

3 LES GRANDES ÈRES GÉOLOGIQUES

Les fossiles ne constituent des données historiques fiables que dans la mesure où on peut les dater. Emprisonnés dans des sédiments, les organismes fossilisés restent figés dans le temps. La sédimentation n'est pas un processus continu : elle s'effectue par intervalles, à mesure que le niveau de la mer fluctue ou que les lacs et marais s'assèchent et se remplissent. Même en un site submergé, la vitesse de la sédimentation et les types de particules sédimentaires varient. Les fossiles emprisonnés dans chaque couche représentent un échantillonnage local des organismes qui existaient à l'époque où les particules ont sédimenté. Il arrive que l'on puisse établir une corrélation entre les strates d'un site et celles d'un autre site, grâce à la présence de fossiles semblables, ou fossiles stratigraphiques.

Après avoir étudié un grand nombre de sites, les géologues ont établi la **succession des périodes géologiques**. Ces périodes sont regroupées en quatre ères:

- **Le Précambrien,**
- **Le Paléozoïque,**
- **Le Mésozoïque,**
- **Le Cénozoïque.**

Les transitions se matérialisent par des **radiations explosives** de nouvelles formes vivantes faisant suite à des **extinctions massives**.


Ere	Epoque/Période	Age	Evénements marquants (âge en millions d'années)
TERTIAIRE Cénozoïque	Quaternaire	1,75 - 0	Apparition de l' <i>Homo sapiens</i> & de l' <i>Homo erectus</i>
	Pliocène	5,30 - 1,75	Apparition de l' <i>Homo habilis</i>
	Miocène	23,5 - 5,30	3,2 : Lucy (<i>Australopithecus afarensis</i> - Ethiopie) 7 : Plus ancien fossile d'hominidé (Toumaï, Tchad)
	Oligocène	33,7 - 23,5	Chaîne alpine
	Eocène	65 - 33,7	Grande diversification des mammifères
	Paléocène	65 - 53	65 : 5 ^e Grande extinction (disparition de 65% des espèces)
SECONDAIRE Mésozoïque	Crétacé	135 - 65	135 : Apparition des angiospermes (plantes à fleurs)
	Jurassique	203 - 135	150 : Apparition des oiseaux (<i>Archaeopteryx</i>)
	Trias	250 - 203	215 - 203 : 4 ^e Grande extinction : disparition de 75% des espèces 220 : Apparition des dinosaures 230 : Apparition des mammifères
PRIMAIRE Paléozoïque	Permien	295 - 250	250 : 3 ^e Grande extinction : disparition de 95% des espèces
	Carbonifère	355 - 395	Apparition des premiers animaux terrestres (reptiles)
	Dévonien	410 - 355	355 : 2 ^e Grande extinction : disparition de 75% des espèces 365 : Apparition des tétrapodes («poissons à pattes»)
	Silurien	435 - 410	430 : Premiers fossiles de végétaux terrestres
	Ordovicien	500 - 435	435 : 1 ^{re} Grande extinction : disparition de 85% des espèces 450 : Apparition des insectes 460 : Premiers fossiles de vertébrés à mâchoires (poissons)
	Cambrien	540 - 500	535 : Premiers fossiles de mollusques 540 - 500 : Explosion de la vie : apparition de presque tous les embranchements modernes
PRECAMBRIEN	Protérozoïque	2500 - 540	565 - 545 : Radiation d' <i>Ediacara</i> : apparition d'animaux étranges, de grande taille 570 : Premiers fossiles d'organismes à symétrie bilatérale 2100 : Premiers organismes macroscopiques (visibles à l'œil nu) La lignée évolutive qui mène aux plantes devient distincte de celle des animaux et des champignons
	Archéen	4550 - 2500	2680 : Premiers eucaryotes (organismes à cellule dotées d'un noyau) 3450 : Les plus anciens fossiles connus : les stromatolithes 3850 : Les plus anciens indices géochimiques de la vie sur Terre Vers 4400 : Formation de la Lune par l'impact d'une protoplanète avec la Terre

Tableau 3 : Les grandes ères géologique

3.1 Le Précambrien

Le Précambrien s'étend des origines de la Terre jusqu'à -570 millions d'années. Sa durée est de 4 milliards d'années environ. Le précambrien est l'immense durée qui s'est écoulée entre la formation de la terre et le début des temps fossilifères. Son histoire est peu connue, car les traces d'organismes vivants y sont rares. C'est pendant la période du précambrien que se sont produit les événements les plus déterminants de l'histoire géologique du monde.

- Vers - **4500 millions d'années** s'est achevée, pour l'essentiel, la différenciation par gravité des divers constituants de notre planète, les plus lourds se rassemblant au milieu et les plus légers en surface.
- Vers - **4000 millions d'années** (suite à un long refroidissement terrestre) s'est formée la croûte primitive et se sont constitués les premiers océans.
- Vers - **3800 millions d'années**, les premiers êtres vivants sont apparus dans les océans. Aujourd'hui les chercheurs pensent qu'ils sont nés dans l'obscurité, dans le fond de l'océan autour des sources d'eau chaude chargé de soufre et de métaux dissouts.
Lorsqu'elles sont arrivées à la surface de l'eau, ces **cellules primitives** (cyanobactéries anciennement appelées algues bleues) ont mis au point, la **photosynthèse**.

- - **3500 millions d'années** apparaissent des constructions calcaires particulières : les **stromatolithes** (roches) qui sont le résultat de **l'activité photosynthétique des cyanobactéries**. Celles-ci forment un feutrage de filaments collés sur un support. Elles **libèrent de l'O₂ et absorbent du CO₂** qui provoque la précipitation du carbonate de calcium (calcaire) formant une concrétion au contact des filaments. Cet édifice s'accroît ainsi progressivement par l'addition de couches successives. **L'oxygène formé grâce à la photosynthèse quitte le milieu aquatique sous forme de gaz, et s'échappe pour enrichir l'atmosphère primitive**. Les communautés qui forment ces roches se cantonnaient alors à des niches écologiques isolées, entre autres les milieux marins peu profonds et plutôt très salés, peu propices aux autres organismes. Ces roches se rencontrent dans des sédiments de tout âge.
- 
- Vers **-1500 millions d'années**, l'oxygène produit par les stromatolithes, se change en **ozone** qui progressivement **protégera la surface terrestre des rayons ultraviolets nocifs** et permettra à la vie de s'installer sur les continents.
 - Vers **-600 millions d'années**, la **photosynthèse de plus en plus abondante** enrichit l'atmosphère en oxygène. Les **premiers peuplements d'invertébrés marins**, encore dépourvus de squelette ou de carapace se sont développés.

3.2 Le Paléozoïque (ère primaire)

L'ère paléozoïque (ou primaire) marque le début des **temps fossilifères**. Sa durée est d'environ 300 millions d'années, de -545 à -245 millions d'années. Sa limite inférieure correspond à l'apparition de la presque totalité des embranchements d'animaux connus actuellement (**explosion cambrienne**) et sa limite supérieure exprime une extinction majeure ayant contribué au renouvellement de la faune et de la flore.

L'ère paléozoïque est subdivisée en:

- Paléozoïque **inférieur**: *Cambrien, Ordovicien, Silurien*
- Paléozoïque **supérieur**: *Dévonien, Carbonifère, Permien*

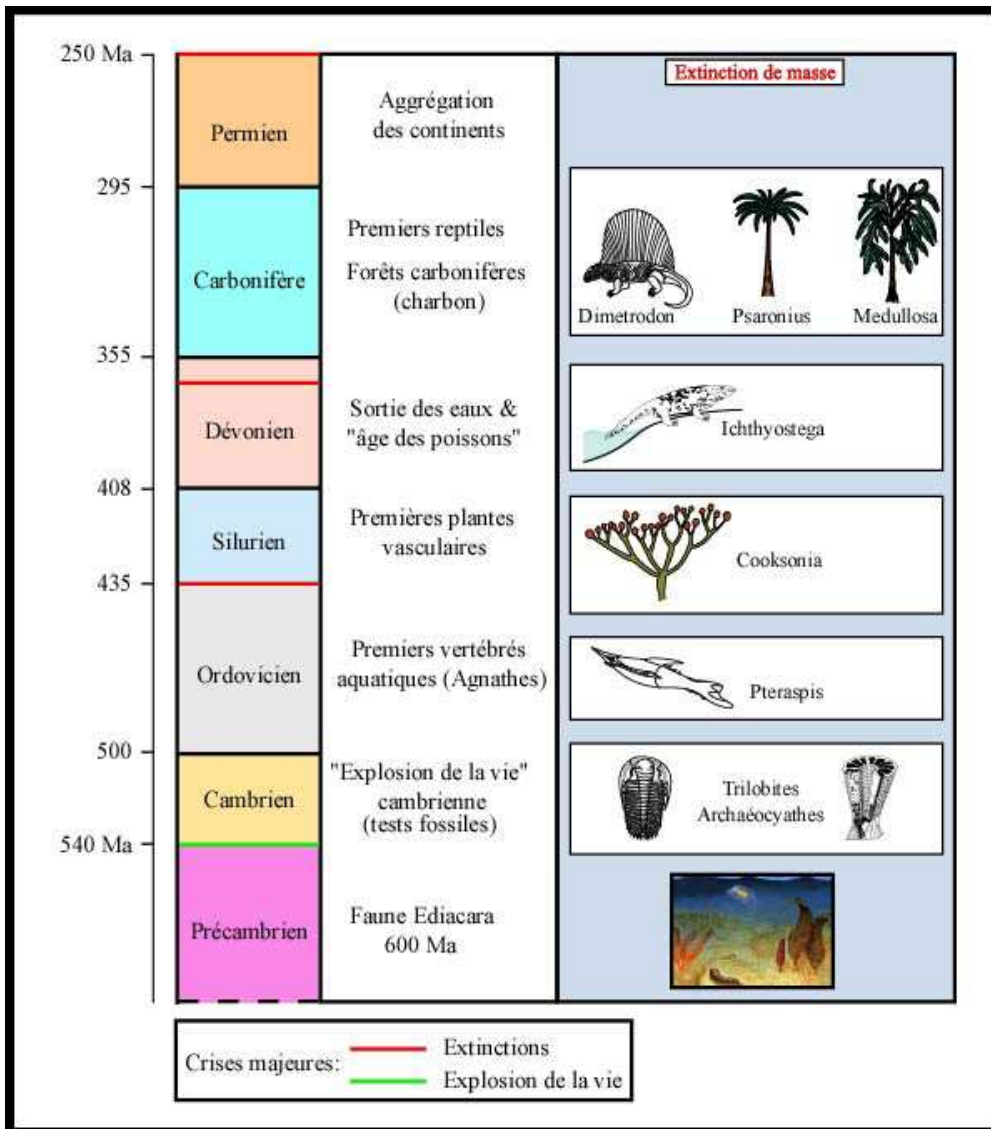
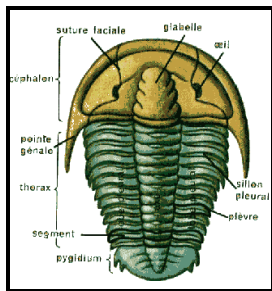


Figure 18 : Les subdivisions de l'ère primaire

- **Cambrien** est caractérisé par la conservation des **premiers invertébrés à tests calcaires** (squelette externe : carapace, coquilles);

Exemples : les trilobites, nautiloïdes.



Trilobite



nautilite fossile

- **Ordovicien** est caractérisé par l'apparition du squelette interne des **premiers « poissons » primitifs** (les agnathes) ;
- **Silurien** est caractérisé par le développement des **premières plantes** et la **colonisation des terres émergées** (mousses) ; les poissons avec mâchoires apparaissent.
- **Dévonien** est caractérisé par l'apparition des **poissons cartilagineux** suivis des **poissons osseux**, la **colonisation des milieux terrestres par les animaux** :
Insectes et autres arthropodes, poissons ayant des pattes d'amphibiens (ex. Ichtyostéga).



Figure 19 : Ichtyostéga

Ichtyostega, fait le lien entre les Poissons et les Amphibiens. Son squelette s'est adapté à la vie terrestre, il permet de lutter avec efficacité contre la pesanteur. La surface musculaire est renforcée et les articulations des membres permettent au tronc de se surélever facilement et sans perte d'énergie inutile, au-dessus du sol. Les Amphibiens se développent particulièrement autour des zones humides, en raison d'une moindre dépendance à l'élément liquide (qui ne devient indispensable que pour la reproduction).

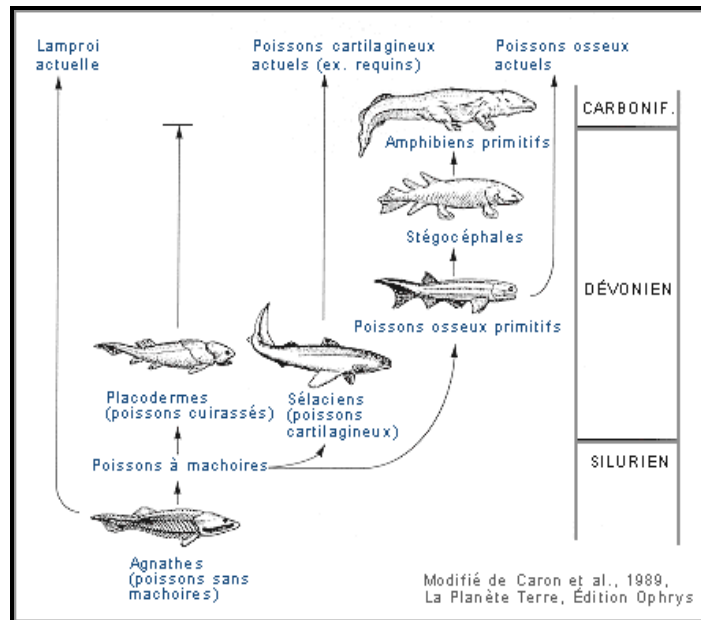


Figure 20 : L'évolution des poissons

- **Carbonifère** est caractérisé par la **prolifération des forêts** (fougères et premiers gymnospermes) et la conservation de la mémoire du charbon, insectes géants (libellules), **premier reptile**.
- **Permien** est, lui, caractérisé par l'assemblage du mégacontinent **Pangée**. Les reptiles y sont nombreux et supplantent les amphibiens.
A la fin du Permien, une véritable hécatombe décime les espèces. Ses causes restent encore inconnues, mais les effets sont là : la vie paléozoïque est balayée. Des genres répandus comme les trilobites disparaissent à cette époque. Le champ est libre pour que les nouveaux groupes du mésozoïque puissent évoluer.

3.4 Le Mésozoïque

Le Mésozoïque s'étend de -225 à -65 millions d'années. L'ère secondaire est marquée par **l'apogée des reptiles et l'apparition des oiseaux et des mammifères**.

✓ **Vie marine très florissante.**

Cette ère se caractérise par l'abondance d'une faune **d'invertébrés aquatiques**. Les **algues** et les **protistes** prolifèrent. La vie marine est caractérisée par le développement et l'évolution très rapides des protozoaires, l'apparition de nouvelles formes de coraux, de **mollusques**.

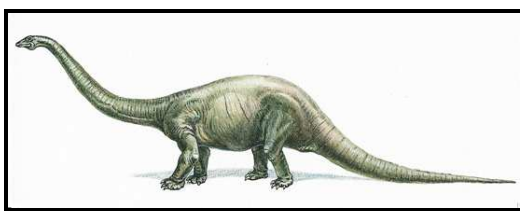
Les **poissons** sont très proches de ce qu'ils sont actuellement.

✓ **Vie continentale.**

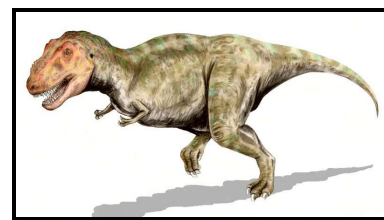
Le mésozoïque voit principalement le développement des **grands reptiles avec les dinosauriens** qui supplantent les batraciens et les poissons, envahissant les diverses niches écologiques. Les reptiles peuplent les mers mais aussi les airs.

Dans le monde végétal, **les conifères** dominèrent pendant la première partie de l'ère, tandis que **les plantes à fleurs (angiospermes)**, dont les arbres à feuilles ressemblant à ceux que nous connaissons, firent leur apparition plus tard. On assiste à un renouvellement de la flore.

- **TRIAS** (durée : 40 millions d'années), les dinosaures n'étaient pas les animaux dominants et étaient concurrencés par d'autres reptiles, comme les **reptiles mammaliens**, les **archosauriens** (crocodiles et tortues), **les reptiles marins** (Nothosaures, ichthyosaures), **les reptiles volants**. Pendant cette période, les dinosaures prenaient la place de leurs propres ancêtres, **les thécodontes**, pour devenir les vertébrés terrestres dominants du Mésozoïque.
- **JURASSIQUE** a vu l'explosion de la **famille des dinosaures** qui dominèrent la terre pendant 165 millions d'années. Certaines formes atteignaient parfois 30 mètres de long et pesaient plusieurs milliers de tonnes, avec une dominance des grands **Sauropodes**, lourds quadrupèdes herbivores au long cou et des **Théropodes** (carnivores).



Sauropode (diplodocus)



Théropode (tyrannosaure)

Les Reptiles marins prennent également beaucoup d'essor. Deux formes se dégagent : ceux possédant un long cou (Plésiosaures) et ceux qui possèdent un cou très court (Pliosaures). Les Ichtyosaures se diversifient énormément, et prennent l'équivalent de la niche écologique des dauphins actuels.



ichtyosaure



plésiosaure



pliosaure

Les reptiles volants se diversifient. **L'aile des ptérosaures** était constituée d'un repli de peau tendu sur le quatrième doigt démesuré de la main.

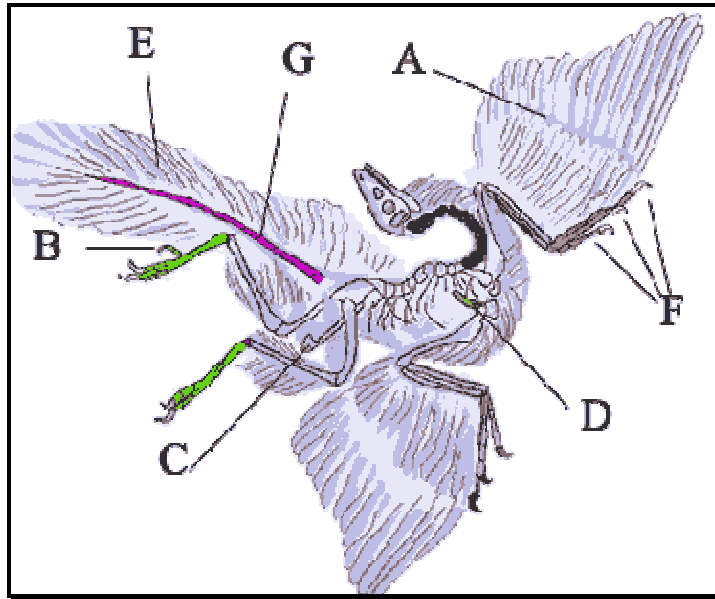


Ptéranodon

Au jurassique supérieur, certains dinosauriens donnent naissance aux **oiseaux**. L'animal intermédiaire est **archéoptéryx**. Il possède certaines caractéristiques des oiseaux et d'autres caractéristiques qui le rapprochent des reptiles. On n'en a trouvé que 6 dans le monde, et tous en Bavière.



L'archéoptéryx



- A. Ses **ailes** remarquablement développées, similaires à celle des oiseaux volants modernes
- B. La position basse de son **orteil** retourné, les pattes à 3 doigts opposés à l'orteil retourné (dirigé vers l'arrière)
- C. **Bassin** (ischion et pubis) orientés vers l'arrière
- D. Absence de bréchet véritable, mais peut-être en "ébauche", avec un sternum formé par la jonction des 2 clavicules sur lequel venaient s'insérer les muscles de vol.
- E. L'alignement des rectrices (grandes plumes de sa queue) à raison d'une paire par vertèbre (et non pas en éventail comme chez les oiseaux actuels).
- F. Les ailes pourvues de 3 doigts griffus, chacun bien séparé des autres (contrairement aux oiseaux actuels chez qui ils sont partiellement soudés).
- G. Une longue queue osseuse : 25 vertèbres présacrées libres, 6 vertèbres dans la région sacrée et une vingtaine non soudées dans la queue (la queue des oiseaux modernes est réduite à un "moignon", le pygostyle).

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

La flore était toujours dominée par les gymnospermes comme au [Trias](#), mais avec une répartition plus égale entre les deux hémisphères.

- **CRETACE**, les Sauropodes, sans disparaître, s'effacent et il y a multiplication des formes et des espèces de dinosaures. La fin du Crétacé marque la fin des dinosaures. En effet, il y a 65 MA, la plupart de ces animaux disparurent lors d'une **extinction massive**. Une hypothèse qui tente d'expliquer cette extinction évoque une catastrophe planétaire due à la chute d'une météorite de 1000 milliards de tonnes, car un taux anormalement élevé d'iridium trouvé dans les couches géologiques correspond au temps de l'extinction des dinosaures.

3.5 Le cénozoïque (ères tertiaire et quaternaire)

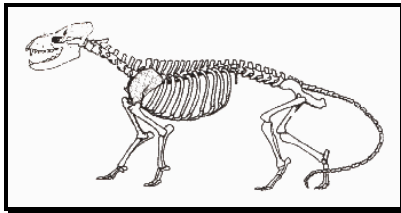
Le Cénozoïque s'étend de -65 millions d'années à aujourd'hui.

- **Ere tertiaire**

Cette ère, de 65 à 2 millions d'années, va commencer avec seulement un quart des espèces survivantes. Cette ère qui succède aux dinosaures et autres reptiles, permet aux **mammifères** de réaliser des poussées évolutives très marquées. Les niches écologiques, laissées libres par leurs prédécesseurs dinosauriens sont reconquises par les petits mammifères en moins de 10 millions d'années.

Les **mers**, débarrassées des grands reptiles aquatiques, sont toujours occupées par les poissons qui survivent en compagnie de nombreux céphalopodes (pieuvres, calamars, seiches et nautilus) et de moules, d'huîtres et d'autres bivalves. Les Poissons et plus particulièrement les requins et les raies sont très bien représentés dans les différents dépôts fossilifères de l'Ere Tertiaire.

Sur la **terre** ferme, les mammifères vont remplacer eux aussi progressivement les grands dinosaures. Parmi eux, les Mésonychidés, qui ont une morphologie adaptée à leur environnement, sont les maîtres des rivages. Quadrupèdes de taille moyenne, à la peau recouverte de poils, leurs pattes à cinq doigts ne sont pas armées de griffes mais d'ongles robustes. C'est de l'eau qu'ils vont tirer l'essentiel de leur subsistance : poissons, amphibiens, crustacés.

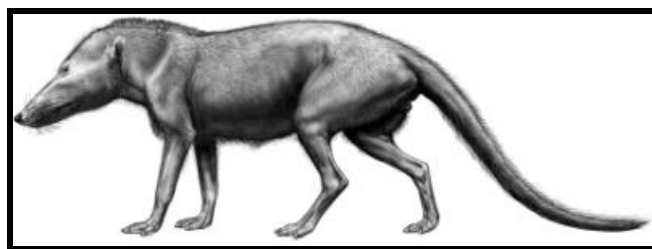


Mésonyx



L'évolution des Mésonychidés en Cétacés pourrait en quelque sorte être assimilée au repli stratégique d'une branche animale décidée à survivre face à des prédateurs mieux armés. Ainsi, le mode de vie du **Mésonyx**, dont la forme générale rappelle celle d'un chien de grande taille au museau allongé, pouvait éventuellement être comparé à celui des loutres actuelles. Progressivement, les différentes parties du corps vont s'adapter à un mode de vie aquatique : les narines sont devenues des évents, les membres postérieurs (pattes arrières) ont disparu pour faire place à la queue et les membres inférieurs (pattes d'en avant) se sont transformés en nageoires pectorales.

Il y a 55 millions d'années, il y eut une modification spectaculaire et " rapide " de la morphologie de ces ancêtres des Cétacés. Certains fossiles vont attester de ces mutations : **le Pakicetus**, dont le crâne révèle la présence d'une bulle tympanique, est bien la preuve d'une adaptation de l'ouïe à la vie marine ; **l'Ambulocetus**, sorte de loutre géante vieille de 52 millions d'années, mesure jusqu'à 3 mètres et pèse 300 kg.



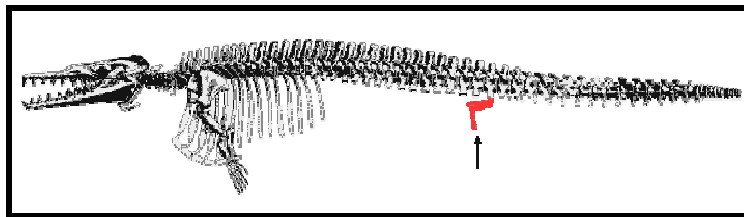
Pakicetus



Ambulocetus

Ces ancêtres vont coloniser la Téthys, vaste mer qui s'étend de Gibraltar jusqu'au Golfe Persique (l'actuelle Méditerranée). Ce n'est qu'entre 45 et 40 millions d'années que certains d'entre eux vont s'affranchir de la proximité du rivage pour conquérir les mers.

Exemple : le Zygorhiza, squelette découvert aux Etats Unis).



Zygorhiza

Ces os (flèche) sont les pattes arrière que possédaient les ancêtres des cétacés actuels. Peu fonctionnels sur terre et inutiles dans l'eau car trop petits, ces membres postérieurs témoignent de la vie terrestre de leurs ancêtres et de leur récent retour vers l'eau (récent géologiquement parlant...). Tout le reste du squelette illustre les analogies entre ces cétacés primitifs et leurs descendants actuels, les baleines et les dauphins. C'est donc un chaînon entre ses ancêtres terrestres et ses descendants actuels exclusivement aquatiques, les cétacés (baleines, cachalots, marsouins, orques, dauphins).

Les Insectes poursuivent également leur progression, peu après le grand cataclysme du Crétacé, la quasi totalité des ordres d'Insectes connus à ce jour sont déjà présent (moins de dix millions d'années après le Crétacé). **Les Oiseaux** eux aussi se diversifient énormément, de nombreux essais qui resteront sans descendance naissent et disparaissent, mais de nombreux autres prennent de nouvelle direction, Rapaces, Echassiers, Passereaux,... enchaînent les succès évolutifs. **Les Végétaux** sont surtout marqués par l'apparition de l'herbe au Miocène, les Mammifères herbivores en suivent les lignées en s'adaptant au niveau dentaire.

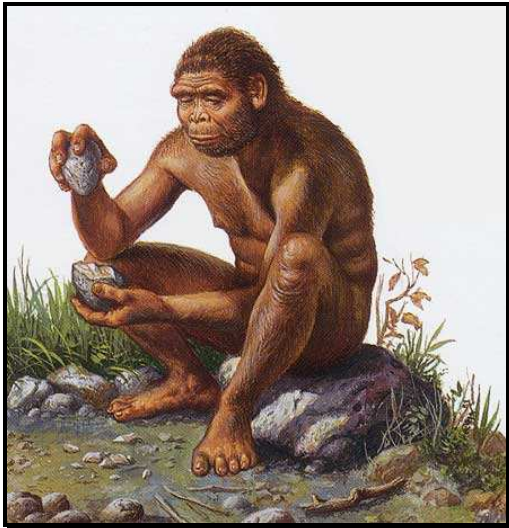
- **Le Quaternaire**

L'ère Quaternaire n'a pas la même échelle que les autres, et n'est envisagée que pour rendre justice à l'apparition de l'Homme. L'ère Quaternaire fait suite au Pliocène de l'ère Tertiaire, il débute il y a environ 1,8 Millions d'années et se poursuit de nos jours.

A partir du début du Pléistocène, il y a 2 millions d'années, alors que les brusques changements de climat bouleversaient la flore et la faune terrestres, les espèces purement marines n'évoluaient plus que de manière secondaire. A peu de chose près, les baleines et les dauphins tels qu'ils sont de nos jours sillonnaient déjà les mers de l'époque.

Durant ces différentes périodes l'Europe est régulièrement soumise à des climats Sibériens. Les amateurs de fossiles connaissent principalement les fossiles de l'ère Quaternaire par les restes d'Animaux géants, comme les mammoths (plusieurs espèces), bison, cerf géant, rennes, ours, baleine, et quelques coquilles terrestres ou aquatiques annonçant des périodes alternées.

C'est sur la terre ferme que va se produire l'événement le plus considérable. Un singe, l'Australopithèque, va commencer à fabriquer des outils rudimentaires. **L'Homo habilis** était né. C'est à cette période que l'Humanité prend enfin sa destinée en main et commence à se diversifier et évoluer vers les hommes modernes, son expansion à travers la planète lui assure une diversité biologique unique pour une espèce, dont la durée d'évolution est au regard de l'histoire de la Terre très courte.



Homo habilis