

Les dinosaures

Savez-vous ce qu'est un dinosaure ?

Les premiers dinosaures apparaissent à la fin du Trias. Leur anatomie, qui possède plusieurs points communs (quatrième et cinquième doigts de la main réduits, bassin uni par trois vertèbres sacrées ou plus), confirme qu'ils sont issus du même ancêtre. **À l'origine, les dinosaures sont des petits carnivores bipèdes. Les premiers végétariens, les Prosauropodes, apparaissent au Trias supérieur.** On ne sait pas où les dinosaures sont apparus mais **les plus anciens découverts (Herrerasaurus et Eoraptor) l'ont été en Argentine (Amérique du Sud).** Cependant, Sacisaurus, découvert en 2006 au Brésil, pourrait être un dinosaure plus ancien.

Entre 1970 et 1989, en moyenne, six genres de dinosaures étaient découverts par an. Dès 1990, ce sont près de quinze genres qui le sont annuellement. **En 2006, deux chercheurs ont calculé que plus de 70% des genres de dinosaures restaient à découvrir.**

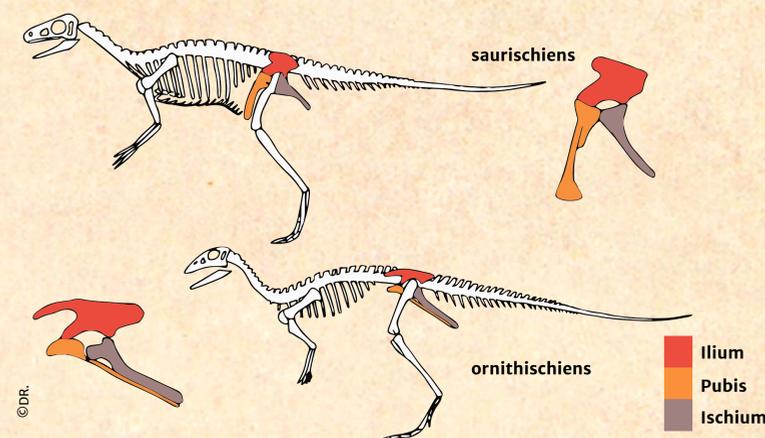
En attendant, les dinosaures, dès le début de leur évolution, **se divisent en deux grands groupes** : les **saurischiens** qui ont les trois os du bassin divergents et un bassin ressemblant à celui d'un lézard. Tous les grands sauropodes et la majorité des carnivores bipèdes appartiennent à ce groupe. Les oiseaux sont des saurischiens. Le second groupe est les **ornithischiens**, les os de leur bassin ressemblent à ceux d'un oiseau, c'est-à-dire que deux des trois os sont parallèles et dirigés vers l'arrière-train. Ce groupe est entièrement herbivore et marche sur deux ou quatre pattes. Néanmoins, une étude de 2017 a complètement remis en question cette conception, et il semble que la forme du bassin ne permette plus de séparer les dinosaures en deux groupes.

Le temps des dinosaures

L'ère mésozoïque ou secondaire est connue comme l'âge des dinosaures. C'est aussi le temps durant lequel les mammifères et les oiseaux apparaissent. Divisée en trois périodes, l'ère secondaire dure de -250 à -65 millions d'années. Durant ces 186 millions d'années, l'unique continent, appelé Pangée, va se disloquer pour former progressivement des continents isolés.

Trias, la naissance des dinosaures

Après la grande extinction de la fin du Permien, la Terre est un monde quasi-désolé. Il faut attendre plusieurs millions d'années pour que la faune et la flore reprennent possession du territoire. Un groupe de reptiles se met alors en place, les archosaures, qui vont dominer toute l'ère secondaire et donner naissance aux dinosaures, reptiles volants et crocodiles. Tous ont un point commun : leur crâne présente une ouverture devant l'orbite appelée fenêtre antéorbitaire.

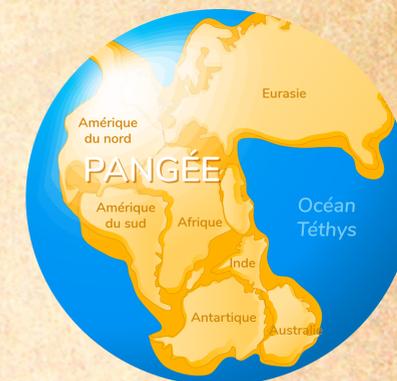


Textes : Stéphane JOUVE, responsable des collections de paléontologie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), attaché du Centre de Recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

La Pangée

Au début du Trias, la plupart des terres émergées forment un vaste continent, la Pangée. Toute la zone centrale, du 40° Sud au 40° Nord, est formée de vastes déserts qui couvrent la majorité des actuelles Amérique du Nord, du Sud, Afrique et Europe. Le nord de l'Europe (zone de la mer du Nord) est recouvert d'une mer intérieure peu profonde, très salée, et épisodiquement reliée à l'Océan. L'Europe est séparée de la Sibérie par une étroite mer peu profonde. La Sibérie, l'Antarctique et l'Inde jouissent alors d'un climat tempéré. La Pangée commence à se fracturer dès la fin du Permien mais de manière véritablement intense uniquement à la fin du Trias (environ 200 millions d'années) par des systèmes de rifts qui sépareront l'Amérique du Nord et l'Afrique. Ce rift devait être semblable à l'actuel rift de la vallée du Jourdain et la Mer Morte.

AVANT



APRÈS



Dinosaur' Istres

Avant les dinosaures

Les six périodes paléozoïques

(en Ma, millions d'années)

PERMIEN
-280 à -230 Ma
CARBONIFÈRE
-345 à -280 Ma
DÉVONIEN
-395 à -345 Ma
SILURIEN
-435 à -395 Ma
ORDOVICIEN
-500 à -435 Ma
CAMBRIEN
-570 à -500 Ma

Les continents se rapprochent

Durant le Paléozoïque, il existe un super-continent, le Gondwana, qui s'étend des hautes latitudes nord à celles du sud. Le Laurentia, l'actuelle Amérique du Nord, est une grande île au milieu de l'équateur. L'Europe du Nord actuelle, Baltica, est située dans les zones tempérées du Sud. Durant toute l'ère du Paléozoïque, les continents se rapprochent pour former ensuite la Pangée.

Comment était le monde ?

La vie apparaît dans les océans, voici 4 milliards d'années. Mais il faut attendre 3,5 milliards d'années pour que les premiers animaux, qui sont exclusivement marins, se diversifient. C'est au début de l'ère primaire, dite Paléozoïque qui s'étale entre -540 et -250 millions d'années, que le monde animal évolue des arthropodes aquatiques aux premiers reptiles qui colonisent la Terre. Au Cambrien, les mers et océans sont peuplés d'animaux au corps mou, comme des vers plats, des méduses, mais aussi des premiers mollusques, coraux, échinodermes (le groupe des oursins et étoiles de mer), arthropodes et chordés, prémices des futurs vertébrés...

Pendant le Dévonien et le Carbonifère, les poissons sont rois et foisonnent dans la mer.

Sur Terre, le climat est chaud et humide, et les forêts se développent. Profitant de ce climat, les amphibiens font leurs premiers pas sur la terre ferme au Dévonien et les ailes des premiers insectes apparaissent.

Le Permien est le dernier acte du Paléozoïque. Dans un climat plus chaud et sec, la vie est ardue pour les amphibiens. Les reptiles, apparus au Carbonifère, affrontent le climat en développant de nouvelles caractéristiques (évolution du crâne permettant une nouvelle forme de denture, membres qui se redressent, poumons qui permettent une respiration efficace...). Au début du Permien, ils représentent 70 % des vertébrés terrestres. Le Permien se termine par l'une des plus importantes extinctions sur Terre : 80 % des espèces disparaissent.



© Fotolia.

Invention de l'œil et de la mâchoire

Les premiers yeux sont une « invention » des trilobites, lointains cousins des crabes et araignées modernes, apparus au Cambrien. Ils présentent une paire d'yeux composés, comme celui des insectes modernes.

Pour la mâchoire, c'est bien plus tardivement qu'elle apparaît. Au début du Silurien, les poissons n'ont pas de mâchoires, filtrant l'eau ou le substrat avec leur bouche, un simple orifice. Un groupe de poissons va ensuite transformer une partie des pièces de la bouche qui soutiennent les branchies en une paire de mâchoires articulées au crâne, bien pratiques pour attraper des proies.

Textes : Stéphane JOUVE, responsable des collections de paléontologie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), attaché du Centre de Recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

Dinosaur'
Istres

L'ère du Mésozoïque

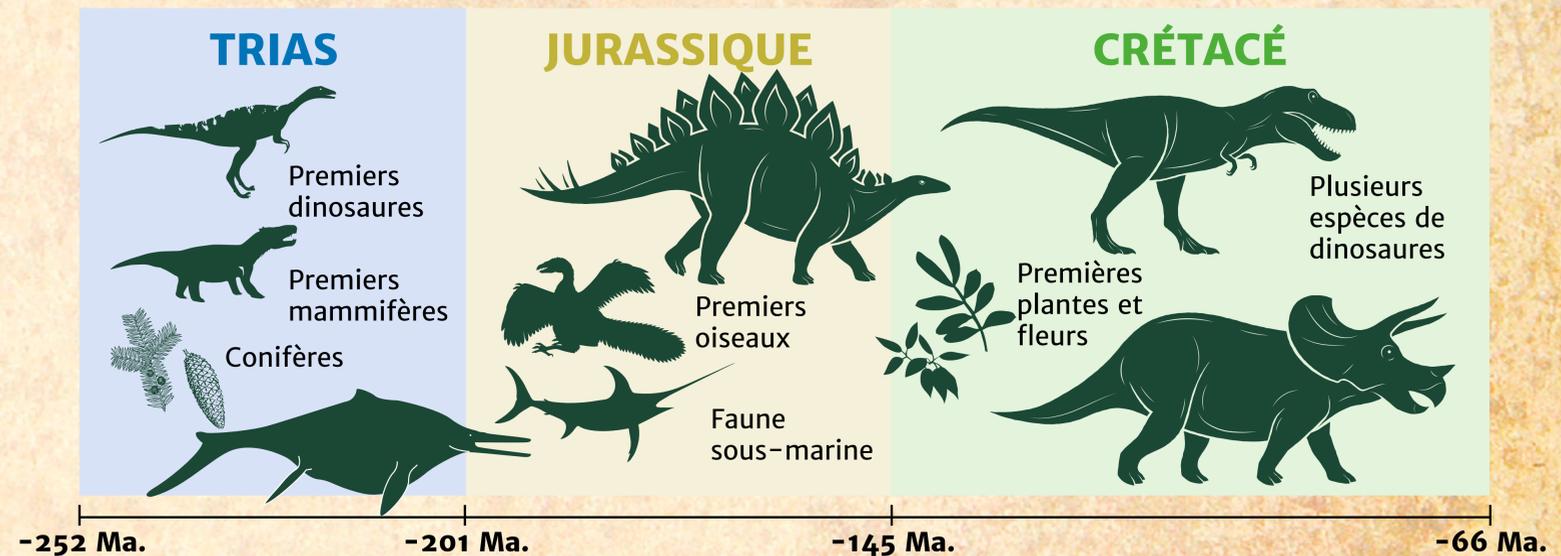
Le mésozoïque est divisé en trois périodes :

- **Le Trias**, période qui voit l'apparition des dinosaures, de -252 à -201 Ma millions d'années,
- **le Jurassique**, qui représente la conquête des dinosaures, de -195 à -141 millions d'années,
- **le Crétacé** de -141 à -65 millions d'années, soit l'apogée de ces animaux.

Au Trias, les premiers dinosaures apparaissent sur la terre ferme, et dans les mers ce sont les premiers ichtyosaures. À la fin du Trias, c'est au tour des premiers mammifères. Les dinosaures représentent alors 5 % des espèces animales.

Frise géochronologique

ÈRE MÉSOZOÏQUE



Le début de la dislocation de la Pangée a créé d'importants épanchements volcaniques qui ont profondément modifié le climat et provoqué de nombreuses extinctions chez les reptiles. Les dinosaures en ont largement profité pour se diversifier. Pendant le Jurassique, les dinosaures partent à la conquête du monde puisque la Pangée n'est toujours pas disloquée. Ils deviennent les maîtres de la Terre, et c'est à cette période que les grands sauropodes connaissent leur apogée. Aux côtés des ptérosaures, les reptiles volants, apparaissent de drôles d'oiseaux comme Archaeopteryx. Quant aux premiers véritables mammifères, ils se font tout petits.

Durant les 80 millions d'années du Crétacé, les faunes d'herbivores changent, les sauropodes sont peu à peu supplantés par les dinosaures à bec de canard (hadrosaures). Le Crétacé est le dernier acte du Mésozoïque, avec une spectaculaire extinction de masse. 70 % de la faune de l'époque disparaît alors. Tous les dinosaures et une partie des grands reptiles sont touchés. Mais tous les dinosaures ont-ils disparu ? Non. Les oiseaux, descendant des Théropodes, les dinosaures carnivores, et donc des dinosaures eux aussi, survivent à l'extinction, et représentent actuellement l'un des groupes de vertébrés les plus diversifiés ! Les dinosaures sont donc bien loin d'avoir disparu.

Fouilles et fossiles



©Forolia.

Comment se forment les fossiles ?

Un fossile est une ancienne trace de vie. Si l'on pense plutôt aux ammonites ou aux os de dinosaures quand on parle de fossiles, en réalité, tout (ou presque) peut se fossiliser, des os aux feuilles, en passant par les empreintes, le bois, les plumes, les écailles et les coquilles. La fossilisation est un événement tout à fait exceptionnel.

Lorsqu'un animal meurt, ses chairs peuvent être dévorées par les prédateurs et charognards et les os sont dispersés, et la plupart du temps détruits par les bactéries ou les organismes nécrophages. Il faut donc plusieurs conditions pour arriver à cet événement exceptionnel qu'est la fossilisation : beaucoup, beaucoup de chance, beaucoup de sédiments et de temps, et quelques autres contraintes chimiques et géologiques...

- 1 Pour qu'il y ait fossilisation, les os doivent être rapidement recouverts de sédiments qui les protègent des charognards et empêcher leur destruction.
- 2 Le processus de fossilisation commence. Avec le temps, les couches sédimentaires sont souvent enfouies de plus en plus profondément. Durant des centaines de milliers d'années, les os, tout comme les sédiments qui l'entourent, se transforment chimiquement sous l'effet des nouvelles conditions de température et de pression dues à l'augmentation

de profondeur. Des minéraux remplacent l'os qui devient petit à petit de la pierre. La forme originelle peut être conservée, ou l'os peut être déformé sous la pression ou la déformation de la roche.

- 3 Lors de mouvements géologiques, et grâce à l'érosion, le fossile peut réapparaître en surface. L'érosion du sol peut alors le dégager en partie.
- 4 On trouve le plus souvent des os seuls. Il est exceptionnel de découvrir des squelettes fossiles complets.

Les terrains à fossiles

C'est dans les roches sédimentaires, comme les craies, les grès ou les calcaires que se trouvent les fossiles. La Provence, avec ses nombreux anciens bassins sédimentaires, est ainsi un des lieux les plus riches au monde en éléments paléontologiques. Le bassin d'Aix-en-Provence, et plus précisément la dépression de Roques-Hautes, qui se situe entre le barrage Zola et la montagne Sainte-Victoire, a ainsi hérité de l'un des principaux gisements d'œufs de dinosaures, noyés et fossilisés. C'est en 1846, lors de travaux près de la gare de Rognac, au bord de l'étang de Berre, que le Marseillais Philippe Matheron découvre des os fossilisés accompagnés de fossiles de forme ovoïde. Il les décrit en 1869 comme des œufs de dinosaure, ce qui fait de lui le premier découvreur d'œuf de dinosaure de l'histoire de la paléontologie.

Fouilles et fossiles

Dater les fossiles

Si le Carbone 14 est la méthode qui vient à l'esprit instantanément, **cette méthode n'est pas utilisable sur les fossiles, puisqu'elle ne permet de dater que les éléments jusqu'à 50 000 ans au plus.** Elle n'est donc utilisée qu'en archéologie. Par contre, les paléontologues utilisent deux méthodes de datation : la datation absolue et la datation relative. **La datation relative** ne fournit pas d'âge à proprement parler, mais permet de dater les fossiles les uns par rapport aux autres. Les couches sédimentaires les plus récentes sont situées au-dessus des plus anciennes, ce qui permet de dater les fossiles les uns par rapport aux autres : ceux des couches supérieures sont plus récents que ceux des couches inférieures. Les espèces fossiles ayant une certaine durée de vie, il est donc possible de dater les couches les unes par rapport aux autres en fonction des fossiles qu'elles contiennent, mais pas de donner un âge précis. **La datation absolue** utilise des méthodes radiométriques. Les proportions de certains éléments radiochimiques des sédiments dans lesquels sont contenus les fossiles varient au cours du temps. La vitesse de variation de ces proportions est connue, et donc le dosage de ces éléments permet de déterminer la date à laquelle se sont déposées les roches qui les contiennent. Malheureusement, les roches contenant ces radioéléments sont très particulières (roches volcaniques) et ne contiennent que rarement des fossiles. Néanmoins, dans certains lieux, des couches sédimentaires contenant des fossiles sont intercalées avec des épanchements volcaniques, permettant leur datation avec des méthodes absolues, et donc la datation des espèces fossiles qu'elles contiennent. Par extension, cela permettra de dater précisément toutes les couches dans le monde contenant des espèces fossiles même si la datation absolue n'y est pas possible.



© Fotolia.

Les fouilles

Autrefois, les hommes tombaient par hasard sur des fossiles de dinosaures. Avec le temps, les paléontologues orientent désormais leurs recherches grâce aux anciennes découvertes, à des signalements de fragments de fossiles par des géologues ou aux cartes géologiques. Néanmoins, de nombreuses découvertes sont encore liées au hasard et signalées aux paléontologues par des promeneurs ou des amateurs.

Lorsque, grâce à des cartes géologiques, à d'anciennes publications ou à des collègues géologues, on a déterminé un terrain propice à la découverte de fossiles, une première prospection est effectuée. Il s'agit d'abord de chercher des morceaux de dents, des minuscules éclats d'os, analyser les sédiments en sondant le terrain. Dès que des fossiles plus complets sont localisés,

le travail commence véritablement. Aussi pour obtenir la surface de la fouille la plus grande au-dessus et autour du fossile, les paléontologues peuvent utiliser bulldozers ou explosif. Après ce travail de dégagement, la partie supérieure des ossements est dégagée avec des marteaux, des pointes, des brosses. Le fossile est laissé sur place pour que le paléontologue analyse la position des os, la nature des sédiments... Ces études effectuées, le fossile peut être extrait du sol. Pour éviter qu'il ne se casse, il n'est pas complètement dégagé, mais reste sur un bloc de sédiment. C'est le bloc complet qui sera enveloppé de plâtre qui formera une coque protectrice et permettra d'éviter que le fossile ne se brise lors du transport. Avec précaution, le voyage est fait jusqu'au laboratoire où le travail de dégagement se poursuivra et sera finalisé. Le plâtre est ouvert, le fossile dégagé et nettoyé avec des aiguilles d'acier, des fraises, il est consolidé au fur et à mesure de son dégagement grâce à des colles très liquides qui imprégneront l'os, et des résines consolideront les fissures. Ce fossile rejoindra par la suite les collections d'un musée.

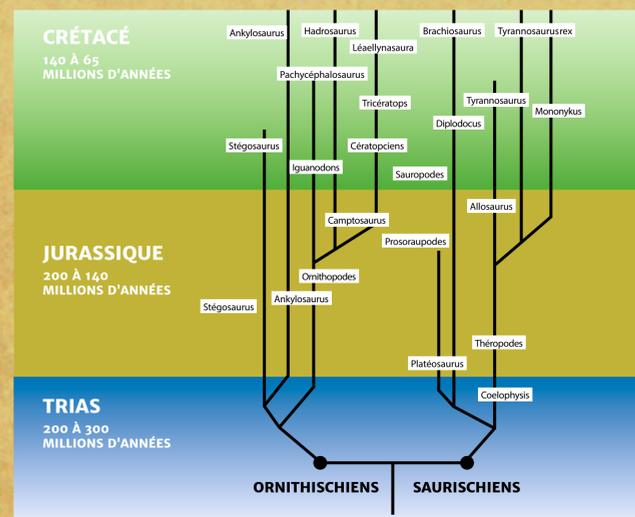
Les ossements ne sont pas les seuls indices laissés par les dinosaures. Il y a aussi les empreintes, les coprolithes (des crottes fossiles), les œufs et les gastrolithes (les pierres présentes dans l'estomac). C'est en étudiant les empreintes laissées par les dinosaures que les paléontologues ont calculé qu'en se déplaçant au pas, les grands sauroïdes avançaient en moyenne de 3 à 6 kilomètres par heure contre 8 à 12 km/h pour les petits carnivores.

Comment classer les dinosaures

Plus d'un millier de genres de dinosaures ont été décrits, mais c'est un chiffre en évolution permanente. Comme pour toutes les espèces vivantes, les paléontologues classent le monde des dinosaures en diverses familles. Ils revoient donc en permanence les données en fonction des recherches et des découvertes sur le terrain.

Un peu plus de la moitié des espèces de dinosaures découvertes ne sont représentées que par un seul spécimen, le plus souvent incomplet, et moins de 20 % d'entre elles sont connues par plus de cinq spécimens.

L'arbre généalogique des dinosaures est représenté par un cladogramme. Il n'est pas toujours facile de s'y retrouver car tous les paléontologues ne sont pas d'accord sur la façon de classer les dinosaures ! **Suivant les sources consultées, la classification diffère donc...**



Classiquement, les dinosaures sont classés en deux grands groupes : les saurischiens et les ornithischiens. Leur différenciation se fait principalement sur la structure de leur bassin.

Les saurischiens sont subdivisés en 2 groupes :

Les théropodes : ce groupe comprend notamment tous les carnivores bipèdes comme le Tyrannosaure, mais également la famille des coélosauriens comme l'Archéoptéryx, famille qui a évolué vers les oiseaux actuels. Les oiseaux sont donc des théropodes... et les derniers dinosaures survivants. L'étymologie du nom théropode signifie « Pieds de bête sauvage ». Ils étaient présents sur l'ensemble de la planète pendant toute la période du Mésozoïque.

Les sauropodomorphes : ce groupe comprend essentiellement des quadrupèdes herbivores, ayant un long cou et une grande queue, dont les membres de certaines familles ont atteint des tailles gigantesques comme le Diplodocus. L'étymologie du nom sauropodomorphe signifie « Formes à pieds de lézard ».

Une affaire à suivre !

Un article publié en 2017 pourrait néanmoins remettre les grandes lignes de la classification des dinosaures en question. Les théropodes ne seraient plus classés parmi les saurischiens mais formeraient un nouveau groupe (ornithoscelida) avec les ornithischiens. Cette théorie doit encore être confirmée par d'autres analyses, mais elle pourrait profondément remettre en question nos connaissances sur l'évolution des dinosaures !

Textes : Stéphane JOUVE, responsable des collections de paléontologie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), attaché du Centre de Recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

Les ornithischiens sont subdivisés en 3 groupes :

Les ornithopodes : comme tous les ornithischiens, les ornithopodes étaient herbivores. Ils possédaient un bec corné pour couper la végétation, et de nombreuses dents pour mastiquer (jusqu'à 1 000 dents jugales). L'étymologie du nom ornithopode signifie « Pieds d'oiseau ». Ils ont été présents dès le début du jurassique jusqu'à la fin du crétacé.

Les thyroéphores : le dos des thyroéphores était cuirassé par des plaques osseuses, des piques ou des éperons. L'étymologie du nom thyroéphore signifie d'ailleurs « Porteurs de bouclier ». Ce sont par exemple les Stégosaures et les Ankylosaures. Ils ont vécu du début du jurassique jusqu'à la fin du crétacé.

Les marginocéphales : les marginocéphales incluent deux groupes majeurs : les cératopsiens et les pachycéphalosauriens. Les premiers sont bien connus avec le célèbre Tricératops, quand le second est souvent représenté par le Pachycéphalosaure, un dinosaure dont le crâne épais forme un dôme qui lui permettait d'utiliser sa tête comme un bélier contre les prédateurs. La taille et la morphologie des marginocéphales varient considérablement d'une espèce à l'autre. Certains mesuraient moins d'un mètre, et les plus grands cératopsiens « porteurs de corne » pouvaient atteindre 6 à 8 mètres. Les marginocéphales ont vécu entre le jurassique supérieur et le crétacé supérieur.

Dinosaur' Istres

La vie des dinosaures



© Fotolia

Une vie de famille

On voit souvent l'image de troupes de Diplodocus et des groupes de Velociraptors à la recherche de proies. Pour trouver de la nourriture, pour mieux se défendre face à des prédateurs, mais aussi et surtout pour assurer la survie de leur espèce, beaucoup de dinosaures vivaient en groupe. Pour le moment, les ossements, les empreintes, les nids ne permettent pas de connaître en détail les mœurs des dinosaures.

Néanmoins, cinq squelettes de Deinonychus ont par exemple été découverts ensemble, à proximité d'un squelette de Tenontosaurus. Cet agencement est très probablement le fait du hasard, les corps ayant été emportés par une rivière en crue, mais elle renforce l'hypothèse de Deinonychus vivant et chassant en meute. En s'organisant à plusieurs, ce dinosaure intelligent pouvait probablement terrasser des Goliaths.

Quant aux herbivores, ils se déplaçaient en troupeau afin d'être vigilants face aux attaques. On a retrouvé de multiples empreintes qui permettent d'analyser précisément le fonctionnement du troupeau. Ainsi, on a observé que les jeunes dinosaures étaient placés au milieu des adultes et que ces troupes étaient adeptes de longues migrations saisonnières.

Instinct maternel

Zoom sur le Maiasaura. Son nom nous dit à quel point ce dinosaure était une bonne maman. En effet, il signifie "lézard bonne mère". Des centaines de ses nids, avec des œufs, des embryons voire même des bébés, ont été découverts. À la naissance, les petits étaient nourris par l'un de leurs parents et pouvaient rester à proximité du nid familial pendant un an environ.

Une autre découverte, dans le désert de Gobie en Mongolie, montre les restes d'un Oviraptorosaure sur un nid. L'adulte était en train de couvrir les œufs avant sa mort.

L'habitat

Les habitats occupés par les différentes espèces de dinosaures sont extrêmement variés. Certains creusaient même des terriers ! En 2007, un terrier de plus de 2 mètres de long, aménagé d'une chambre, a été découvert aux États-Unis. À l'intérieur, on a retrouvé trois dinosaures, un adulte et deux bébés. Ils ont été nommés Oryctodromeus cubicularis.

Le T-Rex pas si solitaire ?

Monstre décrit comme froid et solitaire, attirant les fantasmes, le T-Rex n'était peut-être pas un dinosaure réfractaire à la vie en groupe. Ainsi, la découverte de l'un des fossiles de T-Rex le plus complet jamais mis au jour a permis de constater qu'il était accompagné d'animaux plus jeunes que lui. Est-ce un hasard, une

période de reproduction ou une meute de chasse ? On ne peut apporter une réponse certaine. En attendant, les disputes étaient courantes parmi les T-Rex puisque des os de T-Rex montrent des traces de morsures faites par des congénères.

Combien de temps vivaient les dinosaures ?

De cinq à six ans pour les dinosaures d'une taille inférieure à 1 m de haut, et plus de soixante-dix ans pour les plus imposants. Pour évaluer cette espérance de vie, les chercheurs ont comparé des coupes osseuses de fossiles à celles de reptiles et de mammifères actuels. D'autres observations ont permis d'affiner ces calculs : ainsi les animaux de grande taille ont généralement une durée de vie plus longue, et les herbivores, qui bénéficient d'une nourriture abondante, vivent généralement plus longtemps que les carnivores. Les Tyrannosaurus rex devaient vivre jusqu'à 25 ou 30 ans, alors que les dinosaures de type Brontosaurus, herbivores de 30 tonnes, devaient atteindre l'âge de 80 ans.



© Fotolia

Textes : Stéphane JOUVE, responsable des collections de paléontologie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), attaché du Centre de Recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

Dinosaur'
Istres

Les œufs

Comme tous les autres reptiles, les dinosaures pondent, mais il est très rare d'en découvrir à l'état de fossile. C'est en France qu'eurent lieu les premières découvertes consignées d'œufs de dinosaures. Des coquilles trouvées dans le Crétacé supérieur de l'Ariège furent signalées dès 1859 par l'Abbé Pouech, et, dix ans plus tard, Matheron décrivait les premiers œufs de dinosaure jamais découverts, qui avaient été mis au jour en Provence.

Mais en dépit des études sur la microstructure de la coquille effectuées par Gervais, l'origine dinosaurienne des œufs n'est pas clairement établie. N'oublions pas que le concept de dinosaure date de 1842, et que l'on sait peu de chose d'eux en 1877 quand Gervais publie son étude. La prudence qu'il montra dans l'attribution des œufs était tout à son honneur. Ce n'est donc qu'au ^{xx}e siècle qu'ils furent clairement identifiés comme ayant été pondus par des dinosaures. Beaucoup des œufs trouvés en Provence et Languedoc sont de grande taille, atteignant un volume de 3 litres, et paraissent avoir été pondus par des sauropodes. Le site de la Sainte-Victoire est un gros pourvoyeur d'œufs, Aix étant parfois appelée "Eggs-en-Provence". Sur les cours Sextius-Mirabeau, au cœur actuel d'Aix, un millier d'œufs ont été découverts avec parfois des nids de 28 œufs. Des œufs ont également été découverts sur des sites à Martigues et Vitrolles.

C'est au milieu des années 1990 en Chine que l'on a mis au jour les plus gros œufs fossiles de dinosaure datant du Crétacé supérieur: plus de 60 cm de longueur et environ 20 cm de diamètre.



©Fotolia.

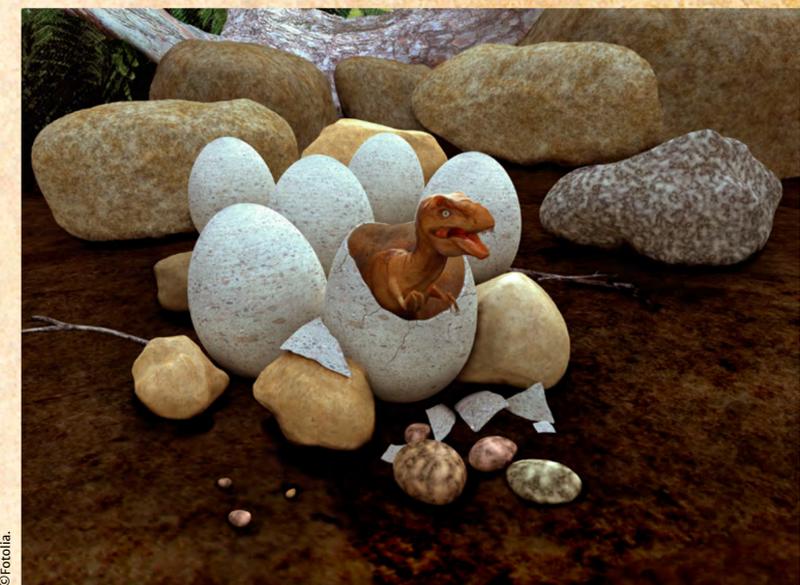
La révolution de l'œuf

Survivre hors de l'eau est un défi, et nécessite de profondes modifications physiologiques. Le poids du corps n'étant plus supporté par l'eau, le squelette se renforce tandis que la peau s'épaissit ou se couvre d'écaille pour limiter la dessiccation. Enfin, pour s'affranchir totalement du milieu aquatique, les œufs doivent eux aussi pouvoir être pondus sur terre. Si les amphibiens ne le peuvent pas, c'est que leurs œufs sont dépourvus de coquille ou d'une membrane protectrice empêchant l'embryon de se dessécher, mais surtout, que celui-ci a besoin de baigner dans l'eau. Les amniotes, dont font partie les reptiles, vont donc « inventer » l'œuf amniotique. La coquille empêche l'évaporation de l'eau tout en permettant les échanges gazeux avec l'extérieur. Surtout, l'œuf n'étant plus dans l'eau,

il va « emporter » un peu d'eau avec lui, puisque l'embryon est enfermé dans une membrane interne, l'amnios, et baigne dans un liquide, le liquide amniotique. Les amniotes, et donc les reptiles, ne sont plus dépendants du milieu aquatique, ni pour vivre ni pour se reproduire.

Disparition, la faute des œufs?

En 2012, pour la première fois, des chercheurs ont pu estimer le temps d'incubation des œufs de dinosaures. Il semble qu'il était long, à l'instar de celui des reptiles, ce qui n'a peut-être pas favorisé leur survie au moment de l'impact d'un corps céleste à la limite du Crétacé et du Tertiaire. Une nouvelle fois, les œufs apparaissent comme un point faible.



©Fotolia.

L'extinction

Pourquoi certaines espèces ont-elles survécu ?

Les chaînes alimentaires ont été profondément bouleversées, et en particulier toutes celles liées directement aux végétaux. Le refroidissement climatique ainsi que la baisse de la luminosité ont considérablement limité la production végétale. Seuls ont pu survivre les animaux capables de rester en léthargie pendant des mois, comme les crocodiles, ou ceux dépendant de chaînes alimentaires différentes, comme les animaux d'eau douce, dont la base de la chaîne alimentaire provient des débris et de la décomposition organique. Les milieux d'eau douce ont ainsi été peu touchés, alors que les milieux marins, dépendant du phytoplancton, ont été très fortement et massivement touchés.

Les dinosaures ont-ils vraiment disparu ?

En regardant l'arbre généalogique des dinosaures, on peut aisément constater qu'un groupe de dinosaures est bien loin de s'éteindre à la fin du Crétacé. En effet, les oiseaux actuels ont pour ancêtre de petits dinosaures à plumes, mais qui ne volaient pas. Ces petits dinosaures sont proches des Deinonychus et autres Velociraptors, et font partie des théropodes, le groupe des carnivores bipèdes, tel le T-rex. Au sens de la classification, les oiseaux doivent donc être considérés comme des dinosaures !

Les dinosaures sont donc bien loin d'avoir disparu, et sont présents jusqu'au cœur des villes. Pensez-y lorsque vous verrez un pigeon de votre fenêtre, vous pourrez alors vous exclamer : « Tiens, un dinosaure ! »



© Fotolia.

Une météorite dévastatrice

L'aventure des dinosaures s'est arrêtée brutalement voici 65 millions d'années. Certains paléontologues ont affirmé que les dinosaures ont été la cause de leur propre perte. Devenus trop gros et trop bêtes, ils auraient fini par succomber, les mammifères, plus petits et agiles, mangeant leurs œufs. Certains ont même avancé que les dinosaures étaient devenus allergiques au pollen ! Des théories réfutées par la communauté scientifique qui expliquent que 70 % des espèces de la fin du Crétacé ont disparu simultanément, pas uniquement des dinosaures. Avec eux, des ptérosaures et des reptiles marins, comme les Mosasaures, s'éteignent également. Dans les mers, les ammonites et une grande partie du plancton sont rayés de la carte.

Pour les scientifiques, le meurtrier serait une météorite géante. En effet, en 1980 des scientifiques de l'Université de Californie découvrent une couche argileuse vieille de 65 millions d'années et contenant un fort taux d'iridium,

un métal extrêmement rare sur Terre mais présent dans les météorites. Cette strate est retrouvée dans plusieurs endroits du monde, jusque dans le fond des océans.

Pour les chercheurs, cela signifie qu'une collision entre une météorite et la Terre a eu lieu, et aurait entraîné une catastrophe écologique et provoqué la disparition à la fois des dinosaures et de nombreuses autres espèces, aussi bien animales que végétales.

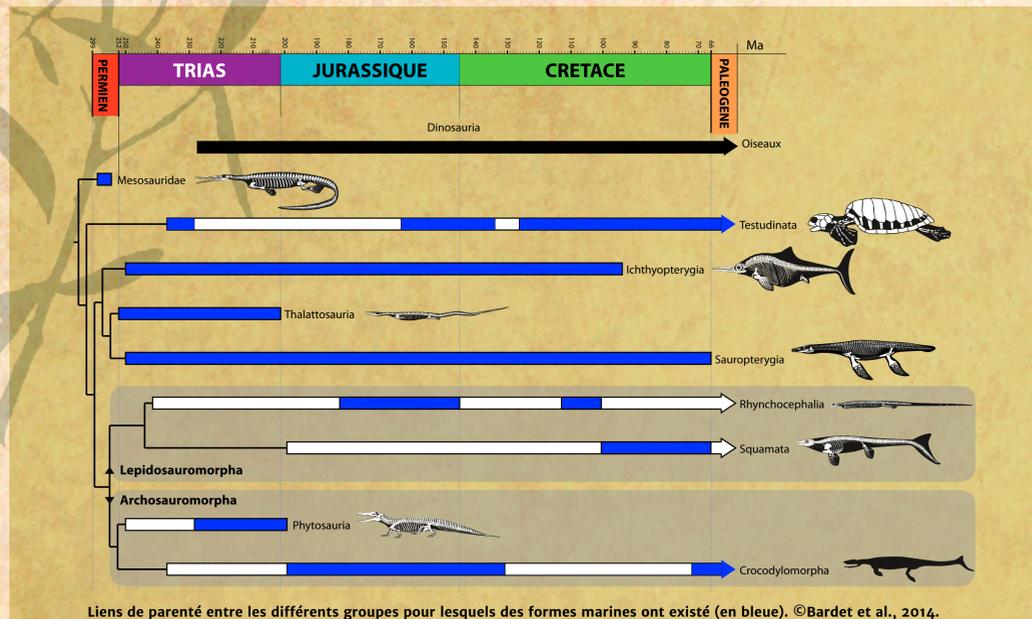
Si tel est le cas, il devrait y avoir des traces de l'impact d'un tel bolide. Au Mexique, dans la province du Yucatán, un cratère d'un diamètre de 200 kilomètres est le meilleur candidat. Pour être responsable d'un tel cratère, la météorite devait mesurer plus de 10 kilomètres de diamètre et peser 1 000 milliards de tonnes. La puissance énergétique dégagée ? Cinq fois la bombe d'Hiroshima.

L'impact aurait ainsi provoqué des incendies à grande échelle et soulevé des nuages de débris et de poussières masquant le soleil pendant des mois, provoquant un refroidissement brutal et fatal à de nombreuses espèces.

Une éruption volcanique

Les partisans de la théorie adverse admettent la chute de cet astéroïde mais pensent que l'extinction massive des espèces est liée à des phénomènes volcaniques plus anciens ayant l'Inde actuelle pour origine. Après 1,5 million d'années, ces éruptions auraient abouti au même résultat : un lent refroidissement et des dépôts d'iridium ou d'autres minéraux rares. D'autres estiment même que la population de dinosaures aurait déjà disparu avant la chute de cet astéroïde sur le Yucatán. Ils se basent sur des datations du cratère qui lui donnent un âge postérieur à la disparition des dinosaures.

Les mers au temps des dinosaures



Des dinosaures aquatiques?

De par leur nature « reptilienne » et leur taille atteignant parfois des dimensions spectaculaires, tous les reptiles marins sont bien souvent considérés comme des dinosaures. Mais qu'en est-il vraiment?

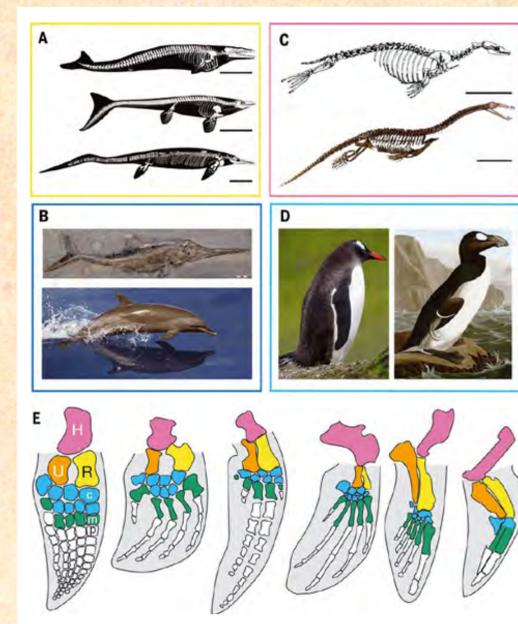
Nombreux sont les titres d'articles de presse vantant une découverte spectaculaire d'un grand « dinosaure marin ». Cette prise de liberté, parfois volontaire et à seules fins de « simplification », n'en est pas moins fautive.

Les dinosaures forment un groupe monophylétique, c'est-à-dire possédant un seul ancêtre commun pour l'ensemble de ses représentants. Ils n'ont d'ailleurs pas disparu, et survivent par l'intermédiaire des oiseaux. Aucun n'est connu pour avoir des caractéristiques anatomiques indiquant un mode de vie aquatique poussé. Tous les dinosaures étaient donc des reptiles continentaux aussi éloignés des « reptiles marins » que les éléphants le sont des baleines.

Les reptiles marins du Mésozoïque appartiennent à diverses lignées, dont certains lointains cousins existent encore actuellement, tels les tortues et crocodiles, mais nombreux sont ceux s'étant éteints en même temps que les dinosaures sans laisser de descendance, comme les mosasaures ou plésiosaures...

Des reptiles dominateurs

Les reptiles prédominaient dans tous les écosystèmes de l'ère Mésozoïque. Ils occupaient des niches écologiques très variées, aussi bien sur terre, à l'instar des célèbres dinosaures, que dans les airs, comme les ptérosaures, et enfin dans les mers. Car, bien avant l'apparition des premiers dinosaures, plusieurs lignées de reptiles s'adaptèrent secondairement et indépendamment au milieu aquatique à partir d'ancêtres terrestres. Il est surprenant d'envisager que quelques centaines de millions d'années après la sortie des eaux et la colonisation du milieu terrestre par les vertébrés, il y a plus de 440 millions d'années, un certain nombre de lignées ont pris le chemin inverse pour retourner coloniser le milieu marin.



Similitudes anatomiques entre différents groupes d'animaux marins actuels et fossiles:

- A: une baleine primitive, un mosasaure et un des premiers ichthyosaures;
- B: un ichthyosaure et un dauphin;
- C: un phoque et un nothosaure;
- D: un manchot et un pingouin;
- E: comparaison des membres antérieurs de différents vertébrés marins fossiles et actuels: ichthyosaure, mosasaure, baleine, tortue marine, otarie, manchot.

Un retour à la vie aquatique

Les contraintes physiques liées au milieu aquatique sont radicalement différentes de celles liées au milieu terrestre, et particulièrement en matière de déplacements. Quand la pesanteur est un facteur important sur la terre ferme, c'est la densité de l'eau et la résistance qu'elle oppose aux déplacements qui sont des facteurs prédominants du milieu aquatique. Les reptiles marins du Mésozoïque étant des descendants de formes vivant sur la terre ferme, leur retour au milieu aquatique a dû se faire à partir de morphologies et d'organes adaptés aux déplacements terrestres, et cela indépendamment dans plusieurs lignées! Le milieu marin a donc sélectionné diverses transformations morphologiques et physiologiques: corps hydrodynamique, membres en palettes natatoires, modifications des organes des sens, variation du mode de reproduction, adaptation à la salinité, à la plongée... Ces transformations sont plus ou moins importantes qu'il s'agisse d'organismes côtiers, encore capables de se déplacer sur la terre ferme, ou totalement affranchies du milieu terrestre. Tout comme les mammifères marins actuels, baleines, dauphins, phoques et otaries, les reptiles marins présentaient tout un panel d'adaptations plus ou moins poussées pour le milieu aquatique.

Dinosaures de Provence

Des dinosaures, mais pas que...

Si les faunes dinosauriennes sont très riches en Provence, d'autres animaux sont aussi présents en nombre au temps des dinosaures. Au moins quatre espèces de tortues sont ainsi connues à la fin du Crétacé, et avaient déjà été identifiées pour partie par Mathéron en 1869. Les crocodiles sont représentés par au moins trois espèces d'animaux ayant des mœurs assez similaires aux crocodiles actuels. Pour les formes terrestres, la présence d'un oiseau géant, Gargantuavis philoinos, au côté des dinosaures semblait particulièrement étonnante. Cet animal, incapable de voler, devait ressembler à une grosse autruche, et est particulièrement rare dans le registre fossile. Quant aux mammifères, seules deux petites espèces ont été découvertes en provenance du Mésozoïque, connues par deux fragments de mâchoires appartenant à des animaux de la taille de souris.

Provence, terre de dinosaures

Si des os de « sauriens gigantesques » avaient été signalés en 1842, c'est le marseillais Philippe Matheron qui est le premier à décrire et identifier des os de dinosaures en Provence en 1846. C'est aussi lui qui sera le premier à découvrir des œufs de dinosaure de toute l'histoire de la paléontologie ! Les découvertes se suivront ensuite, faisant de la Provence la région française la plus riche en découvertes, avec pas loin d'une dizaine d'espèces décrites.

On ne découvre pas que des os dans notre région. Les plus anciennes traces fossiles de dinosaures connues en Provence sont d'ailleurs des empreintes découvertes à Sanary-sur-Mer en 1965. Elles datent de la fin du Trias, 205 millions d'années, et ont été laissées par de petits dinosaures carnivores.

Des œufs à profusion

Si c'est en Provence qu'ont été trouvés les premiers œufs de dinosaures de l'Histoire, c'est aussi en Provence et en particulier dans le bassin d'Aix-en-Provence qu'a été retrouvé un nombre exceptionnel

de ces fossiles. Il est très difficile de connaître l'identité des animaux qui ont pondu tous ces œufs. Pour les différencier, la microstructure des coquilles a été étudiée, et pas moins de 10 types d'œufs ont ainsi pu être déterminés, une diversité tout à fait exceptionnelle ! Malheureusement, jusqu'à présent aucun embryon n'a été trouvé dans aucun œuf Provençal.

Des îles et des tropiques

Le climat au temps des dinosaures est beaucoup plus chaud qu'aujourd'hui. La zone tropicale s'étend très largement, et il n'y a pas de calotte polaire. Le niveau marin est en conséquence beaucoup plus haut qu'il ne l'est actuellement, et à la fin du Crétacé par exemple, la période dont proviennent la plupart des dinosaures de Provence, le continent européen est fragmenté en de nombreuses îles. L'une d'entre elles est située au niveau de la Provence et se prolonge probablement sur l'actuel Massif Central. Les faunes ont ainsi pu se développer indépendamment sur des périodes plus ou moins longues, expliquant la présence d'espèces différentes mais relativement proches sur chacune de ces îles.

Dinosaures :

des grands, des petits, des gros, des longs...



Le stegosaurus, avec ses plaques dorsales, fait partie de l'ordre des ornithischiens.



Le tyrannosaurus rex, grand carnivore, fait partie des saurischiens, théropodes.

Loin de se limiter aux gros Diplodocus ou au grand Tyrannosaure, la morphologie des dinosaures est extrêmement variée. Rien d'étonnant pour un groupe d'animaux ayant vécu entre 164 et 230 millions d'années si on inclut les oiseaux qui sont leurs descendants directs. Actuellement, les dinosaures sont classés en deux grands groupes en fonction de la forme de leur bassin : **les ornithischiens et les saurischiens.**

Les ornithischiens

Tous les ornithischiens sont des phytophages (herbivores). Certains sont uniquement quadrupèdes, quand d'autres peuvent alterner avec la position bipède. La plupart de ces braves mangeurs de plantes ont au moins la partie antérieure de leur museau dépourvue de dent mais portant un bec pour couper les végétaux, et de véritables batteries de dents formant des râpes sur la partie latérale des mâchoires.

Ils regroupent d'un côté :

- les **cératopsiens** (les dinosaures à collerette comme le fameux tricératops)
- les **ornithopodes** (comme l'iguanodon ou le rhabdodon provençal)
- les **pachycéphalosaures** (les dinosaures à « casque » comme le pachycéphalosaure).

Et de l'autre :

- les **stégosaures** (des quadrupèdes portant des épines ou des plaques dorsales)
- les **ankylosaures** (des quadrupèdes portant des plaques osseuses en guise de blindage).

Les saurischiens

Les saurischiens se divisent en deux groupes :

- les **théropodes** (tous les dinosaures carnivores)
- les **sauropodes** (de paisibles quadrupèdes à grand cou et petite tête).

Ces deux groupes sont radicalement différents.

Les théropodes sont carnivores, avec des dents en forme de poignards à bords crénelés, et se déplacent en position bipède. Les oiseaux, descendants de ces dinosaures, sont donc eux-mêmes des dinosaures théropodes !

Les sauropodes sont quant à eux des phytophages, mais contrairement aux ornithischiens, leur petite tête au bout d'un long cou possède des dents en forme de clous. Leurs mâchoires récoltent les aliments dans les branchages comme le ferait un râteau et confient la mastication à leur estomac et aux grosses pierres qu'ils ingèrent. Si la plupart d'entre eux sont quadrupèdes, les plus anciens ne devaient pas avoir de telles préférences et se déplaçaient aussi sur les seuls membres postérieurs.

Des premières traces de vie sur terre à l'apparition de l'homme



Moulage de fossile et reconstitution d'un *Pikaia* au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Crédit photo : ©DR/citron

La vie :

3,5-3,9 milliards d'années

La vie apparaît sur terre dans les océans. C'est sous forme de bactéries que l'on repère les premières traces directes de vie unicellulaire, par des structures bio construites appelées stromatolithes. Les plus anciennes ont 3,5 milliards d'années, mais des éléments laissent penser qu'elles pourraient être apparues un peu avant, il y a presque 4 milliards d'années. Ce sont ces bactéries qui sont à l'origine de la formation de l'oxygène dans l'atmosphère.

2,2 milliards d'années

Au Gabon, on a découvert ce qui pourrait être les premières traces de vie dites pluricellulaires, ce sont donc potentiellement les premiers eucaryotes.

L'évolution de la vie sur terre s'accélère :

635-541 millions d'années

La faune d'Ediacara est constituée d'organismes énigmatiques en forme de feuilles et de tubes. Ces organismes sont composés de tissus mous, et leurs liens possibles avec des groupes connus restent très controversés.

500 millions d'années

Pikaia est probablement l'un des premiers vertébrés. C'est un petit poisson marin de 5-10 centimètres de long.

La vie animale sort de l'eau :

420 millions d'années

Les premiers animaux vraiment terrestres apparaissent, ce sont des myriapodes (le groupe des mille-pattes), se nourrissant de débris des premiers végétaux et de champignons.

380 millions d'années

Des doigts font leurs apparitions sur les membres de certains « poissons ». Ce sont toujours des animaux aquatiques, mais ce sont tout de même les premiers tétrapodes.

350 millions d'années

Certains tétrapodes sont capables de se déplacer sur la terre ferme.

310 millions d'années

Les premiers synapsides font leur apparition. Leurs premiers représentants sont communément appelés « reptiles mammaliens », et sont à l'origine des mammifères.

230 millions d'années

Les premiers dinosaures apparaissent. Ce sont de petits carnivores bipèdes, tel *Coelophysis* (N°7 sur le parcours Dinosaur'Istres).

Le paysage change :

230 millions d'années

Lorsqu'apparaissent les dinosaures, le seul et unique supercontinent existant à cette époque, la Pangée, commence à se disloquer, engendrant une baisse importante des niveaux marins et de profonds changements climatiques.

66 millions d'années

C'est l'extinction qui éradique 50 % des espèces vivantes sur terre. Les mammifères, apparus il y a 225 millions d'années, bénéficient de l'extinction des grands dinosaures pour se diversifier.

57 millions d'années

On retrouve les premières traces de primates. Le plus ancien est *Altiatlasius*, découvert au sud du Maroc. C'est un fossile de petit animal d'une dizaine de centimètres.

L'homme fait son entrée :

7 millions d'années

Les premiers hominidés font leur apparition. Ils représentent un groupe de grands primates dont l'homme fait parti. De nombreuses espèces d'hominidés sont aujourd'hui connues comme *Homo habilis* (2,5-1,6 millions d'années), *Homo erectus* (1,9 à 0,5 millions d'années), *Homo sapiens* (300 000 ans à aujourd'hui)... Nombre d'entre elles se sont même côtoyées, et ce n'est que depuis la disparition d'*Homo neandertalensis*, il y a 30 000 ans, qu'il ne reste qu'une seule espèce d'hominidé, la notre.

Textes : Stéphane JOUVE, responsable des collections de paléontologie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), attaché du Centre de Recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements du Muséum National d'histoire Naturelle (Paris).

Dinosaur'Istres