

Livret Pédagogique

« *Trivial Evolution* »

Présenté par



Développé et créé par



1. La classification :

Aujourd'hui, le nombre d'espèces vivantes recensées dépasse les 2 millions. En fait, il en existerait, selon les estimations entre 10 et 30 millions. Parmi cette multitude de formes vivantes, *Trivial Evolution* se focalise sur les mammifères. Ce groupe, auquel nous appartenons, comporte plus de 5 000 espèces qui représentent seulement environ 0,25 % de la biodiversité décrite.

L'aventure de leur classification a commencé en 1758, quand Carl Von Linné, médecin et botaniste suédois, a, pour la première fois, défini les mammifères comme des animaux qui allaitent leurs petits. Puis, les anatomistes et les paléontologues les ont répartis en une vingtaine d'ordres et n'ont cessé depuis de préciser leur classification. Aujourd'hui, ils ne sont plus les seuls à essayer de reconstituer cette histoire évolutive : les biologistes moléculaires sont entrés en jeu.

De ce fait, aujourd'hui, la systématique (science de la classification) s'est enrichie d'un nouveau champ disciplinaire : la phylogénie moléculaire basée sur la comparaison des séquences d'ADN qui vient compléter les méthodes traditionnelles basées sur l'observation des caractères morphologiques et anatomiques. La phylogénie moléculaire utilise les gènes des organismes vivants pour élaborer les arbres de l'évolution en comparant les caractères moléculaires (séquences nucléotidiques ou protéiques). Par rapport aux méthodes traditionnelles, la phylogénie moléculaire, grâce au séquençage de l'ADN, possède l'avantage d'être basée sur la comparaison d'un très grand nombre de caractères. En essayant de retracer l'accumulation des mutations dans les génomes au cours de l'évolution des espèces, ces méthodes modernes permettent de reconstruire l'histoire évolutive des organismes. Les espèces auront des génomes d'autant plus proches qu'elles ont divergé récemment depuis leur ancêtre commun.

Pour le jeu « Trivial Evolution » et l'élaboration de son plateau sous la forme d'arbre phylogénétique, nous avons choisi la classification issue des derniers résultats de la phylogénie moléculaire, basée sur la comparaison de séquences d'ADN de plusieurs gènes. Parmi les gènes ayant permis l'inférence de cet arbre figure le gène BRCA-1 pour « BReast CAncer » (traduction littérale « cancer du sein »).

Les gènes BRCA, au nombre de 2, sont des gènes présents chez tous les mammifères, et ils appartiennent à une classe de gènes dits « gènes suppresseurs de tumeurs ». Ils interviennent dans la régulation des cycles de division cellulaire en empêchant les cellules de l'organisme de se développer de façon anarchique et incontrôlée. Spécifiquement, les gènes BRCA ont pour fonction de prévenir la prolifération incontrôlée de cellules mammaires. De fait, certaines mutations des gènes BRCA conduisent à un risque accru de développer un cancer du sein.

L'unité de base de la classification du vivant est l'espèce. La définition la plus communément admise détermine l'espèce comme l'ensemble des individus qui, dans la nature, peuvent se reproduire entre eux, sans intervention humaine, dont la descendance est fertile. Ceci implique généralement que ces individus soient très proches génétiquement. La taxonomie utilise ensuite plusieurs rangs d'ordre supérieur à l'espèce définie de façon arbitraire telle que le Genre qui rassemble plusieurs espèces similaires, puis viennent la Famille, l'Ordre, la Classe, l'Embranchement et le Règne. Des regroupements intermédiaires tels que le Sous-genre ou la Tribu sont parfois également utilisés.

La classification se présente ainsi sous la forme de catégories taxonomiques hiérarchisées de telle sorte que chacune d'elle fait partie de la catégorie de rang supérieur et comprend toutes les catégories de rang inférieur.

Il y a 7 catégories principales avec pour chacune d'elle des sous-catégories.

Les catégories et des sous-catégories peuvent être représentées de la façon suivante :

Règne

Sous-règne

Embranchement

Sous embranchement

Super classe

Classe

Sous-classe

Super-ordre

Ordre

Sous-ordre

Infra-ordre

Super-famille

Famille

Sous famille

Tribu

Sous tribu

Genre

Sous genre

Espèce

Sous espèce

Si nous prenons l'exemple du Kangourou Wallaroo, ayant pour nom latin *Macropus robustus* au sein de la classe des mammifères, cela nous donne la classification suivante :

Règne : *Animalia* animaux

Embranchement : *Chordata* cordés

Sous embranchement : *Vertebrata* vertébrés

Classe : *Mammalia* mammifères

Sous-classe : *Theria* thériens

Super-Ordre : *Metatheria* marsupiaux

Ordre : *Diprotodontia*

Sous-ordre : *Macropodiformes*

Famille : *Macropodidae*

Sous famille : *Macropodinae*

Genre : *Macropus*

Sous genre : *Osphranter*

Espèce : *Macropus robustus* Nom commun Kangourou Wallaroo

2. L'arbre phylogénétique :

Un arbre phylogénétique est une représentation qui traduit les relations de parenté entre un ensemble d'êtres vivants, actuels ou fossiles.

Chaque nouvelle branche doit être justifiée par l'apparition d'une nouveauté évolutive (ou innovation), apparue chez un organisme qui l'a transmise à tous ses descendants. Un nœud correspond à la population du dernier ancêtre commun à partir duquel ont émergé deux groupes différant par leurs caractéristiques. Deux groupes qui partagent un même ancêtre commun exclusif sont des « groupes frères » séparés par un événement de spéciation qui est représenté par un nœud dans l'arbre phylogénétique.

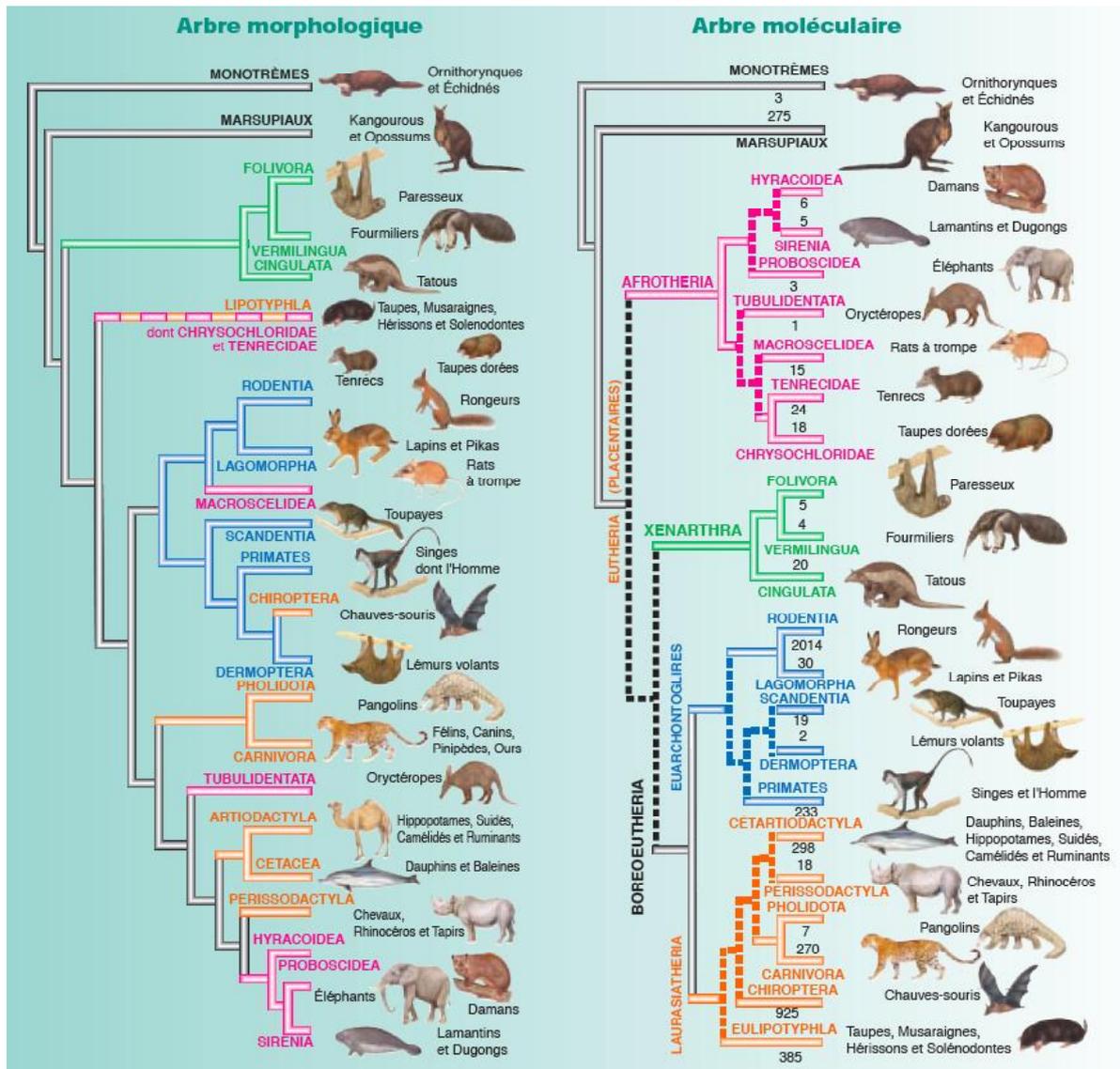
Une nouveauté évolutive peut correspondre à l'apparition « de novo » d'un nouveau plan d'organisation, d'un nouvel organe, d'une nouvelle molécule, ou encore à la disparition ou transformation d'un caractère particulier, du même ordre que les précédents. Plus simplement, dans un arbre phylogénétique moléculaire, les branches sont définies par les substitutions de nucléotides ou d'acides aminés apparues dans les séquences d'ADN ou de protéines. Généralement, plus le nombre de caractères utilisés pour construire l'arbre est important, plus il sera précis.

La lecture de l'arbre phylogénétique permet de définir les caractéristiques des différents groupes (ou clades) qui sont constitués d'un ancêtre commun unique et de l'ensemble de ses descendants.

3. Spécificité sur le jeu

- Explications sur le tapis de jeu :

La figure ci-dessous présente les différences entre les classifications issues des données morphologiques et moléculaires.



F. DELSUC, JF. MAUFFREY, E. DOUZERY, *Une nouvelle classification des mammifères, Pour la science 2003*

Parmi les résultats nouveaux apportés par cette comparaison, nous pouvons remarquer, par exemple, que les chauves-souris sont de proches parents des taupes alors qu'on les regroupait auparavant avec les lémurs volants, que les hippopotames sont le « groupe frère » des cétacés, et surtout que l'éléphant et le lamantin sont plus proches des taupes dorées que ces dernières ne le sont des vraies taupes !

Nous avons choisi de réaliser le tapis de jeu à partir de l'arbre moléculaire qui représente les dernières données en date. Comme nous pouvons le visualiser sur l'arbre, les mammifères forment une classe, divisée en deux sous-classes : les monotrèmes, et les thériens (marsupiaux et placentaires). Au niveau du jeu, nous avons représenté visuellement de la même façon les ordres et les deux super-ordres que sont les monotrèmes et les marsupiaux. Sur le tapis de jeu, ils sont de couleur jaune.

En ce qui concerne les placentaires, 18 ordres sont définis par la présence, chez leurs représentants, de caractères morphologiques ou moléculaires propres à leur groupe. Par exemple, le nombre d'incisives distingue les rongeurs des lagomorphes.

Ces 18 ordres sont :

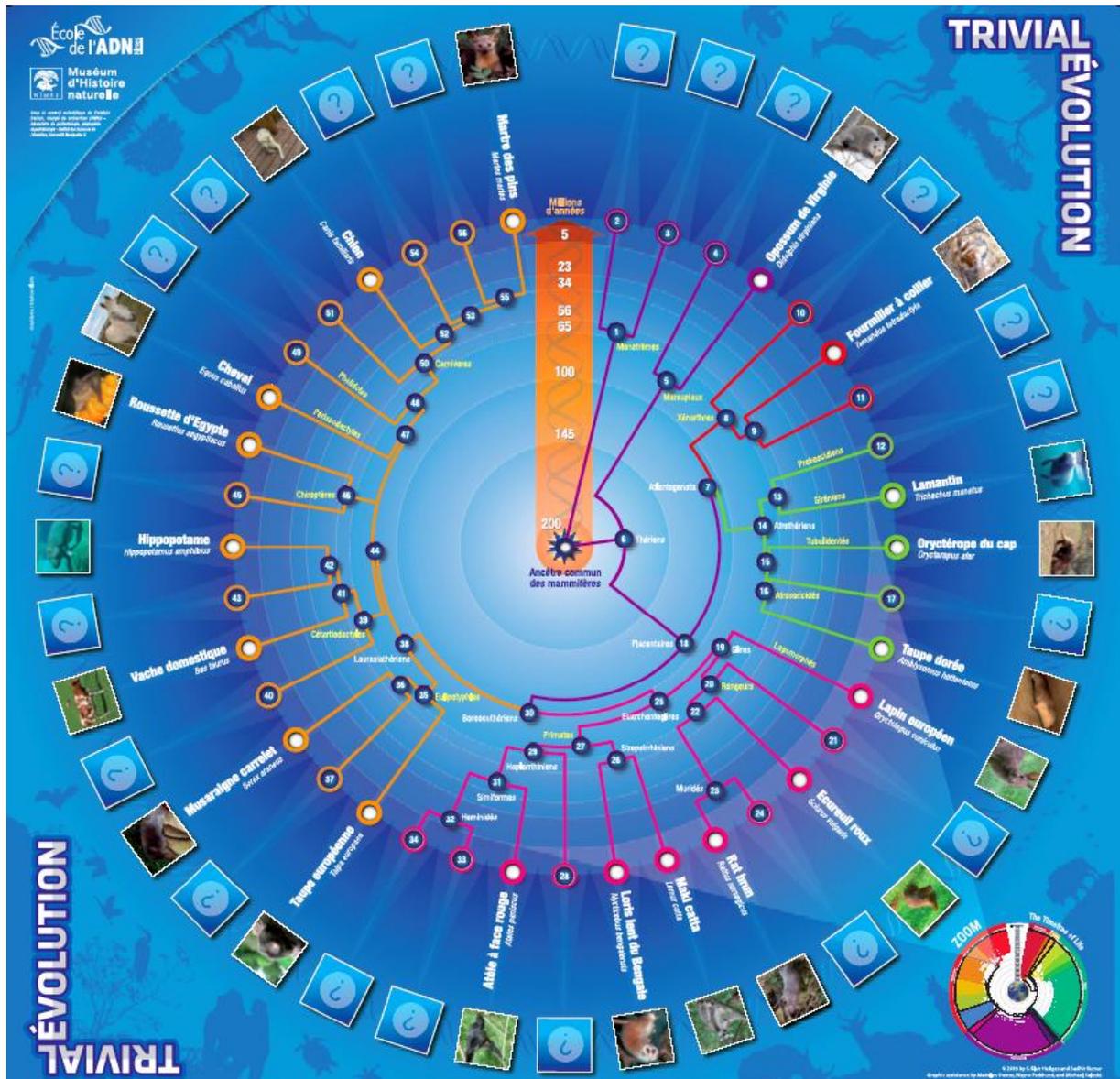
- Afrosoricidés ;
- Carnivores ;
- Cétartiodactyles ;
- Chiroptères ;
- Dermoptères ;
- Eulipotyphles ;
- Hyracoïdes ;
- Lagomorphes ;
- Macroscélidés ;
- Périssodactyles ;
- Pholidotes ;
- Primates ;
- Proboscidiens ;
- Rongeurs ;
- Scandentiens ;
- Siréniens ;
- Tubulidentés ;
- Xénarthres.

Sur le jeu, nous n'avons pas utilisé l'ensemble des ordres pour des raisons de simplification. En rouge sont indiqués les ordres qui ni figurent pas.

Le schéma représenté ci-dessous, représente l'arbre phylogénétique des mammifères. Il retrace les relations de parenté entre les différents ordres à partir de leur ancêtre commun, il y a 220 millions d'années. A chaque nœud, nous avons surtout insisté sur des caractères propres compréhensibles par l'ensemble du public, enfants comme adultes. Pour faciliter les explications et une relation directe avec le tapis de jeu, nous avons repris les mêmes numéros de nœuds. De plus, les dates de divergence (en millions d'années) sont spécifiées en rouge pour chacun des nœuds de l'arbre.

Pour une meilleure lisibilité, [voir le document en annexe du livret.](#)

- Explication et positionnement des photos d'espèces :



Emplacement sur le nœud numéro 2:

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est l'Ornithorynque. Il fait partie des trois espèces du super-ordre des monotrèmes.

Dans les anciennes classifications, les monotrèmes passaient pour des mammifères incomplets et cela suffisait à en faire un de ces groupes privatifs au même titre que les procaryotes et invertébrés. Leurs organes reproducteurs sont très proches de ce qu'étaient les ancêtres des mammifères mais l'éperon venimeux et la perte de dents à l'âge adulte sont au contraire des caractères très dérivés qui interdisent de les considérer comme « ancêtres ». Comme beaucoup d'animaux « étranges », ils sont très médiatiques. Tous les enfants connaissent l'ornithorynque et ont à cœur de le faire figurer dans le tableau des classifications. Une façon élégante de les utiliser est

de montrer à quel minimum se réduit la définition des mammifères : du lait et des poils.

Emplacement sur le nœud numéro 3:

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est l'Echidné d'Australie. Il fait partie des trois espèces du super-ordre des monotrèmes.

(voir Ornithorynque)

Emplacement sur le nœud numéro 4 :

Sur ce point d'interrogation, la photo d'espèce à positionner est le Kangourou wallaroo. Il fait partie de l'ordre des marsupiaux.

La tradition parmi les naturalistes est de considérer les marsupiaux comme des « intermédiaires » entre monotrèmes et placentaires, le propos est souvent appuyé par l'histoire des marsupiaux sud américains confrontés aux placentaires nord américains, à la suite de la formation de l'isthme de Panama. L'actuelle position des marsupiaux australiens face aux placentaires apportés par l'homme est aussi évoquée. Ce genre d'argumentation ne tient pas compte du fait que c'est le sort de presque toutes les faunes insulaires face à des arrivants soumis à une sélection naturelle plus sévère sur de vastes continents.

Emplacement sur le nœud numéro 10 :

Sur ce point d'interrogation, la photo d'espèce à positionner est le tatou tronqué. Il fait partie de l'ordre des Xénarthres.

Dans cet ordre, on trouve 3 groupes assez homogènes : les paresseux, les fourmiliers et les tatous. Ils sont tous représentés sur le tapis ou les cartes de jeu.

Emplacement sur le nœud numéro 11 :

Sur ce point d'interrogation, la photo d'espèce à positionner est le Paresseux à trois doigts. Il fait partie de l'ordre des Xénarthres.

Dans cet ordre, on trouve 3 groupes assez homogènes : les paresseux, les fourmiliers et les tatous. Ils sont tous représentés sur le tapis ou les cartes de jeu.

Emplacement sur le nœud numéro 12 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est l'Eléphant de savane d'Afrique. Il fait partie de l'ordre des Proboscidiens. Il existe 3 espèces de Proboscidiens, l'Eléphant de savane d'Afrique, celui de forêt d'Afrique et celui d'Asie. La reconnaissance de cet ordre ne pose aucun problème alors que les innovations partagées par les membres du clade sont plus discrètes. L'absence de canines inférieures et l'ouverture des orbites dans le maxillaire sont les critères décisifs pour classer les espèces vivantes et fossiles du groupe. On préférera bien entendu utiliser les caractères des Proboscidiens modernes qui ont tous une trompe et des incisives transformées en défenses à croissance illimitée.

L'ancêtre commun des siréniens et proboscidiens, correspondant au nœud 13, a pour seule innovation partagée, facilement perceptible, l'avancement des orbites en avant des molaires. Il est difficile de le voir sur les photos du jeu. Il faudra insister spécifiquement sur ce caractère pour le positionnement de l'éléphant par rapport au Tenrec-hérisson.

De plus, les proboscidiens avec les afrosoricidés, les siréniens, les tubulidentés forment le clade des afrothériens. Celui-ci regroupe des mammifères d'origine africaine tels les éléphants, les lamantins, les tenrecs et les taupes dorées. Les

afrothériens comprennent des animaux auparavant éparpillés dans la classification morphologique. Certains ordres comme celui des insectivores, ont disparu, et plusieurs des familles qui les constituaient sont rassemblées dans les afrothériens.

Emplacement sur le nœud numéro 17 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le petit Tenrec-hérisson. Il fait partie de l'ordre des afrosoricidés.

Ce nouvel ordre était anciennement appelé l'ordre des « Insectivores » que l'on trouve dans les traités zoologiques classiques et qui a toujours été instable. Les afrosoricidés doivent leur nom à la restriction géographique de ces trois familles qui les composent et aux nouvelles recherches en phylogénie moléculaire.

Les afrosoricidés, avec les proboscidiens, les siréniens et les tubulidentés forment le clade des afrothériens. Celui-ci regroupe des mammifères d'origine africaine tels les éléphants, les lamantins, les tenrecs et les taupes dorées. Les afrothériens comprennent des animaux auparavant éparpillés dans la classification morphologique. Certains ordres comme celui des insectivores, ont disparu, et plusieurs des familles qui les constituaient sont rassemblées dans les afrothériens.

Emplacement sur le nœud numéro 21 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le cochon d'Inde. Il fait partie de l'ordre des rongeurs. Dans cet ordre, nous pouvons aussi retrouver le rat et la souris. Les aspects très dérivés de certains de leurs caractères nous semblent donc partagés par tous les mammifères. C'est le cas de leur anatomie urogénitale et en particulier de l'utérus duplex, particularité commune à tous les glires. Cet utérus permet plusieurs petits par portée. Attention, de ne pas faire la confusion, basée sur des idées reçues, qui classent le lapin ou lièvre parmi les rongeurs. Lapin et lièvre sont des lagomorphes. La différence entre les deux ordres réside essentiellement dans le nombre d'incisives par demi mâchoire (deux pour les lagomorphes : la deuxième, cachée, se situe en arrière de l'incisive principale).

Emplacement sur le nœud numéro 24 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est la souris. Elle fait partie de l'ordre des rongeurs. Dans cet ordre, nous pouvons aussi retrouver le rat et le cochon d'Inde. Les aspects très dérivés de certains de leurs caractères semblent partagés par tous les mammifères. C'est le cas de leur anatomie urogénitale et en particulier de leur utérus duplex commun à tous les glires. Attention, de ne pas faire la confusion basée sur des idées reçues qui classent le lapin ou lièvre parmi les rongeurs. Lapin et lièvre sont des lagomorphes. La différence entre les deux ordres réside essentiellement dans le nombre d'incisives par demi mâchoire (deux pour les lagomorphes : la deuxième, cachée, se situe en arrière de l'incisive principale).

Emplacement sur le nœud numéro 28 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le Tarsier de Horfield. Il fait partie de l'ordre des primates.

Emplacement sur les nœuds numéro 33 et 34 :

Sur ces points d'interrogations, les photos à positionner sont soit le chimpanzé commun soit l'homme. Les deux photos peuvent se placer sur les deux numéros

sans erreur. Les deux espèces font partie des primates et plus spécifiquement des hominidés.

Emplacement sur le nœud numéro 37 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le Hérisson commun. Il fait partie de l'ordre des Eulipotyphles. Les espèces de ce nouvel ordre étaient anciennement classées dans l'ordre des « Insectivores » que l'on trouve dans les traités zoologiques classiques et qui a toujours été instable.

Emplacement sur le nœud numéro 40 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le sanglier. Il fait partie de l'ordre de cétartiodactyles. Ce nouvel ordre est le regroupement des anciens ordres des artiodactyles, ongulés, cétacés. Les artiodactyles et les ongulés reposent sur un nombre pair de doigts. La découverte d'une parenté très forte entre les hippopotames (artiodactyles) et les cétacés oblige à revoir le nom du groupe et à admettre que les membres ont pu être profondément modifiés à la faveur d'une adaptation à une vie totalement aquatique. Deux séries d'arguments participent à cette évolution : les phylogénies moléculaires et la découverte de fossiles représentant des formes intermédiaires entre les cétacés actuels et le groupe d'ongulés terrestres qui leur a donné naissance.

Emplacement sur le nœud numéro 43 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est la Baleine à bosse. Elle fait partie de l'ordre de cétartiodactyles. Ce nouvel ordre est le regroupement des anciens ordres des artiodactyles, ongulés, cétacés. Les artiodactyles et les ongulés reposent sur un nombre pair de doigts. La découverte d'une parenté très forte entre les hippopotames (artiodactyles) et les cétacés oblige à revoir le nom du groupe et à admettre que les membres ont pu être profondément modifiés à la faveur d'une adaptation à une vie totalement aquatique. Deux séries d'arguments participent à cette évolution : les phylogénies moléculaires et la découverte de fossiles représentant des formes intermédiaires entre les cétacés actuels et le groupe d'ongulés terrestres qui leur a donné naissance.

Emplacement sur le nœud numéro 45 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est la chauve-souris. Elle fait partie de l'ordre des chiroptères. Les chauves-souris sont plus proches des carnivores et des cétartiodactyles que des primates et dermoptères.

Emplacement sur le nœud numéro 49 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le Pangolin à petite écaille. Il fait partie de l'ordre des pholidotes. L'ordre des pholidotes ne comprend qu'un seul genre (Manis), 4 espèces africaines et trois asiatiques.

Emplacement sur le nœud numéro 51 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le chat domestique. Il fait partie de l'ordre des carnivores. Cet ordre est le groupe vedette des zoos et des animaux domestiques comme le chat et le chien. Il est facile de comprendre, pour tout public, que l'innovation partagée est la présence des dents carnassières. Présence qui fonde l'ordre des carnivores. Par contre si nous souhaitons réaliser une

classification plus fine (comme dans le jeu) à l'intérieur du groupe, cela devient plus complexe.

Emplacement sur le nœud numéro 54 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est l'ours brun.

Il fait partie de l'ordre des carnivores. Cet ordre est le groupe vedette des zoos et des animaux domestique comme le chat et le chien. Il est facile de comprendre, pour tous public, que l'innovation partagée exclusivement de dents carnassières fonde l'ordre des carnivores. Par contre si nous souhaitons réaliser une classification plus fine (comme dans le jeu) à l'intérieur du groupe, cela devient plus complexe.

Emplacement sur le nœud numéro 56 :

Sur ce point d'interrogation, la photo à positionner est le phoque commun. Il fait partie de l'ordre des carnivores. Cet ordre est le groupe vedette des zoos et des animaux domestique comme le chat et le chien. Il est facile de comprendre, pour tous public, que l'innovation partagée exclusivement de dents carnassières fonde l'ordre des carnivores. Par contre si nous souhaitons réaliser une classification plus fine (comme dans le jeu) à l'intérieur du groupe, cela devient plus complexe.

4. Bibliographie :

F. DELSUC, JF. MAUFFREY, E. DOUZERY, *Une nouvelle classification des mammifères*, Pour la science 2003.

G. LECOINTRE et H. LE GUYADER, *Classification phylogénétique du vivant*, 3^{ème} édition, Belin, 2001.

V. NEPOUX, *L'évolution du vivant expliquée à ma boulangère*, In Libro Veritas, 2009.