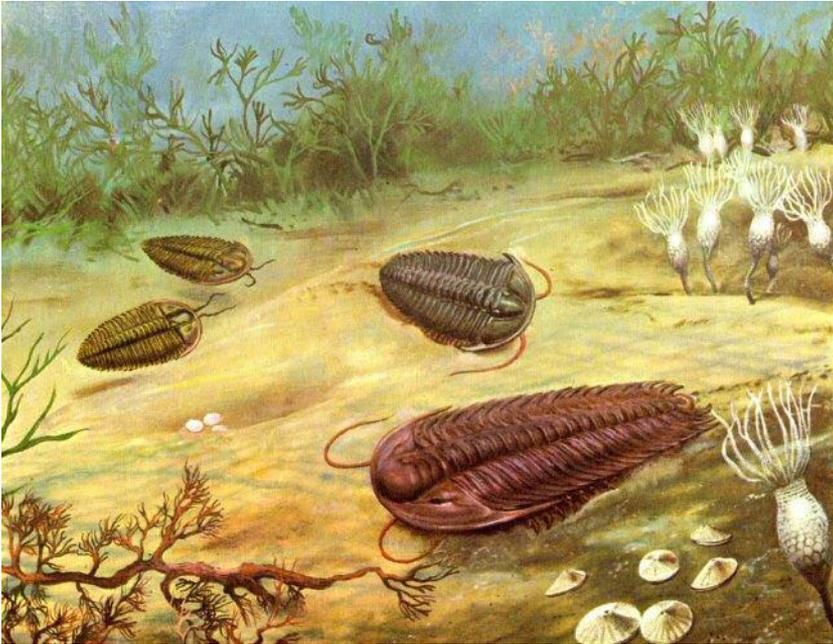
Lorsqu'elles ont disparu à la suite de dissolution, les parties dures peuvent avoir imprimé préalablement dans le sédiment leur empreintes:

- extérieure : **moulage externe;**
- intérieure : **moulage interne.**

3. Conservation des seules traces d'activités biologiques

Il s'agit ici de toutes traces de :

- déplacements : pistes bilobées de Trilobites au Primaire;



Reconstitution d'un biotope de Trilobites.

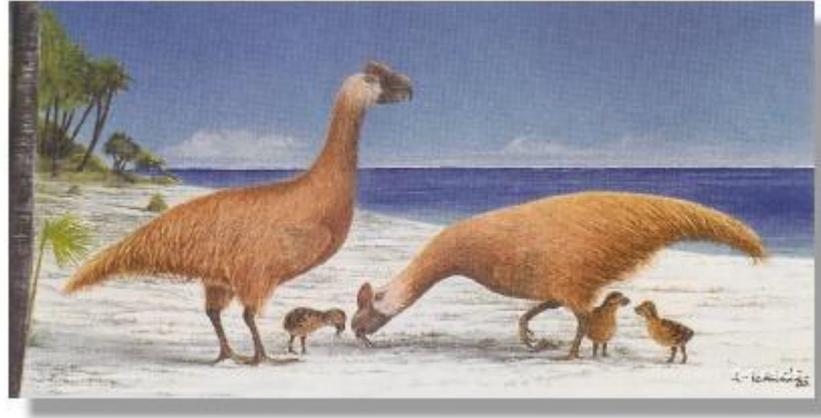


Pistes bilobées de Trilobites sur un grès.

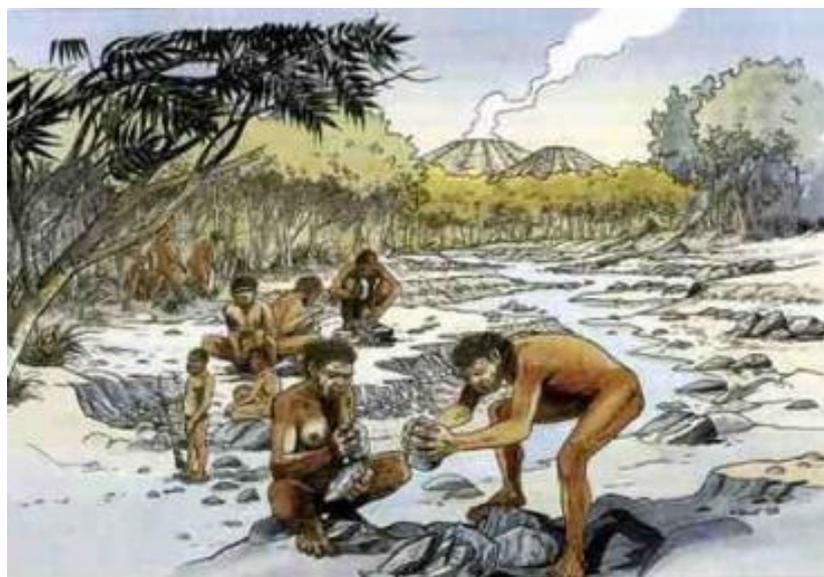
- traces de pas des Dinosaures au Mésozoïque;



- traces de pattes d'oiseaux au Tertiaire;



- et empreintes de pas d'Hominidés au Quaternaire;



**Reconstitution d'un biotope
d'Hominidés.**



**Trace de pas de grande
taille.**

- habitats : terriers, sillons, tubes ou galeries ;
- activités biologiques comme la nutrition (:excréments de microorganismes) ou la reproduction (fragments d'œufs de Dinosaures du Crétacé ou ceux d'Oiseaux à partir de l'Oligocène, ...).

Par leur activité fousseuse, les êtres vivants remanient le sédiment et en résulte des figures de *bioturbation*.



Différents responsables de la bioturbation dans la nature actuelle.

Différents aspects de la bioturbation.

B. Processus de fossilisation

La fossilisation demeure un phénomène relativement exceptionnel et seule une partie infime des groupements du monde vivant qui se sont succédés à la surface de la terre, à travers les temps géologiques, ont laissé des vestiges.

Les phénomènes de fossilisation se traduisent par une perte d'informations suite à des changements morphologiques et/ou physico-chimiques du fossile.

Dans ce chapitre on s'intéressera évidemment :

- aux *conditions de fossilisation*;
- à la *formation des gisements fossilifères*;
- et aux *aspects chimiques de la fossilisation*.

1. Conditions de fossilisation

Tous les environnements ne sont pas favorables à la fossilisation. En général le milieu continental est moins propice à la conservation que le milieu marin.

Pour qu'un organisme soit fossilisé :

- il faut qu'il échappe aux agents de destruction, dont les:

- *agents atmosphériques* (pluie, vent; Δ de T°, ...);
- *agents de transport*;
- *agents de dissolution*;
- *facteurs biotiques*.

- et doit être soumis à des facteurs de conservation par un enfouissement rapide qui nécessite un taux de sédimentation élevé et également un sédiment fin.

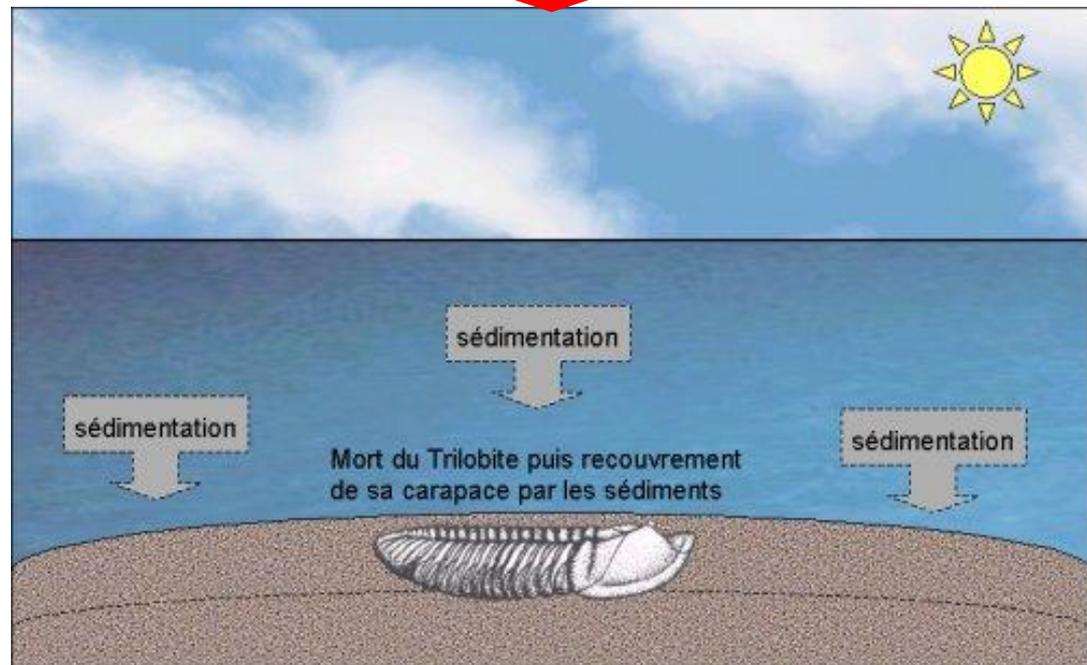
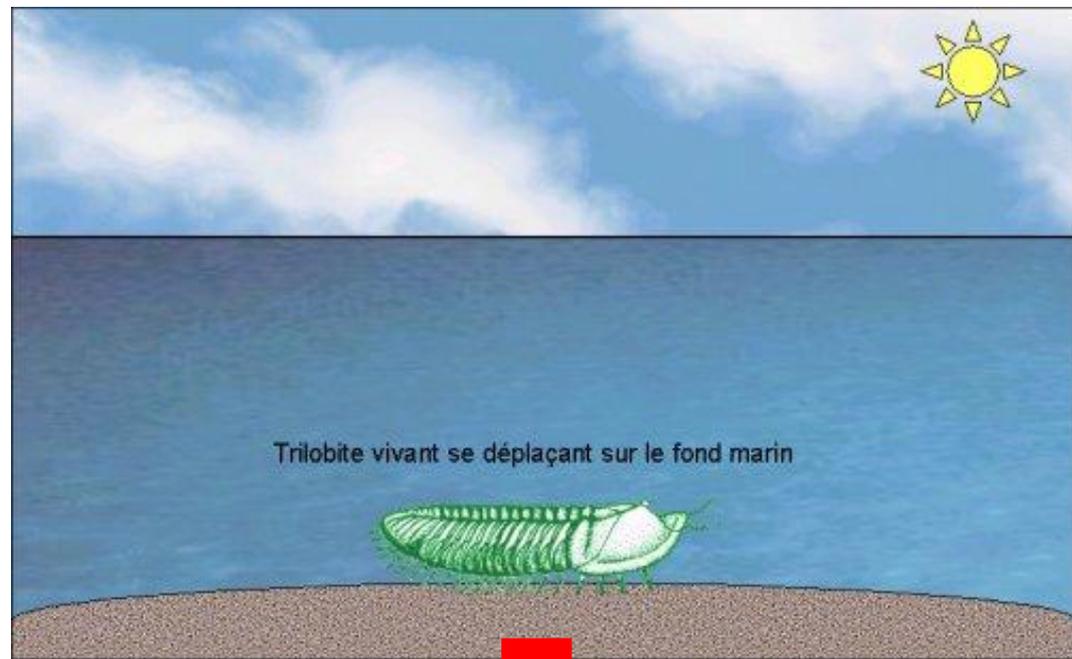
Cas d'un fossile de petite taille:



Enfouissement rapide même avec un taux de sédimentation normale

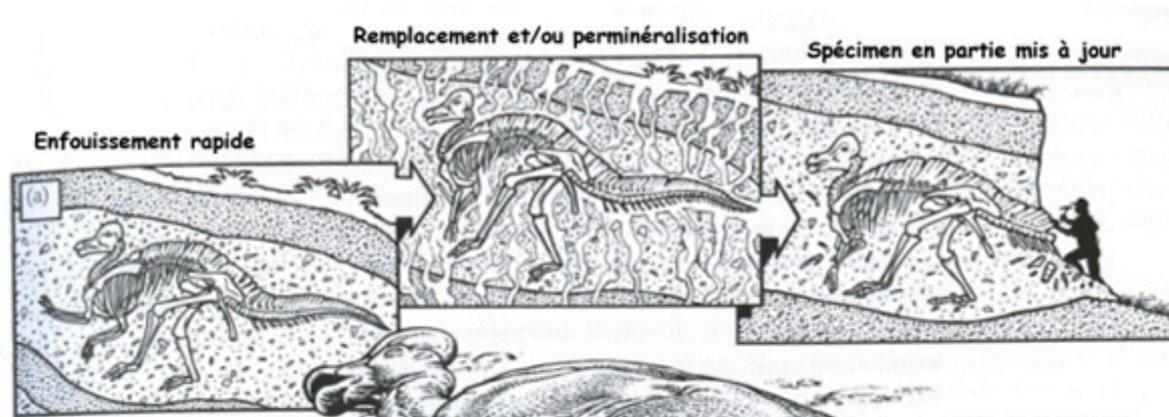


Le futur fossile échappe à la majorité des facteurs de dégradation, dispersion et autres.



Cas d'un fossile de grande taille

A



Cas très rare

B



Cas fréquent

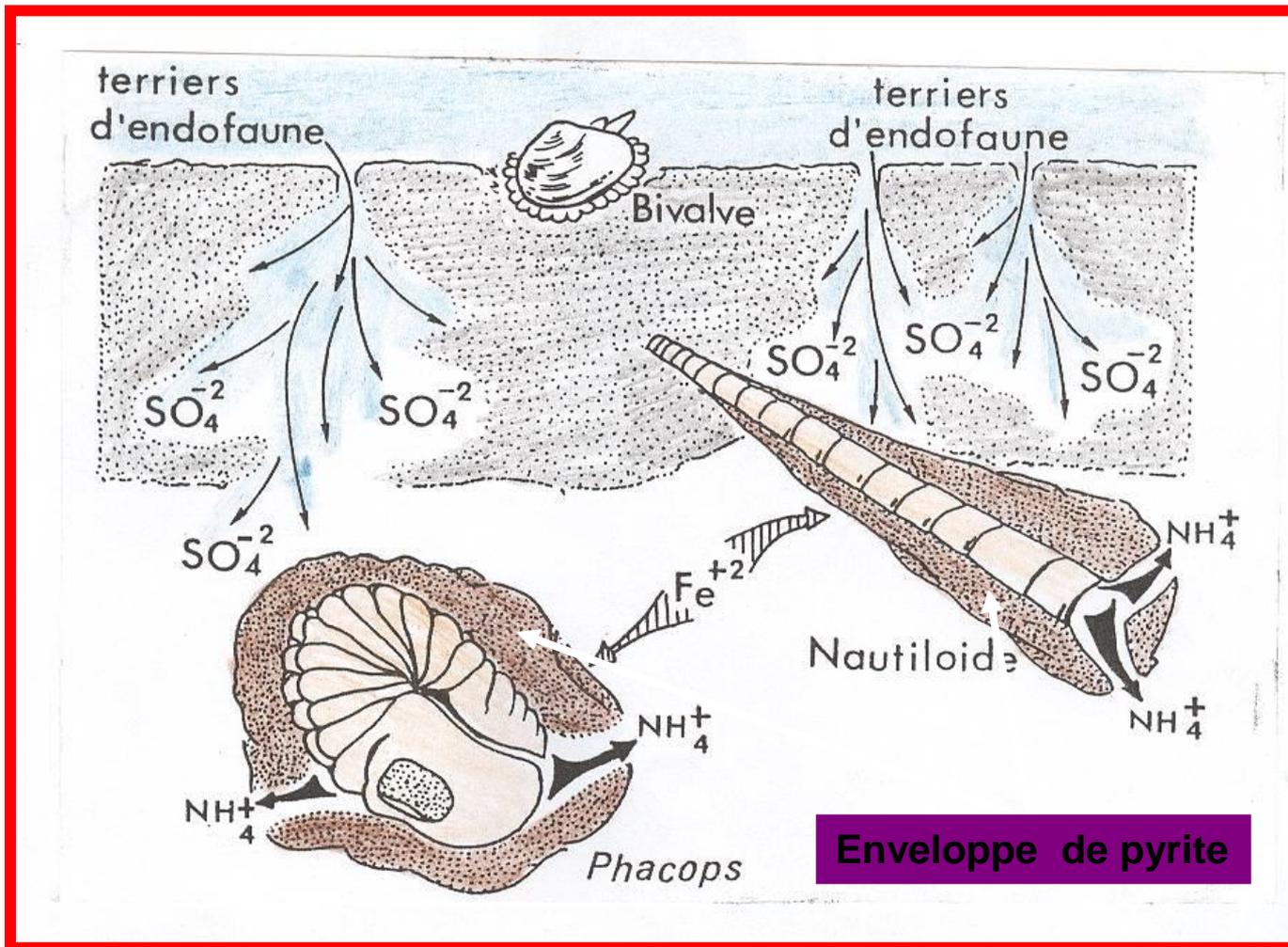
Ce dessin présente deux processus de fossilisation:

- (A) sans démantèlement du squelette suite à un enfouissement rapide;

- (B) avec dispersion des os suite à un enfouissement lent et à l'action

combinée des

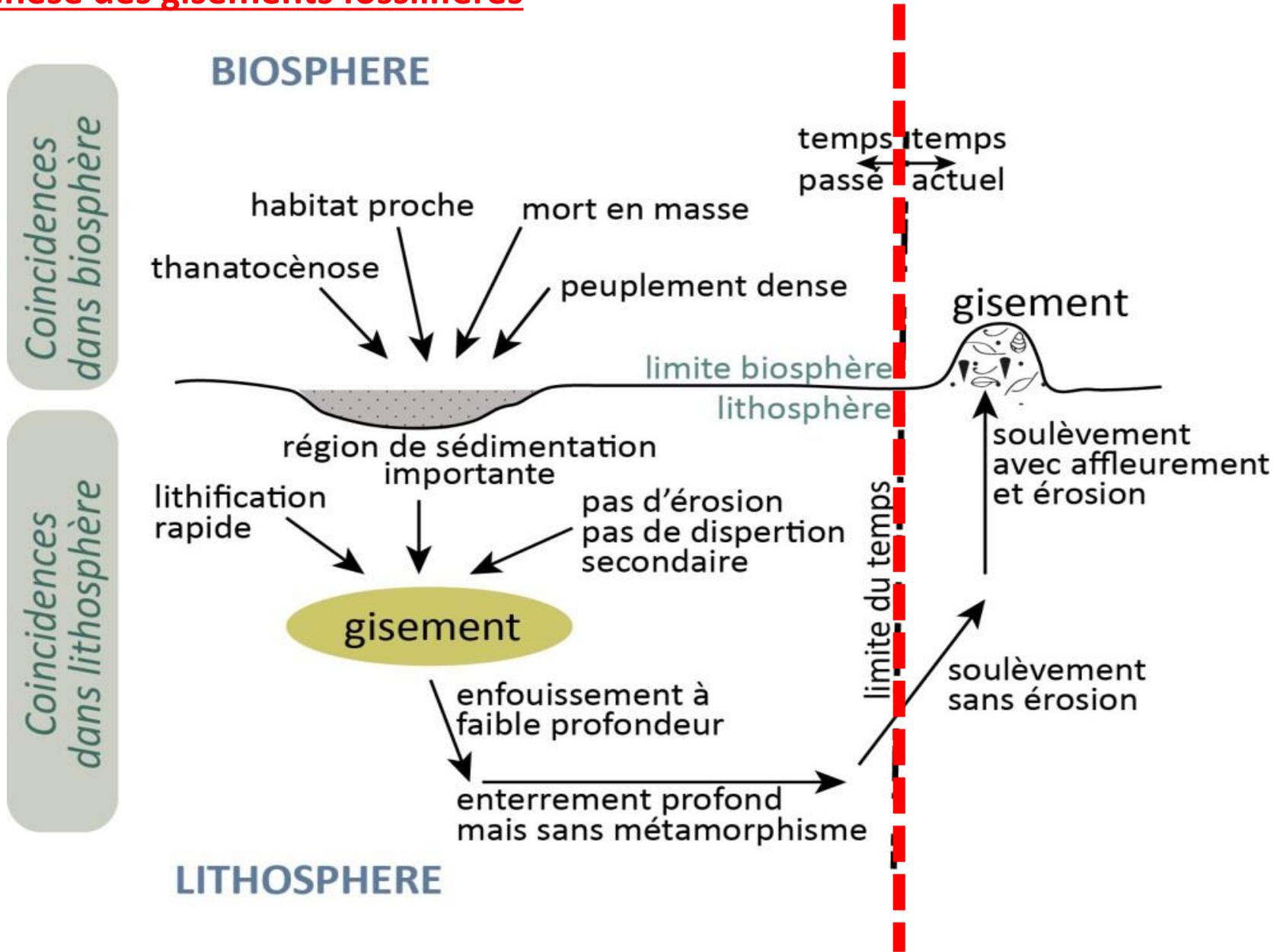
agents atmosphériques, du transport, des facteurs biotiques...



Exemple du rôle de la bioturbation dans une diagenèse de pyrite

Après l'enfouissement rapide des cadavres (: un Trilobite et un Nautiloïde dans ce cas) les terriers ont permis la pénétration des eaux de mer apportant des ions SO_4^{2-} , le fer interstitiel (Fe^{2+}) est mobilisé vers ces poches réductrices et s'y combine avec le sulfate pour former de la pyrite (FeS_2).

2. Genèse des gisements fossilifères

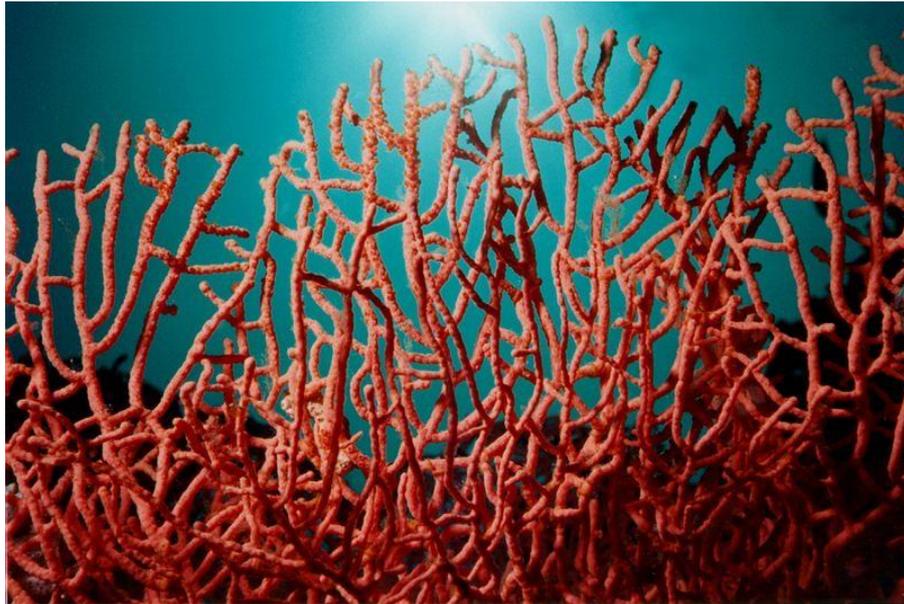


Cycle de formation théorique des gisements fossilifères

La formation d'un gisement fossilifères est l'aboutissement d'une longue série de modifications physico-chimiques et/ou biologiques.

Ce processus peut aboutir à la formation :

- de **peuplements denses** : c'est le cas des formations récifales où les individus croissent les uns sur les autres donnant naissance à des édifices biogènes ; d'autant plus important que leur durée de vie l'est aussi.



Récifs vivant avec des coraux branchus.



Coraux branchus fossilisées en position de vie

- des **hécatombes**: c'est le résultat de la mort simultanée d'une masse d'individus, à la suite de variation brutale des conditions physico-chimiques du biotope.

Exemple :

- éruption volcanique;

- assèchement brusque induisant des disparitions chez les formes aquatiques.



- des **accumulation par transport** : les courants, les vagues ainsi que les accidents topographiques peuvent favoriser des concentrations, *post-mortem*, des débris organiques. De tels assemblages paraissent être un facteur favorable à la fossilisation.

3. Aspects chimiques de la fossilisation

Après leur enfouissement, les restes d'organismes subissent des modifications lentes et progressives par échanges de substances, qui peuvent aboutir à des recristallisation et/ou des minéralisation.

Deux aspects sont à souligner:



- **matières organiques**: rapidement après la mort, les **parties molles** des organismes sont généralement l'objet de décomposition sous l'action de bactéries. Il se produit alors des échanges chimiques entre l'organisme en décomposition et le sédiment qui le contient. L'étude de tels phénomènes est l'objet de la **paléobiochimie**;

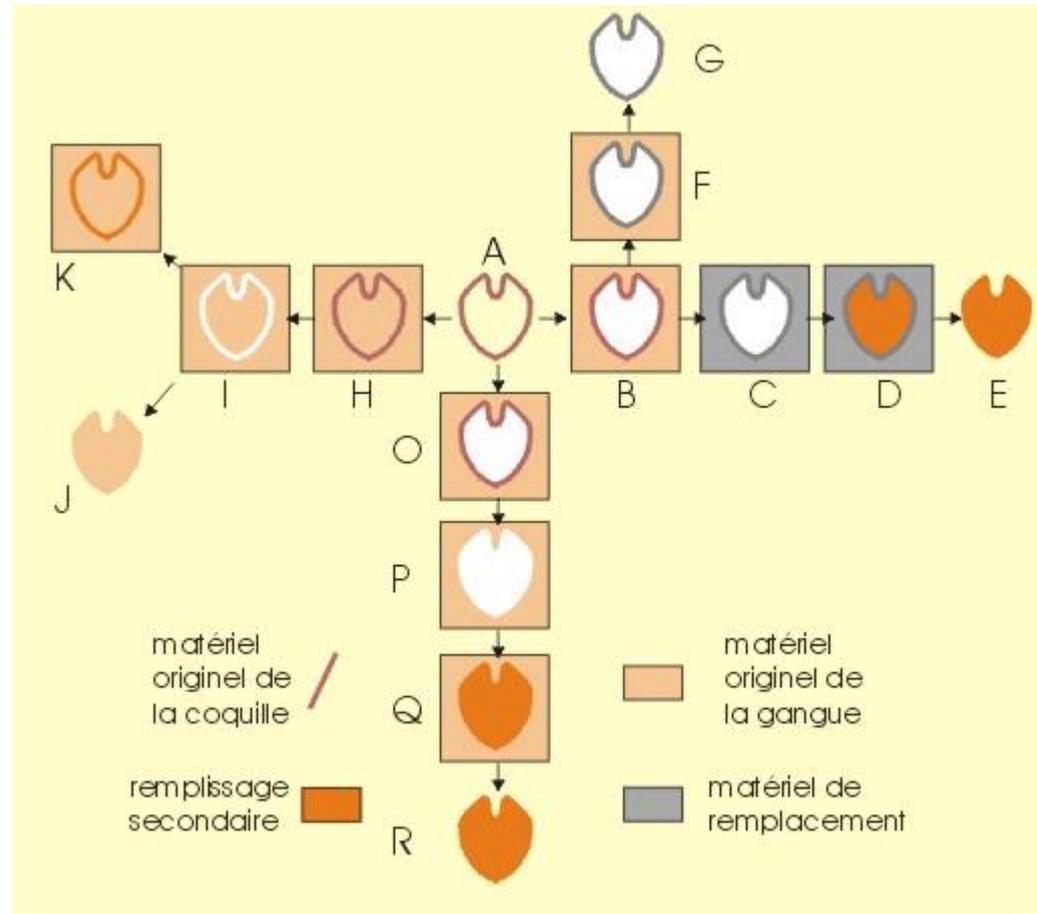
- **matières minérales**: les **parties minéralisées** des organismes peuvent se conserver sans changement notable mais, le plus communément, des cristallisations précédées de dissolution interviennent. Il se produit même souvent un remplacement du minéral initial par un autre minéral sans aucune modification de la morphologie : c'est **l'épigénie** ou la **pseudomorphose**.

Les minéraux les plus communs dans les fossiles sont :

- la **calcite** (CaCO_3) : constitue les coquilles de Mollusques, de Brachiopodes, ... ;
- la **silice** (SiO_2): silicification de végétaux, forme des tests de foraminifères, d'Echinodermes, ... ;
- la **pyrite** de fer (FeS_2) : exemple d'Ammonites pyriteuses dans les marnes.



En définitive, les différentes modalités de la fossilisation aboutissent à des objets fossiles plus ou moins modifiés à partir d'organismes originellement enfouis.



Modalités de la fossilisation

A : coquille originelle;
B : coquille enfouie mais sans remplissage ultérieur;
C : coquille et gangue remplacées secondairement;
D : cavité originelle remplie secondairement de matériel;
E : seul le remplissage (moule interne de la coquille) est conservé;
F : seul le matériel de la coquille originel est remplacé;
G : la coquille en matériel remplacé est dégagée ultérieurement;
H : coquille remplie et enfouie;

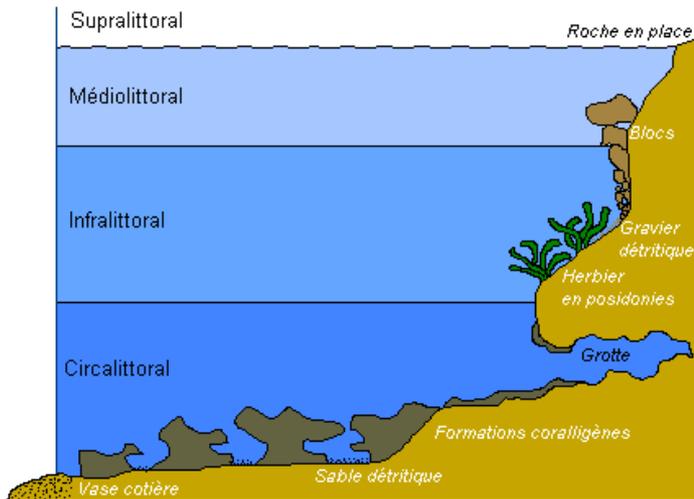
I : dissolution de la coquille originelle;
J : le moule interne a été dégagé de la gangue;
K : la cavité correspondant à la coquille est remplie par des dépôts tardifs;
O : coquille enfouie non remplie;
P : coquille dissoute avec formation d'un moule externe;
Q : remplissage du moule externe;
R : dégagement naturel du moule externe.

II. Éléments de paléoécologie

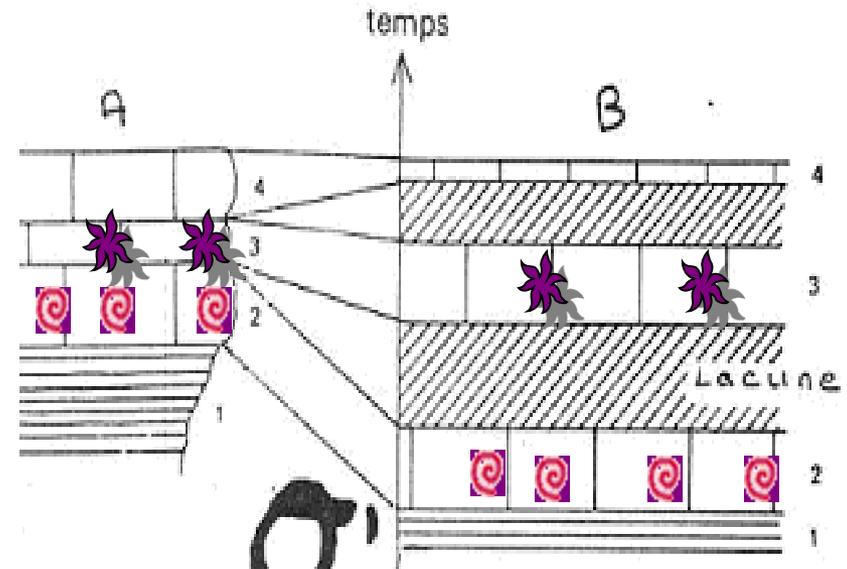
1. Caractéristiques paléoécologiques

La présence de fossiles, dans les sédiments, peut être exploitée par le géologue dans

- dans la caractérisation des couches et les corrélations stratigraphiques;

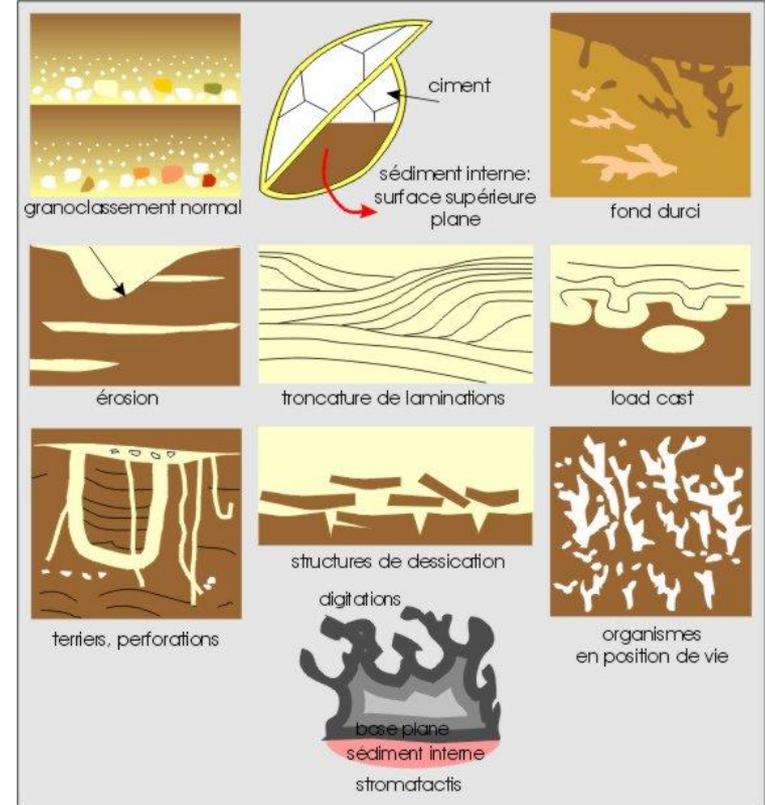


Étagement et principaux biotopes



- dans la définition de certaines caractéristiques (mécaniques, biologiques, chimiques,...) du milieu de dépôt;

- dans la mise en évidence de polarités des successions sédimentaires, ...



Mais l'aspect le plus significatif de leur étude est cependant celui qui tient au fait que ces fossiles furent des êtres vivants, dont l'existence était conditionnée, comme celle des êtres actuels, par les caractéristiques du milieu dans lequel ils vivaient ou **paléomilieus**.

Concernant le peuplement actuel du globe, c'est ***l'écologie*** qui se préoccupe d'étudier les relations qui existent entre les êtres vivants et les caractéristiques de leur milieu de vie :

- ***caractéristiques physiques*** : température, pression, altitude, profondeur, luminosité, nature du substrat, mouvements de l'eau et/ou de l'air, variations de ces facteurs ...

- ***caractéristiques chimiques*** : salinité, teneur d'O₂ et/ou du CO₂, vapeur d'eau, ...

- ***caractéristiques biologiques*** : présence d'autres organismes du même groupe, d'autres groupes, leurs interactions, ...

L'écologiste, qui peut observer à la fois les ***êtres vivants*** et les ***caractéristiques du milieu*** qu'ils peuplent, analyse les relations qui existent entre eux, au travers de ces données d'observations.

Il n'en est pas, du tout, de même pour le ***paléoécologiste***, qui outre les problèmes propres aux phénomènes de fossilisation, ne peut faire d'observations directes que sur des restes fossiles et cherche à reconstituer ce que fut leur ***paléoécosystème*** ou ***paléoenvironnement***.

Le raisonnement paléoécologique se fonde sur le ***principe d'actualisme*** (***:uniformitarisme***) ; partant des données et des résultats établis par l'écologie des organismes actuels, il extrapole des conclusions d'après des observations réalisées sur les fossiles.

L'analyse écologique peut, dans de telles conditions, être conduite suivant deux directions dominantes :

- elle peut porter sur des **unités taxonomiques**, c'est à dire étudier les relations entre l'espèce, le genre, la famille, la classe, l'ordre, ...et son milieu.

C'est la démarche dite:

- **autécologique** pour les biotopes et formes actuelles;
- ou **paléoautécologique** pour les milieux et formes anciens.

- elle peut porter sur des **communautés naturelles** ou **sociétés**.

Cette écologie sociologique est dite:

- **synécologie** pour les biotopes et formes actuelles;
- ou **paléosynécologie** pour les milieux et formes anciens.

Avant d'aborder ces deux types de démarches, il semble bien de rappeler la limite de ces méthodes pour les paléomilieux :

- la plupart des organismes sont , après leur mort, totalement détruits par prédateur, saprophytes, décomposition bactérienne, et ne se fossilisent pas ;

- ceux qui échappent à ces processus ont encore une chance minime d'être effectivement fossilisés (cela dépendra du sédiment hôte par exemple) ;

- ceux qui sont effectivement fossilisés pourront être ultérieurement détruits (érosion, altération, bioturbation métamorphisme, ...) ;

- une part infime de ceux qui échappent à tout cela pourra être observée par le paléontologiste.

Autrement dit, la fossilisation elle-même impose au paléoécologiste de travailler sur un matériel qui n'est qu'une image extrêmement partielle de ce que fut la réalité vivante.

La limitation apparaît aussi dans l'interprétation :

- parce que le fossile aura souvent été enfoui dans un milieu autre que celui dans lequel il vivait effectivement ;**

- parce que toute interprétation est basée sur le postulat de l'uniformitarisme, que l'on ne peut appliquer sans réserve au monde vivant, dans la mesure où celui-ci a effectivement évolué ;**

- parce que, rien ne permet d'affirmer que le mode de vie des représentants d'une même espèce, d'un groupe donné était exactement, autrefois, ce qu'il est aujourd'hui ; il n'est en aucun cas, en aucune façon possible de le vérifier expérimentalement.**

1. Associations d'organismes fossiles

Deux types d'associations se distinguent :

1. La paléobiocénose

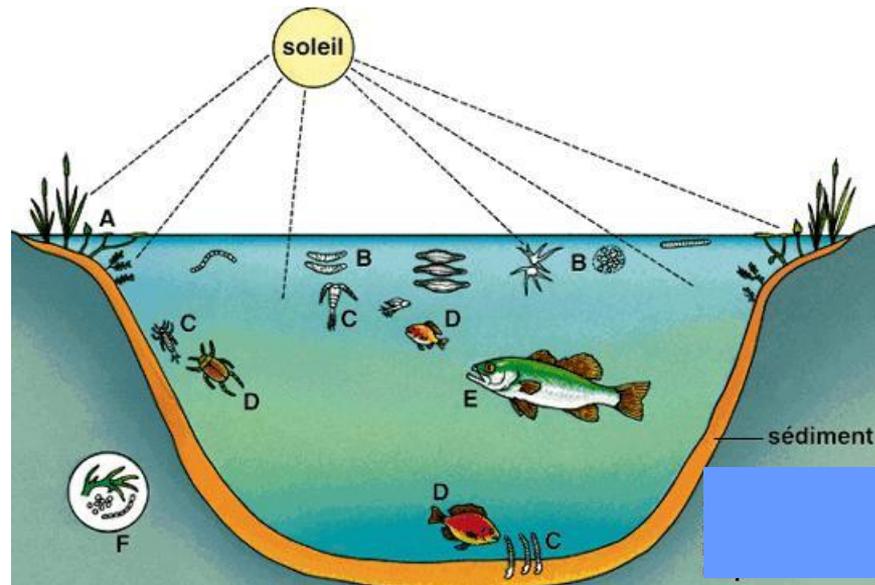
2. La thanatocénose

1. La paléobiocénose

Correspond à une association fossile composée d'organismes ayant tous vécu sur le lieu de leur enfouissement (: **fossiles autochtones**).

Cette association est caractérisée par :

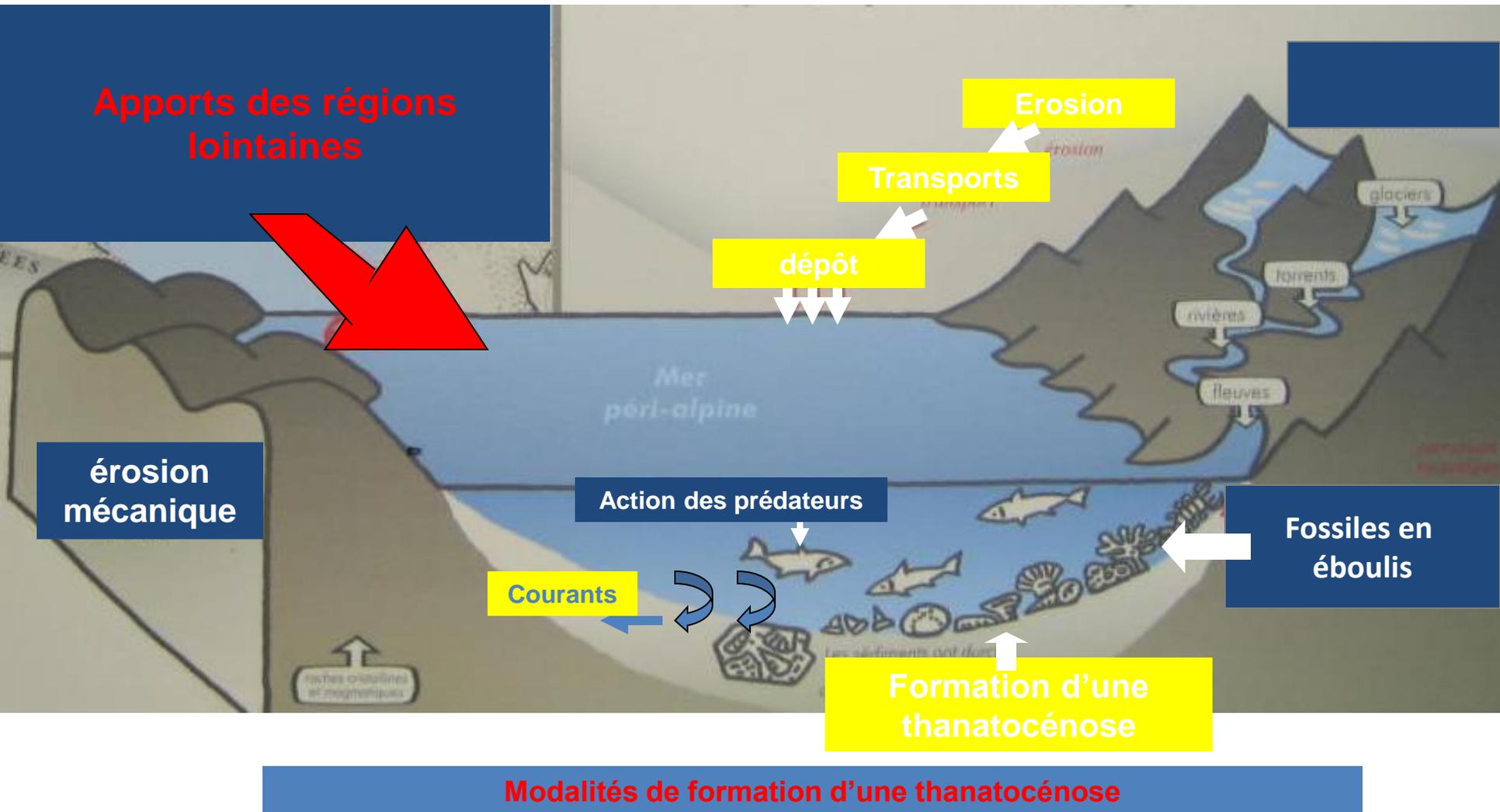
- absence de traces de transport ou de tri mécanique ;
- bon état de conservation des fossiles ;
- coexistence de différents stades d'évolution d'une espèce ;
- présence de traces d'activités biologiques ;
- organismes en position de vie ;
- coquilles remplies de sédiment qui les contient.

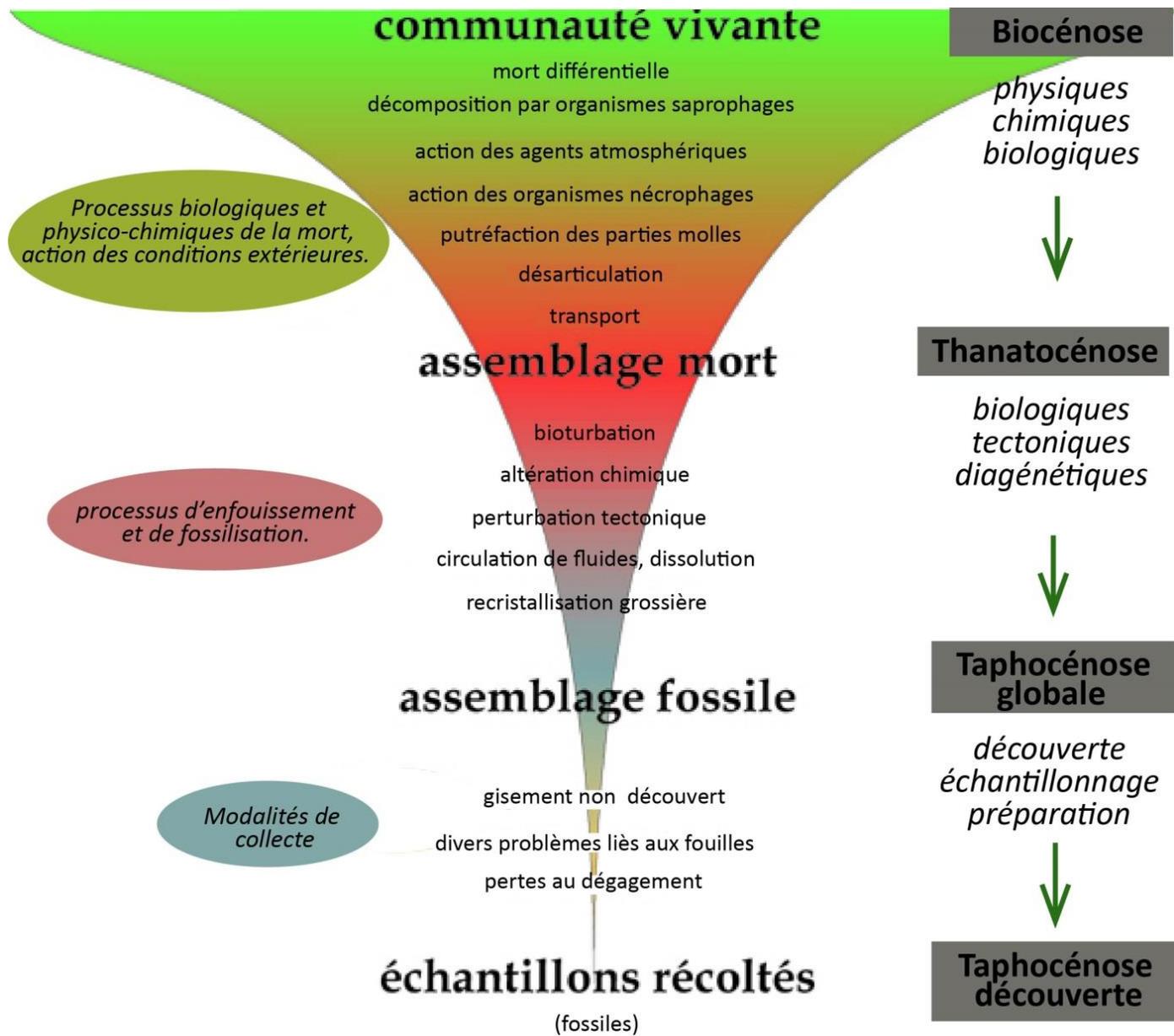


Différentes composantes d'une bionénose: exemple d'un étang

2. La thanatocénose

La thanatocénose correspond à un gisement fossilifère qui résulte d'une accumulation par concentration mécanique. Elle ne reflète en aucun cas l'image d'une communauté de vie déterminée. Ces fossiles dits *allochtones* proviennent d'environnement et d'époques différentes.





La figure suivante, schématise les aspects essentiels du destin des organisme d'une communauté d'êtres vivants ou **biocénose**, lors du processus de fossilisation et du passage à la **thanatocénose** correspondante.

**Communauté d'êtres vivants
ou Biocénose**
(à un moment donné et un endroit donné)

Tous tués simultanément

Mourant, normalement, à
des moments différents

Partant tous ailleurs

Restant tous sur place

Quelques uns entraînés
ailleurs

Tous déplacés
mécaniquement

Organismes morts accumulés à la surface
des sédiments ou près de cette surface

Échappant tous à l'action des
prédateurs et saprophytes

Certains déplacés et détruits
par prédateurs et saprophytes
(= fraction restante)

Tous déplacés, détruits par
prédateurs, saprophytes

Fossilisés normalement

Certains fossilisés normalement

Aucun n'est fossilisé

Non mélangés à des habitants
plus récents du biotope considéré

Mélangés à des habitants anciens ou
plus récents du biotope considéré

Pas d'adjonction de fossiles
venus d'ailleurs

Adjonction de fossiles
venus d'ailleurs

Aucun élément fossile
n'est entraîné ailleurs ni
détruit postérieurement

Quelques uns sont
entraînés ailleurs
ou détruits

Tous les individus fossiles
sont entraînés ailleurs par
remaniement ou détruits

Tous les individus de la biocénose
se retrouvent en thanotacénose

**Thanotacénose dans les cas
général**

Aucun organisme fossile n'est
observable pour reconstituer la
biocénose initiale

Chapitre 4

Principaux groupes de fossiles à travers les temps géologiques

I. Précambrien

II. La vie au Paléozoïque

III. La vie au Mésozoïque

IV. La vie au Cénozoïque

I. Précambrien

Conditions chimiques du Précambrien

- L'atmosphère primitive s'est formée après l'accrétion de la terre et un dégazage du manteau (vers -4,6 milliards d'années).

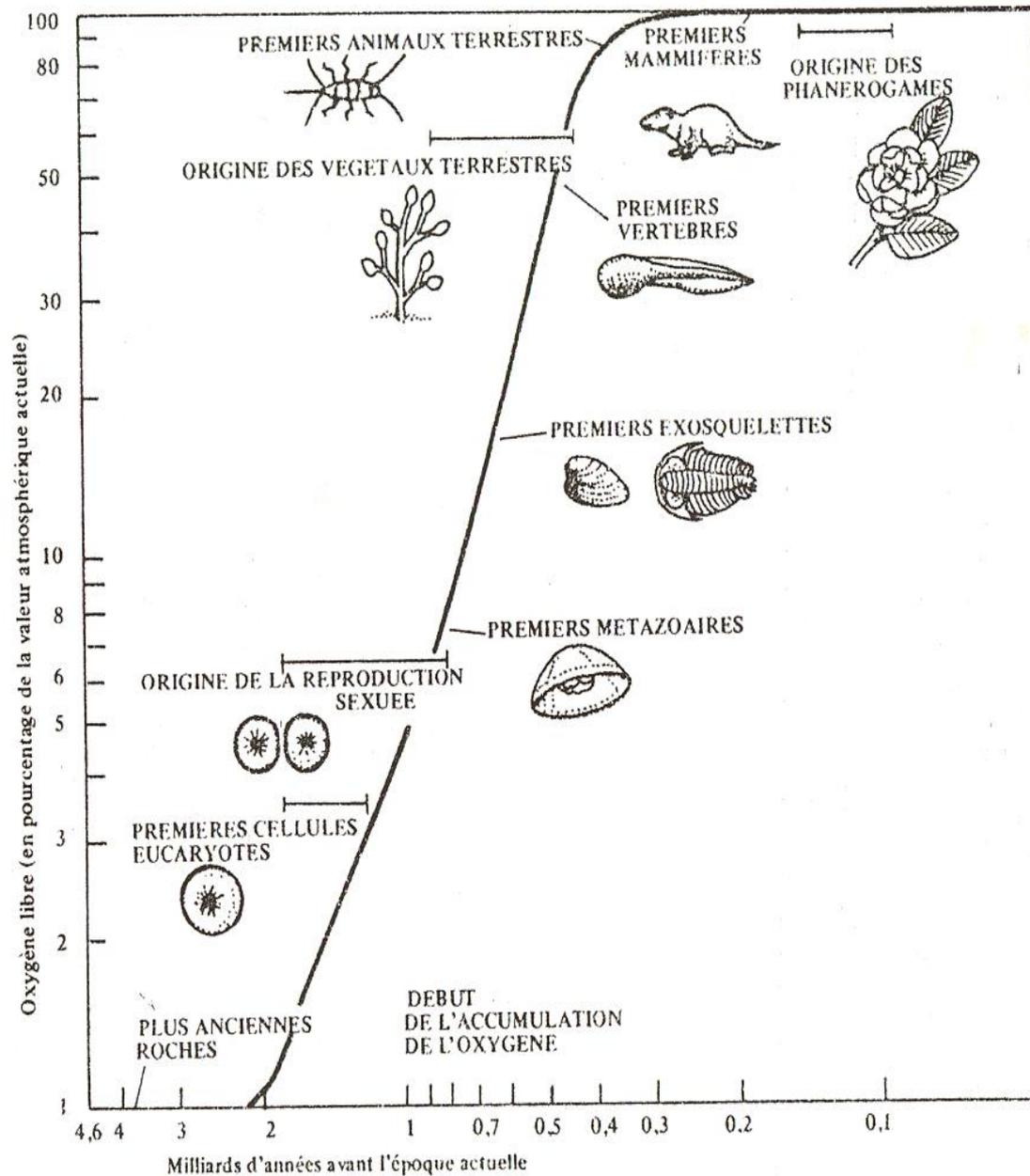
La composition de cette atmosphère, déduite des inclusions gazeuses retrouvées piégées dans des diamants ou dans des cristaux de sels :

- l'eau vapeur : H_2O ,
- l'hydrogène : H_2 ,
- Méthane : CH_4 ,
- Ammoniac : NH_3 ,
- l'hydrogène sulfuré : H_2S ,
- Dioxyde de soufre : SO_2 ,
- Gaz carbonique : CO_2 ,
- l'Azote : N_2 ;

L'**oxygène libre** (O_2) étant absent , il n'y avait donc pas de couche **d'Ozone**.

L'**océan** résulterait de la condensation de l'eau par refroidissement de la terre.

L'**oxygène** apparaît d'abord en mer mais passe en totalité dans l'atmosphère.

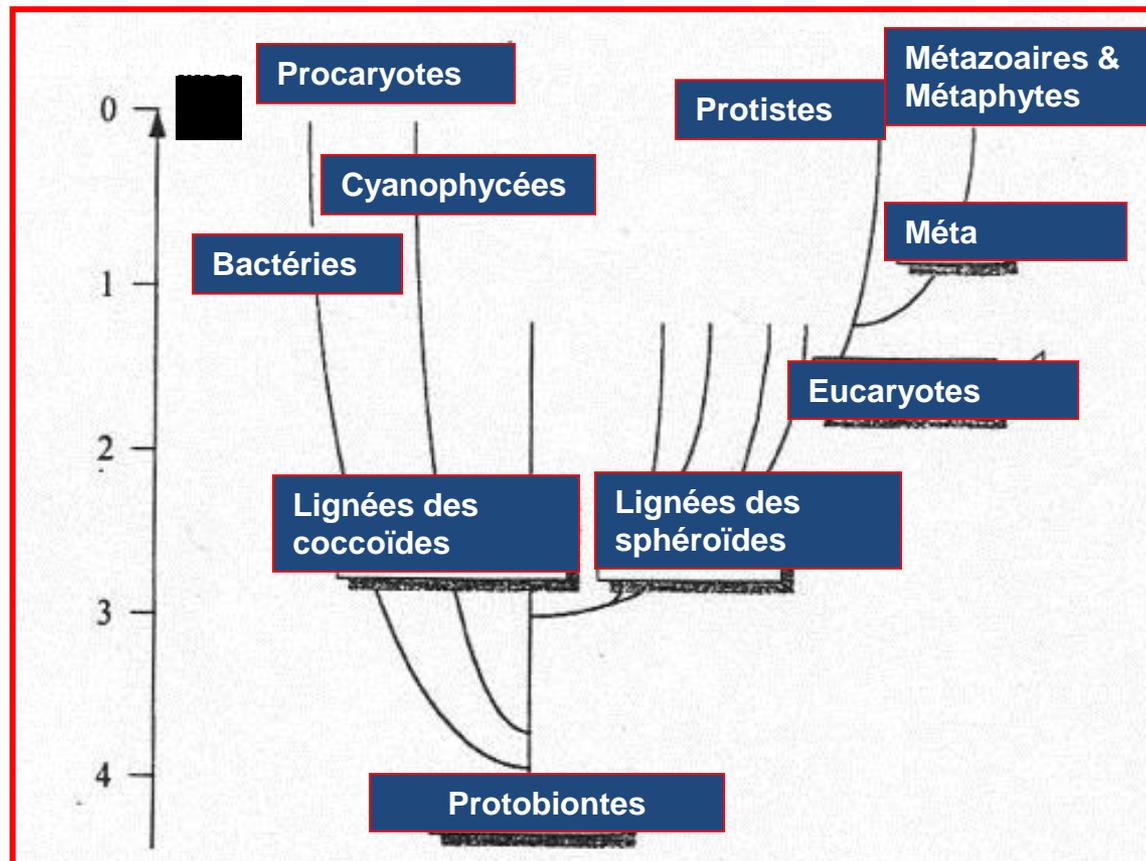


Enrichissement de l'atmosphère terrestre en oxygène et principaux événements de l'évolution de la biosphère (extrait de Cloud, 1983).

Témoignage de la vie au Précambrien

On considère la vie présente quand une structure organique individualisée possède un métabolisme et peut se reproduire. Il existe deux types de critères :

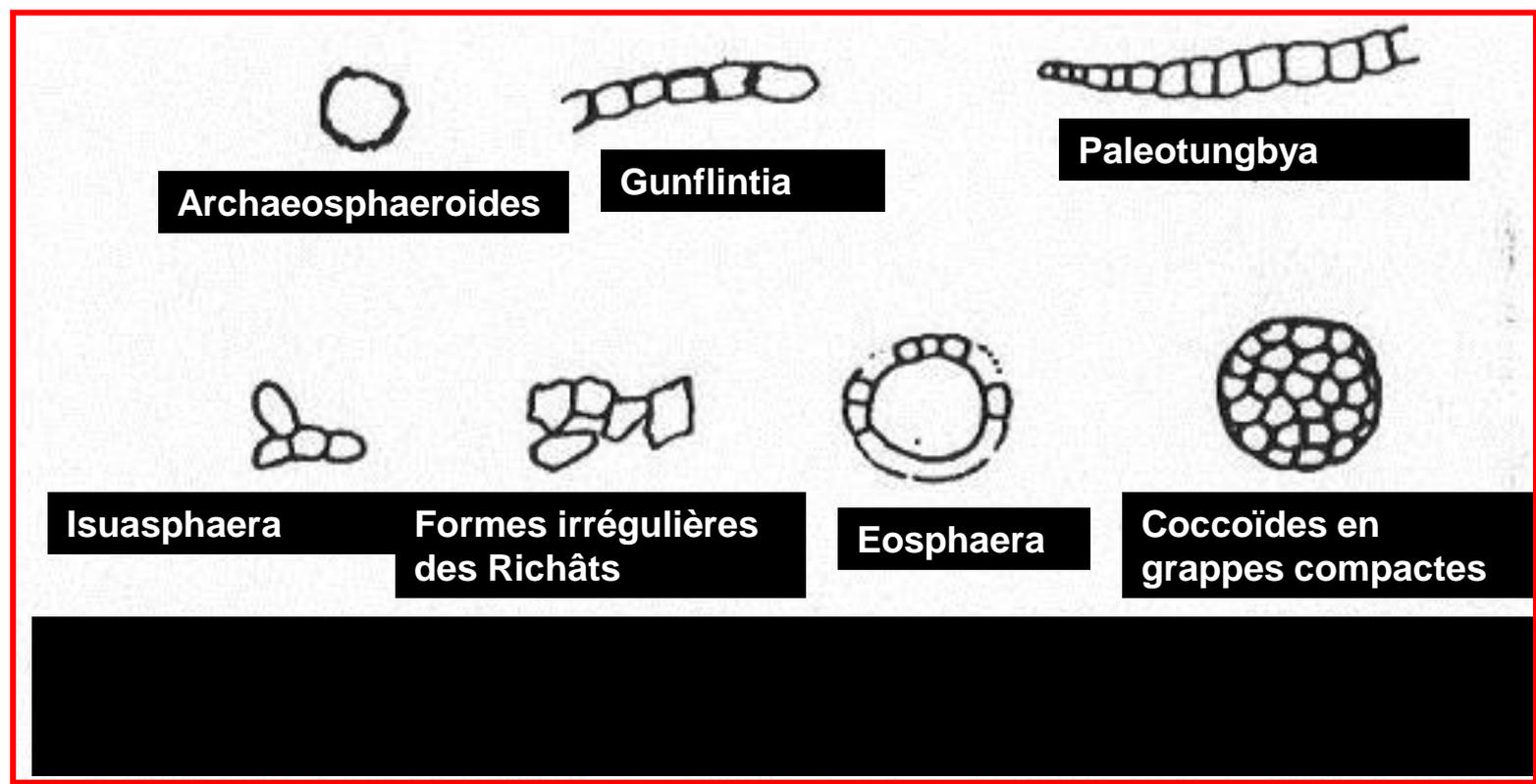
- **morphologie** : structures limitées et pouvant se retrouver en exemplaires semblables;
- **composition chimique** : structures résultant de l'accumulation de matière organique.



Évolution schématisée de la vie sur terre au cours des temps géologiques

Elles ressemblent à des bactéries actuelles. Elles sont connues depuis **-3,8 milliards d'années à -200 millions d'années**.

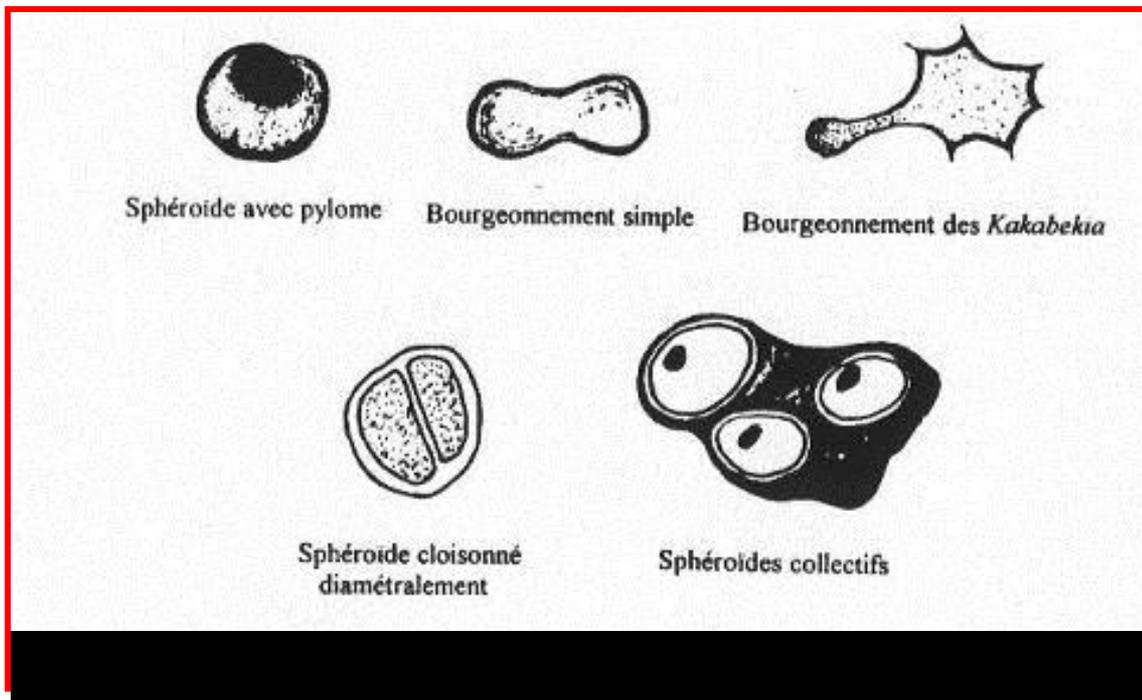
Elles sont considérées à l'origine des **Procaryotes** et on les trouve en filaments ou en grappes sphériques.



Différents types de coccoïdes (0.5 à 60 µm de diamètre)

Ce sont des micro-fossiles à membrane épaisse de forme plus ou moins sphérique présentant des bourgeonnements ou des pores (orifices) qui libèrent de nouveaux sphéroïdes, connus entre **-3,6 milliards et -800 millions d'années**.

On considère qu'ils seraient à l'origine des **Eucaryotes**. Ils pourraient dériver des coccoïdes à grappe compacte qui se seraient entourés d'une enveloppe et qui auraient associé des organites cellulaires à fonctions différentes et d'autotrophes primitifs ou hétérotrophes.



Différentes formes de sphéroïdes
(5 à 60 μ m de diamètre)

Ce sont des masses calcaires avec une surface mamelonnée à aspect stratiforme et présentant une très fine lamination qui indique une croissance rythmique par encroûtement successif.

Elles existent actuellement en Australie et résultent de l'activité de **Cyanophycées** qui piègent les sédiments et fixent les boues calcaires.



Les **Stromatolithes** auraient entraîné:

- une diminution de la teneur du milieu en CO_2 ;
- et une augmentation de celle d' O_2 libre.

Les **Cyanophycées** sont donc à l'origine du grand développement de l' O_2 dans l'océan et dans l'atmosphère.

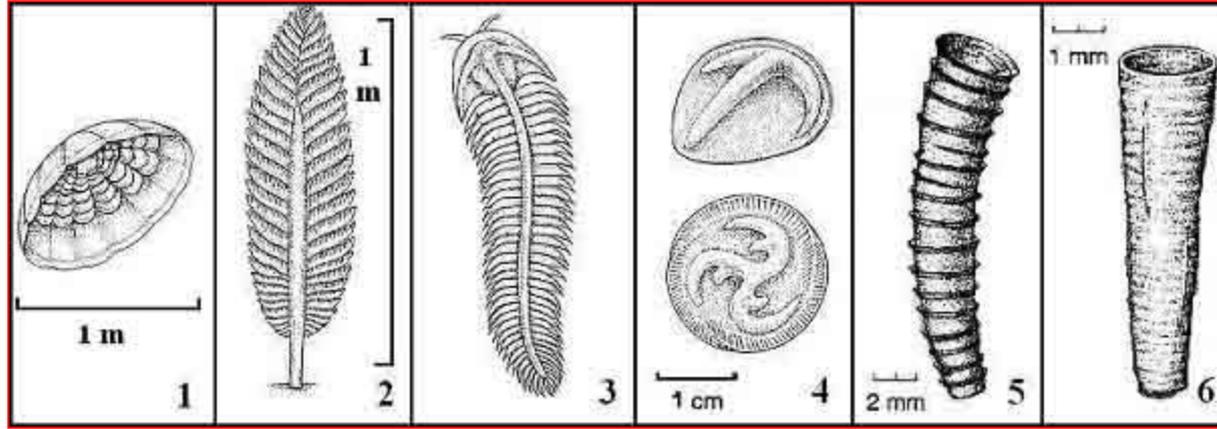
Elles vivent sur les plates-formes marines peu profondes.

Les premières sont apparues il y a -3,5 milliards d'années. Leur prolifération a eu lieu entre -2,5 milliards d'années et -600 millions d'années.

Ils sont connus, **à partir de -800 millions d'années**, surtout par le gisement d'Ediacara en Australie (-580 millions d'années) où l'on a trouvé 1500 spécimens appartenant à une trentaine de formes qui ne sont que des empreintes.

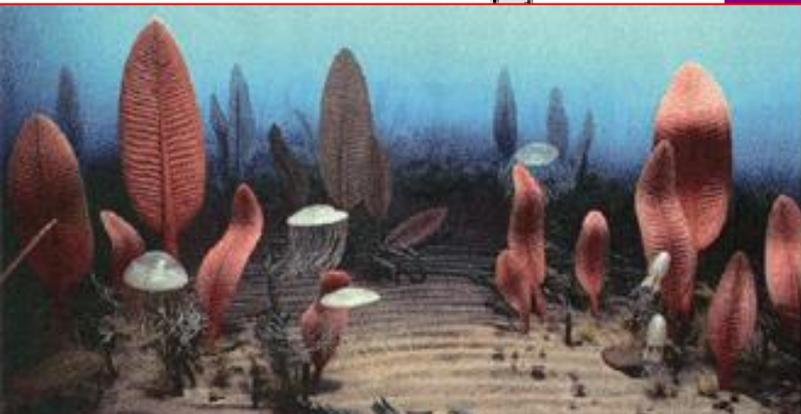
Plus de la moitié de ces empreintes proviennent de Cœlentérés. Les autres sont plus énigmatiques et seraient des ancêtres d'Annélides, d'Arthropodes et d'Echinodermes.

Ce peuplement marin très original disparaît à la fin du Précambrien.



Fossiles de la faune d'Ediacara

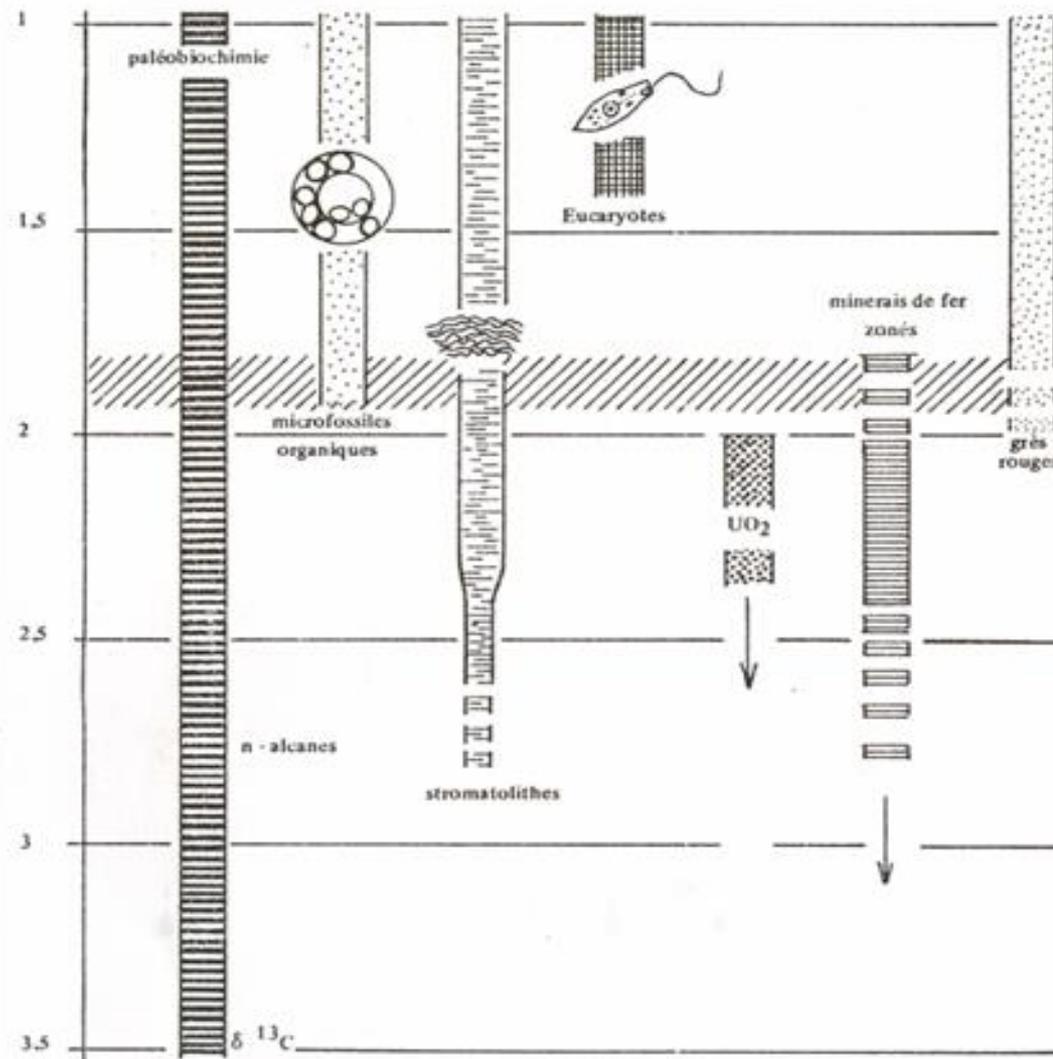
1 : forme médusoïde de Cnidaire ; 2 : Cnidaire sous forme solitaire; 3 : Arthropode primitif; 4 : Organismes inconnus; 5 : Cloudina. 6 : Sinotubulites.



Reconstitution du paléomilieu de la faune d'Ediacara



Empreinte de méduse de la faune d'Ediacara



Principaux évènements de l'évolution de la vie et de l'atmosphère terrestre au Précambrien (Remane, 1979).

Echelle approximative en milliards d'années.

En hachure obliques : période où la concentration de l'O₂ dans l'atmosphère atteint une valeur importante.

II. La vie au paléozoïque: -540 à -250MA

Selon les événements majeurs de l'évolution de la vie sur terre le paléozoïque peut être divisé en deux parties:

1. Paléozoïque inférieur (- 540 à - 410 millions d'années)

a. Limite Précambrien- Cambrien

Entre le Précambrien et le Cambrien, il y a eu deux événements fondamentaux :

→ apparition de la **carapace** ;

→ et de la **coquille**.

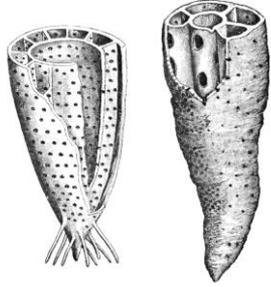
Ces carapaces et coquilles ont un rôle protecteur et à partir de ce moment, on a des pièces fossilisables qui vont permettre l'accroissement des documents paléontologiques.

Dans les mers: On a un développement de groupes très particuliers (faune primitive) qui n'ont pas de représentant actuel (sans descendance) : **Archéocyates**, **Grapholithes**, ...

On note aussi la présence de tous les groupes d'invertébrés actuels avec des formes primitives vivant sur une plate-forme : **Arthropodes**, **Trilobites**, **polypiers**, **Céphalopodes**, **Annélides**, **Lamellibranches**, **Brachiopodes** et **Échinodermes**.

Les premiers vertébrés sont connus à la fin du Paléozoïque inférieur ; par exemple, au Silurien on a les **Agnathes** et les **Poissons cuirassés** (carapace osseuse).

Sur terre : à la fin du Paléozoïque inférieur on trouve les premiers fossiles continentaux de flore : **Ptéridophytes** primitifs sans racines différenciées.



Archaeocyathe
(sorte d'éponge calcifiée, qqmm de long ; Cambrien-Ordovicien)



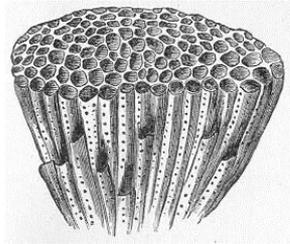
Calymene
(de 2 à 10cm ; Paléozoïque) Arthropode



Kooteninchela
(Arthropode, Arachnides, qqcm ; Silurien)



Endoceras
(Céphalopodes à coquille droite, plus de 1m de longueur ; Ordovicien)



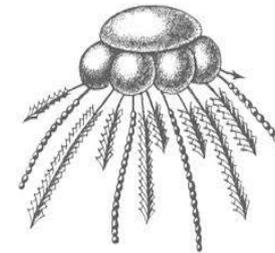
Tabulés (Favosites)
(Cnidaires Tabulés (*Tabulata*); Ordovicien-Permien)



Zaphrentis
(Cnidaire Tétracoralliaires, Paléozoïque inférieur)



Dorycrinus
(Echinoderme , Crinoïdes ; Paléozoïque inférieur)



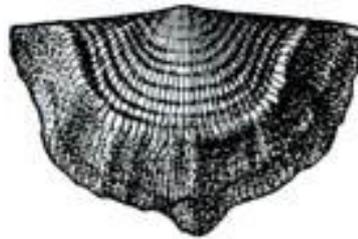
Graptolithes
(Colonie de graptolites ; Ordovicien)



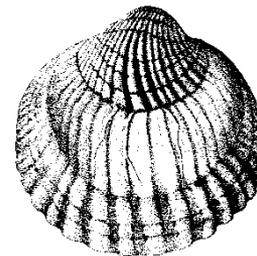
Didymograptus
(Colonie élémentaire Graptolithes, qqcm ; Ordovicien)



Paleurhita
(Gastéropode, Euomphalidés ; Silurien)



Leptaena
(Brachiopode, qqcm ; Silurien)



Cardiola
(Lamellibranche, qqcm ; Silurien)

Reconstitution de certaines formes d'organismes du Paléozoïque inférieur

En milieu marin

On assiste à l'extinction des Graptolites et à la régression des Trilobites. C'est l'épanouissement et la diversification des Céphalopodes (Goniatites) et des Brachiopodes (fixés ou pélagiques).

Il y a apparition des Foraminifères et des Échinides.

Les poissons cuirassés sont remplacés par une nouvelle lignée de poissons. Ce phénomène ne dure toutefois pas longtemps : jusqu'à la fin du Dévonien.

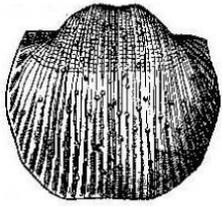
En milieu continental

* Les végétaux : deux flores se succèdent :

- au Dévonien : les **Psilophitales**, dans les marécages;
- au Carbonifère et Permien : les **Ptéridophytes** et les **Gymnospermes**.

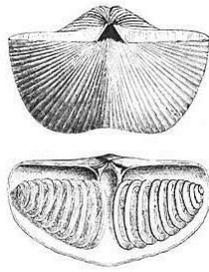
* Les invertébrés: divers groupes gagnent les continents:

- comme les Crustacés géants au Dévonien où ils sont dans des eaux saumâtres;
- au Carbonifère, ils passent dans les eaux douces comme les Gastéropodes et les Lamellibranches.
- les Myriapodes, Insectes et Arachnides apparaissent.



Productus

(Brachiopode fossile, qqcm ;
Dévonien-Carbonifère)



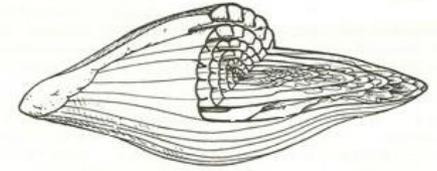
Spirifer

(Brachiopode marin fossile,
qqcm ; Dévonien moy.-Permien)



Goniatitina

(Ammonoïdé Goniatitinis, qqcm de Ø;
Dévonien-Permien)



Fusuline

(Foraminifères à test calcaire ; qqmm ; Carbonifère-
Permien)



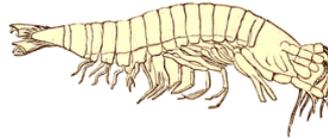
Walchia

(Groupe des conifères ;
Permien)



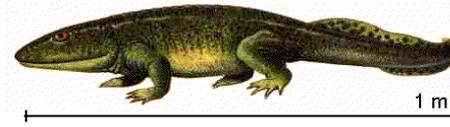
Phillipsia

(Trilobite, qqcm ;
Carbonifère-Permien)



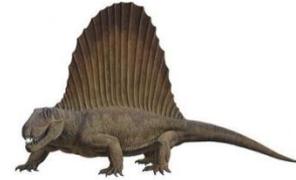
Anthracopaloemon

(Arthropode Crustacé, qqmm ; Dévonien)



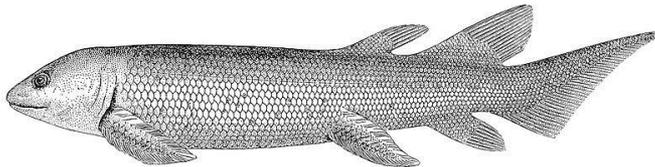
Ichthyostega

(forme de passage entre poissons et
amphibiens tétrapodes ; fin Dévonien)



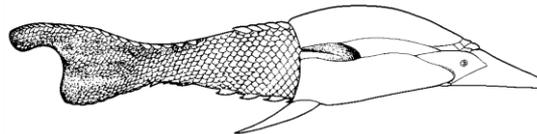
Dimetrodon

(Reptile carnivore, plus de
3m de long ; Permien)



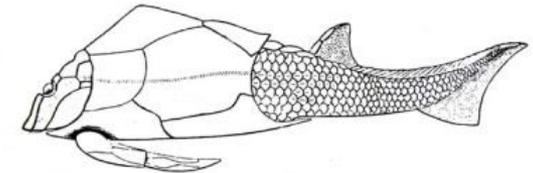
Dipterus

(poisson osseux primitifs, 35cm de long ;
Dévonien terminal)



Pterapsis

(poisson cuirassé du groupe des
agnathes, 15 à 20cm ; Dévonien)



Pterichthyodes

(poisson cuirassé du groupe des
gnathostomes primitifs, 50cm de
long ; Dévonien)

Reconstitution de certaines formes d'organismes du Paléozoïque supérieur

Toutes fois on peut noter au cours du Paléozoïque supérieur les événements suivants:

- dès le Dévonien, les poissons à nageoires articulées, gagnent le milieu continental et au Dévonien supérieur, les Crossoptérygiens donnent naissance aux Amphibiens par un animal intermédiaire appelé *Ichtyostega*.



Marécage de l'ère paléozoïque
Avec *Ichtyostéga* qui assure le passage
de la faune au domaine continental

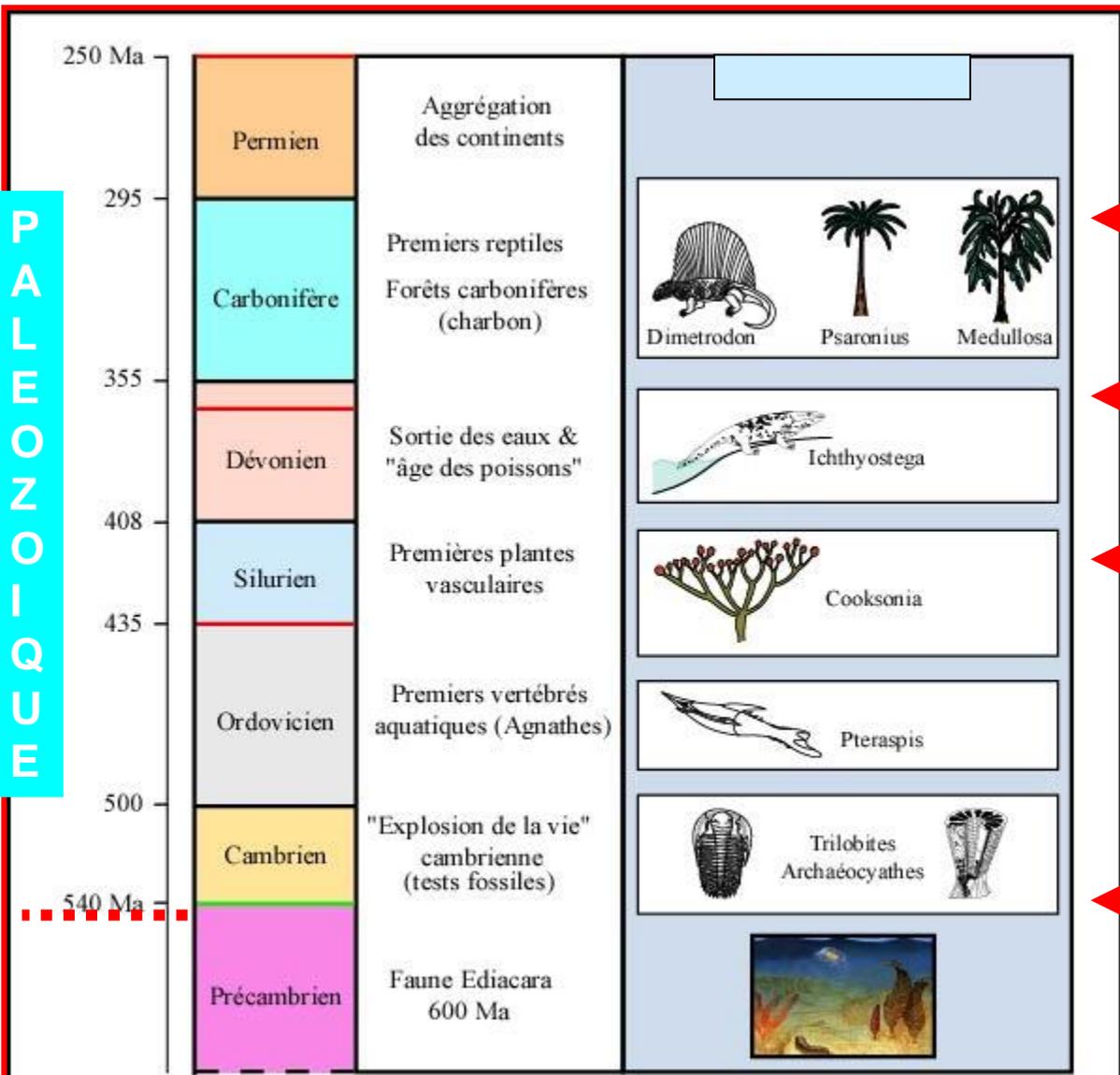
- au Carbonifère supérieur se différencient les **Reptiles** qui sont totalement libérés de l'eau grâce aux œufs adaptés.

- dès le Permien, les Reptiles se divisent en deux lignées :

- les **Sauropsidés** qui donneront les autres reptiles ;
- les **Thérapsidés** ou reptiles mammaliens qui donneront les **mammifères**.

En conclusion, on peut relever les remarques suivantes:

PALÉOZOÏQUE



Différenciation des reptiles pour donner les premiers mammifères

Apparition des amphibiens et conquête du milieu continental par Ichthyostéga

Première flore continentale: ptéridophyte

Apparition de la coquille et la carapace

Phénomènes paléontologiques majeurs du Paléozoïque

III. La vie au Mésozoïque: -250 à -65MA

Les continents étaient largement recouverts par des mers peu profondes aux eaux relativement plus chaudes (10°C de température moyenne de plus que maintenant) et riches en éléments chimiques).

Le climat était donc doux et peu contrasté et les conditions étaient très favorables à la vie.

En milieu marin, la vie est très florissante.

* Chez les invertébrés

- les Algues, les Protistes, le plancton, ... prolifèrent;
- développement de nouveaux Coelentérés (Hexacoralliaires);
- apparaissent des Lamellibranches adaptés à la vie récifale (Rudistes);
- développement de nouveaux Céphalopodes : Ammonites et Bélemnites;
- diversification des Brachiopodes et les Échinides irréguliers.

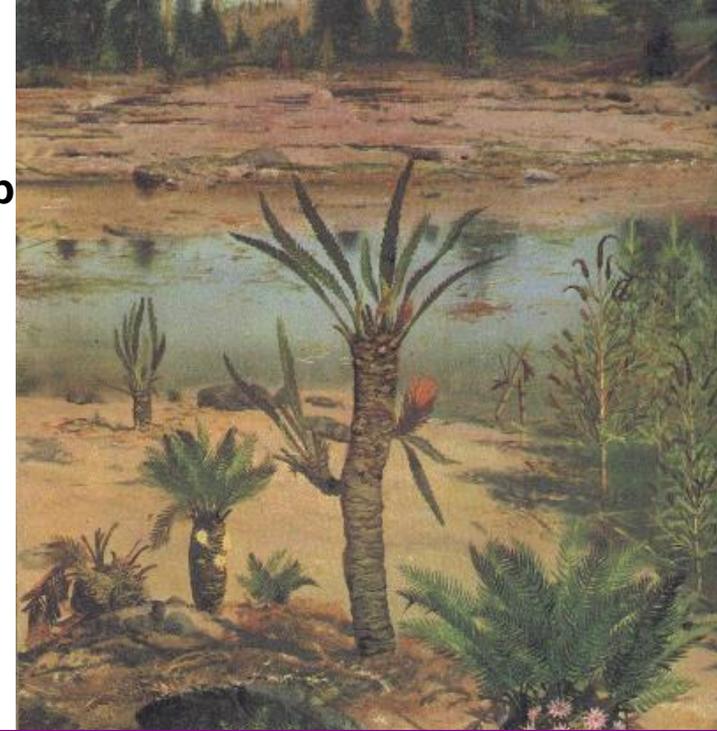
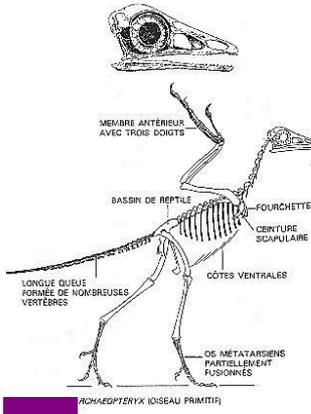
* Chez les vertébrés

on remarque surtout que les poissons sont très proches de ce qu'ils sont actuellement.

Faune d'invertébrés du Mésozoïque



- * **La flore** connaît un renouvellement, avec:
 - régression des **Ptéridophytes**;
 - dominance des **Gymnospermes**;
 - apparition des **Angiospermes** au Jurassique sup



A

B

C

Paysage floristique du Mésozoïque inférieur

Reconstitution de l'Archéoptéryx,

forme intermédiaire entre les reptiles et les oiseaux

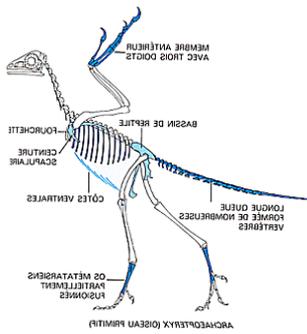
A. Empreinte; B. Squelette; C. Reconstitution de l'animal

•la faune

Le Mésozoïque voit principalement le développement des **Grands Reptiles** avec les **Dinosauriens**, qui peuplent la mer, la terre mais aussi les airs.

Au Jurassique supérieur, les Dinosauriens triradiés donnent naissance aux premiers **oiseaux**. L'animal intermédiaire étant l'**Archéoptéryx**.

C'est à cette période que l'on connaît les premiers Mammifères descendant des **Reptiles mammaliens** : ils sont petits et vivent la nuit.



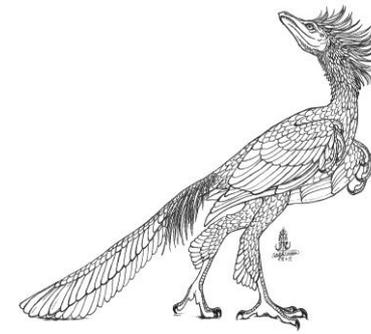
Squelette



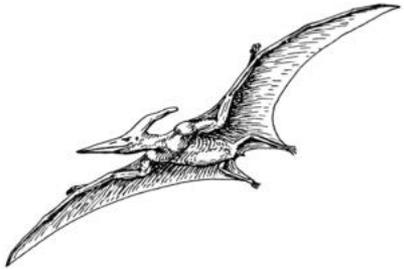
empreinte

Archaeopteryx

(Dinosaure à plumes, de moins de 60cm de long ; Jurassique sup.)



reconstitution



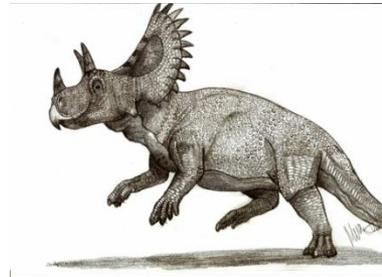
Pteranodon

(Dinosaure à ails, 7.5m d'envergure ; Crétacé sup)



Rhyphorhynchus

(Dinosaure volant, près de 1.5m d'envergure; Jurassique)



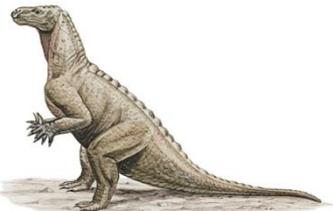
Ceratops

(Dinosaure herbivore, 7.5m de long, 10 tonnes ; fin Crétacé)



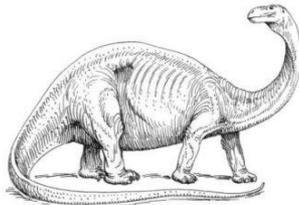
Tyrannosaurus

(Dinosaure carnivore bipède, près de 13m de long, 6.5 tonnes ; Crétacé)



Iguanodon

(Dinosaure à pattes d'oiseau, près de 8m de long ; Crétacé)



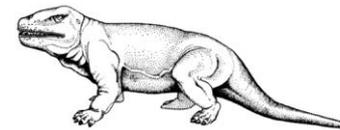
Apatosaurus

(Dinosaure herbivore, j21m de long, 25 à 30 tonnes ; fin Jurassiq.)



Stegosaurus

(Dinosaure carnivore, 4m de haut, près 4 tonnes ; Jurassique)



Thecodontes

(Reptile ancêtre probable des dinosaures, 1 à 2m de long ; Trias)

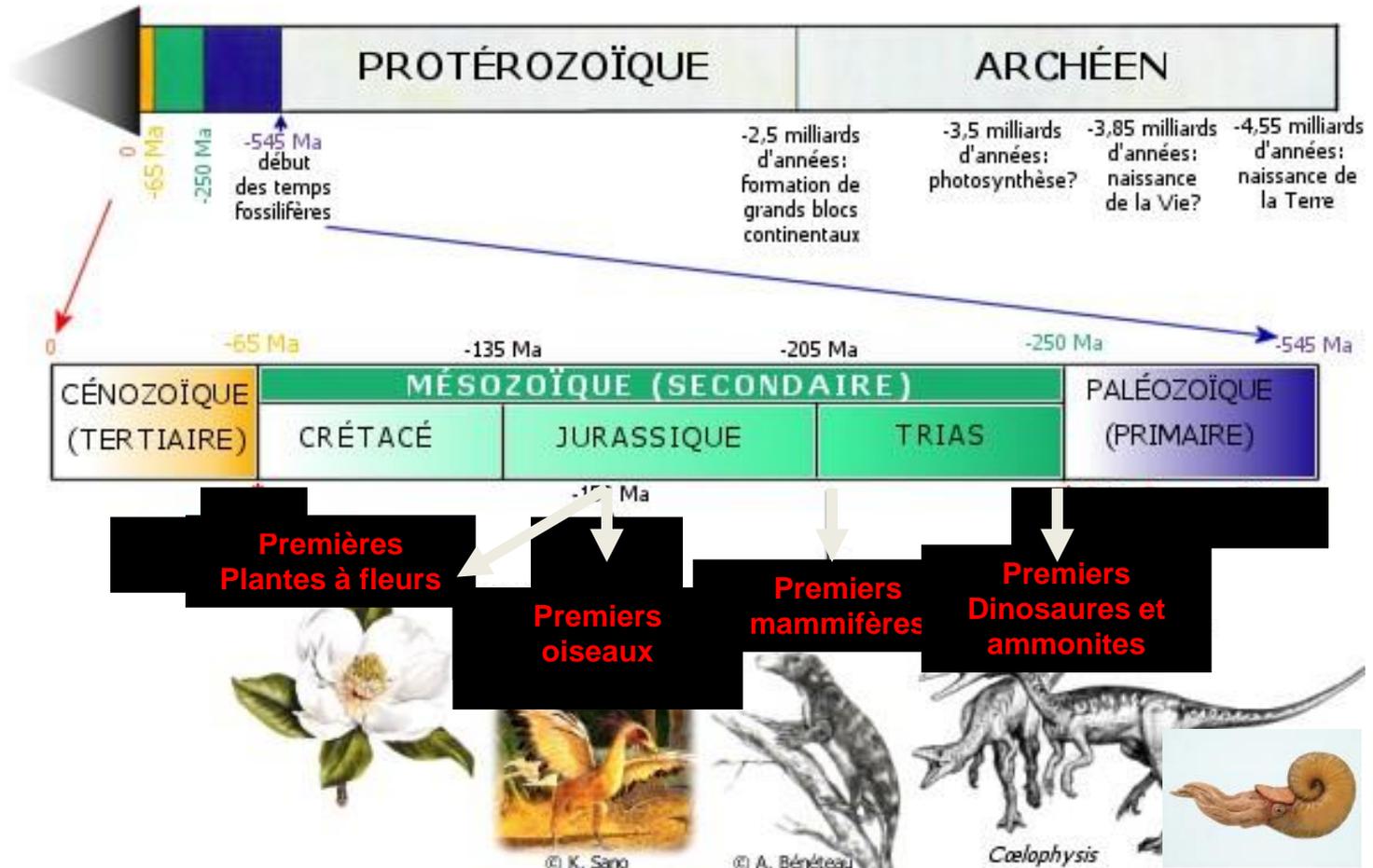


Diplodocus

(Dinosaure herbivore, jusqu'à 25m de long, 10 à 16tonnes ; Jurassique)

Reconstitution de certaines formes d'organismes du Mésozoïque

En guise de conclusion pour ce chapitre du Mésozoïque, on remarque:



Phénomènes paléontologiques majeurs du Mésozoïque

IV. La vie au Cénozoïque

Le Cénozoïque est composé des systèmes: Paléogène, Néogène et le Quaternaire.

Il s'étend de -65MA à presque l'actuel.

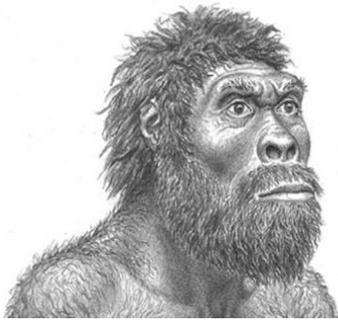
La vie est profondément renouvelée.

La **vie marine** est caractérisée par:

- l'épanouissement des Gastéropodes et régression des Brachiopodes qui sont remplacés par les Lamellibranches;
- foisonnement des céphalopodes sans coquille externe qui prennent la place des Ammonites et des Bélemnites;
- diversification des Échinides et l'apparition de nouveaux Foraminifères comme les Alvéolines et les Nummulites.

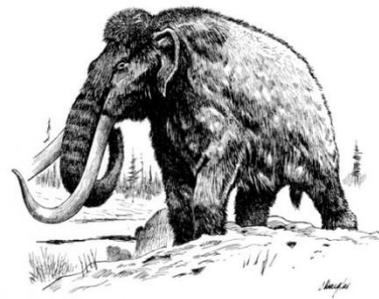
La **vie terrestre** est marquée par:

- une diminution des Gymnospermes au profit des Angiospermes;
- diversification des Mammifères et forte régression Reptiles;
- épanouissement des Oiseaux;
- on y note au passage pliocène-quaternaire l'apparition des **Hominidés** ;



Homo erectus

(Hominidés du Paléolithique sup. ;
1,5 à 1,7m de taille ; pour 50 à 65kg)



Mammuthus primigenius

(Mammifère herbivore, 2 à 3m de
haut ; plus de 3 tonnes ; Pléistocène)



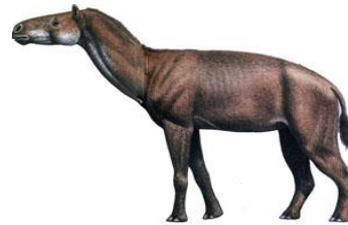
Megaceros giganteus

(Mammifère herbivore, plus de 2m au
garrot ; Holocène-Quaternaire)



Halitherium schinzii

(Mammifère marin, près de 3m de
Long, plus de 3 tonnes ; Oligocène)



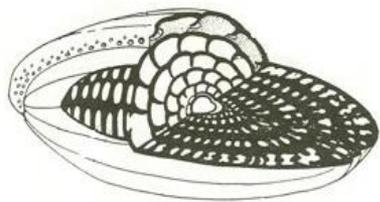
Palaeotherium

(Mammifère herbivore,
75cm au garrot ; Eocène)



Hyaenodon

(Mammifère carnivore,
0.5 à 1.5m de haut ; Miocène)



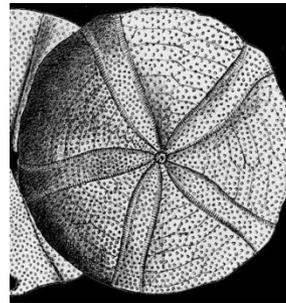
Alveolina

(Foraminifères de quelques mm de
long ; Paléogène inf.)



Pseudoliva

(Gastéropode de quelques cm ;
Paléogène)



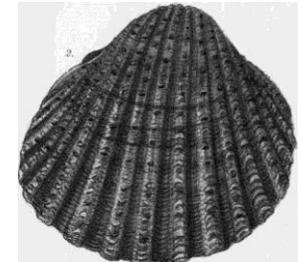
Heteroclypeus

(Echinodermes de quelques cm ;
Miocène sup.)



Pecten

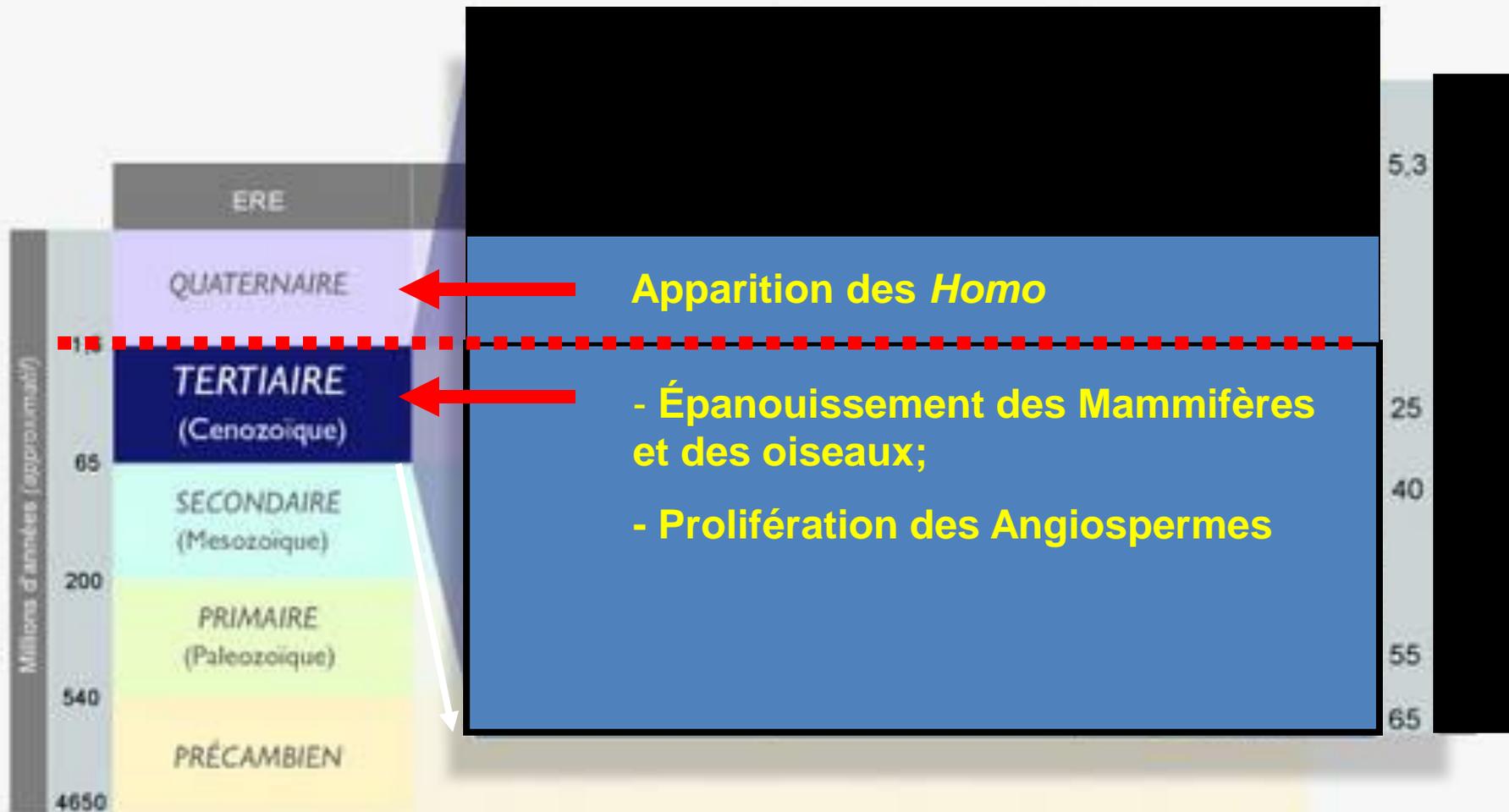
(Lamellibranche de près de
10cm de longueur ; Miocène)



Cardium

(Lamellibranche de près de 5cm
de longueur ; Miocène)

Reconstitution de certaines formes d'organismes du Cénozoïque



Conclusions générales

De cet historique sur les grands traits de l'évolution de la biosphère, on peut retenir que :

- les grands groupes apparaissent dans un ordre de complexité croissante ;
- tous les grands groupes d'invertébrés sont connus au Primaire ;
- l'évolution des vertébrés se réalise en totalité au cours du Phanérozoïque ;
- les formes intermédiaires existent entre les groupes de vertébrés ;
- les formes marines précèdent toujours les formes continentales ;
- à chaque ère ou système géologique correspond un peuplement spécifique et qu'une ère est un renouvellement biologique majeur, mais il reste le problème des crises biologiques.