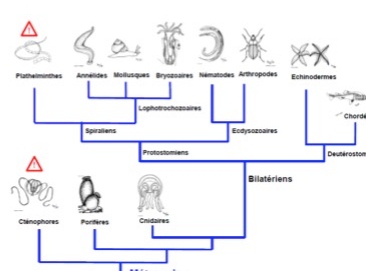



Diversité et évolution du vivant – 1

Le monde animal



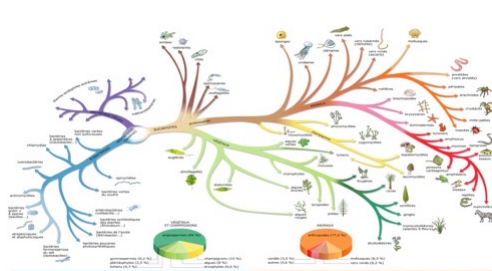
Responsable de l'unité : Valérie Altemayer

1



Introduction

Géraldine Roux (2h)
geraldine.roux@univ-orleans.fr



- I. Diversité du vivant : combien ?
- II. Comment reconstituer l'arbre du vivant ?
 - I. La notion d'espèce : un chat est un chat... mais pourquoi ?
 - II. L'évolution : un thème fondamental en biologie
 - III. La phylogénie : le reflet de l'évolution
- III. Pourquoi reconstituer l'arbre du vivant : Exemples de recherche en biologie évolutive

Diversité et évolution du monde animal - 1

2




Ch I - Diversité du vivant : combien ?


Diversité et évolution du monde animal - 1 3

3

La diversité existe à tous les niveaux d'organisation biologique :


Atomes → **Molécules** (ADN, Protéines) →
cellules → organes
↓
ORGANISMES

EC1-2 Aspects moléculaires et cellulaires du vivant
EC2-2 Génétique formelle
EC2-1 De la cellule à l'organe



Espèce
Genre, Famille...
Embranchement
Domaine

EC1-1 Diversité et évolution du vivant 1
EC2-4 Diversité et évolution du vivant 2



Population
Communauté
Ecosystème

EC2-3 Ecologie

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch I – Diversité du vivant : combien ? – G Roux 2020 4

4

Diversité du vivant : une multitude d'espèces

- Robert M. May (Science 2010) :
 - « si un extra terrestre visitait notre planète, une de ses première question serait la suivante : **Combien d'espèces avez-vous sur Terre ?** »
 - Nous serions bien embarrassés par l'incertitude de notre réponse !!!

- 1,2 million d'espèces répertoriées dans les bases de données (env. 6000 de plus / an)
- Prédiction de 8,7 millions (+/- 1,3) d'Eucaryotes (dont 2,2 d'espèces marines) et qq milliers de Procaryotes,
- 86% d'espèces sur Terre et 91% dans les océans restent encore à décrire !

OPEN ACCESS Freely available online
August 2011 | Volume 9 | Issue 8
PLoS BIOLOGY

How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?

Camilo Mora^{1,2*}, Derek P. Tittensor^{1,3,4}, Sina Adl¹, Alastair G. B. Simpson¹, Boris Worm¹

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch I – Diversité du vivant : combien ? – G Roux 2020

5

5

303 000 taxonomistes, 1200 ans, 252 milliards d'euros !

Table 2. Currently catalogued and predicted total number of species on Earth and in the ocean.

Species	Earth			Ocean		
	Catalogued	Predicted	±SE	Catalogued	Predicted	±SE
Eukaryotes						
Animalia	953,434	7,770,000	958,000	171,082	2,150,000	145,000
Chromista	13,033	27,500	30,500	4,859	7,400	9,640
Fungi	43,271	611,000	297,000	1,097	5,320	11,100
Plantae	215,644	298,000	8,200	8,600	16,600	9,130
Protozoa	8,118	36,400	6,690	8,118	36,400	6,690
Total	1,233,500	8,740,000	1,300,000	193,756	2,210,000	182,000
Prokaryotes						
Archaea	502	455	160	1	1	0
Bacteria	10,358	9,680	3,470	652	1,320	436
Total	10,860	10,100	3,630	653	1,320	436
Grand Total	1,244,360	8,750,000	1,300,000	194,409	2,210,000	182,000

Predictions for prokaryotes represent a lower bound because they do not consider undescribed higher taxa. For protozoa, the ocean database was substantially more complete than the database for the entire Earth so we only used the former to estimate the total number of species in this taxon. All predictions were rounded to three significant digits.
doi:10.1371/journal.pbio.1001127.t002

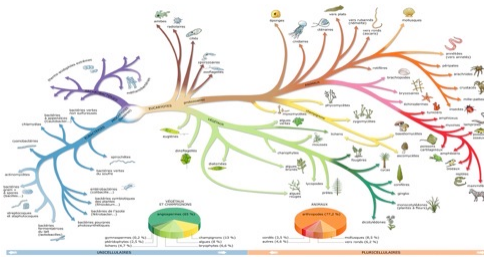
PLoS Biology | www.plosbiology.org
5
August 2011 | Volume 9 | Issue 8 | e1001127

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch I – Diversité du vivant : combien ? – G Roux 2020

6

6



Ch II - Comment reconstituer l'arbre du vivant ?

II.1 - Un héritage historique pesant !

II.2 - la notion d'espèce : un chat est un chat ! mais pourquoi ?

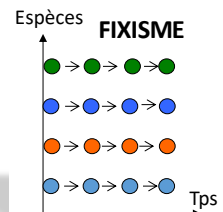
II.3 - L'évolution : un thème fondamental en biologie

II.4 - La phylogénie : le reflet de l'évolution

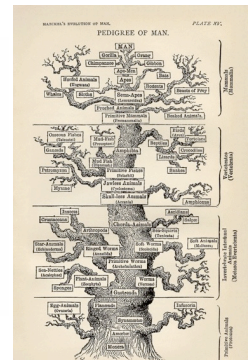


Un héritage historique pesant ! Fixisme & Anthropocentrisme

- **Fixisme** : des espèces fixes, immuables
 - Pas de relation phylogénétique, ni d'évolution
 - : les espèces sont éternelles



- **Anthropocentrisme** : l'homme au centre de l'Univers





Un héritage historique pesant ! Fixisme et Anthropocentrisme

- **Eidos = Species = Espèce**
- Basée sur des similitudes : Identité de forme entre le géniteur et sa progéniture.
- Espèce fixe et Immuable (qui, par nature, est constant, invariable, éternel)
- Aristote classe les formes de vie selon une **échelle de complexité croissante** (sans relation phylogénétique, ni évolution) pour aboutir à l'homme
- Jusqu'au XVIIIème siècle, **l'Echelle des Êtres** s'impose comme un concept en biologie : série de perfectionnements aboutissant à l'homme : dans cette vision du monde, **les espèces permanentes et parfaites n'évoluent pas !**

Aristote (384-322 av. JC,
Philosophe grec)




Animaux pourvus de sang :

Homme

Quadrupèdes vivipares
 Cétacés
 Oiseaux
 Quadrupèdes ovipares
 Poissons

Animaux dépourvus de sang :


Mollusques
 Malacostracés
 Entoma
 Zoophytes

Plantes supérieures
 Plantes inférieures

Matière inanimée


Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 1- Héritage historique– G Roux 2020 9

9

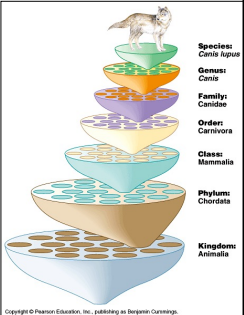


Jusqu'au XVIIIème siècle, science et théologie restent intimement liées (FIXISME)

- La « science divine » de Carl von Linné :
- Systématicien suédois, figure emblématique du naturalisme au XVIIIème, **fixiste**
- Place les EV dans l'«ordre souverain de la nature» → **classification «naturelle» hiérarchique**
- Convaincu d'être un nouvel Adam élu par Dieu pour retrouver le plan de la création ! « *Deus creavit, Linnaeus disposuit* »
- À l'origine de la **nomenclature binomiale** (genre, espèce) et du principe des **unités systématiques emboîtées COGEV**
- 1758 : Code international de nomenclature zoologique : aucun nom publié avant 1758 ne peut entrer dans cette nomenclature




Carl Von Linné
(1707-1778)






Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 1- l'évolution– G Roux 2020 10


10



Dans la seconde moitié du XVIIIème siècle, chez les naturalistes et les horticulteurs s'impose la notion que **la nature pourrait avoir modifié les espèces...**

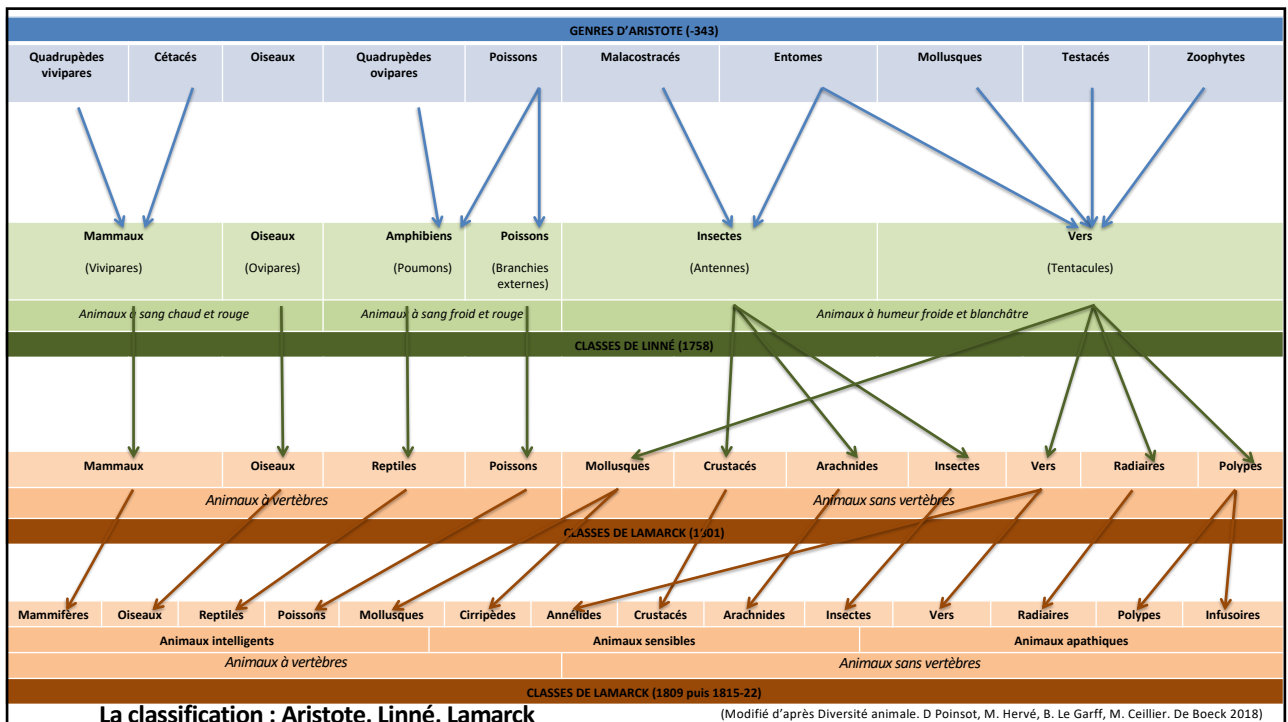
- Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), naturaliste français
 - « l'espèce n'est autre chose qu'une succession constante d'individus semblables et qui se reproduisent » (gradation continue entre les EV)
 - Transformation des espèces selon 3 facteurs : climat, nourriture et domesticité
 - Réévalue l'âge de la Terre
- Jean-Baptiste Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829)
 - Les espèces se transforment en se complexifiant continuellement (forment des lignées visibles dans les fossiles).
 - Progression est guidée par l'environnement : « Théorie de l'usage et du non usage des parties »



Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 1- Héritage historique – G Roux 2020 11

11



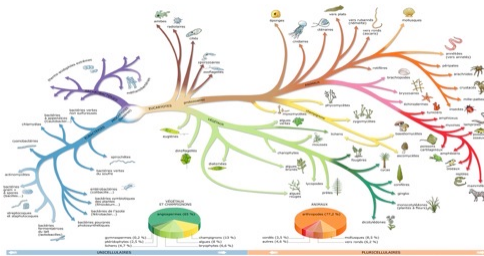
12

Pour réviser mon cours... je dois pouvoir définir :

- Aristote :
- Linné :
- Fixisme :
- Anthropocentrisme :
- Buffon :
- Lamarck :
- Le transformisme :

Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 1- Héritage historique– G Roux 2020

13



Ch II - Comment reconstituer l'arbre du vivant ?

II.1 - Un héritage historique pesant !

II.2 - la notion d'espèce : un chat est un chat ! mais pourquoi ?

II.3 - L'évolution : un thème fondamental en biologie

II.4 - La phylogénie : le reflet de l'évolution

Diversité et évolution du monde animal - 1

14

14



« Chien »

Diversité et évolution du monde animal - 1

Source : Conférence Sarah Samadi - MNHN Paris

17

17



Mais est-ce aussi simple de catégoriser les individus selon des critères morphologiques ?
Combien d'espèces de grenouilles sur la photo ?

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 2- L'espèce– G Roux 2020

18

18



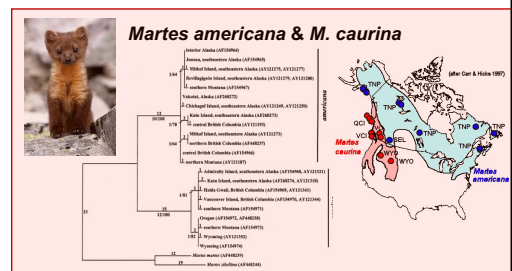
Mais alors, comment définir une espèce ? Plusieurs définitions...

- Il existe environ 20 concepts d'espèce, dont :
 - espèces phénétiques (définies sur leur ressemblance morphologique),
 - espèces biologiques (définies sur l'interfécondité),
 - espèces écologiques (définies sur leurs niches écologiques),
 - espèces évolutives (qui partagent une histoire évolutive commune).
- La **définition biologique** est la plus commune : « Une espèce est une communauté reproductrice de populations (reproductivement isolée d'autres communautés) qui occupe une niche particulière dans la nature ». Ernst Mayr « *Systematics and the origin of Species* » (1942)

2 espèces :

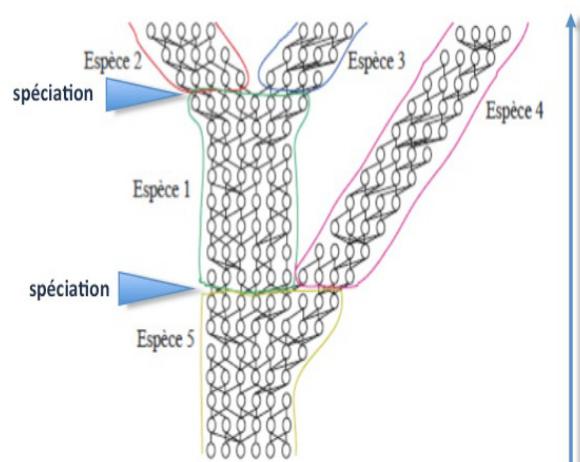


1 espèce !



En fait, l'espèce est une nouvelle lignée évolutive...

- Tous les organismes peuvent être placés dans un réseau généalogique, représenté sous la forme d'une structure arborescente, mettant en évidence leurs relations de parenté, matérialisées par les différentes branches de l'arbre
- Le « **Lineage Species Concept** » (LSC), définit une espèce comme « **une sous partie du réseau généalogique, ou lignée évolutive, définitivement divergente du reste du réseau** ». (de Queiroz (1998), Samadi & Barberousse (2006))



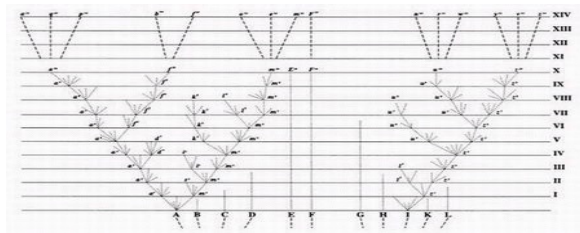
Chaque boule représente un individu et les traits symbolisent des croisements.

Frédérique Théry (Monitrice, MNHN)



A l'origine, l'Evolution du vivant...

- Comprendre l'organisation de la nature et attribuer une place à chaque EV : l'homme tente d'apporter des réponses **au problème des causes de la diversité du vivant**.
- La seule explication scientifique de l'unité et de la diversité du vivant est **l'évolution : tous les organismes sont des descendants modifiés d'ancêtres communs**.
- Une évolution « **buissonnante** » selon Darwin (cf. arbre de l'Origine des espèces, 1859)

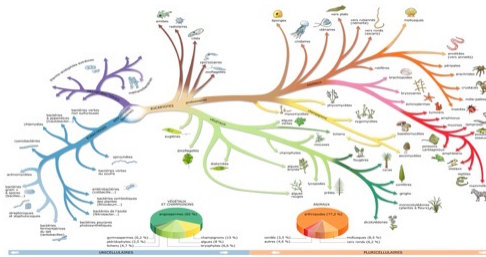


« Rien en Biologie n'a de sens, si ce n'est à la lumière de l'évolution. » Theodosius Dobzansky.



Pour réviser mon cours... je dois pouvoir définir :

- L'espèce :
- Les différents concepts d'espèce :
- L'évolution :



Ch II - Comment reconstituer l'arbre du vivant ?


- II.1 - Un héritage historique pesant !
- II.2 - la notion d'espèce : un chat est un chat ! mais pourquoi ?
- II.3 - L'évolution : un thème fondamental en biologie
- II.4 - La phylogénie : le reflet de l'évolution



De la « fixité » à la « transformation » des espèces
: Des prérequis

- ① Accepter l'idée de l'existence d'une **variation** à l'intérieur de l'espèce (**DIVERSITÉ**)
- ② Accepter l'existence d'un plan d'organisation commun aux Êtres Vivants (**UNITÉ**) : le concept **d'homologie**
- ③ Intégrer la notion **D'ÉVOLUTION** : Le **Darwinisme**



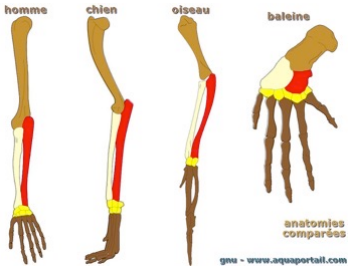


2
UNITÉ

Les similarités entre divers organismes qui attestent d'une ascendance commune justifient de les regrouper :

Homologie

- Ressemblance héritée d'un ancêtre commun

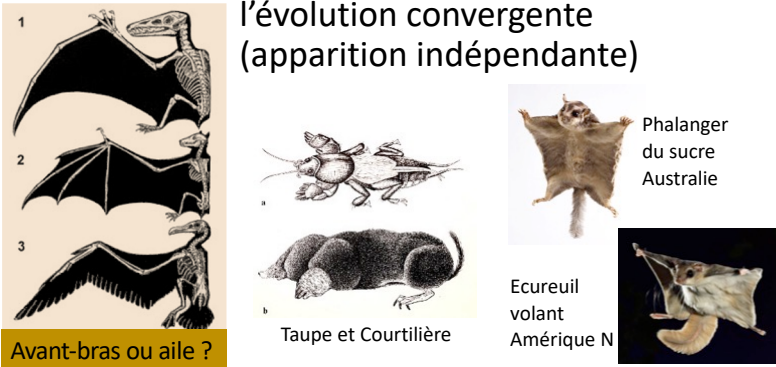


homme chien oiseau baleine

anatomies comparées
gma - www.aquaportail.com

Convergence (analogie)

- Ressemblance découlant de l'évolution convergente (apparition indépendante)



1 2 3

Avant-bras ou aile ?

a Taupes et Courtilières

b Phalanger du sucre Australie

Ecureuil volant Amérique N

Structures homologues : variations fonctionnelles sur un même thème structural présent chez l'ancêtre commun.

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 3- l'évolution – G Roux 2020 25

25



3
EVOLUTION

Quel est le mécanisme de l'évolution ?

- **Charles Darwin (1809-1882)**
- Voyage sur le Beagle de 5 ans autour du monde : cartographier certaines régions peu connues
- Intègre la **variation** comme une des caractéristiques essentielles à l'origine de la transformation des espèces
- **La théorie de l'évolution : une théorie à deux volets :**
 - Une **ascendance commune** : tous les organismes descendent avec modification d'ancêtres communs
 - Action de la **sélection naturelle** sur la **variation individuelle**: mécanisme principal de modification
- 1859 : Publication de « L'origine des espèces par sélection naturelle ».





Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 3- l'évolution – G Roux 2020 26

26

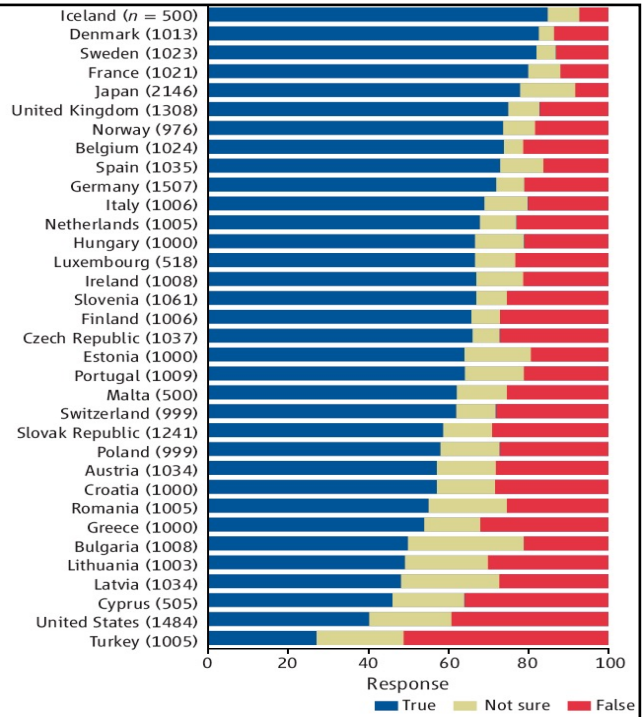


Aujourd'hui encore, l'acceptation du concept d'évolution varie fortement d'un pays à un autre...

- Majeure en Europe et au Japon
- Limitée aux Etats Unis
- 10 variables indépendantes (âge, genre, éducation, **littérature génétique, croyances religieuses, attitude sociale et envers les sciences et technologies, idéologie politique...**)

Miller et al.. (2006). Public acceptance of evolution. Science 313, 765-766

Diversité et évolution du monde animal - 1



PLUSIEURS SENS POUR UN SEUL MOT : EVOLUTION

- L'ÉVOLUTION, UN PROCESSUS PAR LEQUEL LES ESPÈCES SE TRANSFORMENT
- L'ÉVOLUTION, LA THÉORIE GÉNÉRALE DE LA BIOLOGIE, DE LA PALÉONTOLOGIE ET DE L'ANTHROPOLOGIE
- L'ÉVOLUTION, LE DÉROULEMENT HISTORIQUE DES FORMES DE VIE À LA SURFACE DE LA PLANÈTE : UN SCÉNARIO, UN FILM, UNE FRESQUE, UN « GRAND RÉCIT »
- L'ÉVOLUTION, UN ARBRE QUI ÉTABLIT LES RELATIONS D'APPARENTEMENT ENTRE TOUS LES ÊTRES VIVANTS
- L'ÉVOLUTION, LA MARCHÉ VERS LE PROGRÈS, ORGANIQUE, CULTURELLE ET SOCIALE, VOIRE TECHNIQUE, SOUVENT LINÉAIRE

Par Guillaume Lecointre Directeur du Département Systématique et Evolution, MNHN

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 3- l'évolution– G Roux 2020

Les erreurs de la théorie de l'évolution...

- **Finalisme** : L'évolution a-t-elle un but ?





The crux of Darwin's Theory of Evolution focuses on the elimination of inferior species gradually over time, through a process called 'Natural Selection'.

Pour aller plus loin : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/evolution-progres.xml>



Évolution divergente du Cheval


Marche-t-elle vers le progrès ?



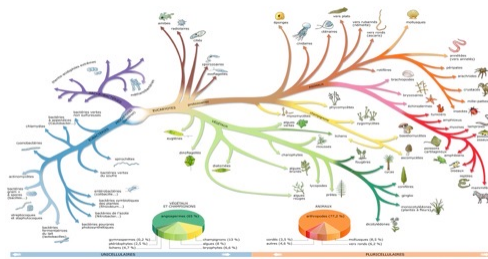
Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 3- l'évolution— G Roux 2020 29

Pour réviser mon cours... je dois pouvoir définir :

- Les prérequis pour abandonner la notion de fixisme :
 - Diversité =
 - Unité =
 - Darwinisme =
- Homologie :
- Convergence :
- Finalisme :



Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 3- l'évolution— G Roux 2020



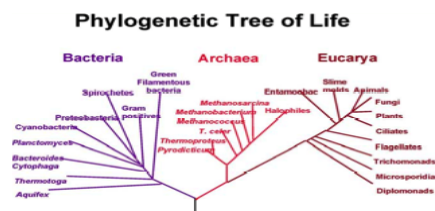
Ch II - Comment reconstituer l'arbre du vivant ?

- II.1 - Un héritage historique pesant !
- II.2 - la notion d'espèce : un chat est un chat ! mais pourquoi ?
- II.3 - L'évolution : un thème fondamental en biologie
- II.4 - La phylogénie : le reflet de l'évolution



Le constat : Phylogénie = Parenté

- Pour Darwin, la classification doit refléter le plus fidèlement possible le déroulement de la « généalogie » des espèces
- Cependant, il reste une confusion entre parenté et généalogie :
 - Dans la généalogie :
= **qui descend de qui ?** (les ancêtres sont identifiés)
 - Actuellement, la question est :
= **qui est plus proche de qui ? (PARENTE)**

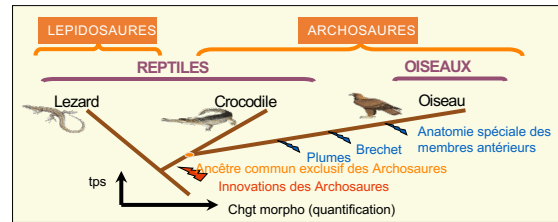
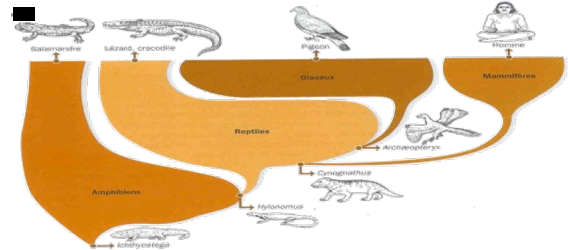




Un changement radical pour la classification...

• Les premières classifications étaient fausses !

- les fossiles sont présentés comme des preuves matérielles du déroulement de l'évolution (noeuds des branches)
- Les groupes sont alors fondés sur des caractéristiques écologiques, adaptatives = **GRADE EVOLUTIF**
- Ces grades maintiennent la tradition Linéenne !
- Reconstruire la parenté, c'est trouver le groupe-frère, et non l'ancêtre.
- **GRADE** (organismes partageant une même zone adaptative, caractères non exclusifs) ≠ **CLADE** (défini par un/des caractères exclusifs)



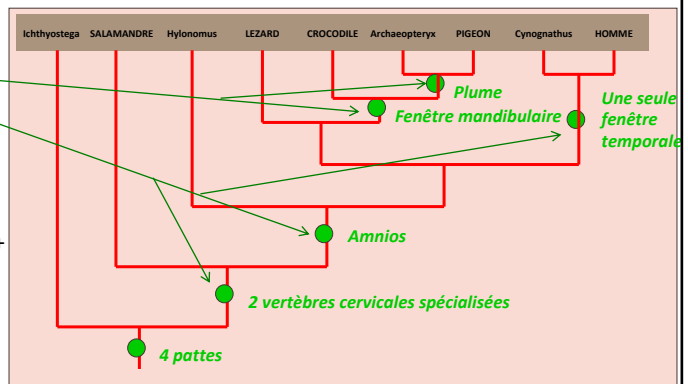
La Classification Phylogénétique : (seconde moitié du 20^{ème} siècle)

- **Willi Hennig (1913-1976)** : entomologiste allemand, définit les degrés d'apparement entre les espèces par l'examen simultané de nombreux caractères
- **La Cladistique** : relations de parenté par la distinction, pour un caractère, de l'état primitif (plésiomorphe) de l'état dérivé (apomorphe).




- Seul le partage de caractères dont l'état s'est transformé (**SYNAPOMORPHIE**) est signe d'une parenté étroite (homologie phylogénétique)

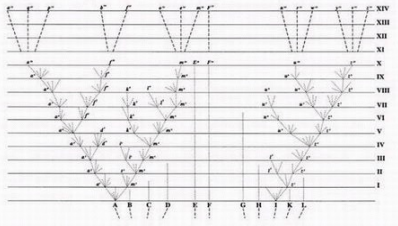
- = arbre des êtres reflétant uniquement des relations de parentés :
- archosaures (crocodiles + oiseaux + *dinosaures* + *ptérosaures*),
 - lépidosaures (lézards + serpents + sphénodon),
 - chéloniens (tortues)



**S'IL VOUS PLAÎT...
DESSINE MOI UN ARBRE !....**

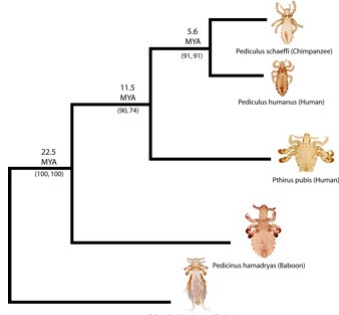


Arbre théorique



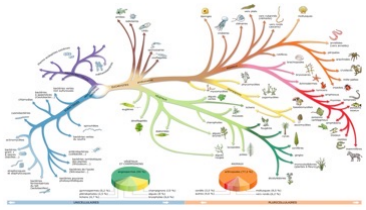
Darwin, *l'Origine des espèces* (1859)

Arbre pratique (celui des chercheurs)



Phylogénie des poux

Arbre didactique



Arbre du vivant

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 37

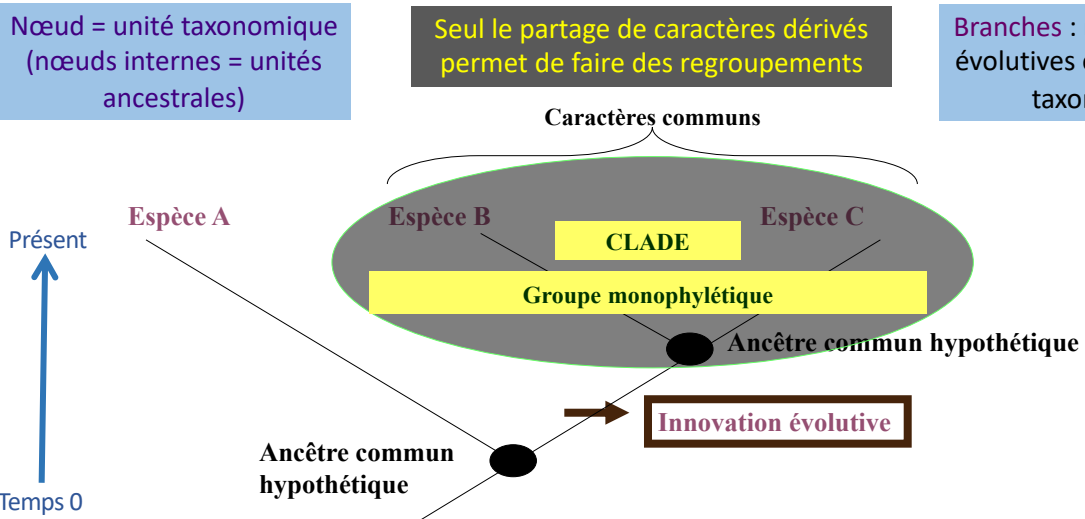
37

Un arbre phylogénétique est un graphe composé de nœuds et de branches

Nœud = unité taxonomique
(nœuds internes = unités ancestrales)

Seul le partage de caractères dérivés permet de faire des regroupements

Branches : relations évolutives entre les taxons



Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 38

38

Lecture de l'arbre : les erreurs fréquentes :

Ancêtre commun le plus proche

Dernier ancêtre commun de (A) et (B)

Plus petit sous-arbre défini par (A) et (B)

Notion d'ancêtre commun

Arbre enraciné 1a

Adapté de C-B Stewart Lecture (2000)

Réarrangements ne modifiant pas la topologie de l'arbre

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 39

39

Qui est plus proche de qui ? Et non, Qui descend de qui ?

1-Les Cnidaires sont à la base de l'arbre.

2-Les Cnidaires émergent précocément.

(Auteur : Alexandre Alié, Doctorant, MNHN)

3-Les Cnidaires sont apparus avant les Bilatériens

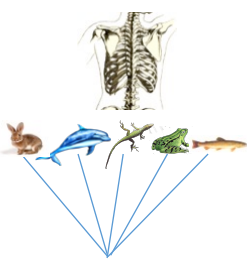
4-Au sein des eumétozoaires, les C et les B sont des groupes frères. Mais cet arbre ne permet pas de dire lequel de ces deux groupes est apparu en premier.

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 40

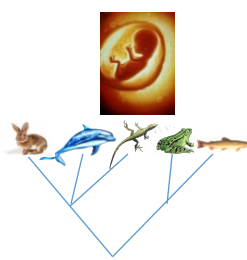
40

Qui se rassemble s'assemble... ou pas !

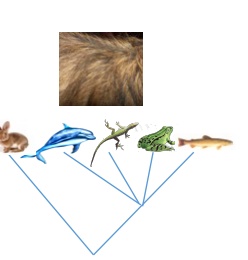
- Choix des caractères : Vertèbres, amnios, poils, nageoire caudale



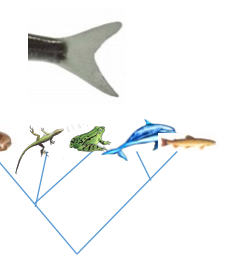
Caractère ancestral partagé =
symplesiomorphie
=Vertébrés



Caractère dérivé partagé =
synapomorphie
=Amniotes



Caractère dérivé propre =
apomorphie
=Mammifères




Caractère dérivé non hérité d'un AC =
convergence
Carpe + Dauphin !

Attention au vocabulaire : Caractère dérivé, transformé, MAIS PAS caractère évolué !!
Caractère ancestral, MAIS PAS caractère primitif !!

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 41

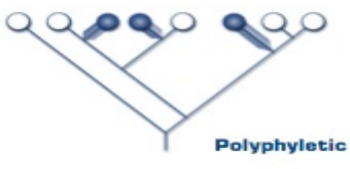
41

Les différents groupes qui en résultent :



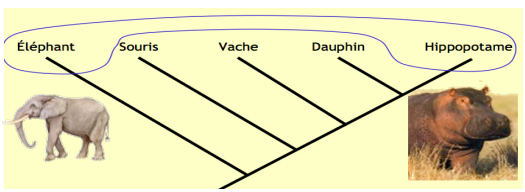
Monophyletic


Groupe monophylétique
= ancêtre commun + tous ses descendants
(partage de caractères dérivés)



Polyphyletic

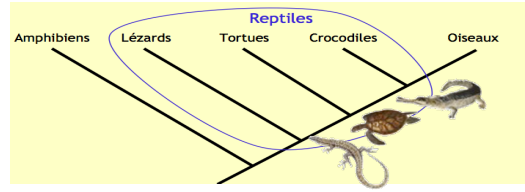
Groupe polyphylétique = pas d'ancêtre commun exclusif
(convergence adaptative)

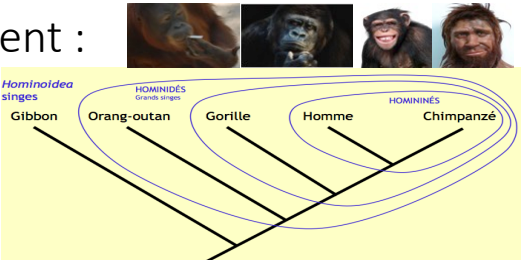





Paraphyletic

Groupe paraphylétique = ne comprend qu'une partie des descendants d'un ancêtre commun (partage de caractères ancestraux)







Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020 42

42

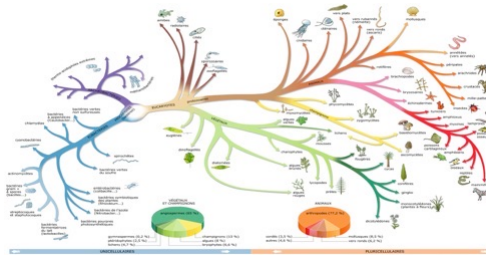


Pour réviser mon cours... je dois pouvoir définir :

- Phylogénie :
- Synapomorphie :
- Groupe monophylétique :
- Groupe paraphylétique :
- Groupe polyphylétique :

Diversité et évolution du monde animal - 1 Ch II – Reconstruire l'arbre du vivant : 4- La phylogénie – G Roux 2020

43



III - Pourquoi reconstituer l'arbre du vivant :
Exemples de recherche en biologie évolutive

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch III – Exemples – G Roux 2020

44

44

Back to the past...
l'ADN : un enregistreur de l'évolution

- Caractère commun à tous les Etres Vivants
- Véritable enregistreur des modifications au cours du temps (mutations)

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch III – Exemples – G Roux 2020

45

45

Thèmes de recherche actuels

- ✓ Evaluer la biodiversité
- ✓ Retracer l'histoire évolutive des espèces
- ✓ Identifier les unités de conservation (dans le cas de réintroduction)
- ✓ Identifier les populations/espèces invasives
- ✓ Retracer les routes d'invasion
- ✓ Préciser les traits adaptatifs des espèces (dispersion, adaptation climatique...)
- ✓ ...

Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch III – Exemples – G Roux 2020

46

46

Vers des méthodes modernes d'évaluation de la biodiversité...

Le « code barre » des espèces : une base de données mondiale

1. Collecte

2. Identification taxonomique

3. Identification moléculaire
(Extraction d'ADN Séquençage)

4. Attribution d'un code barre,
Base de données
(Genbank ou autre)

Diversité et évolution du monde animal - 1
Ch III – Exemples – G Roux 2020
47

ADN « environnemental » : un saut méthodologique pour les inventaires de la biodiversité

● Comparaison de la détection de la présence de la grenouille taureau dans des sites aquatiques de Dordogne avec une méthode d'inventaire classique (a) et avec la méthode d'inventaire par ADN (b).

Sur les 49 sites étudiés (symbolisés par des cercles), la grenouille taureau a été détectée sur 7 plans d'eau avec une méthode d'inventaire classique (écoutes nocturnes et prospections diurnes, cercles en noir sur la figure a) et sur 38 plans d'eau avec une méthode d'inventaire basée sur l'ADN (cercles en noir sur la figure b). Photo Frank Taboury.

Épidémiologie... VIH : Qui est le coupable ???

Arbre phylogénétique des séquences de VIH du DENTISTE, ses 7 patients et 35 infectés dans la même région Géographique.

Oui: Les séquences de VIH de 5 de ses patients sont dans le même clade que les séquences de VIH du Dr Acer.

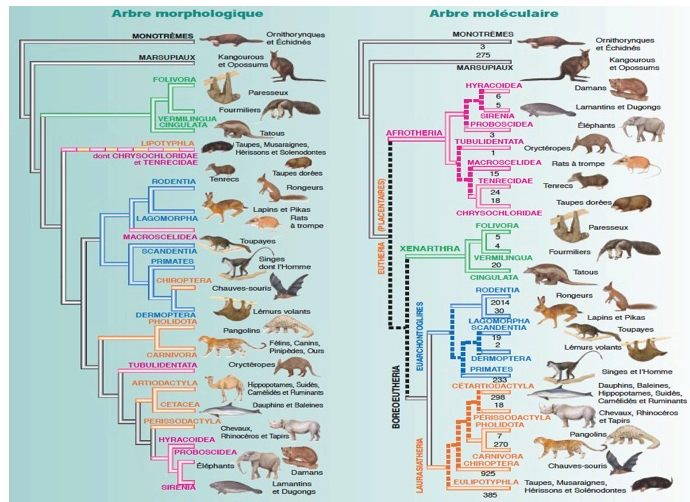
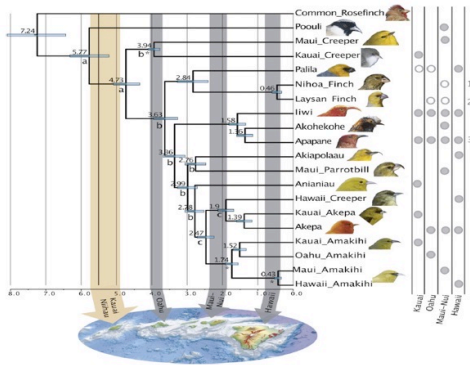
No: Patient F, Local control 9, Local control 35, Patient D

Ou et al. (1992); Page et Holmes (1996)

Diversité et évolution du monde animal - 1
Ch III – Exemples – G Roux 2020
48

Retracer l'histoire évolutive des espèces

Delsuc, Mauffrey & Douzery Pour la Science, n°3, 2003



Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch III – Exemples – G Roux 2020

Définir les unités de conservation : quelle (s) population (s) d'ours brun choisir pour la réintroduction ?

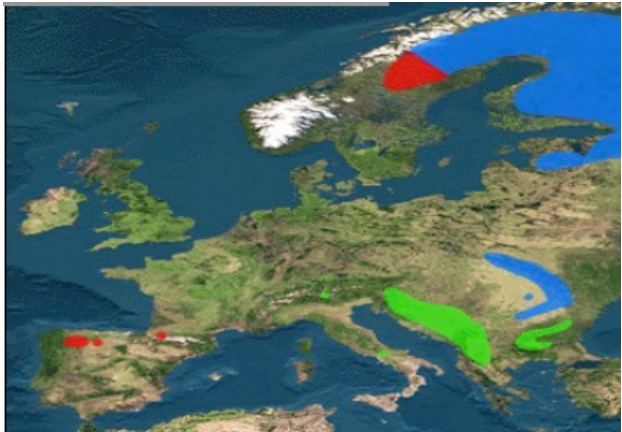
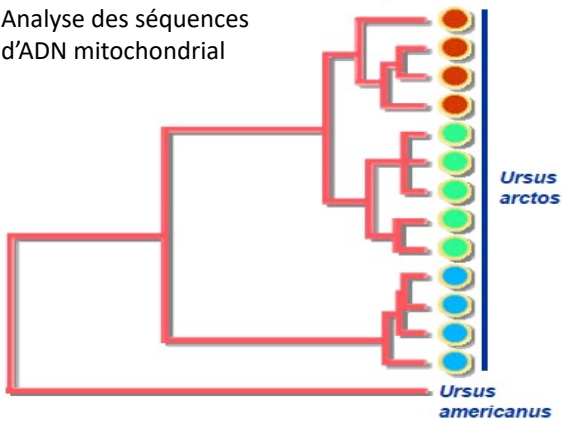


Diversité et évolution du monde animal - 1

Ch III – Exemples – G Roux 2020

Phylogéographie des populations Européennes de l'Ours brun

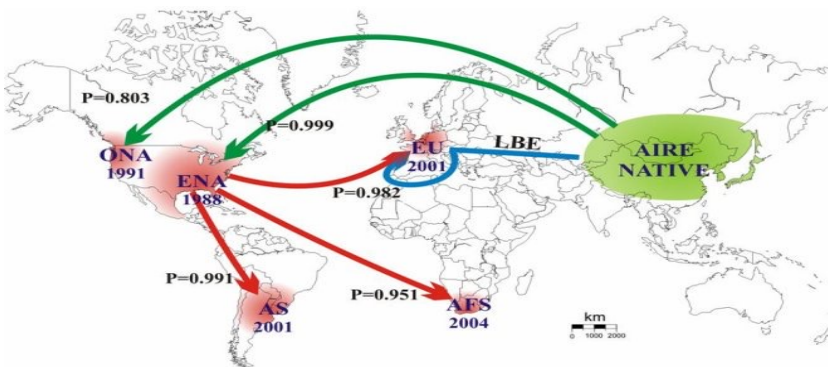
Analyse des séquences d'ADN mitochondrial



51

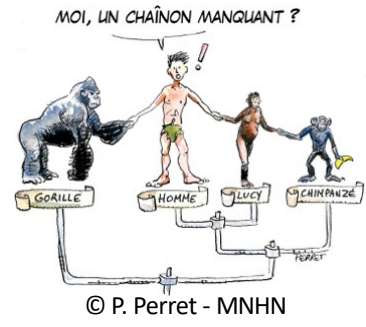
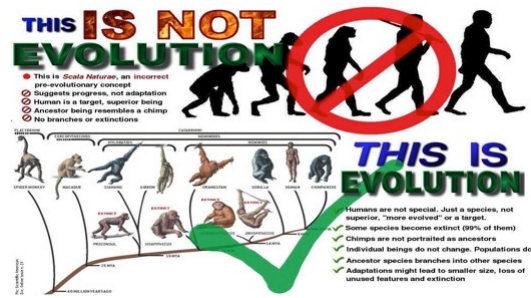
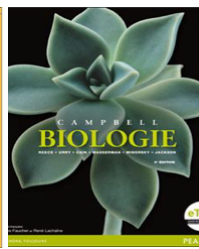
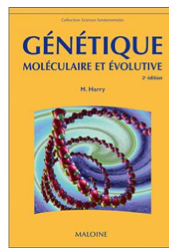
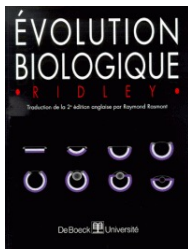
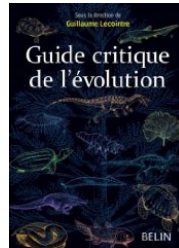
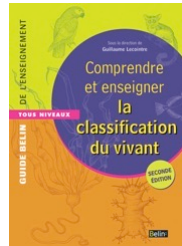
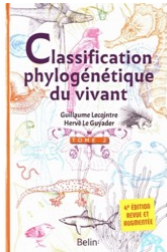
En biologie de l'invasion : identifier l'invasif & retracer les routes d'invasion

Routes d'invasion de la coccinelle asiatique



52

Des ouvrages pour aller plus loin...



Diversité et évolution du monde animal - 1

geraldine.roux@univ-orleans.fr