

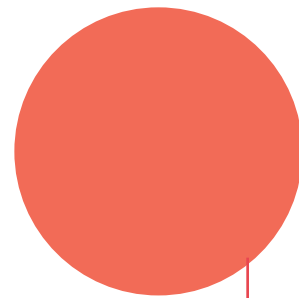
Évolution

DOSSIER PÉDAGOGIQUE
Destiné à tout public



**AQUARIUM
MUSEUM**

Université de Liège



Évolution : Animaux du passé

P4 à P6

Des origines à nos jours : évolution de la vie sur Terre

S1 à S6

L'Aquarium-Museum vous propose deux visites animées d'1h30 sur la thématique de l'évolution de la Vie sur Terre : « Evolution : Animaux du passé » pour des élèves de P4 à P6 et « Des origines à nos jours : évolution de la vie sur Terre » pour des élèves de S1 à S6. Les élèves seront accueillis dans la Galerie de l'Evolution pour y découvrir de nombreux spécimens témoins de l'évolution passée. La visite est conseillée en fin d'apprentissage pour structurer les connaissances acquises et établir des liens entre différents concepts.

Au cours du temps, la Terre a connu de nombreuses perturbations, notamment dues aux mouvements des plaques tectoniques, aux collisions avec des météorites... Ceci a entraîné des changements climatiques et environnementaux de plus ou moins grande importance. Ne sachant pas s'adapter à ces nouvelles conditions de vie, certaines espèces ont disparu. En revanche, d'autres ont réussi à s'adapter.

Comment ont-elles fait ? Quelles sont les grandes étapes du développement de la vie ? Certaines espèces sont aujourd'hui menacées d'extinction, tandis que d'autres se sont déjà éteintes. Est-ce que l'espèce humaine est la seule responsable ? Quelle est sa place dans l'évolution ?

Dans une salle spécialement aménagée, un animateur ou une animatrice répondra à ces questions en retraçant le long parcours de la vie sur Terre, de son apparition à aujourd'hui !

Cette visite peut accueillir 25 élèves maximum en simultané et doit faire l'objet d'une réservation auprès de l'accueil (par téléphone au 04 366 33 33 ou à l'adresse mail aquarium.reservation@uliege.be).

Ce document a été réalisé par l'équipe pédagogique de l'Aquarium-Muséum de Liège à destination des enseignants pour préparer ou approfondir l'animation suivie. Toute diffusion ou reproduction est interdite.



Évolution : Animaux du passé	P4 à P6	3
Des origines à nos jours : évolution de la vie sur Terre	S1 à S6	
Visite animée « évolution »		6 – 7
Dans la salle « Paléontologie »		8 – 9
Dans la salle « Au commencement »		10 – 11
Dans la salle « Évolution de la biodiversité »		11
1 Paléozoïque		12 – 13
2 Mésozoïque		14 – 15
3 Cénozoïque		16 – 17
Utiliser sa visite en classe		18 – 19
« Histoire de la biodiversité au cours du temps »		20 – 23
Tableau chronologique des événements		24
Notions de bases		25 – 27
évolution de la représentation des vélociraptors		28 – 29

Contenu

Documents mis à disposition des élèves

Document 1 : Qu'est-ce qu'un dinosaure ?	30
Document 2 : échelle des temps géologiques	31
Document 3 : Classification simplifiée des Archosaures	32 – 33
Document 4 : Perception actuelle du vélociraptor	34
Document 5 : L'idée que l'on se fait du vélociraptor est-elle la bonne ?	35 – 36
Document 6 : Des fossiles découverts sans plumes ?	36 – 37
Document 7 : Une famille à plumes	38 – 39

Exemple de questions à poser aux élèves et réponses attendues	40 – 41
--	----------------

Lien avec les référentiels scolaires	42 – 45
---	----------------



Visite animée « Évolution »

Dans la galerie de l'évolution

Pourquoi une visite spéciale ?

La théorie de l'évolution et son principal mécanisme moteur qu'est la sélection naturelle sont fondés sur des savoirs multiples et complexes, pas toujours facilement « vulgarisables ». Et pourtant, il est essentiel d'inscrire ce chapitre comme pilier du programme scolaire, étant donné l'importance des questionnements qu'il soulève.

Au travers de cette visite, des concepts clés pour la compréhension de l'évolution des espèces seront explicités en rendant les élèves acteurs de leur apprentissage.

Le but de cette animation est de montrer un aperçu de cette évolution de la biodiversité, aussi bien au niveau du nombre de groupes/d'espèces que de l'apparition de nouvelles structures anatomiques, mais aussi des anecdotes particulières sur certaines espèces. Cette visite se fera dans la Galerie de l'Evolution, aux travers de différentes salles thématiques : la salle « Paléontologie », la salle « Au commencement » et la salle « Evolution de la biodiversité ».

La vie serait apparue sur Terre il y a près de 3,8 milliards d'années. Depuis cette époque, les espèces se sont développées, avec des structures adaptées à leur environnement. Mais les espèces actuelles ne semblent pas être les mêmes qu'au commencement, comment cela se fait-il ?

Les espèces ont évolué !

Nous avons connaissance des espèces disparues grâce aux traces fossiles qu'elles ont laissées derrière elles. Grâce à elles, nous allons reconstituer la chronologie de l'évolution de la biodiversité sur la planète Terre.

Déroulement de la visite

Dans l'espace introductif, les élèves pourront exprimer leurs préconceptions concernant l'évolution. Au travers de différentes salles, divers concepts seront abordés :

Dans la salle « Paléontologie »

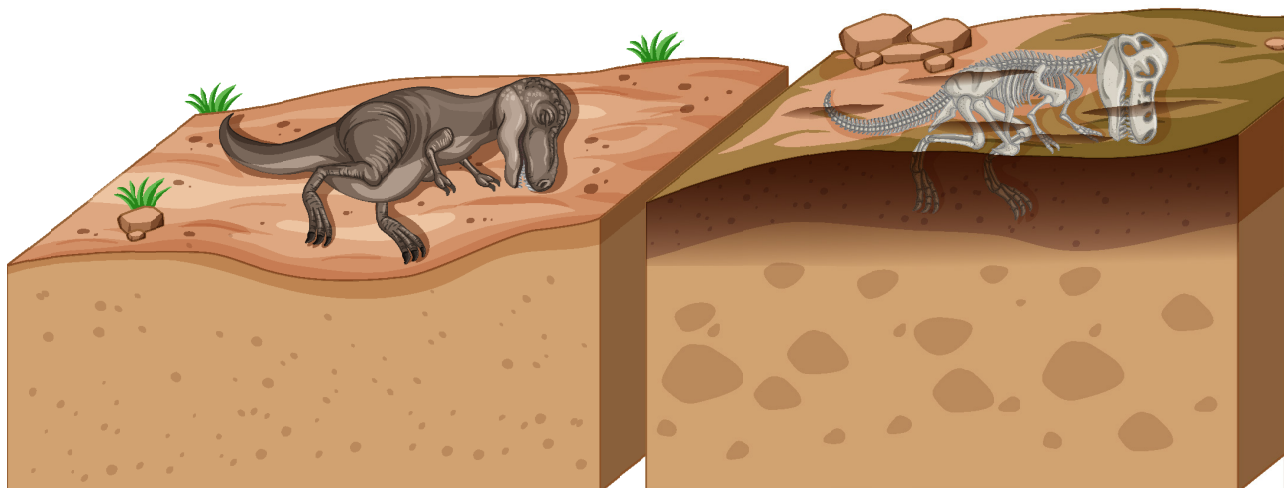
En premier lieu, les notions de fossile, de datation de fossile, de l'ensemble des transformations que subit un être vivant après sa mort et au cours de la fossilisation, mais aussi ce qui est perdu lors du processus, seront abordés avec les élèves au travers de questions/réponses inspirées de leur vie quotidienne.

Ceci leur permettra de comprendre comment les scientifiques arrivent à recréer la diversité passée et ses caractéristiques particulières.

Un fossile est le reste ou le moulage d'un organisme conservé dans une roche sédimentaire. La fossilisation concerne (surtout) les parties dures des organismes, comme les os, les dents ou les coquilles. On ne retrouve donc pas de fossiles de toutes les espèces ayant existé !

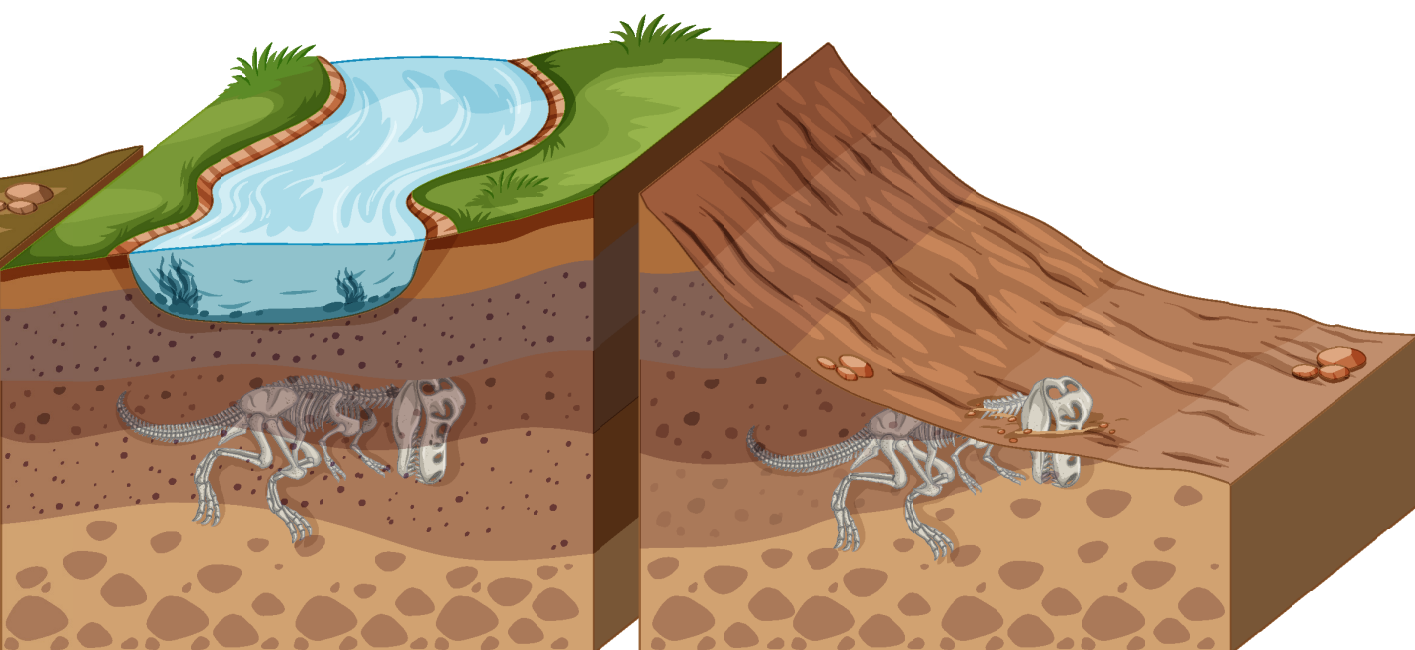
Par définition, un organisme vivant meurt, suite à quoi généralement, ses parties molles (la matière organique) et ses parties dures se décomposent par l'action des éléments chimiques du sol, de l'eau et des décomposeurs (bactéries, champignons, larves...) ne laissant plus aucune trace. Mais, exceptionnellement, il arrive que certains échappent à cette réalité et deviennent, au fil du temps, des fossiles, témoins d'une vie passée et souvent disparue. Cette particularité est le résultat d'un long processus que l'on nomme la fossilisation. Il s'agit, en fait, d'un ensemble de transformations que subissent les restes d'un être vivant après sa mort et son enfouissement dans le sol.

Il existe deux types de fossiles différents, à savoir, les fossiles directs qui sont les restes des êtres vivants et les fossiles indirects, qui sont les traces de sa vie ou de ses mouvements (empreintes, déjections, etc.). Nous verrons avec les élèves les différents mécanismes de fossilisation que sont la minéralisation, la carbonisation ou encore l'inclusion.



En deuxième lieu, ils pourront découvrir en quoi la datation de ces fossiles est extrêmement utile pour comprendre le passé et appréhender l'avenir, notamment à travers la présentation des métiers liés à l'étude de ces fossiles si fascinants. Nous verrons qu'il est possible de les dater grâce à deux types de datation : la datation relative et la datation absolue ou radiochronologie.

Ayant connaissance de ce qu'est un fossile et la manière de le dater, nous allons tenter de reconstituer une chronologie de l'évolution, depuis la formation de la Terre jusqu'à nos jours, comme le font les paléontologues.



Dans la salle

« Au commencement »

Nous découvrirons avec les élèves quand et comment la Terre s'est formée ainsi que les toutes premières formes de vie.

Plusieurs hypothèses toujours actuellement débattues tentent d'expliquer la manière dont la vie est apparue sur Terre :

- Apparition spontanée (expérience de Miller) : Avec certaines conditions particulières qui étaient présentes sur Terre à un moment donné, faisant intervenir de l'eau (H_2O), du méthane (CH_4), de l'ammoniac (NH_3) et du dihydrogène (H_2), la vie serait apparue.
- Source hydrothermale : Les conditions y sont tout à fait particulières, et auraient peut-être permis à la vie de s'y développer.
- Météorites : La Terre a été intensément bombardée de météorites durant toute son existence, mais surtout au « début » de sa vie. Ces météorites ont apporté différents minéraux, de l'eau, mais aussi peut-être la vie ? Certaines météorites, les chondrites carbonées, contiennent des éléments organiques (comme des acides aminés) d'origine extraterrestre. Mais si on la considère, cette théorie repousse le débat de l'apparition de la vie à un autre endroit.

Les toutes premières formes de vie sont des cellules procaryotes qui apparaissent il y a environ 3,8 milliards d'années.

Nous pouvons citer les stromatolites, apparus il y a environ 3,5 milliards d'années (et qui existent encore aujourd'hui !). Ce sont des tapis de bactéries qui s'associent pour former des communautés microbiennes. Elles sont la trace des plus anciennes formes de vie connues. Dans la nature actuelle, ce sont surtout les cyanobactéries, des bactéries photosynthétiques produisant de l'oxygène, qui s'associent pour former des stromatolites, mais d'autres micro-organismes les ont précédés pour produire ces structures calcaires laminées.

La vie se développe et tend vers des organismes pluricellulaires (plusieurs cellules). Il faudra cependant attendre plus de 3 milliards d'années pour observer les premières traces de ces organismes. La faune d'Ediacara (nom donné selon la région en Australie où ces fossiles ont été trouvés la première fois), est une mine d'informations extraordinaire de cette période (vers -600 millions d'années, au Précambrien). Elle présente les plus anciens organismes pluricellulaires et macrofossiles connus. Ils ont laissé une « trace » (empreinte) dans le sédiment transformé en roche.



Dans la salle

«Évolution de la biodiversité»

ÉCHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES

ÉON	ÈRE	PÉRIODE	ÉPOQUE	MILLIONS D'ANNÉES AVANT AUJOURD'HUI
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	HOLOCÈNE	0.0117
			PLÉISTOCÈNE	2.6
		NÉOGÈNE	PLIOCÈNE	5.3
			MIOCÈNE	23
		PALÉOGÈNE	OLIGOCÈNE	34
			ÉOCÈNE	56
			PALÉOCÈNE	66
				66
	MÉSOZOÏQUE	CRÉTACÉ		145
		JURASSIQUE		201
		TRIAS		252
	PALÉOZOÏQUE	PERMIEN		298
		CARBONIFÈRE	PENNSYLVANIEN	323
			MISSISSIPPIEN	359
		DÉVONIEN		419
		SILURIEN		443
		ORDOVICIEN		485
		CAMBRIEN		541
				541
PRÉCAMBRIEN	ÉON PROTÉROZOÏQUE			2500
	ÉON ARCHÉEN			4000
	ÉON HADÉEN			4600

Une explication de la ligne du temps du Cambrien à nos jours, en passant par les différentes extinctions massives, combinée à la découverte de l'évolution de la biodiversité et des espèces sur Terre, permettront aux élèves de comprendre quels mécanismes entrent en jeu et comment ils fonctionnent.

Pour les plus jeunes, nous proposerons une mécanique d'animation à l'aide de figurines représentant des espèces fossiles à retrouver dans nos différents espaces.

1 Paléozoïque

Cambrien – Ordovicien – Silurien – Dévonien – Carbonifère – Permien

Voici quelques exemples abordés dans l'ordre chronologique pendant la visite animée :

Explosion de biodiversité

On observe à partir du **Cambrien** (-540 millions d'années) une réelle explosion de biodiversité. En quelques millions d'années, de très nombreux organismes multicellulaires ont fait leur apparition. Arthropodes, mollusques, premiers vertébrés, les ancêtres de tous les grands groupes d'animaux actuels sont présents à cette époque.

À cette période, on observe également ce qu'on a appelé «une course à l'armement». Les proies développent de plus en plus de systèmes de défense (armure, piquants...), tandis que les prédateurs développent des moyens de plus en plus efficaces pour repérer et attraper leurs proies (des yeux complexes, des appendices pour les attraper, des dents...).



Coraux

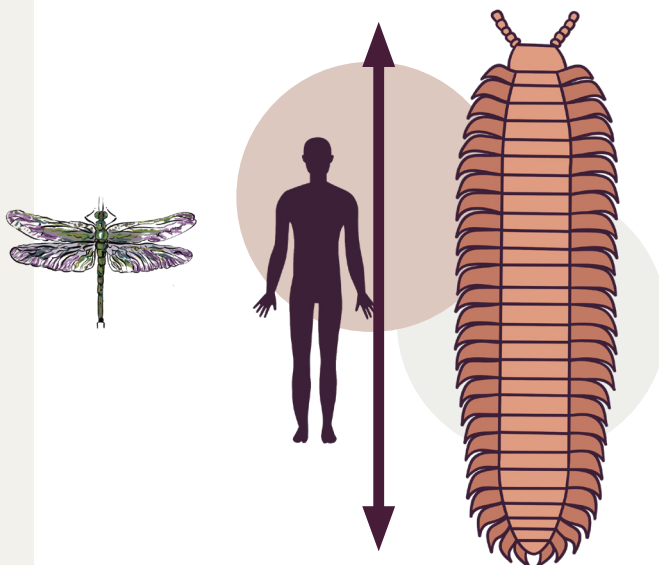
Au cours de l'**Ordovicien** (vers -460 Ma), les coraux apparaissent, mais ils ne construisent alors pas de véritables récifs comme aujourd'hui. Durant le **Dévonien**, de nombreux changements environnementaux ont eu lieu dans le monde. Ils sont particulièrement visibles en Belgique où il faisait chaud et humide (à cette époque, la Belgique était un vaste récif corallien). La présence de coraux dans des roches trouvées en Belgique montre bien que les continents ont bougé depuis des millions d'années.

Au Dévonien, on observe d'autres développements très importants de la biodiversité dûs au climat chaud, rythmé par des saisons sèches et des saisons humides. Sur terre apparaissent les insectes et les premiers Tétrapodes... Dans les mers, on assiste à une diversification des poissons.

Gigantisme des Arthropodes

L'apparition des premières plantes (les mousses et les hépatiques) durant l'Ordovicien va permettre la formation des sols. Un ensemble de plantes (fougères, conifères, plantes à fleurs...) va ensuite se succéder pour aboutir aux milieux que nous connaissons actuellement. Les fougères apparaissent dès le début du **Carbonifère** (-359 Ma) et se développeront énormément par la suite. C'est de cette époque que datent les premières formations de charbon et pétrole. Les arthropodes se diversifient fortement au Carbonifère. Les ailes font leur apparition et, avec elles, le vol. Les insectes sont les premiers à conquérir les airs. Cette diversification accompagne celle des plantes, la nourriture était abondante et variée. Les arthropodes, qui ont peu de prédateurs, vont se lancer dans une véritable course au gigantisme.

Le taux d'oxygène élevé au Carbonifère (jusqu'à 35% contre 21% actuellement) a également permis à de nombreux Arthropodes d'atteindre des tailles gigantesques. Par exemple, Meganeura était une libellule géante de 75 cm d'envergure. Plus grand encore, Arthropleura, un « mille-pattes », pouvait mesurer jusqu'à 2,5 mètres de long pour un poids estimé à 50 kilos!



Céphalopodes

Parmi les invertébrés marins qui ont survécu à l'extinction Permien-Trias et qui se rediversifient fortement, on trouve les ammonites (de -400 Ma à -66 Ma) (voir photo ci-dessous à gauche) et les bélemnites (de -200 Ma à -66 Ma) (voir photo ci-dessous à droite). Ce sont des mollusques céphalopodes, lointains cousins des poulpes, calamars et nautilies actuels. Ils disposaient d'une coquille, ces dernières devenant un des principaux macrofossiles du Mésozoïque. Contrairement aux ammonites et aux bélemnites, la famille des nautilies, eux aussi des céphalopodes marins apparus il y a plus de 400 Ma, a survécu à l'extinction de la fin du Crétacé. D'ailleurs, certaines espèces sont encore observables aujourd'hui, ce qui leur a valu (à tort) le nom de « fossiles vivants ». En réalité, ce sont des espèces « panchroniques », des groupes d'organismes qui ont laissé leurs empreintes dans les couches fossiles (très anciennes) et dont on trouve aujourd'hui encore des spécimens vivants qui leur ressemblent.

Une grande partie de la biodiversité disparaît à la fin du **Permien** lors de la grande extinction de masse Permien-Trias. Parmi eux, le fameux Trilobite (-540 Ma (Cambrien) à -252 Ma (fin Permien)), un arthropode marin typique du Paléozoïque.



2 Mésozoïque

Trias – Jurassique – Crétacé

Cette période est l'apogée de la diversification des reptiles. Ils conquièrent aussi bien la terre (dinosaures), que les airs (ptérosaures) et les océans (ichthyosaures, plésiosaures, mosasaures...).

Dinosaures

Les dinosaures (de -232 Ma à -66 Ma) sont apparus au Trias. Ils sont scindés en deux groupes principaux, les Ornithischiens et les Saurischiens, en fonction de la morphologie de leur bassin. Les Ornithischiens avaient un « bassin d'oiseau » avec le pubis dirigé vers le bas et l'arrière, et les Saurischiens un « bassin de lézard » avec le pubis dirigé vers le bas et l'avant. Le Tyrannosaure Rex, un des plus emblématiques, est un Saurischien carnivore disposant de dents impressionnantes.

Ichthyosaures

Les ichthyosaures (de -250 Ma à -90 Ma) sont des vertébrés diapsides marins, parfois de très grande taille, qui ressemblent aux dauphins et requins actuels. Comme les dauphins, ils devaient venir respirer l'air atmosphérique à la surface des eaux. Au début du Trias, les ichthyosaures ont évolué à partir d'une lignée diapside terrestre, encore non identifiée, qui est retournée à l'eau. C'est une évolution similaire aux cétacés et un exemple type d'évolution convergente. Ils ont disparu il y a 90 Ma, soit 25 Ma avant l'extinction massive de la majorité des dinosaures, peut-être à cause de la concurrence d'autres lignées prédatrices.



Ichtyosaure



Dauphin actuel



Requin actuel

Mosasaures

Les mosasaures (de -145 Ma à -66 Ma) sont une famille éteinte de reptiles marins géants apparentés aux lézards et serpents actuels. Ils n'ont strictement rien à voir avec les dinosaures (sur terre) et autres ptérosaures (dans les airs) ou ichthyosaures (dans les mers). Le premier spécimen de mosasaure a été découvert près de Maastricht, d'où l'appellation « lézard de la Meuse ». Leur longueur était comprise entre 3,5 et 18 mètres ! Comme les baleines et les dauphins actuels, les mosasaures étaient des animaux d'origine terrestre réadaptés à la vie marine.



Les reptiles se diversifient énormément et relativement vite. Bien plus tard, cette diversification amènera à l'apparition des oiseaux (à partir d'un groupe de dinosaures Saurischiens) et des mammifères (à partir des Thérapside, anciennement Reptiles Mammaliens).

Cependant, il n'y a pas que les reptiles qui se diversifient! Avant le Jurassique, le phytoplancton était constitué d'organismes à simple paroi organique. Au Jurassique, de nouvelles espèces émergent. Elles sont munies d'un squelette externe constitué de calcaire (coccolithe), de silice (diatomées), etc.

Phytoplancton

Les algues microscopiques peuvent avoir eu un rôle majeur dans l'édification de certaines roches. C'est le cas des coccolithophoridés, algues unicellulaires recouvertes de plaques calcaires et responsables de la formation des dépôts de craie. La dernière période du Mésozoïque porte le nom de Crétacé, en référence aux vastes dépôts marins crayeux datant de cette époque. 1 mm³ de craie renferme plusieurs millions de plaques de coccolithophoridés! La craie, formée en très grande quantité au Crétacé, provient des restes calcaires du phytoplancton marin largement dominé par les coccolithophoridés. Ces algues existent encore de nos jours, mais elles n'ont plus jamais été aussi abondantes que durant le Crétacé.



Extinction massive

La fin du Mésozoïque est marquée par une catastrophe à l'échelle de la planète : une gigantesque météorite s'écrase en Amérique centrale. L'impact est tellement puissant que c'est tout le manteau de la planète qui tremble. Cet impact est très certainement à l'origine d'un volcanisme intense. L'ensemble de ces phénomènes amène la disparition d'une grande partie des espèces de l'époque. On parle souvent de la disparition des dinosaures, mais d'autres groupes de reptiles disparaissent aussi, ainsi que des groupes présents sur Terre depuis des millions d'années, comme les ammonites.

Après la disparition des dinosaures (et autres), c'est toute une série de niches écologiques qui sont maintenant disponibles. Le groupe des mammifères a particulièrement bien profité de cette disponibilité, tout comme les oiseaux. Certains groupes ont donc « survécu » à l'extinction de masse de la fin du Crétacé. Parmi ces groupes, certains sont d'ailleurs présents depuis des millions d'années, comme les requins, apparus au Dévonien il y a environ 420 Ma.

3 Cénozoïque

Tertiaire – Quaternaire

Le Mégalodon

Le Mégalodon (de -28 Ma à -1,5 Ma) est une espèce de requin aujourd'hui éteinte. Il est considéré comme l'un des plus grands et des plus puissants prédateurs dans l'histoire des vertébrés, et avait sans doute un impact profond sur les communautés marines. Les restes fossilisés (dents et vertèbres) suggèrent que ce requin géant atteignait une taille maximale de 16 à 28 mètres et confirment aussi qu'il avait une répartition cosmopolite. Certaines dents fossilisées dépassent les 20 cm ! Les scientifiques suggèrent que le Mégalodon ressemblait à une version trapue et géante du grand requin blanc. La cause de son extinction est encore incertaine (raréfaction des proies, refroidissement du climat...).



D'autres espèces emblématiques vont aussi continuer à disparaître. Ces disparitions peuvent avoir différentes causes : changement climatique, changement du milieu, raréfaction des proies... mais aussi une nouvelle espèce qui va prendre de plus en plus de place sur Terre, l'être humain.



Le mammoth

Animal emblématique de l'âge glaciaire, le mammoth (de -4 Ma à -12 000 ans) a dû faire face à une chasse régulière venant de l'humain. Ce mammifère est un proche cousin des espèces d'éléphant encore présentes sur Terre. Sa toison lui a permis de survivre dans des environnements très froids. Le Quaternaire est marqué par l'alternance de périodes glaciaires et de périodes plus chaudes. Ces alternances de température, couplées avec le développement de l'humain, seraient responsables de l'extinction d'un grand nombre de mammifères, dont les mammoths.

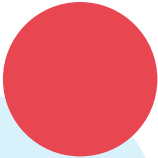


L'Homo sapiens

Le Quaternaire est la dernière période géologique. Elle est caractérisée par l'émergence parmi les primates du genre *Homo* et, il y a seulement 300 000 ans, d'une nouvelle espèce : *Homo sapiens*, une espèce parmi tant d'autres. Au départ exclusivement présent en Afrique, l'Homme moderne s'est progressivement disséminé aux quatre coins de la planète. Il est à l'heure actuelle le seul représentant du genre *Homo*, les autres espèces ayant toutes disparu (la dernière étant l'Homme de Néanderthal). Cela n'a cependant pas toujours été le cas, il y a eu des périodes où plusieurs espèces d'homininés ont cohabité (jusqu'à 6), notamment entre -350 000 ans et -40 000 ans.

Des premiers représentants il y a plusieurs millions d'années à aujourd'hui, nous découvrirons que la lignée humaine s'est diversifiée, avant de se réduire à une seule espèce, mais a aussi conquis l'espace disponible, non sans impact notable sur la planète.





Utiliser sa visite en classe

Activité proposée: La corde du temps pour les P4 à S3

Les cartes nécessaires au déroulement de l'activité ainsi que les différentes versions (faciles/difficiles) sont disponibles en pièces jointes sur le site de l'Aquarium-Museum.

Introduction :

Quelle que soit la thématique abordée et dans la mesure où elles sont accessibles, les traces du passé, matérielles ou immatérielles, constituent les premiers supports proposés aux élèves pour l'étude du temps passé. Elles présentent trois avantages pédagogiques :

- La trace du passé est le premier matériau de l'historien•ne. On peut difficilement chercher à développer des démarches historiennes chez les élèves sans y recourir.
- Souvent incomplète, fragmentaire, dégradée, la trace du passé est un objet « résistant » qui se dérobe à une interprétation immédiate. De ce fait, elle suscite la curiosité de l'élève: elle l'invite à se questionner, à formuler des hypothèses et à les justifier.
- Elles ouvrent à la discussion, à l'échange de points de vue et sont propices à une élaboration problématisée du savoir durant laquelle la justification donnée par l'élève compte plus que la réponse.

Étudier l'évolution de la biodiversité permet à l'élève, tout en étant acteur de son apprentissage, de comprendre le passé et de pouvoir appréhender l'avenir de manière éclairée. Dans ce sens, la frise chronologique reste un outil privilégié des apprentissages historiques de la P1 à la S3, dans une perspective évolutive. On veille à y faire apparaître visuellement les moments clés (durée) et les faits marquants (succession) et à donner une visibilité aux continuités, aux évolutions ou aux moments de rupture historique.

Dans cette activité, les élèves vont devoir replacer des événements clés sur une ligne du temps pendant que l'enseignant•e raconte l'histoire de l'évolution de la vie sur Terre. Cette activité permet, au travers de la construction d'une frise chronologique retraçant l'histoire de la vie sur Terre, de remettre en évidence certains concepts explicités pendant la visite animée, ou de l'introduire.

Matériel :

- Une corde de 5 mètres
- Du papier collant et un mètre ruban
- 24 pinces à linge (18 pinces à linge en bois ou autre et 6 pinces à linge de couleur rouge, 25 au total, représentant les grandes étapes de l'évolution)
- 24 images de l'histoire

Mise en place :

Préparation : L'enseignant•e étend une corde de 5 mètres devant les élèves. Les 18 points « étapes de l'évolution » sont indiqués dans le tableau à la page 24. Le point de départ n°1, correspondant à la formation de la Terre, se place au début de la corde. Cet endroit correspond à la distance 0 et donc au temps 0 de l'âge de la Terre. Accrocher une pince à linge et y positionner la première image correspondant à la formation de la Terre il y a 4,6 milliards d'années. Mesurer les distances suivantes (indiquées dans la deuxième colonne du tableau) toujours à partir de ce point numéro 1 et accrocher une pince à linge par étape. Les 6 points « extinctions massives » se positionneront chaque fois entre deux étapes de l'évolution : ces six extinctions massives seront à positionner sur la corde par les élèves à l'aide des pinces à linge de couleur rouge positionnées vers le haut pour éviter les chevauchements avec d'autres étapes.

Déroulement : L'enseignant•e distribue les 24 images de l'histoire (voir annexe 1). Chaque élève détient donc soit une étape de l'évolution, soit une extinction massive. Lors de la narration, l'enseignant•e ralentit au moment où un élève va découvrir que sa carte va être nommée. Lorsque l'élève le découvre, il vient la placer sur la corde avec une pince à linge. A la fin de l'histoire, les élèves pourront développer des idées d'actions concrètes pour sauvegarder la biodiversité (elles seront ensuite à placer sur la corde, à aujourd'hui!).

Une version plus difficile est disponible (voir annexe 2) où les élèves doivent associer la carte avec la date correspondante. Ils ont donc chacun 2 cartes indépendantes (une date + un évènement) qu'ils devront replacer correctement sur la frise à deux endroits différents. Les cartes dates peuvent être prédécoupées et collées avec de la Patafix sur les cartes évènements.

Astuce : Pour rendre l'exposé plus vivant, il est possible d'amener quelques objets : algues, mousses, fougères, pomme de pin, fleurs, peluches ou jouets en forme d'animaux (amphibiens, reptiles, mammifères, oiseaux, poissons...).

« Histoire de la biodiversité au cours du temps »

Document de narration pour l'enseignant·e

1

Il est difficile d'imaginer à quoi ressemblait la Terre lorsqu'elle s'est formée, il y a 4,6 milliards d'années. Pas de vie, mais une intense activité sismique et volcanique, la Terre est sans cesse bombardée de météorites et partout des volcans crachent de la lave. L'atmosphère, gorgée de gaz toxiques, est irrespirable. Des millions d'années plus tard, la Terre s'apaise enfin. L'atmosphère se charge de vapeur d'eau et il se met à pleuvoir des trombes d'eau, tant et si bien que la Terre refroidit, durcit et se couvre d'océans.

2

Dans les océans, protégés des rayons ultraviolets par la couche nuageuse, la vie apparaît sur Terre il y a environ 3,8 milliards d'années. Cette première trace de vie unicellulaire est constituée de simples cellules d'organismes procaryotiques: les bactéries. Leurs descendantes sont toujours parmi nous, et on peut dire que ce sont les plus vieilles habitantes de la planète! Des structures bioconstruites apparaissent il y a 3,4 milliards d'années: les stromatolithes (construction calcaire développée par des colonies de cyanobactéries et des sédiments).

3

Il y a 3 milliards d'années, ce sont les cyanobactéries (ou algues bleues) qui s'adaptent grâce à la photosynthèse, en créant leur propre nourriture grâce à la lumière du soleil. Un des déchets de leur production de nourriture va s'avérer très utile: il s'agit de l'oxygène. Pendant des millions d'années, l'oxygène va s'accumuler dans l'atmosphère et va être à l'origine de la couche protectrice d'ozone autour de la Terre.

4

Il y a 2,1 milliards d'années, apparaissent les premières formes de vie pluricellulaires avec des cellules qui se spécialisent. Elles sont composées de cellules dont le matériel génétique est protégé dans un noyau: les eucaryotes. Celles-ci vont se diversifier en cellules végétales et en cellules animales.

5

Entre 600 et 544 millions d'années, la Faune d'Ediacara prospère. Ce sont des êtres vivants multicellulaires (composés de plusieurs cellules), principalement des organismes avec un corps mou, sans squelette.

6

A partir de 540 millions d'années, débute une période de grande diversification. L'évolution de la vie sur Terre (ou plutôt dans les mers) va s'accélérer. On parle de l'explosion de biodiversité du Cambrien. Les premiers trilobites apparaissent vers -521 millions d'années, alors que les premiers animaux avec une ébauche de colonne vertébrale apparaissent un peu plus tôt (Faune Tommotienne, -530 millions d'années).

7

Il y a 470 millions d'années, le sol des terres émergées est colonisé par des végétaux comme des mousses et des lichens qui poussent à proximité de l'eau. Ces plantes arrivent à pousser sur des sols très durs et n'ont pas besoin de substrat meuble pour y implanter des racines.

Première extinction massive il y a 445 millions d'années (Ordovicien-Silurien), qui touche principalement les brachiopodes et les trilobites. Certaines espèces subsistent dans ces deux groupes, mais 85 % des espèces disparaissent. Cette disparition a probablement été causée par une période glaciaire qui entraîne une baisse des niveaux des mers.

8

Vers 420 millions d'années, des vertébrés commencent à coloniser les océans. Différentes sortes de poissons vont évoluer, avec ou sans mâchoire, dotés d'une carapace, cartilagineux ou osseux... La plupart de ces poissons ont disparu, sans descendance, mais on peut encore trouver le coelacanthe!

9

Les premiers animaux à se déplacer sur les terres émergées semblent être des arthropodes, des acariens, des myriapodes et des insectes que l'on a retrouvés dans des couches géologiques datées de 410 millions d'années.

10

C'est véritablement il y a 375 millions d'années que les premiers vertébrés sortent de l'eau (ou du moins en partie). Les premiers à l'avoir fait, les amphibiens, continuent à dépendre des plans d'eau pour y pondre leurs œufs et le développement de leurs larves (tout comme leurs descendants actuels).

Deuxième extinction massive (Dévonien-Carbonifère) estimée entre 380 et 360 millions d'années, et regroupant plusieurs phases d'extinction, probablement causée par une période glaciaire qui entraîne une baisse des niveaux des mers : 75 % des espèces disparaissent dont de nombreux ammonoïdes, brachiopodes et poissons.

11

Il faut attendre 360 millions d'années pour qu'apparaissent les premiers reptiles. Ces animaux sont capables de se libérer de la dépendance de points d'eau pour leur reproduction grâce à une « invention » révolutionnaire : la coquille de l'œuf, qui protège leurs petits de l'assèchement. Sur la planète, tous les continents sont réunis en une unique masse continentale, la Pangée (300 millions d'années).

12

Il y a 290 millions d'années, grâce à un taux d'oxygène dans l'air plus important qu'aujourd'hui, les arthropodes peuvent atteindre des tailles impressionnantes. Ainsi, la libellule *Meganeura monyi* pouvait atteindre 75 cm d'envergure ! Les tétrapodes, devenus capables de se déplacer efficacement sur la Terre se diversifient et certains deviennent de plus en plus grands. Par exemple, le gigantesque amphibien *Sclerocephalus hauseri*, pouvait mesurer jusqu'à 1,5 mètre.

13

Troisième extinction massive (Permien-Trias) estimée il y a environ 250 millions d'années : près de 81% de la vie marine disparaît, ainsi que 70 % des espèces terrestres. Et pour cause, la chute d'une météorite aurait déclenché un épisode de volcanisme majeur. Si les trilobites ont définitivement été rayés de la carte, d'autres groupes d'espèces ont subi des pertes importantes comme les vertébrés, les coraux et les céphalopodes.

Il y a 230 millions d'années, les crocodiles et les lézards (crocodiliens et squamates) apparaissent. Un groupe de reptiles ayant survécu à l'extinction massive de la fin du Permien donne naissance aux premiers dinosaures. Les premiers mammifères apparaissent presque en même temps que les dinosaures, mais restent discrets : ils vivent la nuit et ne sont guère plus gros que des souris (exemple : *Rugosodon eurasiaticus*).

14

Quatrième extinction massive (Trias-Jurassique) : il y a 200 millions d'années, cette extinction marque la disparition de 75% des espèces marines et de 35% des familles d'animaux. La ou les causes de cet événement sont encore controversées, nous savons qu'il a probablement été aggravé par une période d'activité volcanique intense.

Vers 140 millions d'années, les plantes à fleurs (ou angiospermes) apparaissent, c'est-à-dire que les graines issues de ces fleurs sont protégées par un fruit.

15

Au Jurassique et au Crétacé, les dinosaures règnent en maîtres sur terre, alors que les ptérosaures dominent les airs. A la fin du Crétacé, vers 67 millions d'années, apparaissent les premiers oiseaux (exemple : *Asteriornis maastrichtensis*).

Cinquième extinction massive (Crétacé-Paléogène) : un volcanisme décuplé, notamment en Inde, causé par une énorme météorite heurtant la Terre au Yucatan (Mexique actuel) va avoir raison des dinosaures (dont le règne aura tout de même duré 160 millions d'années !) et d'un grand nombre d'espèces d'autres groupes il y a 66 millions d'années. Les océans se vident de leur faune, et seuls quelques groupes survivent. Les continents (re) commencent à s'écarter progressivement les uns des autres, séparant ou isolant des espèces qui vont évoluer indépendamment.

16

Quand les dinosaures disparaissent, le champ est libre dans toute une série de niches écologiques! Heureusement, la catastrophe qui a coûté la vie aux dinosaures (ou presque puisque les oiseaux, descendants des dinosaures, ont survécu) n'a pas touché tous les êtres vivants. Parmi les survivants, on trouve certains reptiles (crocodiles, lézards et serpents) ainsi que des mammifères, des amphibiens et des insectes. Des milliers de mammifères vont conquérir de nombreuses niches écologiques vacantes, en multipliant la diversité des espèces.

C'est également à partir de ce moment que les mammifères vont véritablement croître en taille et que les premiers placentaires vont se développer (les embryons de ces mammifères se développent dans le corps de leur mère et sont nourris par le placenta).

Une sixième extinction de masse? Actuellement, de nombreuses populations animales et végétales sont en déclin, que ce soit par rapport au nombre d'individus, à l'étendue géographique, ou une combinaison des deux. La disparition d'espèces fait partie du cours naturel de l'histoire de la Terre. Cependant, l'extinction actuelle (extinction de l'Holocène), est sans doute provoquée par la colonisation de la planète et la modification importante des écosystèmes (fragmentation, transformation des habitats, introduction d'espèces, etc.) par les populations humaines. Elle est comparable à une extinction massive puisque d'ici à 2050, on considère que 25 à 50 % des espèces auront disparu.

17

C'est vers -60 millions d'années qu'on retrouve les premières traces de primates. Le plus ancien connu à ce jour est *Altiatlasius*, qui a été découvert dans le sud du Maroc.

18

Les premiers représentants de la lignée humaine ne datent que de 7 millions d'années! Le plus ancien représentant connu est *Sahelanthropus tchadensis* (ou Toumaï). Quant à *Homo sapiens*, notre espèce, ses premiers pas sur Terre ont dû avoir lieu il y a environ 300 000 ans. Depuis cette époque, bien des espèces ont disparu, comme l'Homme de Néandertal, l'Homme de Florès ou l'Homme de Denisova. Nous sommes aujourd'hui sur Terre les seuls représentants de la lignée humaine.

19

Quel futur pour la vie sur Terre?

→ Idées d'actions pour sauvegarder la biodiversité

Evènement	Date	Distance (cm)
Formation de la Terre	4,6 Mrd a.	0
Apparition de la vie	3,8 Mrd a.	70
1 ^{ères} cyanobactéries. Début de la photosynthèse	3 Mrd a.	150
1 ^{ers} êtres vivants composés de plusieurs cellules	2,1 Mrd a.	240
Faune d'Ediacara	600 Mio a.	390
Explosion de vie du Cambrien	540 Mio a.	396
Sortie de l'eau des végétaux	470 Mio a.	403
1 ^{ère} extinction massive	445 Mio a.	405,5
1 ^{ers} vertébrés	420 Mio a.	408
1 ^{ers} animaux terrestres	410 Mio a.	409
1 ^{ers} amphibiens	375 Mio a.	412,5
2 ^e extinction massive	370 Mio a.	413
1 ^{ers} reptiles : œuf à coquille et sac amniotique	360 Mio a.	414
Arthropodes géants	290 Mio a.	421
3 ^e extinction massive	250 Mio a.	425
1 ^{ers} dinosaures et 1 ^{ers} mammifères	230 Mio a.	427
4 ^e extinction massive	200 Mio a.	430
Plantes à fleurs	140 Mio a.	436
1 ^{ers} oiseaux	67 Mio a.	443,3
5 ^e extinction massive	66 Mio a.	443,4
Expansion des mammifères, 1 ^{ers} mammifères placentaires	65 Mio a.	443,5
1 ^{ers} primates	60 Mio a.	444
Début de la lignée humaine	7 Mio a.	449,3
6 ^e extinction massive	Aujourd'hui	450

Notions de bases

Annexes à l'attention des enseignant•es

LA BIODIVERSITE

La biodiversité, ou diversité biologique, est la vie sous toutes ses formes. Le concept englobe toutes les espèces vivantes (plantes, animaux - dont l'Homme -, champignons et micro-organismes), leurs gènes et leurs écosystèmes (forêts, déserts, zones humides, barrières de corail, etc.). La biodiversité actuelle sur Terre a une histoire longue de 3,8 milliards d'années derrière elle.

UNE ESPÈCE

Une espèce est un ensemble d'êtres vivants qui se ressemblent, qui peuvent se reproduire entre eux, et dont la descendance est fertile. Cette définition, bien qu'un peu restrictive, est assez simple à concevoir. Si on veut être plus précis, on pourra dire que les techniques actuelles, notamment via les analyses ADN, peuvent nous aider pour la détermination d'une espèce.

LE DÉBUT DE L'UNIVERS

L'Univers se serait formé il y a environ 15 milliards d'années, lors du Big Bang. Une bulle d'énergie dense et chaude s'est brutalement mise à gonfler comme un gigantesque ballon. En une période très courte, une énorme quantité de matière, constituée de particules microscopiques, s'est libérée et étendue. Après un milliard d'années, ces particules se sont collées les unes aux autres pour former les premières étoiles et les premières galaxies (immenses groupes d'étoiles), comme celle dont nous faisons partie.

LA NAISSANCE DU SYSTÈME SOLAIRE

Le Soleil et les planètes qui l'entourent sont nés à partir d'un immense nuage de gaz et de poussières qui tournoyait dans l'espace, il y a environ 4,6 milliards d'années. En se contractant, le centre de ce nuage a donné naissance à une étoile, le Soleil. Dans l'agitation, les poussières se sont accumulées tout autour et ont formé des blocs rocheux de plus en plus gros. Pendant des millions d'années, ces blocs se sont agglomérés les uns aux autres et ont donné naissance à des milliers de petites planètes. Celles-ci se sont heurtées jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que quelques-unes. Les planètes du système solaire, dont fait partie la Terre, sont ainsi nées.

FORMATION DE LA TERRE

Les connaissances scientifiques actuelles indiquent que la Terre s'est formée il y a 4,6 milliards d'années et que la vie est apparue il y a 3,8 milliards d'années. La découverte d'espèces fossiles aujourd'hui disparues montre que la vie n'a pas toujours existé sous ses formes actuelles. Depuis plus de 3 milliards d'années, des groupes d'organismes vivants (ensemble d'espèces différentes ayant au moins un caractère commun) sont apparus, se sont développés et diversifiés, parfois leur nombre a diminué et ils ont ensuite disparu.

L'HISTOIRE DE LA VIE SUR TERRE

La vie existe sur Terre depuis 3,8 milliards d'années. Les premiers organismes, microscopiques, sont apparus dans l'océan. Ils ressemblaient aux bactéries que nous connaissons aujourd'hui. Les premières algues et les premiers animaux se sont développés et ont conquis peu à peu les mers. Des formes de vie se sont multipliées et se sont diversifiées. Certaines transformations ont permis aux plantes et aux animaux de vivre hors de l'eau et de coloniser les continents.

LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION DES ESPÈCES

L'évolution des espèces est la transformation progressive et successive d'organismes vivants au cours de l'histoire de la vie sur Terre. Cette évolution fait intervenir un ancêtre primitif d'où dérivent des rameaux d'êtres vivants de plus en plus diversifiés. L'évolution des espèces ne traduit aucun but particulier. Elle est uniquement la conséquence de l'adaptation d'organismes vivants aux différents milieux de vie et à leurs modifications éventuelles au cours du temps.

POURQUOI LES PREMIERS ÊTRES VIVANTS SONT-ILS NÉS DANS L'EAU ?

Aucune des premières cellules telles que nous les connaissons aujourd'hui n'aurait pu se développer à la surface de la Terre, car il n'y avait pas encore de couche d'ozone (zone de la haute atmosphère qui filtre les rayons dangereux du Soleil) pour être protégée des rayons mortels du Soleil. Le temps que l'atmosphère se modifie, l'eau était le seul bouclier contre les gaz toxiques et les rayonnements.

LA CELLULE

Une cellule est l'unité biologique de base de tout organisme vivant. Sa membrane permet de créer une entité, séparée du milieu extérieur dans le cas des organismes unicellulaires, ou des autres cellules dans le cas des organismes pluricellulaires. C'est la plus petite unité vivante capable de se reproduire de façon autonome.

LES PROCARYOTES

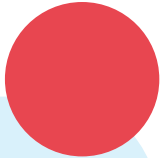
Les procaryotes (bactéries et archées) sont constitués d'une seule cellule, et possèdent l'attribut essentiel de la vie, une chaîne d'ADN (information génétique), qui n'est pas protégée par un noyau.

LES EUCARYOTES

Les eucaryotes sont des cellules qui sont dotées d'un noyau qui protège l'ADN, ainsi que d'organites qui les aident à réaliser leurs différentes fonctions cellulaires.

UN FOSSILE

Un fossile est un reste ou une trace d'être vivant conservé dans une roche sédimentaire. Il se forme par étapes successives sous des conditions physico-chimiques particulières. L'animal mort se dépose sur le sol et des sédiments le recouvrent. Dans la plupart des cas, les parties molles disparaissent et les parties dures se transforment en matière minérale.



Évolution de la représentation des vélociraptors

Activité proposée pour les S1-S6

Introduction :

Participer à la formation de l'esprit critique en appréhendant le monde actuel et son évolution dans une perspective scientifique est l'un des objectifs primordiaux du programme scolaire en secondaire. Étudier l'évolution de la biodiversité durant la crise Crétacé-Paléogène notamment avec le groupe des Archosauriens permet à l'élève, tout en étant acteur de son apprentissage, de comprendre le passé et de pouvoir appréhender l'avenir de manière éclairée.

Compétences développées pendant l'activité: pratiquer des démarches scientifiques, savoir distinguer ce qui relève d'une croyance ou d'une opinion et ce qui constitue un savoir scientifique.

Cette activité permet de remettre en évidence certains concepts explicités pendant la visite animée, ou de l'introduire. Elle permet également d'ancrer les savoirs, en mettant l'élève face à une situation problème où il pourra confronter ses préconceptions et faire évoluer sa pensée critique. De nombreuses compétences transversales telles que le travail d'équipe, l'ouverture d'esprit, la capacité d'argumentation scientifique, l'esprit critique ou encore l'analyse de documents, seront travaillées.

Mise en place :

Pour motiver les élèves, on leur propose une situation problème, basée sur des idées reçues relayées par différents médias qu'ils ont sûrement déjà dû entendre (les idées reçues peuvent aussi venir des élèves à l'aide d'un brainstorming). Exemples :

- Les dinosaures sont des animaux préhistoriques (qui vivaient avec les Cro-Magnon);
- Les vélociraptors sont grands et recouverts d'écailles;
- Tous les dinosaures ont disparu;
- ...

Après un temps de travail individuel d'analyse des documents proposés, les élèves sont répartis par groupe de 3 ou 4, leur permettant de débattre à propos d'une idée reçue et de se mettre d'accord sur un argumentaire, afin de répondre aux questions posées. Une correction collective conclut l'activité, ce qui permettra de revenir sur les idées reçues de départ, d'ancrer les savoirs, et de répondre aux derniers questionnements des élèves.



Document 1 :

Qu'est-ce qu'un dinosaure ?

La question est simple, la réponse l'est moins. En fait, pour le grand public, les dinosaures sont la plupart du temps des grands reptiles qui font peur et qui ont disparu il y a des millions d'années. Mais scientifiquement, rien de tout cela n'est vrai.

Les dinosaures se différencient à la fin du Trias moyen, il y a 232 à 234 Ma.

On peut préciser quels sont les caractères partagés par tous les membres de ce groupe. Cette combinaison de caractères permet de reconnaître si un animal fait bien partie du groupe des dinosaures.

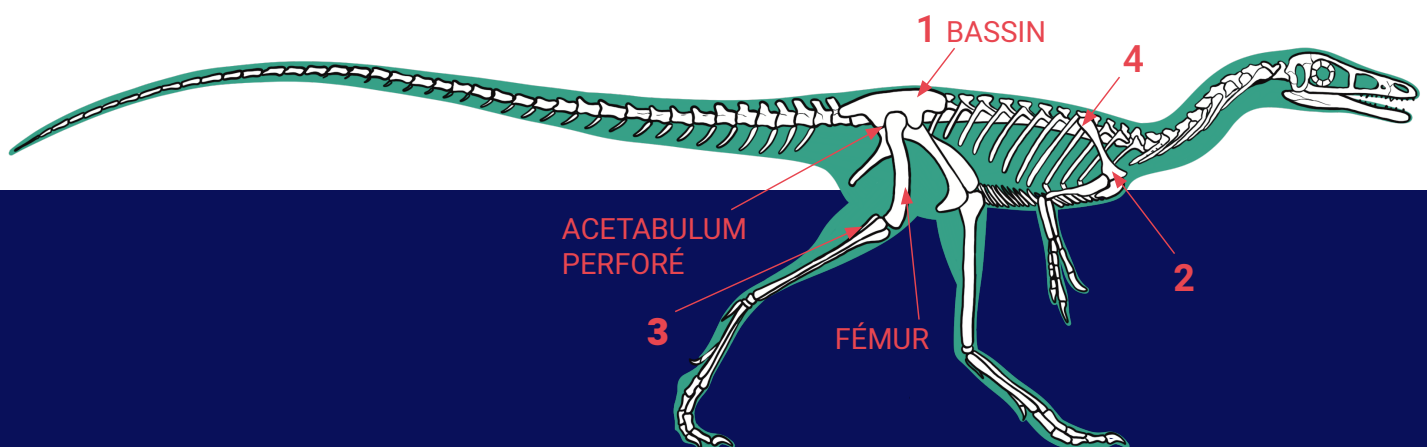
Les dinosaures sont les seuls reptiles à avoir une position dite « érigée », c'est-à-dire avec des membres réunis sous le corps et non situés latéralement comme chez les reptiles actuels tels que les crocodiles ou les lézards. D'autres caractères squelettiques existent pour les différencier du reste des reptiles, mais ils sont bien moins évidents, et sont pour la plupart liés à leur mode de locomotion (comment ils se déplacent) :

1 Le bassin (os de la hanche) est percé d'une cavité (on dit que l'acétabulum est perforé, comme chez les oiseaux), dans laquelle vient se loger la tête du fémur (os de la cuisse). Le reste du fémur est disposé à la verticale sous le bassin, ce qui permet aux dinosaures de se tenir debout efficacement, avec les pieds directement sous le corps. C'est ce qui les différencie des autres reptiles;

2 L'humérus possède une crête delto-pectorale mesurant entre 30% et 40% de sa longueur. Cette crête osseuse permet l'insertion des muscles releveurs du bras;

3 Dans la jambe, la fibula (ou péroné) est très réduite;

4 La cavité glénoïde (articulation de l'épaule) est tournée vers l'arrière.

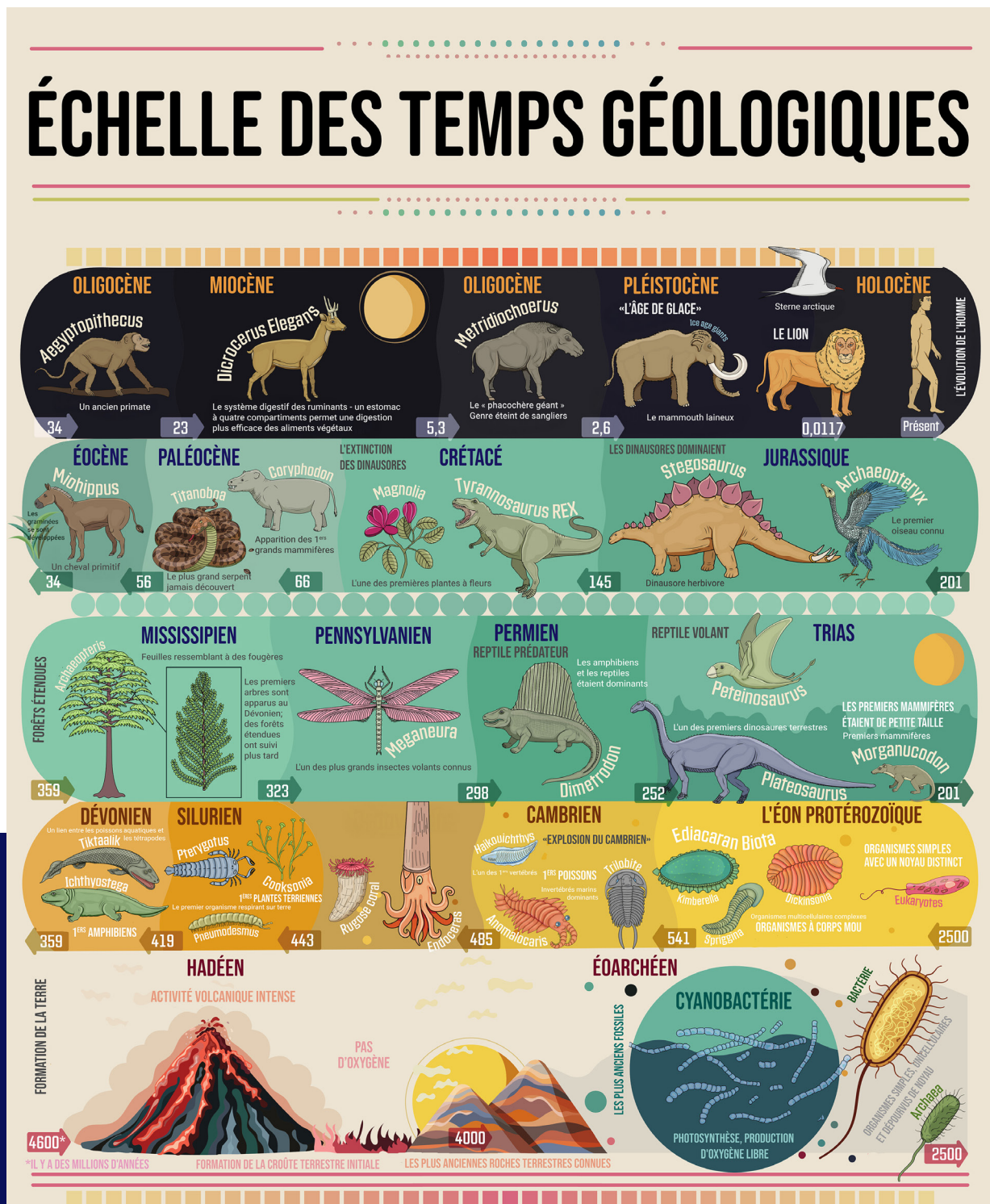


Squelette du dinosaure *Compsoognathus*, montrant la localisation de certains caractères

Document 2:

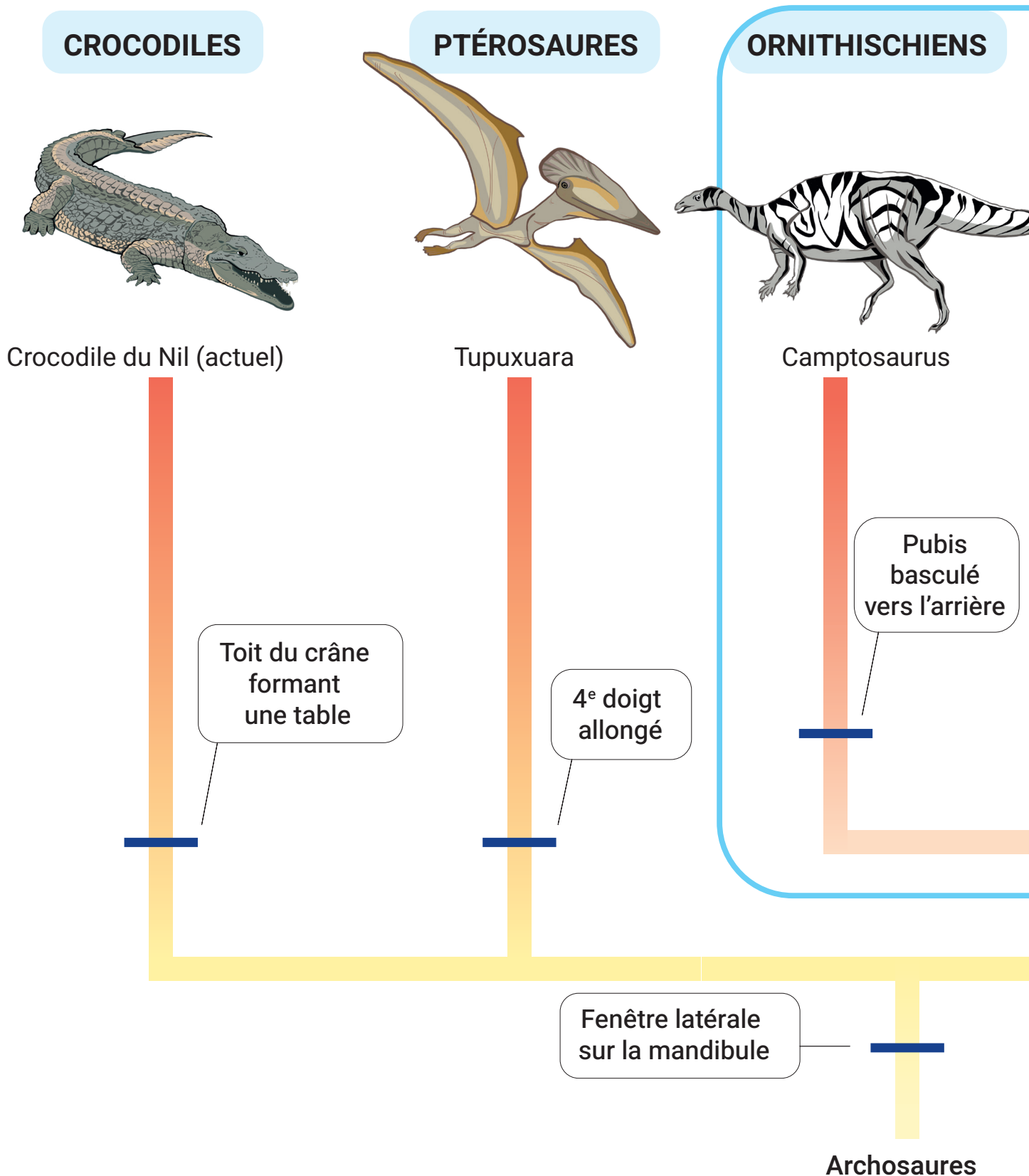
Échelle des temps géologiques

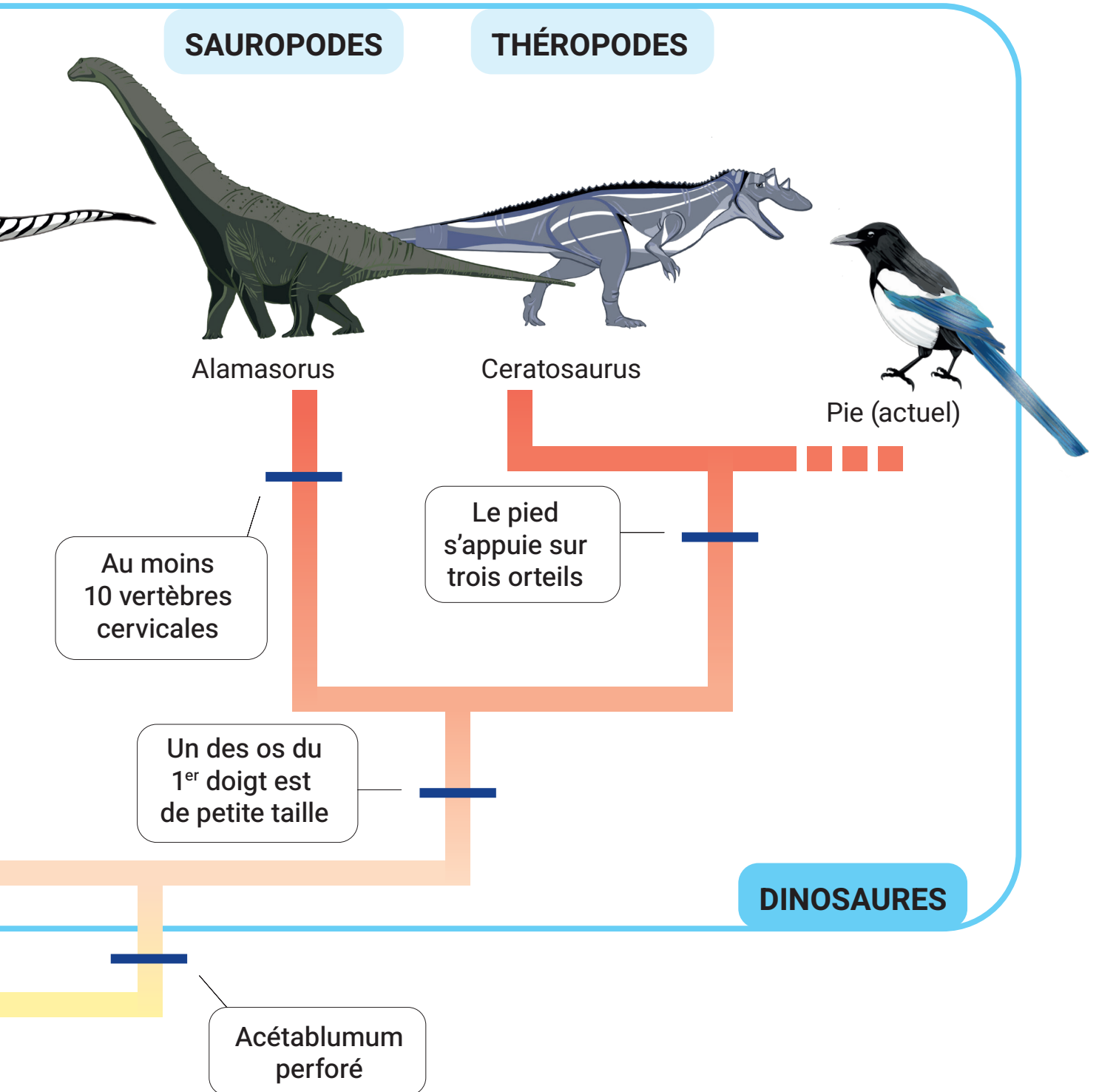
La Préhistoire est généralement définie comme la période comprise entre l'apparition de la lignée humaine et l'apparition des premiers documents écrits. Elle se divise en deux parties, le Paléolithique (l'âge de la pierre taillée) et le Néolithique (l'âge de la pierre polie). Elle se déroule de -3.5/-2.8 Ma à -3500 ans.



Document 3 :

Classification simplifiée des Archosaures





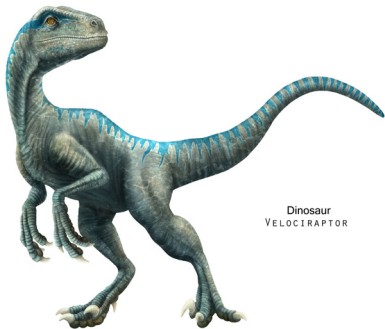
Document 4 :

Perception actuelle du vélociraptor

Le vélociraptor a notamment été rendu célèbre par le roman de science-fiction *Jurassic Park* de Michael Crichton en 1990, puis par le film qu'en a tiré Steven Spielberg. Le film, sorti en 1993, montre des vélociraptors recouverts d'écailles. Or, en 2007, des scientifiques découvrent des traces de l'insertion de plumes sur un os fossile d'avant-bras de vélociraptor (voir document 6).

De plus, Spielberg avait à l'époque exagéré la taille de ces animaux par rapport aux squelettes découverts. Toutefois, des fossiles plus récents de ces animaux, découverts un ou deux ans après sa sortie en salle, ont permis de prouver que d'autres espèces de « raptors » (*Deinonychus* et surtout *Utahraptor*) pouvaient atteindre une taille qui égalait celle des raptors du film. Spielberg avait préféré agrandir les vélociraptors pour éviter que les spectateurs les confondent avec le Dilophosaure.

Les suites écrites puis tournées mettent également en scène ces dinosaures en leur conférant une intelligence presque humaine qui les rend d'autant plus redoutables. Le film *Jurassic Park 3* les représente dotés de structures à l'allure de plumes sur l'arrière du crâne et du cou. Plus récemment, *Jurassic World* régresse dans son illustration du vélociraptor, puisqu'il les présente, mais selon la même représentation que les premiers opus de la saga donnaient de ce dinosaure, c'est-à-dire sans plumes.

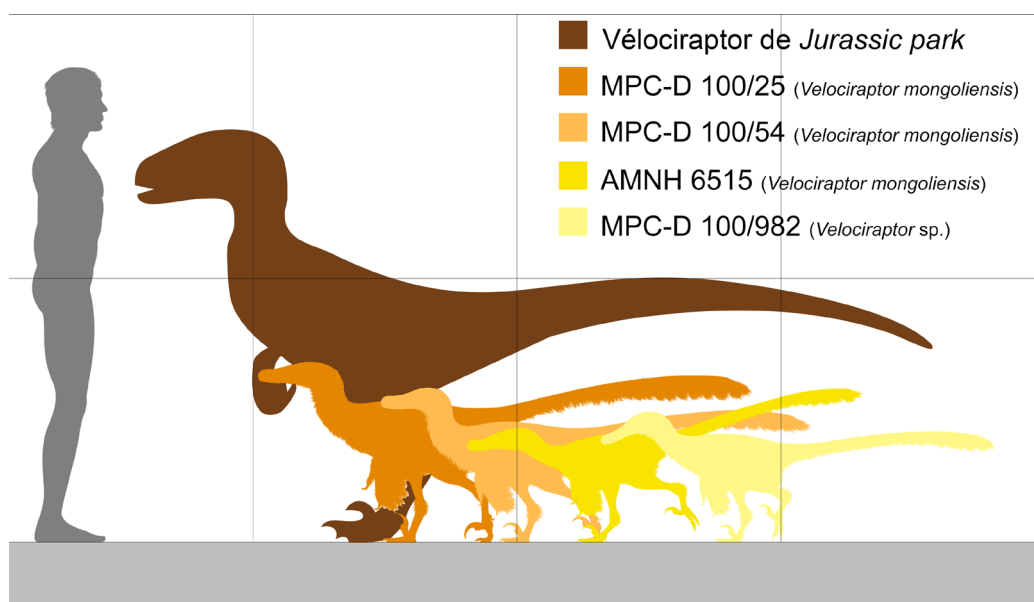


Illustrations mettant en évidence la représentation des vélociraptors dans les différents opus de la saga « *Jurassic Park* » (l'image de gauche dans « *Jurassic Park 1* » en 1993, l'image au centre dans « *Jurassic Park 3* » en 2001 et l'image de droite dans « *Jurassic World* » en 2022).

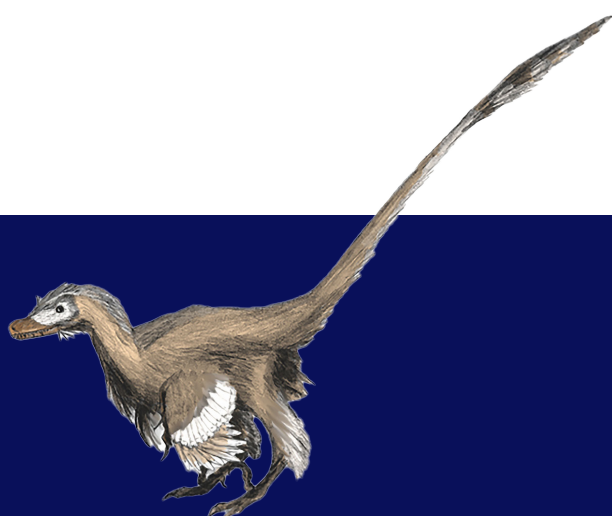
Document 5 :

Notre idée que l'on se fait du vélociraptor est-elle la bonne ?

Le vélociraptor (qui veut dire « voleur rapide ») est un genre de petits dinosaures théropodes carnivores bipèdes qui a vécu à la fin du Crétacé, entre 80 et 70 millions d'années avant notre ère. C'est un dinosaure découvert au début du 20^e siècle en Mongolie, de taille très modeste, mais doté d'une puissante griffe rétractile sur ses pattes arrière et d'un corps gracile et taillé pour la course. Il s'agissait donc d'un prédateur très efficace.



Taille d'un *Velociraptor* suivant les découvertes scientifiques (de orange à jaune) et taille d'un *Velociraptor* des films de Spielberg (en marron) par rapport à celle d'un humain



Reconstitution d'un *Velociraptor* par Matt Martyniuk en 2006

Le vélociraptor possédait de puissantes mâchoires portant environ 80 dents acérées. Il mesurait, de la tête à la queue, environ 1,5 à 2 mètres pour une hauteur de 75 cm. Son poids avoisinait 15 à 20 kilos. Ses membres postérieurs étaient pourvus d'une griffe rétractile, capable de se positionner presque à la verticale pour poignarder la peau de sa proie. Sa queue, rigidifiée par des tendons osseux, l'aidait à s'équilibrer lorsqu'il se dressait pour harponner sa proie. Cette technique de chasse a été confirmée par la découverte d'un fossile de vélociraptor dont cette fameuse griffe se trouvait à l'emplacement du cou d'un *Protoceratops*. On suppose que le prédateur et sa proie ont été brusquement ensevelis par un glissement de terrain en plein combat.

L'influence de Jurassic Park dans les représentations de la culture populaire est telle que de nombreuses personnes s'imaginent encore aujourd'hui les dinosaures de type raptor couverts d'écailles et non de plumes. De nombreuses autres fictions, plus ou moins influencées par Jurassic Park, mettent également en scène des vélociraptors à écailles, notamment dans la série télévisée Nick Cutter et les Portes du temps (2007-2011). De plus, les figurines vendues dans les grandes surfaces (voir photo ci-contre) nous montrent aussi cette influence.



Figurine de vélociraptor

Document 6 :

Des fossiles découverts sans plumes ?

Les fossiles de vélociraptor n'ont pas été retrouvés avec des plumes. Cela ne signifie pas pour autant qu'il n'en possédait pas. En effet, en science, on peut dire que l'absence de preuve ne signifie pas la preuve de l'absence...

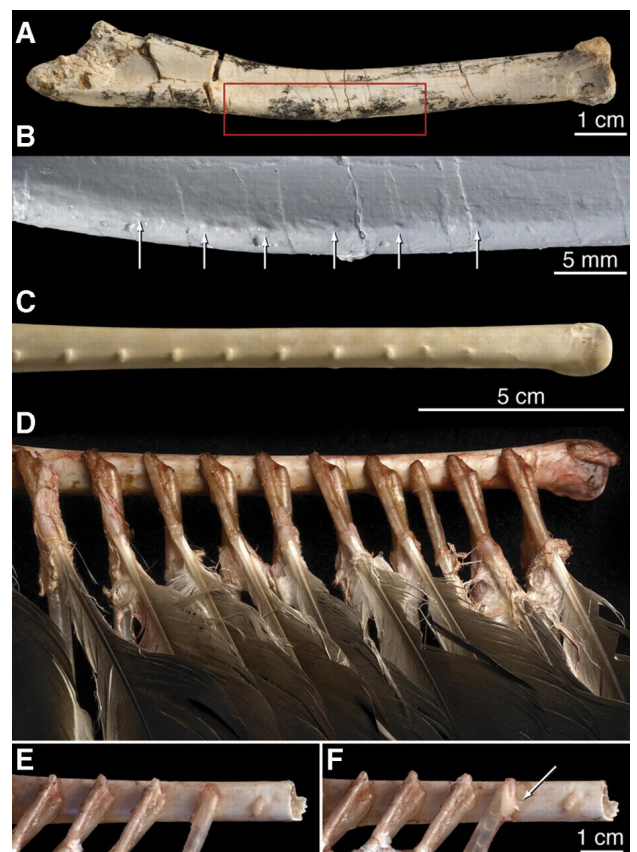


Fossile de vélociraptor

La fossilisation est un phénomène exceptionnel et la plupart du temps, seules les parties les plus résistantes se fossilisent, comme les os et les dents. On a l'habitude depuis les années 1990 de voir de nouveaux dinosaures découverts en Chine avec de remarquables traces de plumes fossilisées, mais il s'agit d'une toute petite partie des découvertes et elles ont toutes été réalisées dans des sédiments très fins et dans des couches qui ont été particulièrement bien conservées jusqu'à nos jours. Ce n'est pas le cas du milieu dans lequel ont été découverts les ossements de Velociraptor, dans le désert de Gobi. Mais d'autres indices permettent d'avoir des informations supplémentaires.

En 2007, on a découvert des traces de l'insertion de plumes sur un os fossile d'avant-bras (l'ulna, anciennement appelé « cubitus »), attribué à un Velociraptor. Ces traces sont similaires à celles observées sur les ailes des oiseaux actuels, pour l'insertion des plumes de vol.

D'après Turner et al. 2007, en regardant attentivement l'ulna d'un vélociraptor représenté sur les parties A et B de la photo ci-contre et en le comparant à un autre ulna mais d'Uruba à tête rouge, un vautour, (sur les parties C à F de la photo), on remarque dans les deux cas une série de « petits boutons » qui sont en fait des points de fixation des plumes, les plumes permettant le vol. L'absence de ce type de structures chez d'autres dinosaures ne signifie pas qu'ils ne possédaient pas de plumes cependant. Cela indique-t-il que les vélociraptors volaient ? C'est très peu probable avec ce que l'on sait sur eux et leur mode de vie, en particulier le fait que leurs avant-bras étaient trop courts pour leur permettre de voler.



© Mick Ellison

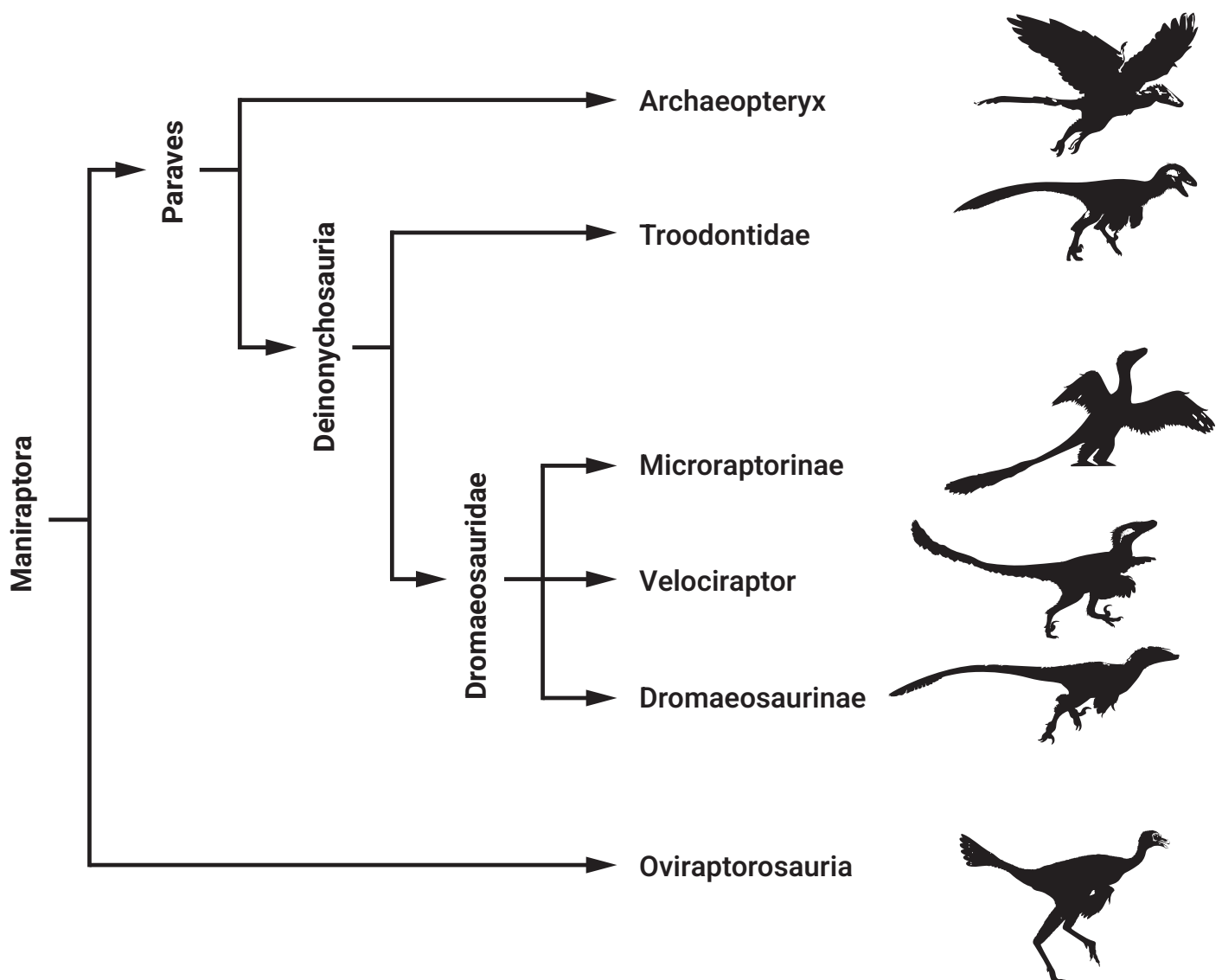
Cette découverte peut sembler étrange pour les fans du film de Spielberg, Jurassic Park, mais en fait, celui-ci avait déjà pris quelques libertés avec la réalité. En effet, contrairement à ce que l'on voit dans le film, les premiers squelettes de vélociraptors, découverts par Henry Fairfield Osborn en 1924 en Mongolie, étaient plutôt petits (75 cm maximum).

Document 7 :

Une famille à plumes

Le vélociraptor fait partie de la famille des Droméosauridés (les célèbres « raptors » de Jurassic Park), qui se place au sein du groupe des Maniraptoriens. Or plusieurs types de plumes ont été découverts dans la plupart des différents groupes de Maniraptoriens, y compris ceux qui sont les plus proches parents des Velociraptor :

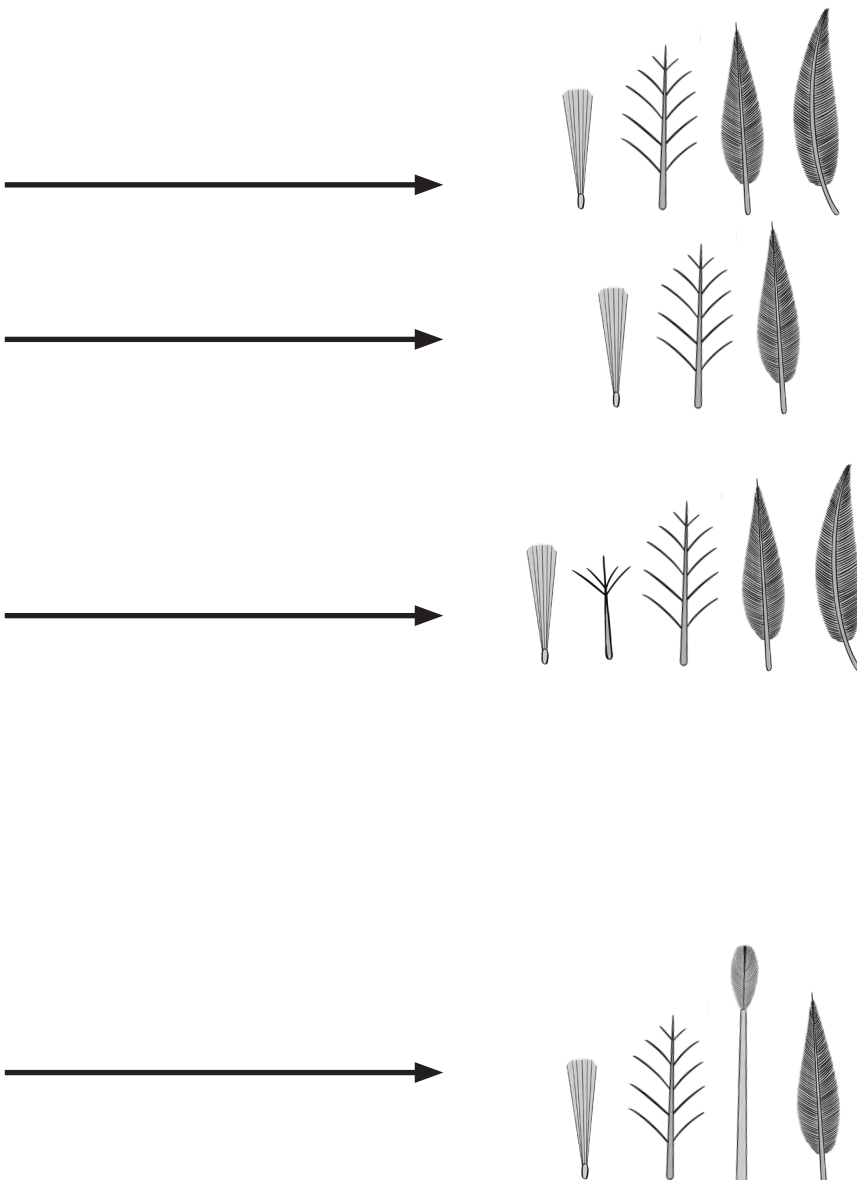
Arbre simplifié des Maniraptoriens présentant les différents types de plumes retrouvés dans les principaux groupes



Ces différents indices sont suffisants pour affirmer que le Velociraptor possédait des plumes, notamment sur ses bras. Mais la disposition exacte des plumes, leur type et leur couleur restent encore en attente d'autres découvertes.

Cependant, le document 6 nous a montré que les vélociraptors ne volaient probablement pas. Cela pourrait signifier qu'ils auraient pu suivre le même chemin évolutif que nos autruches actuelles : ils ne volaient peut-être pas, mais leurs descendants, eux, pour la plupart oui.

Aux dernières nouvelles, un prochain « Jurassic World » se prépare. Y verra-t-on des vélociraptors à plumes ? Peut-être, en tout cas, les choses semblent maintenant claires pour les scientifiques, au moins certaines espèces de raptors en étaient couvertes.



Exemple de questions à poser aux élèves et réponses attendues

- **À partir de l'arbre de parenté présenté, justifier que les dinosaures n'ont pas tous disparu.**
D'après l'arbre de parenté (document 3), on remarque que les oiseaux font partie du groupe des dinosaures.
Remarque en plus: ils ont d'ailleurs gardé un acetabulum perforé (même si la perforation s'est réduite) et un humérus qui possède encore une crête (mais réduite).
- **Les dinosaures, tels que ceux présentés dans «Jurassic Park», vivaient-ils aux temps préhistoriques?**
D'après le premier document, les dinosaures sont apparus il y a 232 à 234 Ma et dans le document 2, on voit que la plupart ont disparu il y a 65 Ma alors que les temps préhistoriques ne débutent qu'il y a 3,5 Ma. Donc les dinosaures (c'est-à-dire en excluant les oiseaux) sont très antérieurs aux temps préhistoriques. Or, si on considère tous les représentants des dinosaures (et pas uniquement ceux de Jurassic Park qui nous viennent à l'esprit quand on parle de dinosaure) alors une partie, les oiseaux, ont vécu aux temps préhistoriques et vivent d'ailleurs toujours.
- **Pourquoi les premiers films de «Jurassic Park» mettent en scène des vélociraptors recouverts d'écailles?**
Le roman et les deux premiers films ont été faits avant que l'on ne découvre que les vélociraptors avaient des plumes, ce qui explique qu'ils soient représentés avec une peau écailleuse. A l'époque, on pensait qu'ils avaient des écailles comme les autres reptiles.
- **Le film « Jurassic Park 3 » montre-t-il une évolution dans la représentation de ces dinosaures? A votre avis pourquoi ce choix?**
Le film Jurassic Park 3, se contente de les représenter dotés de structures à l'allure de plumes sur l'arrière du crâne et le cou, ce qui ne correspond pas aux caractéristiques alors connues des vélociraptors réels, qui étaient couverts de plumes proches de celles des oiseaux actuels. On peut penser que Spielberg a fait ce choix pour éviter que les spectateurs ne soient perdus face au changement de représentation de l'emblématique dinosaure ou déçus du «nouvel» aspect des vélociraptors, bien moins impressionnants que dans les premiers opus.
- **Les dinosaures sont-ils tous de grands reptiles recouverts d'écailles?**
Finalement, tous les dinosaures ne sont pas grands, ni recouverts d'écailles, et certains films ou idées reçues nous induisent en erreur quant à la véritable apparence qu'ils pouvaient avoir.

- **Quelles preuves tangibles permettent d'attester la présence de plumes sur le corps des vélociraptors ?**
On remarque des structures ressemblant à des points de fixation des plumes (sur le document 6), les plumes permettant le vol, sur un fossile découvert en 2007. Dans le document 7, on voit également que plusieurs types de plumes ont été découverts dans la plupart des différents groupes de Maniraptoriniens, notamment chez les Microraptorinae, de très proches parents des vélociraptors.
- **Après avoir étudié la chronologie des différentes découvertes de fossiles de vélociraptor, expliquer pourquoi les vélociraptors de « Jurassic World » relèvent plus du sensationnel que de la réalité.**
Au moment de la sortie des « *Jurassic World* », les découvertes montraient que le vélociraptor avait la taille d'un dindon et était un dinosaure recouvert de plumes. Or, dans les films, les vélociraptors sont représentés comme une espèce avec des écailles. Ils sont également très grands par rapport à l'humain, quand on les compare avec la taille qu'ils devraient effectivement atteindre.
Ce qui est plutôt surprenant, c'est que l'on remarque quand même une évolution de leur perception dans le temps, avec l'apparition de petites plumes sur le cou des vélociraptors de « Jurassic Park 3 », pour malheureusement faire un « retour en arrière » avec des vélociraptors à écailles dans « Jurassic World », sorti bien après.

Bibliographie

Turner, A. H., Makovicky, P. J., & Norell, M. A. (2007). Feather Quill Knobs in the Dinosaur Velociraptor. *Science*, 317(5845), 1721.

Xu, X., Zheng, X., & You, H. (2010). Exceptional dinosaur fossils show ontogenetic development of early feathers. *Nature*, 464(7293), 1338-1341.

Des conférences en Podcast

« Des dinosaures carnivores aux oiseaux : l'envol d'une idée » : une conférence de Philippe Taquet <https://www.espace-sciences.org/conferences/des-dinosaures-carnivores-aux-oiseaux-l-envol-d-une-idee>

« Fossiles et pas une ride », avec Romain Vullo <http://www.espace-sciences.org/conferences/fossiles-et-pas-une-ride>

« Les dinosaures du Maghreb, l'histoire de leur découverte », avec Philippe Taquet <http://www.espace-sciences.org/conferences/mardis-de-l-espace-des-sciences/les-dinosaures-du-maghreb-histoire-de-leur-decouverte>

Lien avec les référentiels scolaires

Tronc commun – P4:

Établir des liens entre les adaptations des vivants et leurs chances de survie :

- Etablir des liens entre des adaptations d'animaux et leur chance de survie face à leur prédateurs (ex : mimétisme, camouflage, pelage d'hiver);
- Etablir des liens entre des adaptations d'animaux et leur chance de survie au cours des saisons (ex : migration, pelage d'hiver, hibernation).

Tronc commun – P6:

- Définir la notion d'espèce comme un ensemble de vivants pouvant se reproduire entre eux et avoir des descendants féconds :
- Préciser que la classification phylogénétique scientifique permet de montrer les liens de parenté entre les espèces;

Nomme des attributs des espèces rencontrées (squelette interne, squelette externe, membre, pattes articulées, antennes, poils, coquille, tentacule, pied plat, anneau, nageoires rayonnées, quatre doigts à la main, ...).

Socle de compétences S1-S2:

SAVOIR-FAIRE

- Résoudre une situation complexe par la mise en œuvre d'une démarche scientifique.
- Structurer les résultats, les communiquer, les valider, les synthétiser.
- Rassembler et organiser des informations sous une forme qui favorise la compréhension et la communication.
- S'interroger à propos des résultats d'une recherche, élaborer une synthèse et construire de nouvelles connaissances.
- Écouter et recevoir une communication orale brève et en extraire des informations pertinentes en fonction d'un contexte.

SAVOIRS

- Les êtres vivants réagissent aux stimuli de leur environnement ainsi qu'aux modifications de leur milieu de vie :
 - Les récepteurs des stimuli : les organes des sens;
 - Les stimuli peuvent être des modifications du milieu ou des signaux émis par des êtres vivants;
 - Diversité de réactions face aux stimuli;
 - Evolution et adaptations.
- Les relations êtres vivants / milieu :
 - Chaînes alimentaires;
 - Réseaux trophiques;
 - Prédation / parasitisme / compétition / coopération.
- Classification :
 - Les cinq règnes;
 - Les embranchements;
 - Les classes de vertébrés.
- Histoire de la vie et des sciences :
 - Formation de l'univers;
 - Apparition de la vie sur Terre;
 - Évolution et extinction des espèces;
 - Aspect temporaire et évolutif des théories scientifiques;
 - Approche critique des conséquences des recherches scientifiques et des applications technologiques.

Tronc commun S2 (Application du tronc commun en 2027):

Evolution : Influence de la sélection naturelle

- Expliquer comment la sélection naturelle peut influencer l'évolution des vivants;
- Préciser le rôle de Darwin dans l'élaboration de la théorie de l'évolution.

Grandes extinctions des espèces :

- Citer des causes possibles retenues par les scientifiques pour expliquer une extinction massive d'espèces.

Recueillir, interpréter et exploiter des informations dans des documents (numériques et/ou autres) et/ou auprès de personnes-ressources : l'évolution

- Analyser des informations historiques afin d'expliquer comment Darwin a proposé un modèle de sélection naturelle.

Mettre en évidence les relations de cause à effet entre deux variables :

des causes et conséquences de grandes extinctions

- Établir un lien entre la biodiversité du passé et la biodiversité actuelle (ex. : dinosaures et oiseaux);
- Analyser des informations pour expliquer des causes et des conséquences d'une grande extinction d'espèces.

Sciences générales (2^e degré) – 4^e année – UAA4

« Une première approche de l'évolution » :

- Repérer, sur une ligne du temps, les 5 grandes crises subies par la biodiversité et rechercher pour quelques-unes les causes supposées;
- Relever des ressemblances (cellulaires, moléculaires, anatomiques, ...) entre êtres vivants;
- A partir d'une approche historique (Darwin), expliquer comment la sélection naturelle influence l'évolution d'une espèce.

Sciences de base (2^e degré) – 4^e année – UAA3

« Unité et diversité des êtres vivants » :

- Montrer, sur une ligne du temps, les grandes crises subies par la biodiversité et rechercher pour une crise en particulier les causes supposées;
- Expliquer comment la sélection naturelle influence l'évolution d'une espèce;

Sciences de base (3^e degré) – UAA5

« De la génétique à l'évolution » :

- Expliquer que la classification moderne du vivant se fonde sur la théorie de l'évolution;
- A partir de l'analyse d'un document ou d'une visite au musée, décrire l'aspect buissonnant de la lignée humaine;
- Décrire de manière simple, les mécanismes importants (variabilité génétique, sélection naturelle) impliqués dans la théorie de l'évolution;
- Identifier (à partir de documents, de visites de musées, ...) des critères anatomiques d'appartenance à la lignée humaine;
- Situer et dater l'origine de la lignée humaine.

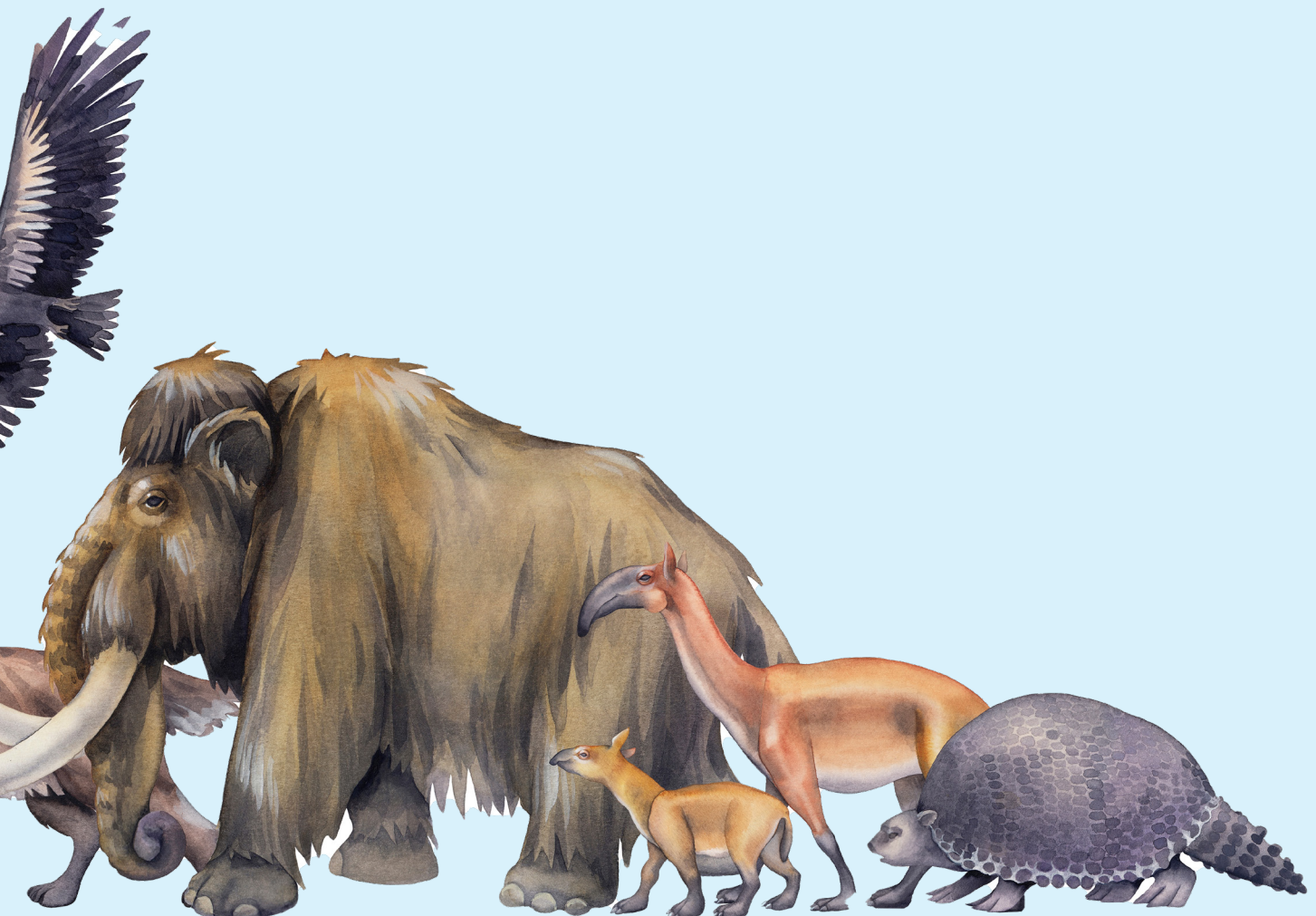


Education scientifique (2^e degré) – 4^e année – UAA3 « Unité et diversité des êtres vivants » :

- A partir de l'observation des modifications de la biodiversité au cours du temps, expliquer l'importance de la sélection naturelle :
Expliquer comment la sélection naturelle influence l'évolution d'une espèce.

Education scientifique (3^e degré) – UAA6 « De la génétique à l'évolution (Partie 2 : l'évolution) » :

- Décrire de manière simple, les mécanismes importants (variabilité génétique, sélection naturelle) impliqués dans la théorie de l'évolution.



Crédits d'images

SHUTTERSTOCK.COM

- p. 6 pst.rtw
- p. 8 BlueRingMedia
- p. 10 Tagliaferri Photography, Peter Olsson
- p. 11 Alizada Studios, TimeLineArtist
- p. 12 Paolo Gallo
- p. 13 Mark Godden, Arjen de Ruiter
- p. 14 Dotted Yeti, mc_pongsatorn, Dotted Yeti
- p. 15 BEST-BACKGROUNDS
- p. 16 ND700, Shutterstock AI
- p. 17 Shutterstock Kubilay, AuntSpray, frantic00, Gorodenkoff
- p. 29 ProjectXen
- p. 31 TimeLineArtist
- p. 34 Innakote, Jaime Calderon, Shutterstock AI
- p. 36 metha1819, lego 19861111
- p. 45 katerina Glazkova

MICHAEL SCHOLL

- p. 14

ELISA REQUENA

- p. 32-33

WIKIMEDIA COMMONS

- p. 16, p. 35



AQUARIUM MUSEUM

Université de Liège

Aquarium-Muséum Universitaire de Liège
Quai Édouard Van Beneden, 22 à 4020 Liège
+32 (0)4 366 50 21
aquarium-museum.be | aquarium@uliege.be
© f in aquariummuseum

Ensemble pour l'éducation, la science et la biodiversité

Ce dossier pédagogique a pu être conçu et réalisé grâce au soutien de nos partenaires institutionnels, organismes subsidiaires et sponsors. Leur engagement est essentiel au développement de nos missions pédagogiques, scientifiques et de sensibilisation à la biodiversité, et contribue à rendre ces actions accessibles au plus grand nombre.



Avis de Copyright

Tous les contenus, informations, textes, matériaux, noms, images, illustrations et représentations visuelles (y compris, mais sans s'y limiter, ceux provenant de nos membres, partenaires, affiliés, prestataires, employés et représentants) apparaissant sur le site internet de l'Aquarium-Muséum Universitaire de Liège (www.aquarium-museum.uliege.be), dans nos publications ou rendus disponibles sous toute autre forme par l'AqMu ASBL (ci-après dénommés « Contenus ») sont protégés par la législation belge sur la propriété intellectuelle (PI).

Ces Contenus ne peuvent être utilisés, republiés, retransmis, reproduits, téléchargés ou exploités de quelque manière que ce soit (à l'exception d'un téléchargement pour un usage privé et non commercial) sans l'autorisation écrite expresse préalable de l'AqMu ASBL, de l'auteur ou du titulaire des droits d'auteur.

Cette protection s'étend également à toutes les marques apparaissant sur nos supports, y compris le logo de l'AqMu ASBL.

Les Contenus restent la propriété exclusive et sont protégés par les droits d'auteur de leurs auteurs respectifs, photographes ou illustrateurs, tels qu'identifiés dans les crédits ou les légendes.

Toute violation de ces droits pourra donner lieu à des poursuites civiles et/ou pénales conformément à la législation belge en vigueur.

Pour toute demande d'autorisation ou d'informations complémentaires, veuillez contacter l'Aquarium-Muséum Universitaire de Liège via notre site internet.

ISSN 3041-7767

ISBN 978-2-9603768-9-0

EAN 9782960376890



9 782960 376890