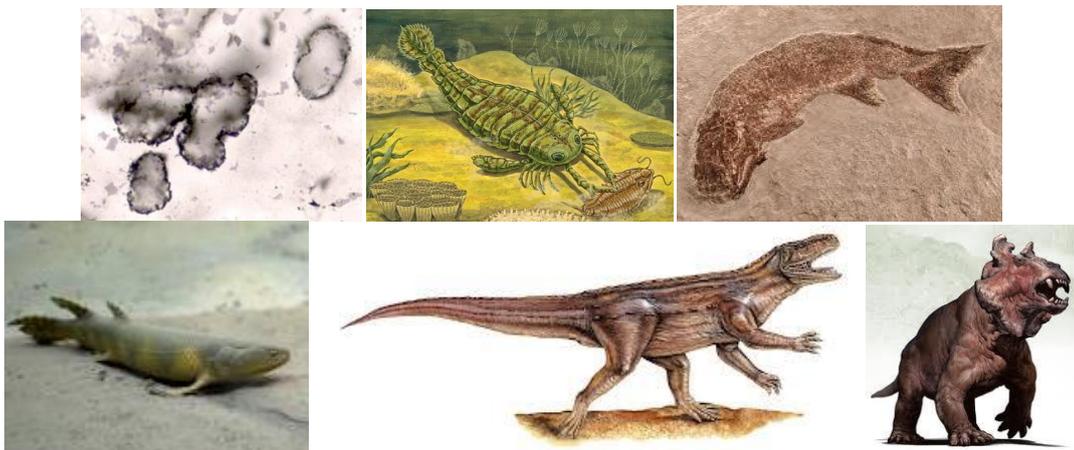


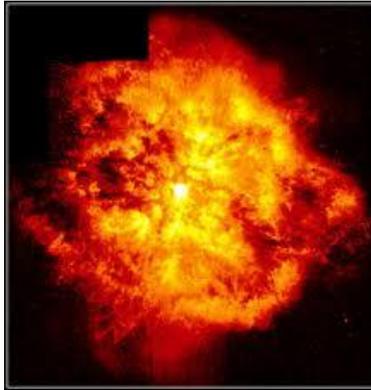
Du Big-bang aux dinosaures



Du Big Bang à la naissance du système solaire

Le Big Bang : la naissance de l'Univers

Selon la plupart des scientifiques, l'Univers est né il y a 13,7 milliards d'années lors d'une gigantesque explosion : le Big Bang.



Représentation imaginaire du Big-bang

On ne peut pas imaginer le Big Bang : la température, par exemple, était élevée à l'infini ! Ce qu'il y avait avant le Big Bang est totalement inconnu.

De 0 à 1 seconde après le Big Bang, une énorme énergie est libérée. Le temps et l'espace apparaissent. L'Univers s'étend très rapidement. Il ressemble alors à une « soupe » très dense et très chaude.

380 000 ans après le Big Bang, les premiers atomes se forment. Ce sont les petits éléments qui constituent la matière. L'Univers devient transparent.

1 milliard d'années après le Big Bang, la matière commence à former des étoiles puis des galaxies partout dans l'Univers.

En s'étendant, l'Univers refroidit peu à peu.

La naissance du système solaire

Il y a 10 milliards d'années, un énorme nuage fait de gaz et de poussières se forme dans l'Univers : la nébuleuse solaire.



Une nébuleuse

Cet énorme nuage s'effondre il y a 4,6 milliards d'années et prend la forme d'un disque aplati en rotation.



Effondrement de la nébuleuse solaire

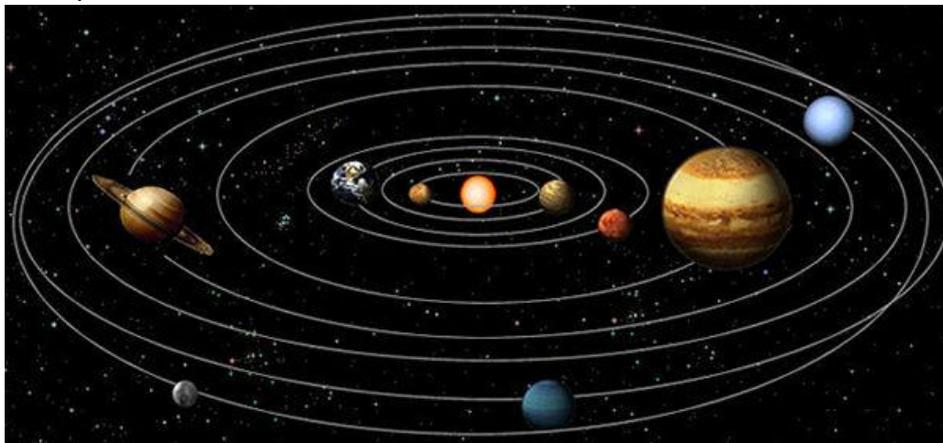
La température augmente beaucoup et une étoile apparaît au centre du nuage : le Soleil. Dans le nuage, des poussières se rapprochent les unes des autres et forment des blocs de roches de plus en plus gros.



Formation du Soleil et de planétoïdes

Tous ces blocs de roche entrent en collision.

Il y a 4,5 milliards d'années, ils forment les planètes (dont la Terre) et le système solaire prend la forme que nous lui connaissons.



Le système solaire (l'échelle des tailles et des distances n'est pas respectée)

De la naissance de la Terre à l'apparition de la vie

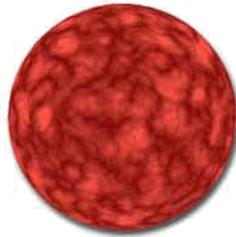
Une boule de feu qui se refroidit

La Terre commence à se former il y a 4,5 milliards d'années. C'est l'âge que donnent les météorites, témoins des premiers temps du système solaire.

Pendant une centaine de millions d'années, des astéroïdes s'agglutinent les uns aux autres, attirés par les forces de gravitation. Les éléments radioactifs qu'ils contiennent se désintègrent et produisent d'énormes quantités de chaleur. Les collisions des météorites augmentent encore la chaleur de la surface de la Terre.

Tournant sur elle-même dans l'espace, la planète constituée d'un magma de roche fondue prend peu à peu la forme d'une sphère.

Les éléments lourds comme le fer et le nickel « tombent » vers le cœur pendant que les éléments plus légers, silicium ou aluminium, s'accumulent à la surface.



Représentation symbolique de la Terre il y a 4,5 milliards d'année

La surface se refroidit peu à peu et se solidifie, mais cette croûte terrestre est sans cesse brisée par des astéroïdes géants et d'énormes éruptions volcaniques.



La Terre il y a 4 milliards d'années (vue d'artiste)

L'apparition de l'atmosphère

De l'hydrogène, de l'argon, du néon se dégagent des roches en fusion. La quasi-totalité de ces gaz se perdent rapidement dans l'espace, balayés par les vents solaires.

Les volcans émettent des quantités prodigieuses d'autres gaz qui constituent une deuxième atmosphère plus stable. Elle est essentiellement composée d'azote, de dioxyde de carbone (CO₂) et de vapeur d'eau ; elle contient également du dioxyde de soufre, de l'ammoniac, du méthane et des oxydes d'azote mais pratiquement pas d'oxygène. L'atmosphère primitive de la Terre est irrespirable.

L'apparition des océans

Pendant 500 millions d'années, la température de l'atmosphère reste probablement supérieure à 100°C. Dans cette fournaise, l'eau n'est présente que sous forme de vapeur (gaz).

Puis les chutes de météorites deviennent moins fréquentes et la Terre se refroidit. La vapeur d'eau se condense et tombe en pluie. L'eau s'est rassemblée dans les creux : les océans se sont remplis et les continents sont apparus il y a un peu moins de 4 milliards d'années.

Mais les autres gaz de l'atmosphère réagissent et enrichissent la pluie en acides (carbonique, nitrique et sulfurique) qui attaquent les roches des jeunes continents (c'est la raison pour laquelle, les océans sont salés).

Les comètes ont probablement aussi joué un rôle important dans l'accumulation de l'eau car elles sont en grande partie constituées de glace : en tombant sur notre planète, elles ont non seulement apporté de l'eau mais aussi des composés organiques qui ont peut-être joué un rôle dans l'apparition de la vie...



La Terre primitive (Nasa)

H₂O

L'eau est un élément essentiel pour tous les êtres vivants. C'est une molécule toute simple, constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, mais elle est dotée de propriétés étonnantes. C'est notamment un prodigieux solvant, dans lequel toutes sortes de composés peuvent se dissoudre et participer à des réactions chimiques.

Les chimistes ne connaissent aucun composé qui aurait pu remplacer l'eau lors de la naissance de la vie.

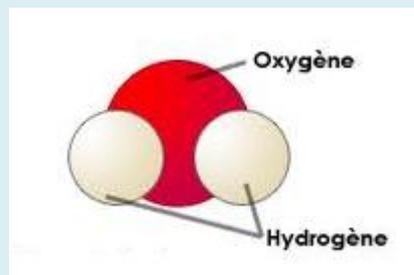


Schéma de la molécule d'eau

L'apparition de la vie

On ne sait pas encore très bien comment la vie est apparue sur Terre.

Il y a 4 milliards d'années, la Terre était très différente. Son atmosphère contenait de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO_2) et d'azote (N_2) avec un peu de méthane (CH_4) et de dioxyde de soufre (SO_2) ; carbone (C), azote (N), oxygène (O), hydrogène (H) et soufre (S) : les principaux éléments de la matière organique (matière qui constitue les organismes vivants) sont présents.

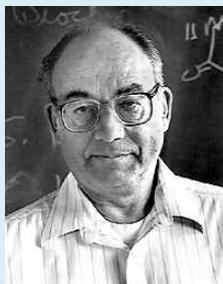
Les chimistes ont recréé cette atmosphère primitive dans des tubes de verre qu'ils ont soumis à des lampes à ultraviolets (pour simuler la lumière du Soleil) et à des décharges électriques (pour simuler les éclairs des orages). Ils ont vu apparaître toutes sortes de molécules typiques des êtres vivants.

Cependant, si ces molécules sont les briques élémentaires de la vie, elles ne sont pas vivantes : aucune cellule n'est encore apparue en éprouvette.

Pour les chercheurs, certaines circonstances ont pu favoriser l'organisation de ces molécules en petites structures sphériques qui auraient formé les premières cellules. Les sources chaudes situées au fond des océans sont considérées comme des lieux possibles d'apparition de ces premières cellules.

Pourtant, il faudra encore de nombreuses expériences pour que l'on comprenne vraiment comment est née la vie.

D'autres chercheurs pensent que des météorites ont pu apporter sur la Terre des molécules organiques qui se seraient ensuite organisées en cellules.



En 1953, Stanley Miller tenta de créer en laboratoire les conditions de la Terre primitive afin de voir si des molécules organiques pouvaient apparaître.

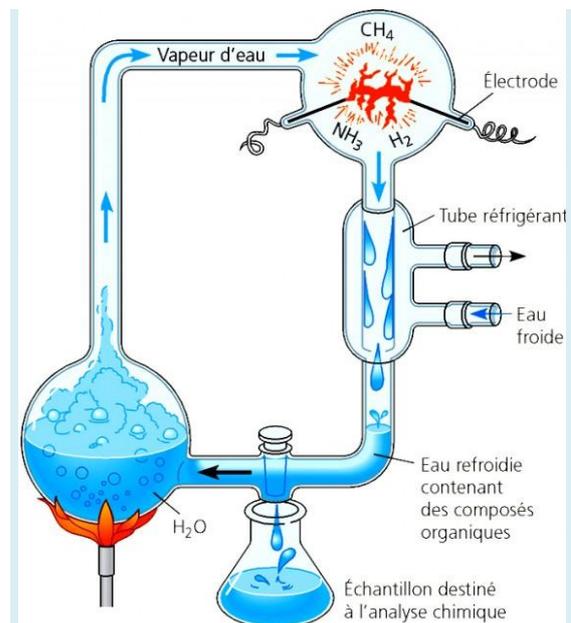


Schéma de l'expérience de Miller

Des premiers êtres vivants aux dinosaures

Les premiers êtres vivants

Les premières formes de vie sont apparues dans les océans et sont de simples bactéries, mais il ne s'agit pas de quelques microbes isolés qui se développent dans un environnement hostile, ce sont des êtres efficaces et prolifiques qui occupent la planète pendant près de 2 milliards d'années, et la transforment peu à peu.

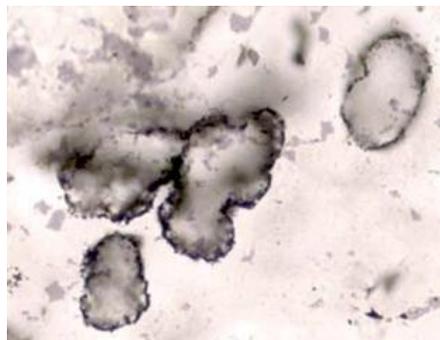
Les plus anciennes roches contenant des fossiles datent de 3,5 milliards d'années, ce sont des stromatolithes (des roches qui se forment sous l'action de bactéries qui déposent des couches successives de calcaire). Elles ont été trouvées en Australie et contiennent des petits fossiles ovales de 0,6 microns : la taille d'une bactérie (1 micron = 1 millième de millimètre).



Stromatolithes modernes



Fossile de stromatolithes



Fossiles des plus anciennes bactéries connues

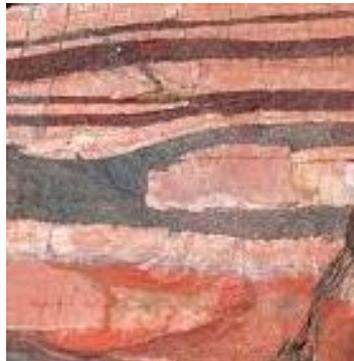
L'oxygène

Il y a 2,4 milliards d'années, un petit changement se produit : les roches montrent qu'à cette époque, le taux d'oxygène atmosphérique commence à s'élever.

Les responsables sont encore des bactéries, mais un peu différentes des autres : jusque là, les bactéries utilisaient comme source d'énergie des éléments minéraux ou la matière des autres bactéries. Les nouvelles bactéries pratiquent la photosynthèse : elles exploitent l'énergie lumineuse du Soleil. Elles rejettent un déchet qui se forme lors de la photosynthèse : l'oxygène.

Dans un premier temps, ce gaz disparaît aussitôt car il réagit avec le fer dissous dans les océans pour former des oxydes de fer (de la rouille). D'énormes masses de roches rougeâtres encore présentes sur les continents témoignent de cette époque.

Quand tout le fer a été oxydé, l'oxygène a commencé à s'accumuler dans l'atmosphère. Ce qui a permis l'apparition de nouvelles bactéries capables de respirer au lieu de fermenter (la respiration est un processus chimique bien plus efficace que la fermentation pour produire l'énergie nécessaire au développement des bactéries).



Couches d'oxydes de fer sur une roche

Associations

Entre -2 et -1,5 milliards d'années, des bactéries s'associent pour former les premières cellules animales et végétales. Ces cellules sont 10 à 100 fois plus grosses que des bactéries. Elles sont munies d'un noyau qui isole l'ADN (le patrimoine génétique) du reste de la cellule. Elles contiennent aussi des bactéries qui trouvent à l'intérieur un environnement protecteur. Certaines de ces bactéries se spécialisent dans la production d'énergie à partir des aliments ingérés par les cellules. D'autres sont capables de pratiquer la photosynthèse : elles apportent aux cellules qui les hébergent le pouvoir d'utiliser l'énergie du Soleil. Ces associations sont si abouties que les bactéries perdent leur individualité et s'intègrent définitivement aux cellules : elles ne pourraient plus vivre seules.

Finalement, nous ne descendons pas d'une bactérie, mais d'une association de plusieurs bactéries.

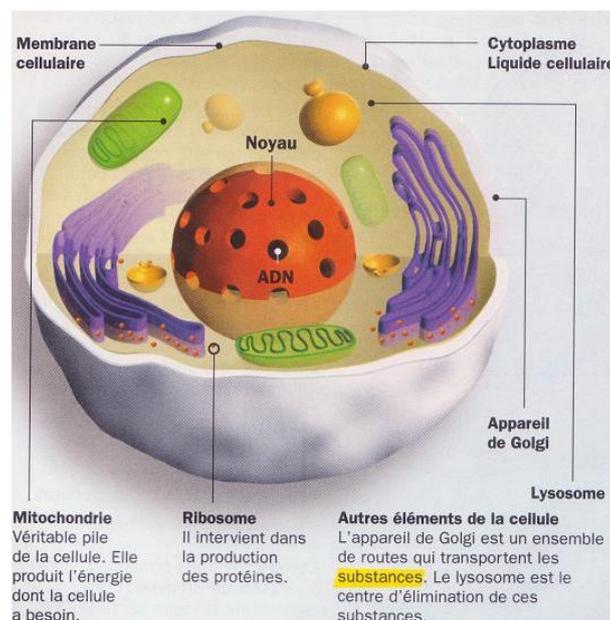
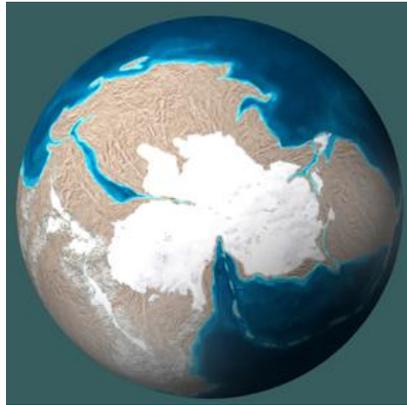


Schéma d'une cellule animale (Mon Quotidien « spécial corps humain » p84)

Un seul continent

Au début de l'ère primaire (il y a 540 millions d'années), il n'existe qu'un unique continent géant, la Rodinia, qui commence à se fracturer.

Le climat global est plus chaud et plus uniforme qu'aujourd'hui, mais il va subir de grands changements du fait des déplacements des continents. Les périodes glaciaires provoqueront de fortes baisses du niveau de la mer. Ces événements joueront un rôle très important dans l'évolution de la faune et de la flore.



La Terre au début de l'ère primaire (vue d'artiste)

Un océan de vie

Il y a 540 millions d'années, les continents sont totalement déserts, sans un animal qui rampe ou vole. En revanche, les mers commencent à se peupler de multitudes d'espèces, d'abord très petites et peu mobiles, puis de plus en plus grandes, avec les premiers prédateurs que la Terre ait jamais connu.

En quelques dizaines de millions d'années, les premiers animaux donnent naissance à tous les groupes qui vont peupler les océans jusqu'à nos jours.

Si nous pouvions passer une épuisette dans les eaux de l'ère primaire, la faune nous semblerait très étrange : nous ne trouverions ni crabe ni crevette, mais des trilobites, des euryptérides et des xiphosures, d'étranges parents des araignées et des scorpions.

Trilobites

Les trilobites sont les principaux arthropodes de l'ère primaire. On en connaît plus de 15 000 espèces différentes, de quelques millimètres à plus de 70 cm de long. La plupart d'entre eux rampaient sur les fonds marins et sur les rochers à la recherche de nourriture (débris, petits animaux...). D'autres nageaient en pleine eau et se nourrissaient de plancton. Ils étaient protégés par une carapace articulée, comme celle des insectes ou des crustacés et ils pouvaient se rouler en boule pour se protéger des prédateurs. Ils ont disparus à la fin de l'ère primaire.



Fossile de trilobite

Euryptérides

Ces « scorpions aquatiques » sont les plus grands arthropodes de tous les temps : le Pterygotus dépassait 2 m de long. Avec ses grandes pinces, c'était probablement un redoutable prédateur. Il pouvait se déplacer rapidement grâce aux battements de sa queue aplatie.

D'autres euryptérides étaient nettement plus petits. Certains étaient capables de sortir de l'eau comme les crabes actuels.

Comme les trilobites, ils ont disparus à la fin de l'ère primaire.



Pterygotus

Xiphosures

Les xiphosures peuplent les océans depuis 440 millions d'années, contrairement à leurs cousins, ils ont survécu. Le limule actuel vit en profondeur et s'approche du rivage pour pondre les nuits de pleine lune. Il possède un sang de couleur bleue du fait de présence d'hémocyanine, un pigment riche en cuivre qui remplace l'hémoglobine (pigment qui colore notre sang en rouge).



Limule actuel



Fossile de limule

Un peu d'étymologie

Les zoologistes ont créé une foule de termes techniques afin de décrire l'anatomie des animaux et de les classer. Ces mots sont souvent formés à partir du grec ancien.

Le nom des trilobites vient de leur structure en 3 parties (tri), 2 lobes de part et d'autre d'un axe central.

Euryptérides signifie « au larges ailes » et xiphosures « queues en épée ».

Comme les insectes et les crustacés, ce sont des arthropodes, « aux pattes articulées ».

Les poissons

Les premiers poissons sans tête ont évolué et donné naissance à de nouvelles espèces ayant acquis têtes et nageoires, il y a environ 370 millions d'années.

Les poissons cuirassés

Les Placodermes possèdent de véritables mâchoires. Ces poissons se diversifient rapidement avec de petites espèces se tenant près du fond et des espèces de pleine eau bien plus grande. L'un des premiers géants des mers est Dunkleosteus, il mesure plus de 8m de long. D'énormes plaques osseuses protègent sa tête et d'autres forment des dents pointues et tranchantes.

Malgré leur armure, les Placodermes disparaissent vers – 350 millions d'années, remplacés par des poissons plus souples et meilleurs nageurs. Ils sont à l'origine des Poissons cartilagineux et des Poissons osseux.



Tête fossilisée de Dunkleosteus

Les poissons cartilagineux

Ce sont les ancêtres des requins et des raies. On ne connaît que leurs écailles. Le squelette des requins est constitué de cartilage, une matière plus tendre que l'os et qui se fossilise beaucoup moins bien, leurs fossiles sont donc assez rare. Les premiers représentants de ce groupes ont les mêmes dents que les requins actuels mais leur gueule est située à l'avant du corps et non sous la tête.



Ancêtre des requins

Les poissons osseux

Ils vont connaître un succès prodigieux et remplacer presque toutes les autres espèces. Certains possèdent les mêmes nageoires que les poissons actuels qui correspondent aux quatre membres des quadrupèdes.

Ces poissons vont se diversifier pendant plus de 400 millions d'années, jusqu'à aujourd'hui où ils représentent près de 25 000 espèces.

Un autre groupe important est constitué des poissons à nageoires charnues qui sont les ancêtres des quadrupèdes.



Fossile de Cheirolepis, un poisson osseux

La conquête des continents

Les plantes

A la suite d'un abaissement du niveau de la mer, des algues se sont adaptées à la survie dans des zones asséchées. Finalement, grâce au développement des racines, les plantes ont survécu sur la terre ferme il y a 430 millions d'années.

Ce maigre tapis végétal abrite déjà une faune assez diversifiée : des scorpions, des araignées, des acariens, des mille-pattes sont parmi les premiers à vivre en permanence à l'air libre.

L'évolution de la végétation a été impressionnante : de grandes forêts touffues, ressemblant à nos forêts équatoriales, sont apparues sur tous les continents. Elles étaient surtout composées de fougères arborescentes qui pouvaient atteindre douze mètres de haut. Ces forêts ont continué à rendre l'atmosphère de plus en plus vivable en abaissant le taux de gaz carbonique.

Il y avait désormais des plantes pour servir de nourriture, c'était au tour des animaux de sortir de l'eau et d'envahir les continents.



Forêt de fougères arborescentes

Les animaux

A cette époque, les animaux aquatiques sont soumis à de fortes pressions de leur environnement : ils ont de nombreux concurrents et les prédateurs se multiplient. Certaines espèces sont capables de supporter la sécheresse de l'air et de se déplacer à terre, même lentement : ils peuvent exploiter de nouvelles sources de nourriture.

Pour se déplacer sur la terre ferme, certains poissons utilisèrent leurs nageoires il y a 375 millions d'années. Ces nageoires, après des millions d'années, évoluèrent en pattes. C'est ainsi qu'apparurent les amphibiens (tritons, salamandres, grenouilles) il y a 360 millions d'années. Les amphibiens sont des vertébrés qui vivent sous l'eau (où ils se reproduisent) et sur terre.



Du premier poisson marcheur (Eusthenopteron) au premier amphibien (Ichthyostega)

Une innovation pleine d'avenir

Les pattes et les poumons ont été la clef du succès des amphibiens dans leur conquête de la terre ferme. Quelques-uns d'entre eux mettent au point une innovation qui sera à l'origine de l'évolution des reptiles et des oiseaux : l'œuf.

Les amphibiens naissent dans l'eau et sont dépendants du milieu aquatique. Pour coloniser les espaces continentaux, il faut pouvoir se reproduire à terre. Les premiers œufs à coquille sont datés de 320 millions d'années. Cette innovation biologique a joué un rôle très important dans l'évolution des animaux terrestres : l'embryon peut se développer dans son propre milieu liquide, protégé par une membrane imperméable ou une coquille.

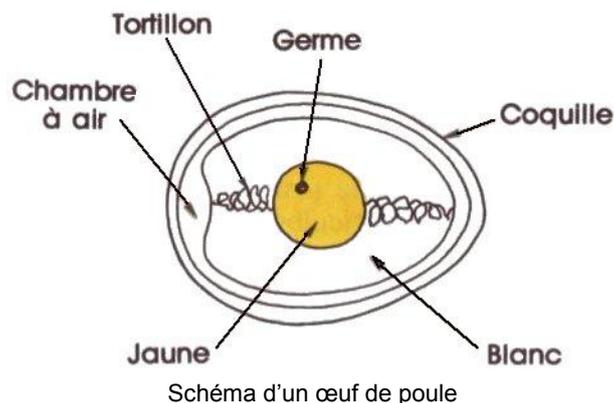
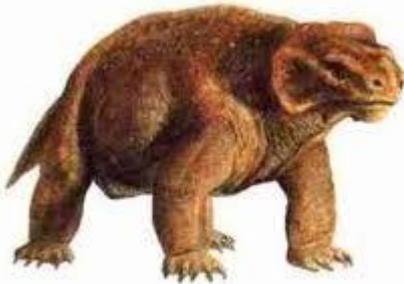


Schéma d'un œuf de poule

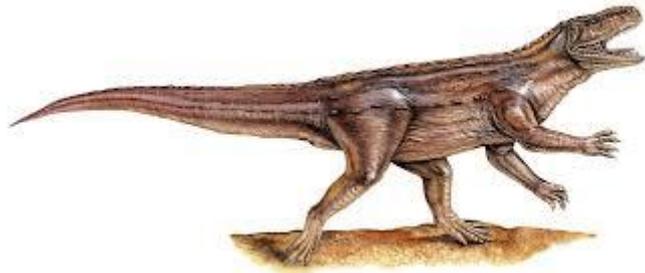
De nombreux reptiles

A la fin du carbonifère (il y a 300 millions d'années), les amphibiens donnent naissance à plusieurs lignées de reptiles : les anapsides, qui disparaîtront à la fin de l'ère primaire ; les lépidosaures qui sont les ancêtres des lézards et des serpents ; les archosaures qui sont à l'origine des crocodiles, des ptérosaures, des dinosaures et des oiseaux.

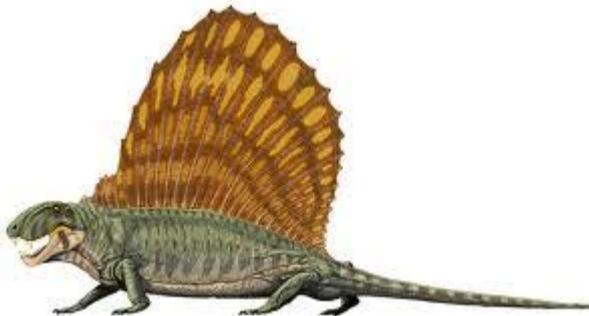
Mais les reptiles qui dominent cette époque, du moins par la taille, sont les reptiles mammaliens. C'est parmi eux que se trouve l'espèce qui donnera naissance aux mammifères. Ils pondent des œufs et ont probablement une peau écailleuse dépourvue du moindre poil, mais certains os du crâne et des mâchoires les rapprochent un peu des mammifères. Les premiers d'entre eux sont les pélycosaures, mesurant 50 cm à 4 m de long. Ils disparaissent et laissent la place aux dinocéphales, un autre groupe de reptiles mammaliens aux têtes énormes armées de grosses protubérances cornées.



Pareiasaurus (anapside)



Archosaure primitif



Diméetrodo, (pélycosaure)



Estemmenosuchus (dinocéphale)

La fin de l'ère primaire (-251 millions d'années)

L'ère primaire a connu plusieurs épisodes d'extinctions massives :

Vers -440 millions d'années, on assiste à la disparition d'au moins 70% des espèces marines. Cet événement est probablement lié aux mouvements des continents : le continent du sud est alors centré sur le pôle sud et est recouvert d'une épaisse couche de glace ce qui fait baisser le niveau de la mer, asséchant les mers les moins profondes, qui sont aussi les plus peuplées.

Vers -360 millions d'années, une autre crise s'est produite, avec la mort de près de la moitié des espèces marines.

La plus grande extinction marque la fin de l'ère primaire. Elle voit la disparition de 90% des espèces, mais de façon très variable selon les groupes : aucun trilobite, aucun

euryptéride n'a survécu ; en revanche les poissons semblent peu souffrir. Sur la terre ferme, les fougères sont touchées, mais les conifères se développent. Chez les reptiles et les amphibiens, deux familles sur trois disparaissent mais les autres survivent malgré la perte de nombreuses espèces. Les insectes sont fortement touchés. Certains groupes disparaissent brutalement alors que d'autres subissent une lente diminution.

Les causes de cette extinction massive sont probablement diverses. A la fin de l'ère primaire, les continents se sont réunis en un immense « supercontinent » : la Pangée. Le climat est plus aride avec de grands déserts dans les régions centrales mais aussi plus froid ce qui provoque une baisse générale du niveau de la mer et une réduction de la biodiversité marine, bien avant l'extinction finale.

Les géologues avancent d'autres hypothèses, comme la forte activité volcanique qui a accompagné la fin de l'ère primaire : les volcans rejettent des gaz et des cendres qui peuvent perturber profondément le climat. Des chutes de météorites, provoquant d'immenses nuages de poussière, auraient eu des effets similaires, mais plus brutaux. En fait, ces différentes hypothèses ne sont pas contradictoires, elles pourraient être complémentaires.

Le début de l'ère secondaire

Après l'extinction générale qui a marqué la fin de l'ère primaire, la place est libre pour de nouvelles espèces, très différentes.

Les premiers mammifères présentent d'intéressantes innovations, comme le manteau de poils ou l'allaitement des petits, mais ils devront attendre pour en tirer profit.

En effet, un nouveau groupe de reptiles fait aussi son apparition : les dinosaures. Ils vont dominer tout l'espace terrestre pendant des dizaines de millions d'années.

Pour aller plus loin

Vidéos :

superscience : le big bang

superscience : la naissance du Système solaire

superscience : la naissance de la Terre

superscience : la naissance de la vie

Livres :

L'encyclopédie de l'espace (Gallimard Jeunesse)

Les encyclopes : Dinosaures et autres animaux préhistoriques (Milan jeunesse)

Jeux :

Les incollables 180 quizz planètes (Play bac)

Visites :

Le Cité le l'espace (Toulouse)

Quiz : qu'as-tu retenu ?

1) Quand l'Univers est-il né ?

.....

2) Comment l'Univers est-il né ?

.....

.....

3) Comment appelle-t-on cet évènement ?

.....

4) Quand le Système solaire est-il né ?

.....

5) Explique comment ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6) Pourquoi la Terre était-elle une boule de roches en fusion ?

.....

.....

.....

7) De quoi est essentiellement composée l'atmosphère primitive de la Terre ?

.....

.....

8) Grâce à quoi est-elle apparue ?

.....

9) Pourquoi n'y avait-il pas d'eau liquide à cette époque ?

.....

10) Quand sont apparus les premiers océans ?

.....

11) Fait un schéma de la molécule d'eau

12) Pourquoi l'eau est essentielle à l'apparition de la vie ?

.....

13) Quels sont les principaux constituants de la matière organique (il y en a 5) ?

.....

.....

14) Explique ce qu'a fait Stanley Miller lors de son expérience.

.....

.....

15) Les chimistes ont-ils réussi à faire apparaître des cellules vivantes en laboratoire ?

.....

16) Où sont apparues les premières formes de vie ?

.....

17) Qui étaient les premiers êtres vivants ?

.....

18) De quand datent les plus anciens fossiles de ces êtres vivants ?

.....

19) Quand est apparu l'oxygène ?

.....

20) Comment ?

.....

21) Comment ce sont formées les premières cellules vivantes ?

.....

22) Quand sont-elles apparues ?

.....

23) Quand a commencé l'ère primaire ?

.....

24) Y a-t-il des êtres vivants sur la terre ferme au début de l'ère primaire ?

.....

25) Les trilobites, les Euryptérides et les Xiphosures sont cousins et ont vécu à la même époque. Lesquels vivent encore aujourd'hui ?

.....

26) De quelle couleur est le sang des limules ?

.....

27) Quelle est la particularité des poissons cuirassés ?

.....

28) Quand ont-ils disparu ?

.....

29) Pourquoi ?

.....

30) Qui sont les ancêtres des requins et des raies : les poissons osseux, les poissons cartilagineux ?

.....

31) Quels ont été les premiers êtres vivants à conquérir les continents ?

.....

32) Quand ?

.....

33) Que s'est-il passé ?

.....

34) Pourquoi certains poissons sont-ils sortis de l'eau ?

.....

35) Quand ?

.....

36) Qu'est-ce qu'un amphibien ?

.....

37) Quand sont-ils apparus ?

.....

38) Pourquoi les amphibiens ne pouvaient-ils pas s'éloigner beaucoup de l'eau ?

.....

39) Quelle innovation leur a permis de s'aventurer plus loin sur les continents ?

.....

40) De quand date cette innovation ?

.....

41) Comment appelle-t-on les descendants des amphibiens qui pondent des œufs à coquille et qui n'ont plus besoin d'aller dans l'eau pour se reproduire ?

.....

42) Quand sont-ils apparus ?

.....

43) Comment appelle-t-on les reptiles qui donneront naissance au mammifères ?

.....

44) Quand l'ère primaire se termine-t-elle ?

.....

45) Par quoi la catastrophe a-t-elle été provoquée ?

.....

.....

.....

Réponses

- 1) L'Univers est né il y a 13,7 milliards d'années.
- 2) L'Univers est né dans une gigantesque explosion.
- 3) Cet évènement s'appelle le Big-bang.
- 4) Le système solaire est né il y a 4,5 milliards d'année.
- 5) Il y a 10 milliards d'années, un énorme nuage de gaz et de poussières se forme, il s'effondre il y a 4,6 milliards d'année et prend la forme d'un disque aplati en rotation. La température augmente et une étoile se forme au centre : le Soleil. Des poussières se rapprochent les une des autres et forment des blocs de roches de plus en plus gros qui donneront les planètes.
- 6) A cause des éléments radioactifs des astéroïdes qui se sont assemblés pour former la Terre : ils sont instables et se désintègre en libérant d'énormes quantités de chaleur afin de devenir stables.
- 7) L'atmosphère primitive de la Terre est essentiellement composée d'azote, de dioxyde de carbone (CO₂) et de vapeur d'eau.
- 8) Elle est apparue grâce aux éruptions volcaniques.
- 9) Parce qu'il faisait plus de 100°C, l'eau était sous forme de vapeur.
- 10) Les premiers océans sont apparus il y a un peu moins de 4 milliards d'années.
- 11) Vérifie dans le dossier.
- 12) Parce que toutes sortes d'éléments peuvent se dissoudre dans l'eau et participer à des réactions chimiques.
- 13) Les principaux constituants de la matière organique sont le carbone (C), l'azote (N), l'oxygène (O), l'hydrogène (H) et le soufre (S).
- 14) Stanley Miller a recréé les conditions de la Terre primitive pour voir si des molécules organiques pouvaient apparaître.
- 15) Non, seulement des molécules organiques.
- 16) Les premières formes de vie sont apparues dans les océans.
- 17) Les premiers êtres vivants étaient des bactéries.
- 18) Les plus anciens fossiles de bactéries datent de 3,5 milliards d'années.
- 19) L'oxygène est apparu il y a 2,4 milliards d'année.
- 20) Grâce à des bactéries qui pratiquent la photosynthèse : elles utilisent l'énergie lumineuse du Soleil et rejettent de l'oxygène.
- 21) Les premières cellules vivantes se sont formées par l'association de plusieurs bactéries.
- 22) Les premières cellules sont apparues entre -2 et -1,5 milliards d'année.
- 23) L'ère primaire a commencé il y a 540 millions d'années.
- 24) Non.
- 25) Seuls les Xiphosures ont survécus (le limule est une espèce de xiphosures).
- 26) Le sang des limules est bleu.
- 27) D'énormes plaques osseuses protègent leur tête et d'autres forment des dents.
- 28) Ils ont disparus il y a 350 millions d'années.
- 29) Parce qu'ils nageaient moins bien que les autres poissons.
- 30) Les ancêtres des requins et des raies sont les poissons cartilagineux.
- 31) Les plantes ont été les premiers êtres vivants à conquérir les continents.
- 32) Il y a 430 millions d'années.
- 33) Il y a eu un abaissement du niveau des océans et des algues se sont adaptées.
- 34) Pour trouver de nouvelles sources de nourriture.

- 35) Il y a 375 millions d'années.
- 36) Les amphibiens sont des animaux qui vivent sous l'eau et sur la terre ferme.
- 37) Il y a 360 millions d'années.
- 38) Parce qu'ils naissent dans l'eau.
- 39) Les œufs à coquille.
- 40) De 320 millions d'années.
- 41) Ce sont les reptiles.
- 42) Il y a 300 millions d'années.
- 43) Les reptiles mammaliens.
- 44) Il y a 251 millions d'années.
- 45) On ne sait pas très bien : un changement climatique, des éruptions volcaniques ou des chutes de météorites, ou encore les 3 à la fois.