

Histoire générale de la biosphère.

I\ Précambrien et première manifestation de la vie.

A\ Conditions chimiques du précambrien.

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

Composition de cette atmosphère : H_2O (vapeur), H_2 , CH_4 , NH_3 , H_2S , SO_2 , CO_2 , N_2 . L' O_2 libre est absent. Il n'y a donc pas de couche d'ozone.

Cette atmosphère a été déduite des inclusions gazeuses que l'on a retrouvées dans des diamants ou dans des cristaux de sels.

L'océan : il résulterait de la condensation de toute l'eau au cours du refroidissement de la Terre (mêmes éléments chimiques que l'atmosphère plus des sels solubles dont des chlorures des sulfates et du phosphate qui proviendraient de la croûte terrestre. On obtient donc des eaux salées, chaudes et légèrement basiques ($pH \approx 8$). Les UV arrivaient à la surface de l'eau et arrivaient jusqu'à dix mètres de profondeurs. L'oxygénation de la terre fut plus ultérieure (- 3,5 milliards d'années).

L' O_2 apparaît en mer mais passe en totalité dans l'atmosphère. Quand le taux d' O_2 atteint 1% dans l'atmosphère, une partie de l' O_2 libre peut se maintenir dans l'océan (ce qui se produit à -2,5 milliards d'années). On le sait car des oxydes de fer apparaissent dans les sédiments marins durant le protérozoïque. La teneur en O_2 augmente fortement. À la fin du précambrien, la teneur en O_2 est de 18% (contre 21% actuellement) et de 1mL/L dans l'océan.

B\ Évolution biochimique.

La vie dépend de la présence de molécules organiques.

1\ L'origine des premières molécules organiques.

Trois hypothèses expliquent l'origine des premières molécules organiques.

- La soupe primitive : Sous l'effet des UV et de charges électriques (foudre), les composés chimiques des océans primaires (en particulier : H_2 , CH_4 , NH_3) se condensent en entraînant la formation de molécules organiques. Cette formation n'a lieu qu'en surface (à cause des UV). Ces molécules vont ensuite descendre à plus de dix mètres de profondeur et être préservées des UV. Cf. l'expérience de Miller qui permet la synthèse de 90 molécules de la vie : acides aminés, acides nucléiques, lipides, glucides et polypeptides.

- Les sources hydrothermales : Le volcanisme sous-marin aurait apporté les composants chimiques de base (CH_4 , H_2S , H_2 , CO_2 , ...). Le magma apporte, lui, l'énergie thermique qui permet la synthèse de molécules, or, actuellement, ce fait est impossible à cause de l'oxygénation de l'océan.

- La Panspermie : A ce moment-là, de sont desensemencements d'origine extraterrestres qui sont à l'origine de la vie sur Terre par leur accumulation dans les eaux anoxiques (sans O_2). Les composants chimiques se rencontrent dans les nuages interstellaires ; dans le vide et à $-260^\circ C$, on peut obtenir des molécules organiques. De plus, certaines météorites renferment des acides

aminés, des acides nucléiques, des lipides et d'autres molécules organiques (comme dans les comètes).

2\ Les macromolécules et leur réplique.

L'assemblage d'acides aminés permet la formation de protéines avec la possibilité de reproduction à l'identique (de ce mécanisme). Fox, par expérimentation, a obtenu, à partir de plusieurs acides aminés, des protéinoïdes (des protéines non biologiques). Les argiles ont pu catalyser la formation de macromolécules d'ARN par absorption de ribose, de phosphate et de bases nucléiques sur la surface des feuilletts.

3\ Le passage macromoléculaire à la vie.

Les macromolécules doivent pouvoir s'auto organiser et croître pour donner des structures prévivantes, intermédiaires entre l'état chimique et l'état vivant. On a pu obtenir ceci par expérimentation.

α \ L'expérience d'Oparin.

Par un mélange de polypeptides et de nucléotides, on obtient des gouttelettes (2-500 μ m) : des coacervats capables d'absorber des glucides et des acides aminés pour croître : ces coacervats ont un métabolisme rudimentaire.

β \ Fox.

En partant de protéinoïdes, Fox a obtenu des microsphères capables de croître et de s'entourer d'une membrane et même de bourgeonner.

→ On peut dire que les microsphères et les coacervats sont des modèles expérimentaux de ce que furent les protobiontes (→ premières structures organisées, comparables aux virus, mais sans en être). Certains de protobiontes, les plus organisés, protégés d'une enveloppe plus épaisse et capables de se reproduire auraient franchi l'étape de la vie.

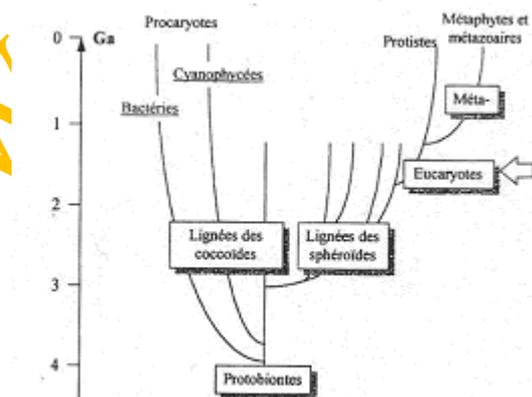


FIGURE 49 : Evolution schématique de la vie sur la Terre au cours des temps géologiques.

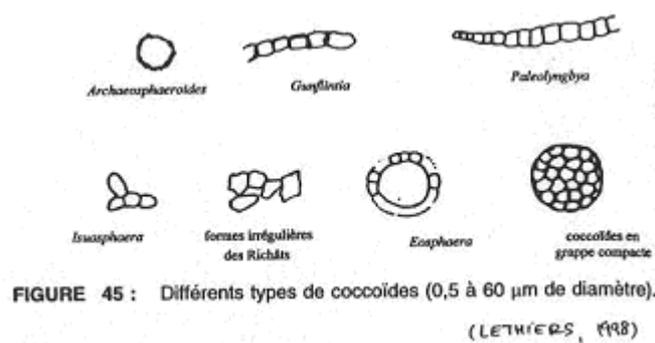
C\ Témoignage de la vie au précambrien.

1\ Identification de la vie.

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

- Morphologie : il consiste à repérer des structures limitées par des parois et pouvant se retrouver en exemplaires semblables. Les pièces minéralisées sont exceptionnelles, souvent en silice. Des artéfacts sont toujours possibles.
- Composition chimique : on a les structures organiques (molécules organiques complexes) telles que les charbons, kérogène, porphyrines ne pouvant résulter que de l'accumulation de matière organique.

2\ Les coccoïdes : composants de nature organique.

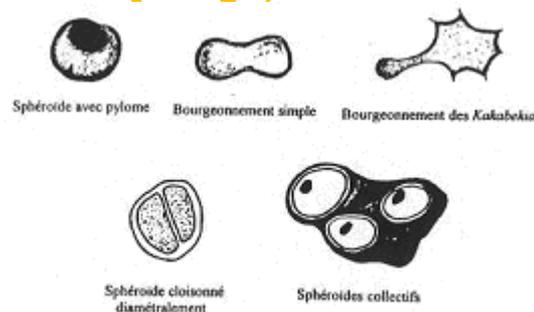


Elles ressemblent à des bactéries actuelles. Elles sont connues de 3,8 milliards d'années jusqu'à 200 millions d'années. On trouve aussi des formes isolées ou associées de manière irrégulière (isuasphaera : la plus ancienne connue).

On les trouve : en filaments ou en grappes sphériques.

Les coccoïdes sont la souche des procaryotes caractérisés par un régime dit autotrophe primitif (synthèse de matière organique à partir de CH_4 et d' H_2S). On peut aussi trouver un régime hétérotrophe (cannibalisme primaire).

3\ Les sphéroïdes.



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). Ils sont cloisonnés diamétralement : on a une division par mitose.

On considère qu'ils seraient à l'origine des eucaryotes (il y aurait une mitose par division). Ils pourraient dériver de 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.

4\ Les stromatolithes.

Ce sont des masses calcaires avec une surface mamelonnée à aspect stratiforme ou formant des piliers ; ils présentent toujours une très fine lamination qui indique une croissance rythmique par encroûtement successif. Elles existent toujours (en Australie). Elles résultent de l'activité de

cyanophycae qui piège les sédiments et fixent les boues calcaires. Leur régime est autotrophe par photosynthèse (CO₂ et H₂ permettent la synthèse de matière organique).

→ Les stromatolithes entraînent une diminution de la teneur du milieu en CO₂ et une augmentation de celle d'O₂ libre.

Les cyanophycae sont donc à l'origine du grand développement de l'O₂ 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 en Australie. Leur prolifération a eu lieu entre 2,5 milliards d'années et 600 millions d'années. Maintenant, elles sont en déclin.

5\ Les métazoaires : faune d'Ediacara.

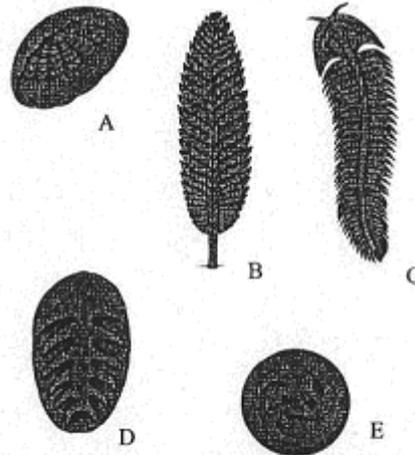


FIGURE 48 : Exemples d'organismes appartenant à la faune d'Ediacara. A = médusoïde; B = Pennatulide du genre *Charnia*; C = Annélide du genre *Spriggina*; D = Arthropode primitif du genre *Vendia*; E = organisme à classement incertain, du genre *Tribrachidium*. Ordre de grandeur des individus : 1 à 3 cm.

Ils sont connus dans tous les boucliers anciens à partir de 800 millions d'années. Ils sont surtout connus par un gisement 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 coelentérés (méduses, pennatulidés [fixés]). Les autres sont plus énigmatiques; ils doivent être des ancêtres d'annélides, d'arthropodes et d'échinodermes.

D'autres considèrent qu'il s'agit d'un groupe spécial, les vendobiontes, qui auraient absorbé l'O₂ et les nutriments dissous par toute la surface du corps et auraient vécu en symbiose avec des algues.

Ce peuplement marin très original disparaît à la fin du précambrien (540 millions d'années).

II\ La vie au paléozoïque.

A\ Paléozoïque inférieur (540-410 millions d'années).

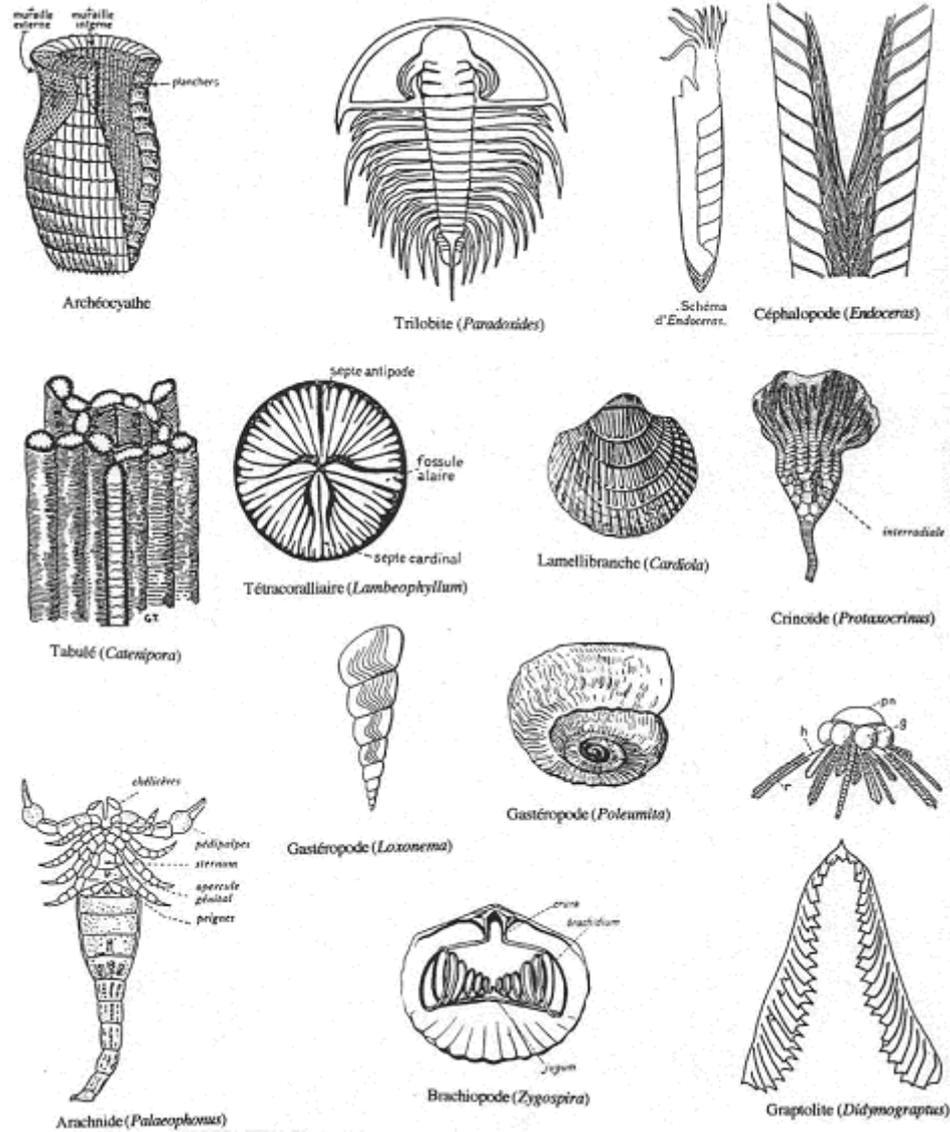
1\ Limite précambrien/cambrien.

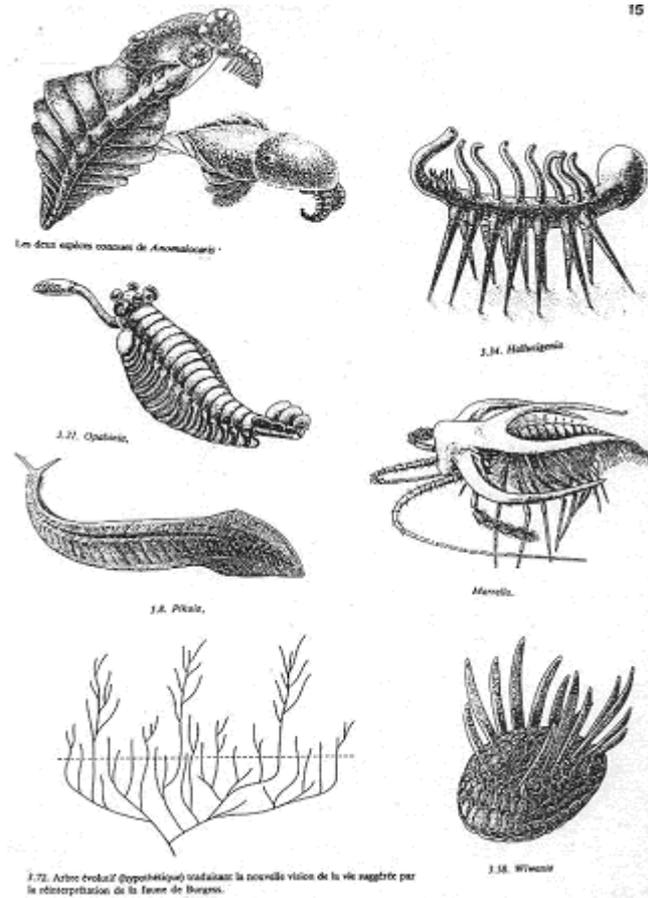
Entre le précambrien et le cambrien, il y a des événements fondamentaux : apparition de carapace et de coquille du fait de la concentration en O₂ qui devient supérieure à 1mL/L d'eau. C'est le seuil à partir duquel les invertébrés vont extraire le carbonate pour former la coquille.

Ces carapaces ont un rôle protecteur. À partir de ce moment, on a une pièce fossilisable qui permet l'accroissement des documents paléontologiques.

2\ Vie marine.

On a un développement de groupes très particuliers (faune primitive) qui n'ont pas de représentant actuel (sans descendance). Les schistes de Burgess (cambrien moyen, Canada) contiennent un peuplement très diversifié décimé par une crise : Achéocyates, Graptolites...





On note la présence de tous les groupes d'invertébrés actuels avec des formes primitives vivant sur une plate-forme :

- Arthropodes et trilobites.
- Coelentérés madréporaires (polypiers).
- Céphalopodes ; annélides ; lamellibranches ; brachiopodes ; échinoderme.

3\ L'apparition des vertébrés.

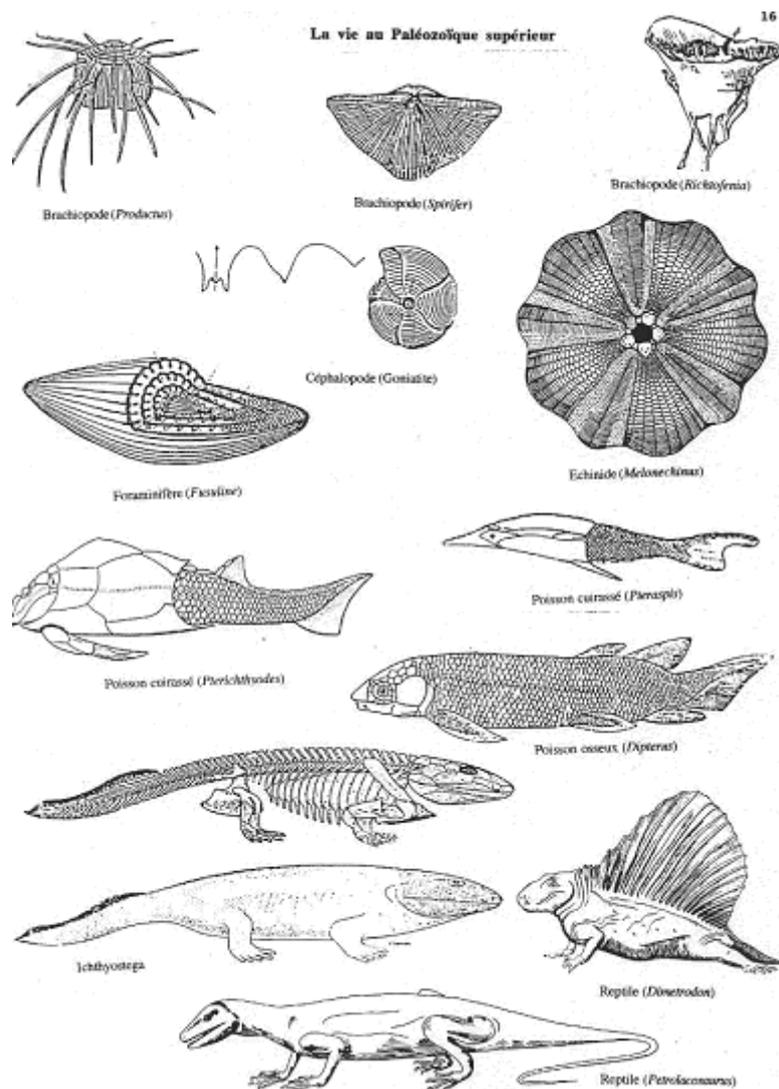
Dans les schistes de Burgess, on trouve Pikaia que l'on considère comme procordé. Les premiers vertébrés sont connus à la fin du paléozoïque inférieure ; par exemple, au silurien on a les agnathes, des poissons cuirassés (carapace osseuse).

* Sur Terre : à la fin du paléozoïque inférieure, on trouve les premiers fossiles continentaux de flore : ptéridophytes primitifs sans racine différenciée (et arachnides).

B\ Le paléozoïque supérieur : 410-250 millions d'années.

1\ La vie marine.

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 les poissons. Ce phénomène ne dure toutefois pas longtemps : jusqu'à la fin du dévonien. On peut l'expliquer par le développement de toute la lignée des poissons.

2) En milieu continental : la conquête des continents.

α) Les végétaux.

Deux flores se succèdent : une au dévonien (les psilophitales, dans les marécages) et une au carbonifère et permien (les ptéridophytes et les gymnospermes).

β) Les invertébrés.

Divers groupes gagnent les continents, comme les crustacés géants (2 mètres de long) au dévonien, ils sont dans des eaux saumâtres. Au carbonifère, ils passent dans les eaux douces. Les gastéropodes et les lamellibranches passent aussi en eau douce.

Les myriapodes, insectes (libellules de 80cm, blattes qui n'évolueront plus) et arachnides apparaissent.

3\ Le dévonien.

Dès le dévonien, les poissons gagnent le milieu continental. Parmi les espèces qui franchissent la limite, on trouve : les dipneustes (dipterus) et les crossoptérygiens (nageoires articulées).

Au dévonien supérieur, les crossoptérygiens donnent naissance aux amphibiens par un animal intermédiaire qui est inconnu (appelé Ichtyostéga). Les amphibiens sont encore assujettis à la vie aquatique.

4\ Carbonifère et Permien.

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 théroïdés ou reptiles mammaliens qui donneront les mammifères.

III\ La vie au mésozoïque (Trias – Jurassique - Crétacé), 250MA-65MA.

Les continents étaient largement recouverts par des mers peu profondes. Ces eaux étaient chaudes (10°C de plus que maintenant) et riches en ions (éléments chimiques). Le climat était donc doux et peu contrasté.

→ Les conditions étaient très favorables à la vie.

A\ Vie marine très florissante.

Les algues et les protistes prolifèrent. Le plancton était très abondant. On va avoir un développement de nouveaux coelentérés (hexacoralliaires), de nouvelles pousses évolutives chez les mollusques (lamellibranches) adaptés à la vie récifale (rudistes).

On observe aussi le développement de nouveaux céphalopodes : ammonites et bélemnites. Le phénomène arrive chez les brachiopodes et les échinides irréguliers).

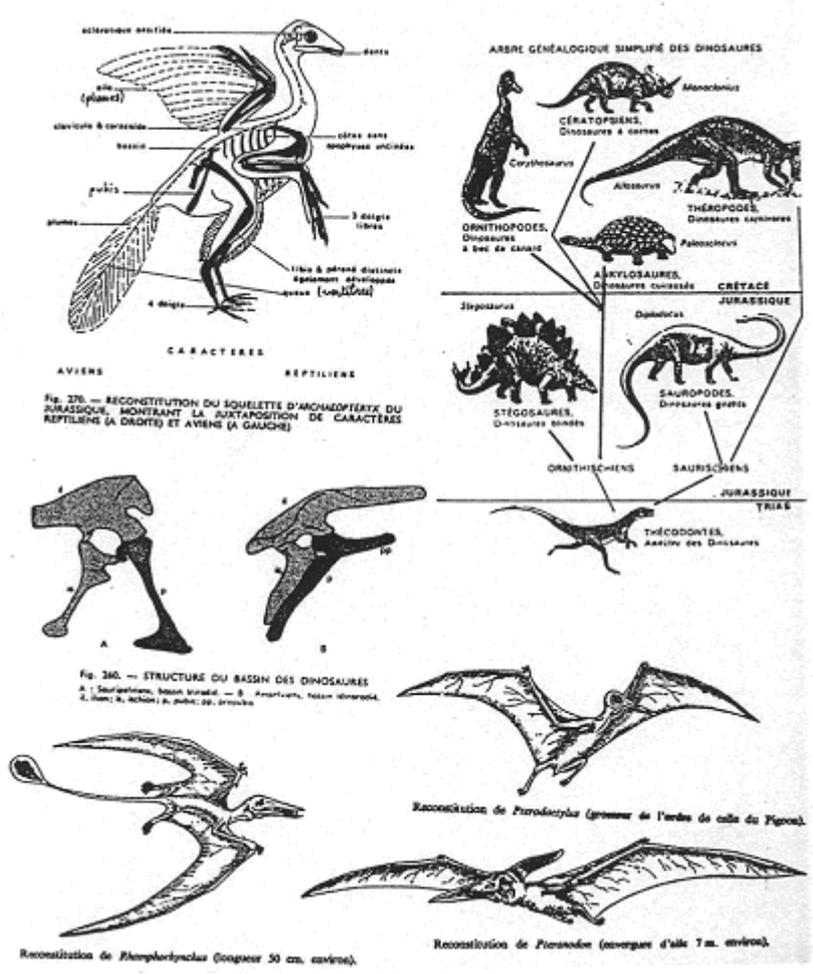
Les poissons sont très proches de ce qu'ils sont actuellement.

B\ Vie continentale.

On assiste à un renouvellement de la flore.

Les ptéridophytes régressent, les gymnospermes dominent et les angiospermes apparaissent au jurassique supérieur.

Le mésozoïque voit principalement le développement des grands reptiles avec les dinosauriens.



Les dinosauriens vont se diviser en deux lignées :

- Les sauripélviens : à bassin triradié.
- Les avipélviens : bassin tétradié (+ le pré-pubis).

Les reptiles peuplent les mers mais aussi les airs (ptérosaurosiens).

Au jurassique supérieur, les dinosauriens triradiés donnent naissance aux oiseaux. L'animal intermédiaire est archéoptéryx. On n'en a trouvé que 6 dans le monde, et tous en Bavière. Les écailles donnent les plumes.

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

IV\ Vie au cénozoïque : éocène, oligocène, miocène, pliocène (-65MA à presque actuel).

La vie est profondément renouvelée. On le voit particulièrement en milieu marin : On peut aussi observer un épanouissement des gastéropodes. Les brachiopodes régressent et sont remplacés par les lamellibranches. Les céphalopodes sans coquille externe prennent la place des ammonites et des bélemnites.

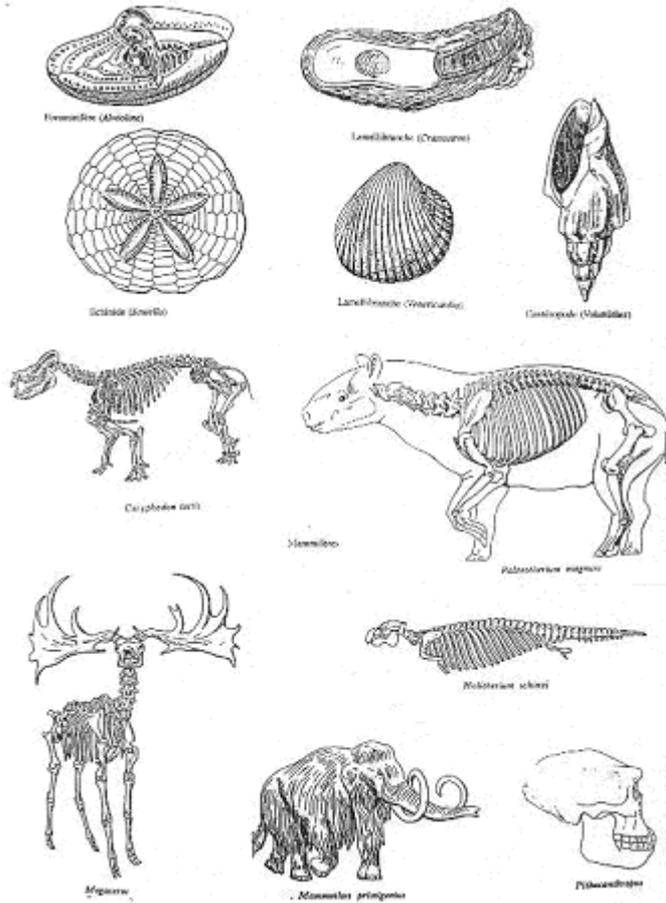
De plus, on voit une diversification des échinides et une apparition de nouveaux foraminifères comme les alvéolines et les nummulites.

En milieu continental, on observe une diminution des gymnospermes au profit des angiospermes. C'est l'ère des mammifères et les reptiles sont en forte régression.

On peut observer deux faunes successives :

- Une au début du paléocène : faune archaïque sans descendance.
- Dès l'éocène, il y a explosion de toutes les lignées actuelles.

Il ne faut pas oublier **l'apparition des hominidés (pliocène)** et l'épanouissement des oiseaux.



Conclusion.

- Les grands groupes apparaissent dans un ordre de complexité croissante (différent de la diversité).
- Tous les grands groupes d'invertébrés sont connus au primaire.
- L'évolution des vertébrés se réalise en totalité au cours du phanérozoïque.
- Des formes intermédiaires existent entre les groupes de vertébrés. Cela prouve qu'il y a continuité dans l'évolution.
 - Les formes marines précèdent toujours les formes continentales que ce soit à l'échelle de la vie ou de chaque groupe.
 - Les périodes d'expansion des divers groupes se succèdent dans le même ordre que leur apparition. On trouve les relais : gymnospermes → angiospermes, brachiopodes → lamellibranches, reptiles → mammifères.

À chaque ère ou sous-ère géologique correspond un peuplement spécifique. Une ère est un renouvellement biologique majeur. Mais il reste le problème des crises biologiques.