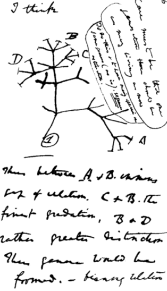


La première esquisse de Darwin d'un arbre phylogénétique tirée de son *First Notebook on Transmutation of Species* (1837).



I think

*the better A.B. means
the better C.B. the
first position, B & D
rather than the other
the same but the
forms. - Henry Allen*

Biologie évolutive

Vers une description rationnelle du monde vivant

Marc Girondot
marc.girondot@universite-paris-saclay.fr

université PARIS-SACLAY FACULTÉ DES SCIENCES D'ORSAY

1

La description du monde vivant

- L'art rupestre (du latin *rupes*, « roche ») est la production d'images par peinture, sculpture ou gravure sur de la pierre.
 - Certains indices, découverts sur le site de Blombos en Afrique du Sud, font remonter l'expression graphique à 73 000 ans BP¹, voire plus.
- La faune peinte à Lascaux date de 15 000 BP et celle dans la grotte Chauvet date de 37 000 BP.



Bloc d'ocre gravé, Grotte de Blombos, Afrique du Sud.



Cheval de la grotte de Lascaux 15 000 ans BP



Félins de la grotte Chauvet 37 000 ans BP

¹ BP signifie Before Present qui utilise 1950 comme référence (cf cours sur « compter le temps »)

2

La faune dans l'art rupestre

- En 2019, des peintures rupestres trouvées sur l'île de Sulawesi à l'ouest de la Papouasie ont été datées de 44 000 ans BP.



Pour déterminer l'âge de la scène de chasse, le ratio uranium/thorium qui s'était accumulé sur la peinture a été analysé.

La calcite au sommet d'un porc a commencé à se former il y a au moins 43 900 ans et les dépôts sur deux anoas (bovidés) datent de plus de 40 900 ans.

Aubert M, Lebe R, Oktaviana AA, Tang M, Burhan B, Hamrullah, Jusdi A, Abdullah, Hakim B, Zhao JX, Geria IM, Sulistyarto PH, Sardi R, Brumm A (2019) Earliest hunting scene in prehistoric art. *Nature* 576: 442-445 doi 10.1038/s41586-019-1806-y

3

Platon, né en 428 / 427 av. J.-C. et mort en 348 / 347 av. J.-C. à Athènes



La plénitude de Platon

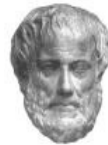
- Platon formule le *principe de plénitude* qui est une justification de la multitude et de la variété des animaux.
 - « L'univers doit être *plenum formarum* : il doit contenir toutes les variétés possibles de formes vivantes, de manière à être commensuré à la bonté et la capacité génératrices d'une Source parfaite et inexhaustible. »
- Le principe de plénitude affirme donc que l'univers contient toutes les formes d'existence possibles.

4

Aristote contre la plénitude de Platon

- On trouve ce principe de plénitude dans un écrit de Platon, le *Timaeus*, par l'intermédiaire d'une insistance sur «la traduction nécessairement complète de toutes les possibilités idéales en réalité».
 - Timaeus* est l'un des dialogues de Platon, principalement sous la forme d'un long monologue donné par le personnage-titre *Timaeus de Locri*, écrit vers 360 avant JC.
- Aristote rejette le principe dans sa *Métaphysique*, quand il écrit qu'«il n'est pas nécessaire que tout ce qui est possible existe en réalité».

Aristote -384 (Stagire, Grèce) à -322 (Chalcis, Grèce)



5

Pour en savoir plus sur Aristote, par Annick Stevens:
<https://www.youtube.com/watch?v=dw9BrCwaSys>

La description du monde vivant

- Aristote se démarque de son maître Platon : pour lui le plus haut degré de réalité n'est pas ce qui apparaît par le raisonnement, mais ce qui est perçu par les sens.



L'Ecole d'Athènes, fresque du peintre Raphaël (1483-1520).
 Platon, en toge rouge et
 Aristote, en bleu.
 Chambre de la Signature,
 Palais pontifical, Vatican

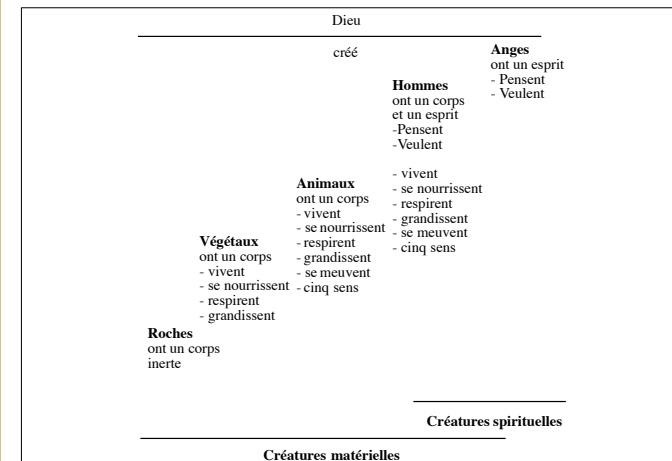
6

La description du monde vivant

- Aristote établit une classification des êtres vivants, en partant du principe que tous les êtres vivants ont une *âme*, mais une *âme* de nature différente (*âme nutritive*, *âme sensitive*, *âme appétitive* et *locomotrice*). Seul l'homme a une *âme* rationnelle.
- Il édifie une « échelle de la Nature » (*scala naturæ*), qui est une échelle de complexité croissante de l'*âme*.
 - Le terme âme doit être compris au sens de propriété intrinsèque.

7

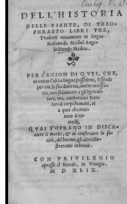
Scala naturæ d'Aristote



8

Classification des plantes - Antiquité

Historia plantarum, 1549.



- Théophraste classe les plantes en quatre groupes :
 - Les arbres (« dendron »)
 - Les arbustes (« thamnós »)
 - Les sous-arbrisseaux (« phruganon »)
 - Les herbes (« poa » c'est-à-dire les végétaux non-ligneux).
- Dans le règne végétal, Théophraste reconnaît le rôle du sexe dans la reproduction de certaines plantes supérieures, bien que cette dernière découverte soit perdue dans les époques postérieures.

Théophraste est un philosophe de la Grèce antique né vers 371 av. J.-C. à Lesbos et mort vers 288 av. J.-C. à Athènes



9

Classification des plantes – Moyen-Âge

- L'étude des plantes au Moyen-Âge* était soit une branche de la médecine ou de la sorcellerie.
- Le classement des plantes était du type:
 - "Bonnes herbes" = médicinales,
 - Alimentaires,
 - Ornementales,
 - Mauvaises herbes,
 - Les arbres pour le bois d'œuvre et de chauffage.



* Fin du V^e siècle à la fin du XV^e siècle.

10

"Histoire Naturelle" de Pline l'Ancien (manuscrit du milieu du XII^e siècle, collection de l'Abbaye de Saint-Vincent du Mans, France).

Quinze siècles...

- Les ouvrages qui vont servir, **pendant près de quinze siècles**, d'enseignement et de référence au monde occidental datent du I^{er} siècle après J.-C. : le *Traité de matière médicale* du Grec **Dioscoride** et l'*Histoire naturelle* en 37 livres (botanique, description de 900 espèces, livres XII à XXVII; zoologie, livres VIII à XI) du Romain **Pline l'Ancien**, copiés, traduits, recopiés, sans subir d'évolution volontaire ni d'adaptation notable. A noter que l'original de *Naturalis Historia* est perdu et la version la plus ancienne connue date du XII^e siècle.
- Durant ces siècles, au lieu de regarder autour d'eux, les hommes étudiaient la nature dans les livres anciens, où les plantes décrites ne sont pas forcément celles de leur environnement !



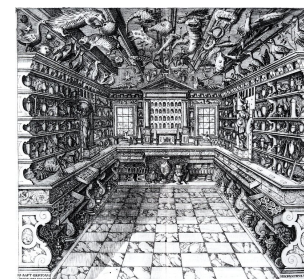
Pline l'Ancien, né en 23 apr. J.-C. à Novum Comum dans le nord de l'Italie et mort en 79, à Stabies, près de Pompéi, lors de l'éruption du Vésuve.



11

Les cabinets de curiosité

- Pour comprendre comment l'homme du 16^{ème} siècle voit le monde, il faut se plonger dans les cabinets de curiosité.



- C'est un lieu où un meuble où on entrepose ce qui est extraordinaire, classé en *naturalia*, *artificialia*, *scientifica* et *exotica*.

12

Cabinet des merveilles (en allemand)



Le cabinet des curiosités par Domenico Remps, 1690, Museo dell'Opificio delle Pietre Dure, Florence

13

Le monde au 16^{ème} siècle

- Le classement se fait par analogie et on recherche particulièrement les objets permettant le lien entre domaines, interprétés souvent sur la base des Métamorphoses d'Ovide.



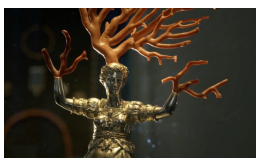
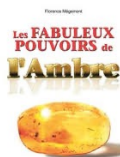
Les Livres des Métamorphoses (en latin *Metamorphoseōn libri*) sont un long poème latin d'Ovide, dont la composition débute probablement en l'an 1. L'œuvre comprend quinze livres (près de douze mille vers) sur le thème des métamorphoses issus de la mythologie grecque et de la mythologie romaine. La structure générale du poème suit une progression chronologique, depuis la création du monde jusqu'à l'époque où vit l'auteur, c'est-à-dire le règne de l'empereur Auguste.

20 mars 43 av. J.-C. Sulmona (Italie) - 17 ou 18 ap. J.-C. Tomis (Constanța, Roumanie)

14

Exemple d'objets

- L'ambre (résine fossile), où comment une pierre brûle et flotte ? C'était une pierre magique.
- Le corail (cnidaire anthozoaire) interprété comme des gouttes de sang pétrifiées de la tête de méduses selon Ovide. Animal, végétal, minéral...



15

La Renaissance

- Andrea Cesalpino (Italie, 1519-1603) fut le premier à classer les plantes selon leurs organes de reproduction (840 espèces).
- Les botanistes poursuivront cette piste avec des chercheurs prestigieux comme Joseph Pitton de Tournefort (France, 1656-1708) en distinguant les végétaux supérieurs et inférieurs sur des critères floraux.



En 1694, il publie *Éléments de botanique ou méthode pour connaître les plantes*. Il précise dans son avertissement que « la méthode suivie est fondée sur la structure des fleurs et des fruits. On ne saurait s'en écarter sans se jeter dans d'étranges embarras ».

16

Importance de cette classification

- Tournefort place la plante au centre du système alors que la classification était anthropocentrique.

Classification des plantes – Moyen-Âge

- L'étude des plantes au Moyen-Âge* était soit une branche de la médecine ou de la sorcellerie.
- Le classement des plantes était du type:
 - "Bonnes herbes" = médicinales,
 - Alimentaires,
 - Ornementales,
 - Mauvaises herbes,
 - Les arbres pour le bois d'œuvre et de chauffage.




* Fin du V^e siècle à la fin du XV^e siècle.

17

LA TAXINOMIE

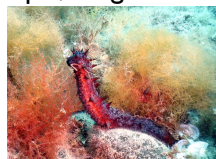
18

Comment étaient nommées les espèces

- Vandelli, D. 1761. *Epistola de holothurio, et testudine coriacea ad celeberrimum Carolum Linnaeum* (Lettre sur des holothuries, une tortue coriace au plus célèbre Carolus Linnaeus). Padua: Conzatti.
- L'holothurie (peut-être *Holothuria tubulosa*) est ainsi nommée:
Holothurium laeve, dichotomum, fucus marinis alligatum
Holothurie marine lisse, dichotomique, rouge



Domenico Agostino Vandelli est un naturaliste italien, né le 8 juillet 1735 à Padoue et mort le 27 juin 1816 à Lisbonne.



19

Du polynôme latin au binom

- Jean Bauhin (1541-1612), Guillaume Rondelet (1507-1558), Pierre Belon (1517-1564) et Joseph Pitton de Tournefort seront les premiers à utiliser une taxonomie binominale.



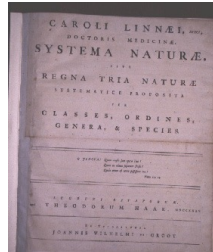
20

La nomenclature linnéenne



Carl von Linné
1707-1778

- Le botaniste suédois Carl von Linné formalise le système de classification des organismes par genre et espèce.
- Chaque espèce est définie par un nom double, en « réputé latin », qui permet aux scientifiques du monde entier de la désigner sans équivoque.
- Ce système est toujours utilisé sous des formes proches de nos jours.



21

Le type...

- Glossaire de l'édition 1985 du code international de nomenclature zoologique:
- Holotype: Un spécimen unique désigné comme le type portant le nom d'une espèce ou d'une sous-espèce quand elle a été décrite, ou bien le spécimen unique utilisé comme type lorsque aucun type n'avait été spécifié.

Quel est le type d'*Homo sapiens sapiens* ?

Holotype de *Homo sapiens* Linnaeus 1758



22

La notation

- Le crédit pour l'auteur d'un nom est donné à la première personne qui a publié pour la première fois une description crédible avec celui-ci.
- Une fois publié, un nom ne peut être changé, sauf pour corriger une erreur d'accord avec les règles.
- Quand on lit "*Homo sapiens* Linnaeus 1758" cela signifie que Linnaeus a été le premier auteur à publier le nom *Homo sapiens*.
- Si on écrit "*Eulemur mongoz* [Linnaeus 1766]", le crédit d'auteur est aussi pour Linnaeus même si il n'est pas l'auteur du nom de genre "*Eulemur*" qui fut utilisé pour la première fois en 1988 par Simmons and Rumpler. Le nom de l'auteur reste associé au nom de l'espèce seulement.

23

Autres types...

- Syntype: Le syntype est un spécimen cité dans le protologue* quand l'auteur n'a pas désigné d'holotype ou qu'il en a désigné plusieurs à la fois comme types.
- Lectotype: Le lectotype (du grec ancien : λέκτος / léktos, « choisi », et τύπος / týpos, « type ») est le spécimen qui devient le type nomenclatural en absence d'holotype lors de la publication d'origine, notamment si l'auteur d'un taxon n'a pas désigné d'holotype ou si l'holotype a été perdu ou détruit
- Néotype: Le néotype est le type désigné en l'absence de tout matériel original. C'est un spécimen ou une illustration qui tient provisoirement lieu de type nomenclatural (tant que tous les matériaux sur lesquels a été fondé le nom du taxon sont détruits).

* Un protologue, en taxinomie, est l'ensemble des informations associées au nom scientifique d'un taxon lors de sa première publication valide, aussi appelée publication originale.

24

Exemple de lectotype

- L'éléphant d'Asie (*Elephas maximus* Linnaeus, 1758) est un mammifère de la famille des éléphantidés.
- 1633, Amsterdam. Pour le bon plaisir d'un puissant homme d'État néerlandais, une éléphante d'Asie du nom d'Hansken débarque tout droit du Sri Lanka. À l'époque, c'est le seul éléphant en Europe.
- C'est là que l'éléphante Hansken croise une autre célébrité : le peintre Rembrandt. Il profite de sa venue pour en réaliser des croquis très détaillés.
- L'éléphante est officiellement le lectotype des éléphants d'Asie.



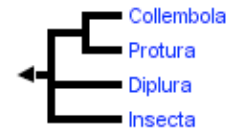
Rembrandt Harmenszoon Van Rijn, Une éléphante, 1637, pierre noire sur papier, 17 x 25 cm, British Museum, Londres

25

Les noms utilisés...

- Les noms utilisés ne servent qu'à nommer le taxon et non à le décrire:

Arthropoda - Hexapoda



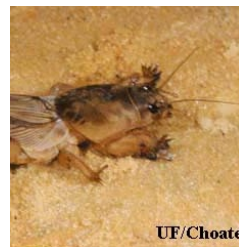
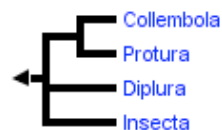
UF/Choate

26

Les noms utilisés...

- Les noms utilisés ne servent qu'à nommer le taxon et non à le décrire:

Arthropoda - Hexapoda



UF/Choate

27

Les évolutions de Systema naturae

- International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (ICN)
 - International Code of Nomenclature for Cultivated Plants (ICNCP)
- International Code of Zoological Nomenclature (ICZN)
- International Code of Nomenclature of Bacteria (ICNB)
- International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV)

28

International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants
(Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical
Congress Shenzhen, China, July 2017

- Le Code international de nomenclature des algues, des champignons et des plantes (ICN) est l'ensemble de règles et de recommandations qui régissent la dénomination scientifique de tous les organismes traditionnellement traités comme des algues, des champignons ou des plantes, fossiles ou non fossiles, y compris les algues bleues (Cyanobactéries), chytrides, oomycètes, myxomycètes et protistes photosynthétiques avec leurs groupes non photosynthétiques taxonomiquement apparentés (mais à l'exclusion des microsporidies).
- Avant 2011, il s'appelait le Code international de nomenclature botanique (ICBN).

29

International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants
(Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical
Congress Shenzhen, China, July 2017

- kingdom (regnum), subkingdom (subregnum),
- **division** or phylum (divisio or phylum), **subdivision** or subphylum (subdivisio or subphylum),
- class (classis), subclass (subclassis),
- order (ordo), suborder (subordo),
- family (familia), subfamily (subfamilia),
- tribe (tribus), subtribe (subtribus),
- genus (genus), subgenus (subgenus),
- **section** (sectio), subsection (subsectio),
- **series** (series), subseries (subseries),
- species (species), subspecies (subspecies),
- **variety** (varietas), subvariety (subvarietas),
- **form** (forma), and subform (subforma).

Seulement dans ce code

30

Code international pour la nomenclature des plantes
cultivées, 9^{ème} édition, juin 2016

- Le Code international pour la nomenclature des plantes cultivées (CINPC) régleme la désignation des espèces cultivées, dont les cultigènes, constituées de cultivars, de groupes de cultivars et de chimères de greffe.
- Une espèce présente dans le CINPC doit aussi être présente dans le CIN.
- On doit utiliser des langues vernaculaires, et non pas le latin, on autorise les translittérations (écriture dans un système de caractères différents de l'original), on autorise la correction des fautes d'orthographe de l'original, et on doit l'enregistrer auprès de l'Autorité internationale d'enregistrement des cultivars.

31

Code International de Nomenclature
Zoologique, 4^{ème} édition 1999

ICZN

- Le Code International de Nomenclature Zoologique régleme les noms des taxons au niveau de la famille, du genre et de l'espèce chez les métazoaires.
- Le Code ne donne que des indications pour les autres niveaux taxonomiques, sans même les nommer.
- Le CINZ est rédigé par la Commission internationale de nomenclature zoologique.

<https://www.iczn.org/assets/Uploads/c1fcec17847/Code-International-de-Nomenclature-Zoologique.pdf>

32

Les taxons généralement utilisés

Du plus général au plus particulier, les taxons les plus fréquemment utilisés sont :

Règne (Kingdom)	
Embranchement (Phylum)	
Classe (Class)	
Ordre (Order)	
Sous-Ordre (sub-order)	
Infra-ordre (infra-order)	
Super familles (Superfamily)	-oidea
Famille (Family)	-idae
Sous-Famille (subfamily)	-inae
Tribu (Tribe)	-ini
Sous-tribu (subtribe)	-ina
Genre (Genus)	
Espèce (Species)	
Sous-espèce (subspecies)	

33

International Code of Nomenclature of Bacteria, 1990 Revision

- Code International de la Nomenclature Bactérienne dont la revue officielle est l'International Journal for Systematic Bacteriology.
- La subdivision d'espèces ou de sous-espèces en Biovars (ou biotypes), Sérovars (sérotypes), Lysovars (lysotypes) et en Pathovars (ou pathotypes), généralement écrit avec une majuscule initiale, ne constituent pas des noms scientifiques mais des références pratiques ou des critères pathologiques, géographiques, etc.

34

International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV

- La classification de l'International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), utilise une méthode assez semblable à celle utilisée pour les êtres vivants, où les virus sont rangés par ordre, famille, sous-famille, genre et espèce.
- La classification Baltimore, proposée par David Baltimore, lauréat du prix Nobel de médecine en 1975, est, elle, basée sur le type d'acide nucléique des virus (ADN ou ARN) et son mode d'expression.
- Les deux classifications sont utilisées.



David Baltimore (né le 7 mars 1938 à New York)

35

Les règles d'écriture

- Code International de Nomenclature Zoologique version 4 de 1999, Appendice B, règle 6
 - Les noms scientifiques des taxons du genre ou du groupe d'espèces doivent être imprimés dans une police de caractères différente de celle utilisée dans le texte ; ces noms sont généralement imprimés en italique, ce qui ne doit pas être utilisé pour les noms de taxons supérieurs. Les noms de tous les taxons supraspécifiques commencent par une lettre majuscule.
- Le code zoologique fait exception. Tous les autres codes (botanique, bactériologique, virologique, et PhyloCode) recommandent de mettre tous les noms de taxons en italique (ou en tous cas, dans une police différente pour les distinguer du reste du texte).

36

Les règles d'écriture

- Les combinaisons binaires genre-espèce sont toujours utilisées au singulier.
- Le genre utilisé seul (avec majuscule et en italique ou souligné) est généralement utilisé au singulier, mais il peut être utilisé au pluriel (sans italique ni majuscule et portant la marque du pluriel) s'il se réfère à toutes les espèces de ce genre.
 - La seule espèce dont des individus sont actuellement vivant est du genre *Homo*.
 - Les homos désignent toutes les espèces qui sont dans le genre *Homo*.

37

Le pluriel des noms latins: des maximums ou des maxima ?

- Quand un mot étranger pénètre dans une langue, dès qu'il est adopté par l'usage, il doit s'habiller à la mode du pays : d'abord s'adapter phonétiquement s'il n'est pas facile à prononcer ; ensuite et surtout se conformer aux règles de la grammaire.

*Troisième déclinaison:
Imparissyllabiques
Masculins et féminins*

Cas	Singulier	Pluriel
Nominatif	homo	hominēs
Vocatif	homo	hominēs
Accusatif	hominem	hominēs
Génitif	hominis	hominum
Datif	hominī	hominibus
Ablatif	hominē	hominibus

- Le cas le plus fréquent est celui du mot fixé sous la forme du singulier. Par pédantisme, on s'efforce plus ou moins longtemps, dans certains milieux, de garder le pluriel de la langue d'origine. Mais la conscience linguistique réagit à mesure que les mots pénètrent dans l'usage.
- On dira donc des maximums et des homos et non des maxima et des hominēs.

38

Quid des langues vernaculaires ?

- En zoologie, en botanique et en mycologie, un nom normalisé est un nom technique précis, choisi pour désigner dans une langue vivante donnée, au niveau national et sans ambiguïté, un taxon unique.
 - Il n'existe pas de règle ni de convention ni de norme (!) pour désigner les noms normalisés dans les langues vernaculaires ! Il existe une Commission internationale des noms français des oiseaux mais rien d'équivalent dans les autres domaines.
- Ce nom normalisé est assimilé à un nom propre et prend donc la majuscule pour le distinguer des noms communs.

39

LA CLASSIFICATION

40

Bernard de Jussieu (né à Lyon le 17 août 1699 et mort à Paris le 6 novembre 1777)

La classification naturelle

En 1738, Bernard de Jussieu voulant mettre à profit la classification de Linné rassemble les plantes pour former les familles selon leurs ressemblances naturelles.



Quarante ans plus tard, son neveu, Antoine Laurent de Jussieu (1789) réexamine ces familles et relève les similitudes de caractères externes durant tout le développement (ontogénie) : il commence non plus par les pétales ou le pistil, mais par les caractères embryonnaires (les caractères de la graine), puis les étamines et le pistil, l'enveloppe florale, pour finir par les organes végétatifs (feuilles, tiges, racines...). Il fonde une nouvelle classification qui se base sur l'organisation ordonnée du développement naturel des plantes, d'où son nom : **classification naturelle**.

41

L'art de la classification

- Les regroupements dans les catégories supra-spécifiques ne sont pas régies par des règles.
- **La règle d'autorité**
- On réunit dans un même taxon... ce que le spécialiste du groupe a décidé d'y inclure
 - ... il n'y a pas qu'un spécialiste !

42

Tentative de rationaliser la classification

Theodosius Dobzhansky 1900 - 1975

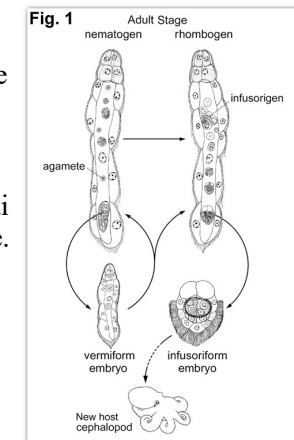
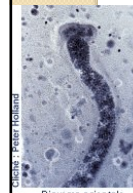


- Quantification de la différence entre espèces et regroupement selon ces différences
 - Taxonomie numérique
 - Que faire des régressions ?
 - Que faire des espèces ayant des particularités importantes ?
 - Quel caractère choisir ?

43

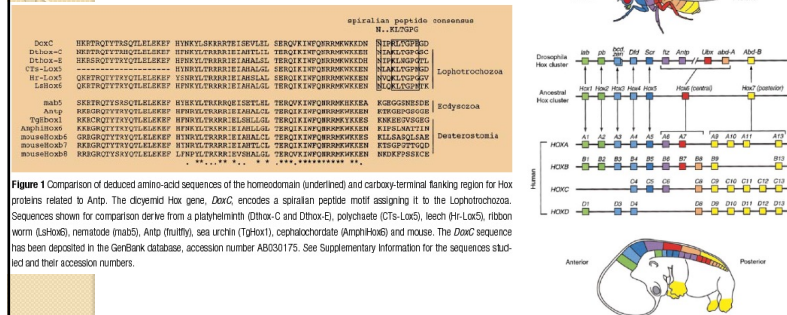
Exemple de régression: les dicyémides

- Organismes eucaryotes pluricellulaires trouvés dans le foie des céphalopodes. 100 espèces sont connues.
- L'organisme n'est constitué que de 40 à 100 cellules ce qui en fait le plus petit métazoaire.



44

Les gènes Hox des dicyémides



Les dicyémides seraient des lophotrochozoa (mollusques, annélides, plathelminthes) dont la morphologie s'est simplifiée en réponse au parasitisme.

45

Classification = Phylogénie

- Dès la fin du 19^{ème} siècle, on propose que la classification, d'empirique devienne phylogénétique, c'est à dire n'utilisant que des groupes monophylétiques (i.e. incluant tous les descendants d'un même ancêtre commun).
- Cette proposition sera formalisée par Willi Hennig (1967) dans la méthodologie de la Cladistique.

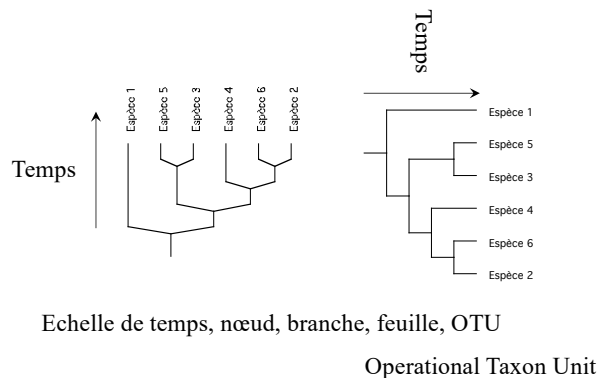


Willi Hennig
1913-1976

46

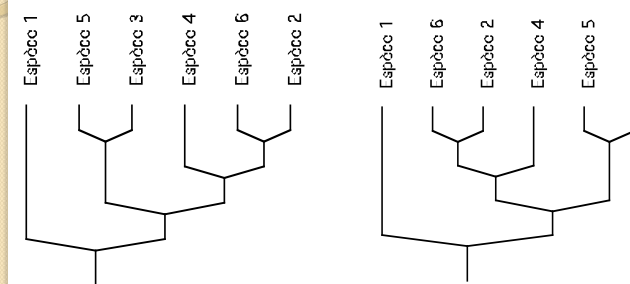
Rappel sur les phylogénies

Une phylogénie représente l'histoire évolutive d'un groupe.



47

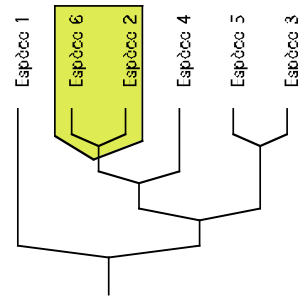
Les nœuds comme axe de rotation



Ces deux phylogénies sont identiques.

48

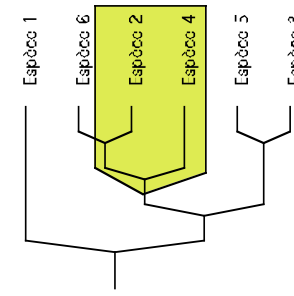
Les types de regroupements



Groupe monophylétique = Clade

49

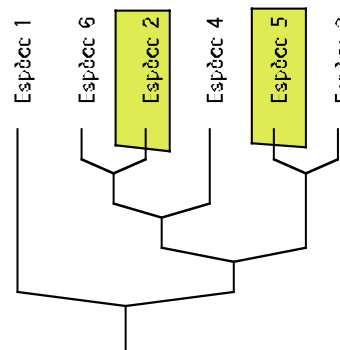
Les types de regroupements



Groupe paraphylétique

50

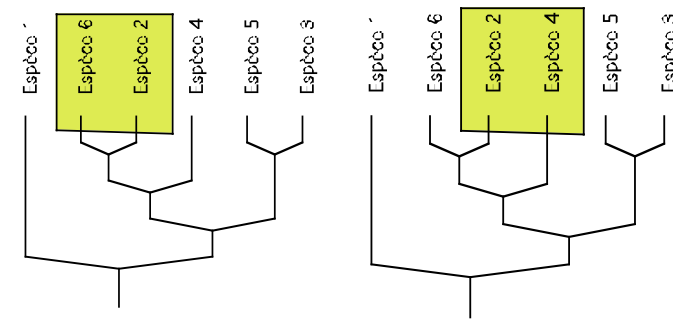
Les types de regroupements



Groupe polyphylétique

51

Les types de regroupements... colle



Comment les définir ?

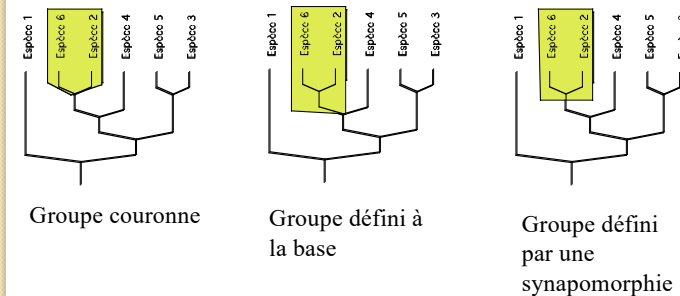
52

Les types de regroupement et la classification

	Mono	Para	Poly
Systématique pré-évolutionniste (<1900)	Oui	Oui	Oui
Systématique évolutionniste (1940)	Oui	Oui	Non
Systématique phylogénétique (1970)	Oui	Non	Non

53

Trois façons de définir les groupes monophylétiques



L'utilisation des trois façons modifiera la classification de nouvelles espèces se situant sur la branche basale.

54

Phylogénie, classification et nomenclature

- La phylogénie représente l'histoire évolutive des espèces.
- La classification est la façon de regrouper les taxons.
- La nomenclature ou taxinomie ou taxonomie est la méthodologie utilisée pour mettre des noms sur des taxons.

55

Caractères et Etats de caractères

Un **caractère** est une structure que l'on peut décrire chez tous les organismes étudiés.

Les **états** de ces caractères sont les différentes modalités que peuvent prendre les caractères.

Caractères	C1	C2	C3	C4	C5
Espèces	Etats 0-1	Etats A-B-C	Etats A-T-G-C	Etats AA	Etats Long-court
A	0	A	A	Pro	Long
B	1	C	T	Pro	Court
C	1	B	A	Pro	Long
D	0	C	A	Lys	Court
E	1	B	T	Lys	Court
F	0	A	G	Pro	Long
G	0	A	T	Pro	Court

56

Homologie et analogie

Deux structures sont dites **homologues** si elles descendent d'une même structure chez l'ancêtre. Cela correspond donc à un même caractère.

Deux structures sont dites **analogues** si elles se ressemblent soit dans la morphologie soit dans la fonction mais ne descendent pas d'une même structure chez l'ancêtre. Il s'agit donc de deux caractères différents.

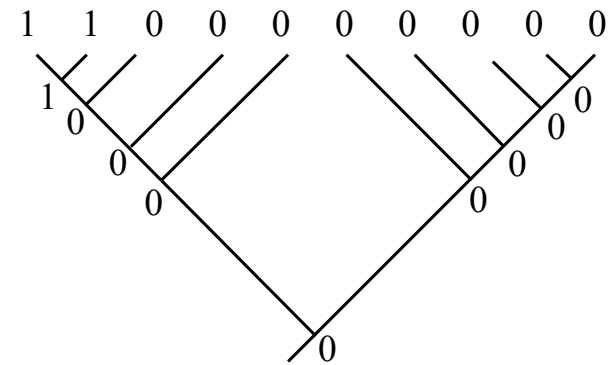
Les structures sont ou ne sont pas homologues. Il est donc faux de parler de pourcentage d'homologie en biologie moléculaire. On devrait parler dans ce cas de pourcentage de similitude (et non pas « similarité » qui est un anglicisme venant de *similarity*)

57

Etat apomorphe et plésiomorphe

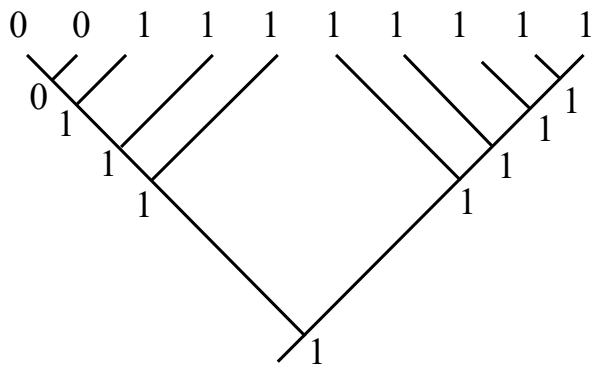
Apomorphie et plésiomorphie

Etat dérivé et état ancestral



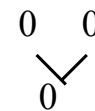
58

Apomorphie et plésiomorphie ne sont pas liées au codage



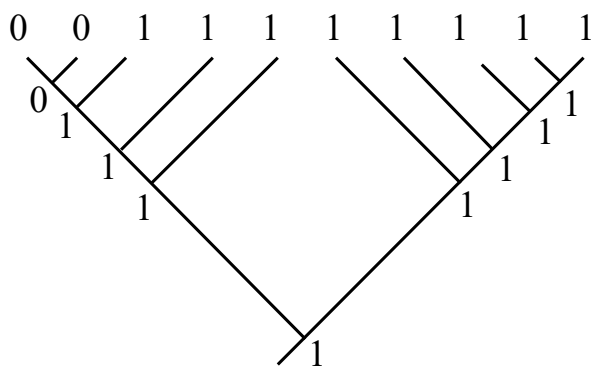
59

Apomorphies et plésiomorphies sont dépendantes du niveau choisi dans la phylogénie



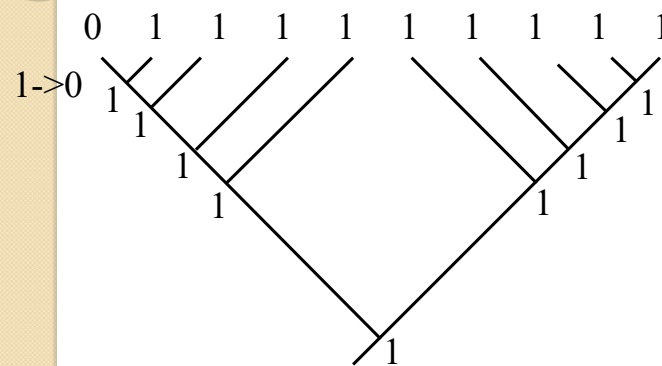
60

Synapomorphie et simplésiomorphie -> partagées



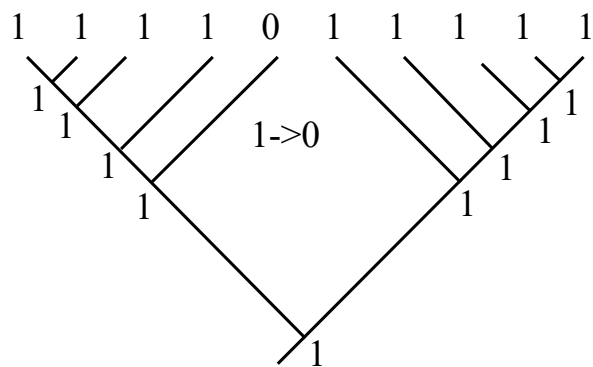
61

Autapomorphie



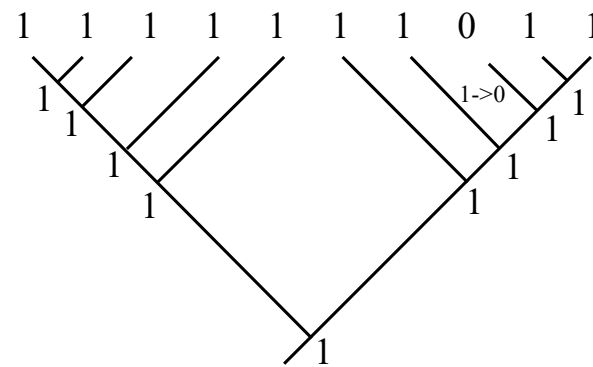
62

Autapomorphie



63

Une autapomorphie n'apporte aucune information phylogénétique



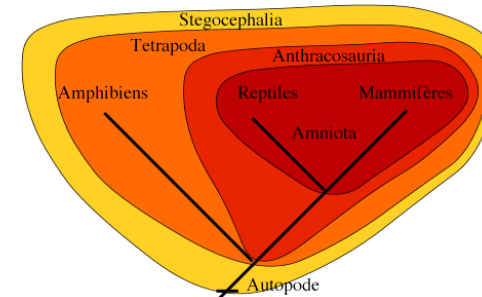
64

Type de regroupements

- Groupe monophylétique
 - regroupement basé sur des synapomorphies
- Groupe paraphylétique
 - regroupement basé sur des plésiomorphies
- Groupe polyphylétique
 - regroupement basé sur des homoplasies

69

Exemples



Amniota: groupe couronne
 Anthracosauria: groupe défini à la base
 Tetrapoda: groupe couronne
 Stegocephalia: groupe défini par une synapomorphie

70

Le biocode

- Tentative de regrouper dans un même code les codes zoologiques, botaniques et bactériologiques.
Abandonné

Le barcode

- Création d'un code de référencement des espèces basé sur les séquences nucléiques.
- Se rapproche de la taxonomie numérique

Le phylocode

- Comment générer une classification qui soit résistante au changement des phylogénies ?

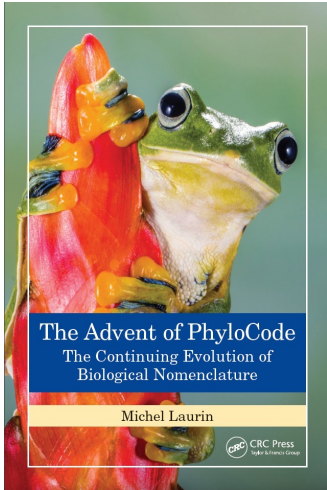
71



The International Society for Phylogenetic Nomenclature was established to encourage and facilitate the development and use of, and communication about, phylogenetic nomenclature.

It was established in the first international phylogenetic nomenclature meeting, which convened in the Muséum national d'histoire naturelle, in Paris, in July 6–9, 2004.

72



Le Code international de nomenclature phylogénétique, connu sous le nom plus court de PhyloCode, est un projet de développement d'un ensemble de règles formelles régissant la nomenclature phylogénétique.

Sa version actuelle est spécialement conçue pour réguler la dénomination des clades, laissant la gouvernance des noms d'espèces à des codes basés sur le rang (CINB, CINZ, Nomenclature bactérienne).

73



1. Référence. L'objectif principal des noms de taxon est de fournir un moyen de se référer aux taxons, plutôt que d'indiquer leurs caractères, leurs relations ou leur appartenance.
2. Clarté. Les noms des taxons doivent être sans ambiguïté dans leur désignation de taxons particuliers. La clarté de la nomenclature est obtenue grâce à des définitions explicites, qui décrivent le concept du taxon désigné par le nom défini.
3. Unicité. Pour plus de clarté, chaque taxon ne devrait avoir qu'un seul nom accepté, et chaque nom accepté ne devrait faire référence qu'à un seul taxon.
4. Stabilité. Les noms des taxons ne devraient pas changer avec le temps. En corollaire, il doit être possible de nommer les taxons nouvellement découverts sans changer les noms des taxons précédemment découverts.

74



5. Contexte phylogénétique. Ce code concerne la dénomination des taxons et l'application des noms de taxon dans le contexte des concepts phylogénétiques des taxons.
6. Liberté taxonomique. Ce code permet la liberté d'opinion taxonomique en ce qui concerne les hypothèses sur les relations; elle ne concerne que la manière dont les noms doivent être appliqués dans le contexte d'une hypothèse phylogénétique donnée.
7. Il n'y a pas de « jurisprudence » en vertu de ce code. Les problèmes de nomenclature sont résolus par le Comité de la nomenclature phylogénétique (CPN) par application directe du code ; les décisions antérieures seront prises en considération, mais le CPN n'est pas obligé par les précédents établis dans ces décisions.

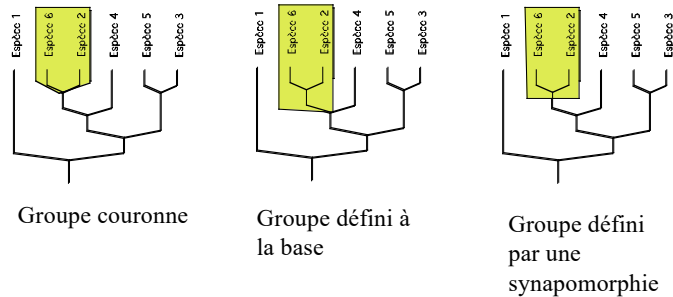
75



- Disparition des niveaux taxonomiques: famille, ordre, classe...
- Un groupe monophylétique est décrit par
 - « le plus récent ancêtre commun de A et de B et tous ses descendants. »
- Ou encore
 - « tous les groupes plus proches de A que de B »
- Ou encore :
 - « tous les groupes descendants du groupe ayant acquis une synapomorphie X »

76

Trois façons de définir les groupes monophylétiques



77

Gottfried Wilhelm Leibniz, né à Leipzig le 1^{er} juillet 1646 et mort à Hanovre le 14 novembre 1716



Notions à ne jamais utiliser

- Echelle des êtres et de la nature (Aristote, Leibniz)
 - Basé sur l'acquisition progressive d'apomorphies mais avec d'autres caractères on raconterait une autre histoire.

G. W. Leibniz, « Lettre à Varignon »

Les hommes tiennent aux animaux, ceux-ci aux plantes et celles-ci derechef aux fossiles, qui se lieront à leur tour aux corps que les sens et l'imagination nous représentent comme parfaitement morts et informes. Or, puisque la loi de continuité exige que quand les déterminations essentielles d'un être se rapprochent de celles d'un autre, qu'aussi en conséquence toutes les propriétés du premier doivent s'approcher graduellement de celles du dernier, il est nécessaire que tous les ordres des êtres naturels ne forment qu'une seule chaîne, dans laquelle les différentes classes, comme autant d'anneaux, tiennent si étroitement les unes aux autres qu'il est impossible aux sens et à l'imagination de fixer précisément le point où quelque'une commence ou finit.

78

Notions à ne jamais utiliser

- Groupe basal
 - Qui a gardé une plésiomorphie mais on oublie qu'il a aussi de nombreuses apomorphies
- Groupe charnière
 - Un groupe a des plésiomorphies visibles et une apomorphie mais c'est l'ancêtre qui l'a acquise.

79

Notions à ne jamais utiliser

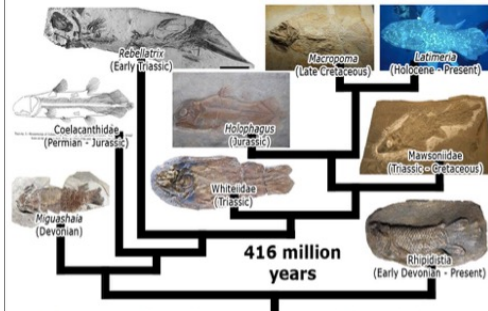
- Fossile vivant
 - A gardé des plésiomorphies mais en réalité a aussi des apomorphies



80

Notions à ne jamais utiliser

- Fossile vivant
 - A gardé des plésiomorphies mais en réalité a aussi des apomorphies



81

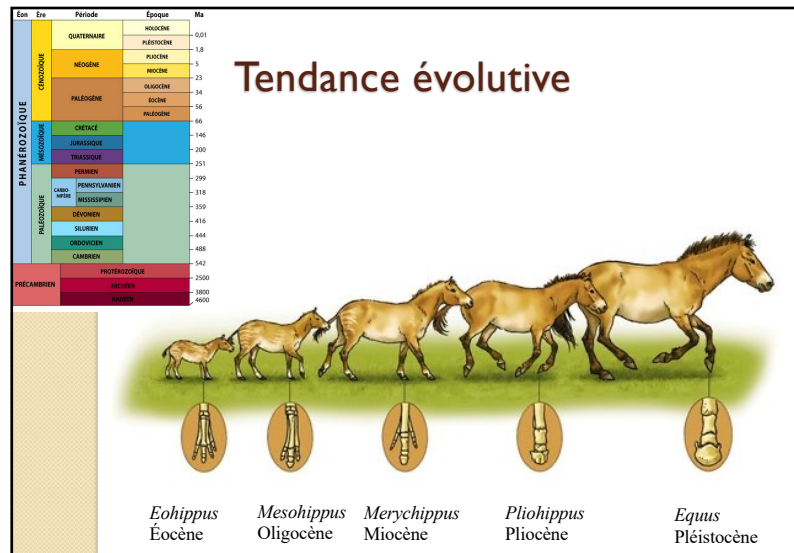
Notions à ne jamais utiliser

- Groupe supérieur ou inférieur
 - Basé sur le maintien d'un caractère plésiomorphe comme la reproduction



82

Tendance évolutive



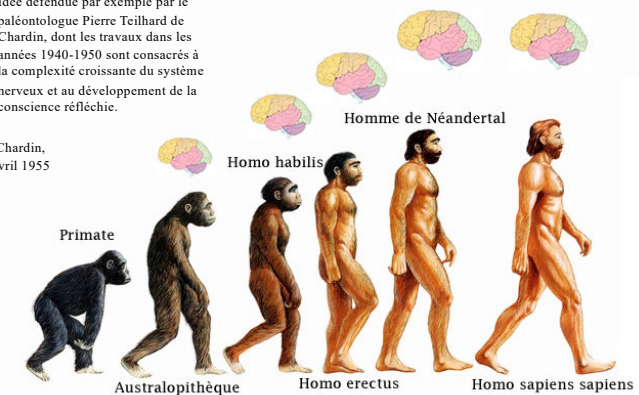
83

Céphalisation et bipédie des hominidés



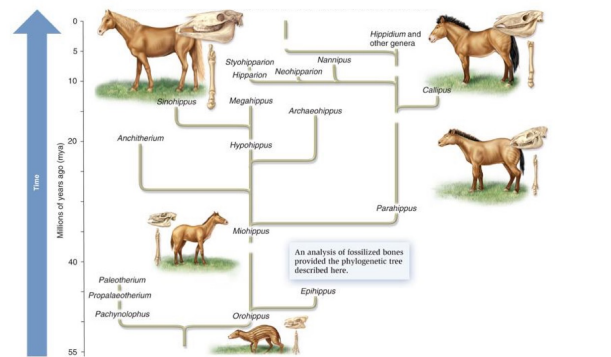
Idée défendue par exemple par le paléontologue Pierre Teilhard de Chardin, dont les travaux dans les années 1940-1950 sont consacrés à la complexité croissante du système nerveux et au développement de la conscience réfléchie.

Pierre Teilhard de Chardin,
1^{er} mai 1881 - 10 avril 1955



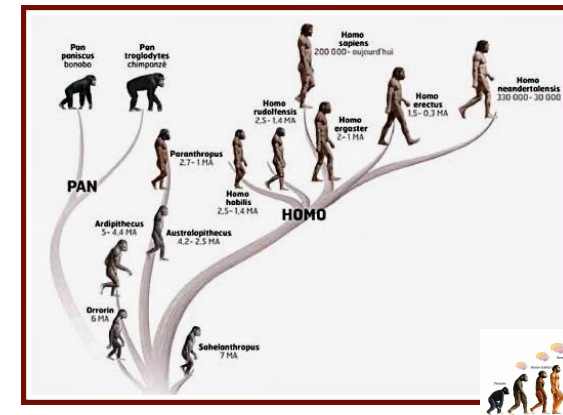
84

Revenons aux équidés



85

Revenons aux hominidés



86

Notions à ne jamais utiliser

- Tendance d'un groupe à aller vers...
 - Cette tendance ne se voit que si on fait du « Cherry picking » dans les données paléontologiques.



87

Notions à ne jamais utiliser

- L'évolution n'est pas prospective.
 - Si une pression de sélection perdure, on peut avoir une direction de l'évolution pendant ce temps comme une conséquence de la persistance de la pression mais ce n'est jamais une tendance interne au groupe taxonomique.
 - Le point Ω de Teilhard de Chardin, ou *pôle de convergence de l'évolution*, n'a aucune base scientifique.
- La téléologie, ou étude des causes finales, donc de la finalité, est une hypothèse qui est soit non-nécessaire, soit épistémologiquement rejetée selon le système de pensée.

$\Lambda\alpha$	$B\beta$	$\Gamma\gamma$	$\Delta\delta$
$E\epsilon$	$Z\zeta$	$H\eta$	$\Theta\theta$
$I\iota$	$K\kappa$	$\Lambda\lambda$	$M\mu$
$N\nu$	$\Xi\xi$	$O\omicron$	$\Pi\pi$
$P\rho$	$\Sigma\sigma$	$T\tau$	$Y\upsilon$
$\Phi\phi$	$X\chi$	$\Psi\psi$	$\Omega\omega$

88