

3.2 Le voyage sur le Beagle



- La faune, très distincte, de l'Amérique du Sud et surtout celle des îles Galapagos marque profondément Darwin. Il note en particulier que :
 - La faune de l'Amérique du Sud est très distincte de celle de climats similaires en Afrique et en Australie.
 - Des animaux vivants dans des climats très différents sur le même continent sont similaires.
 - Pourquoi les fossiles d'Amérique du Sud ressemblent-ils aux animaux vivants en Amérique du Sud?
 - Pourquoi les géospizes des îles Galapagos sont-ils distincts d'une île à l'autre? Pourquoi ressemblent-ils à des oiseaux de l'Amérique du Sud?

3.2 Le voyage sur le Beagle



Iguane marin (*Amblyrhynchus cristatus*) des Galapagos. (seul iguane à vivre en milieu marin; unique au Galapagos; lien de parenté avec une espèce sud-américaine)



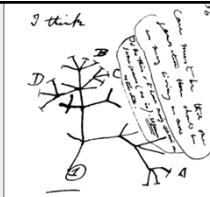
Lion de mer des Galapagos. (étroitement apparenté au lion de mer de la Californie)



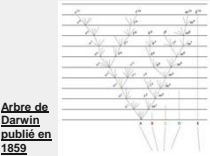
Tortues terrestres géantes des Galapagos (15 sous-espèces différentes dans les Galapagos; apparentées à une espèce de l'Amérique du sud)

3.3 Évolution et sélection naturelle

- C'est en 1837, que nous retrouvons dans les notes de Darwin, la première mention du fait que les espèces se ressemblent parce qu'elles partagent un ancêtre commun (et non pas un environnement commun).
 - Rejette la fixité des espèces et accepte le concept de descendance avec modifications (évolution).
 - Vision très matérialiste, donc à contre-courant avec le dogmatisme religieux de l'époque.
 - Rejette le mécanisme évolutif (déterminisme environnemental) de Lamarck.
- Il se met donc à la recherche d'un mécanisme évolutif.



Premier arbre phylogénétique de Darwin (1837)



Arbre de Darwin publié en 1859

3.2 Le voyage sur le Beagle

Géospizes des Galapagos



Figure 1.18 Le jeune Charles Darwin.

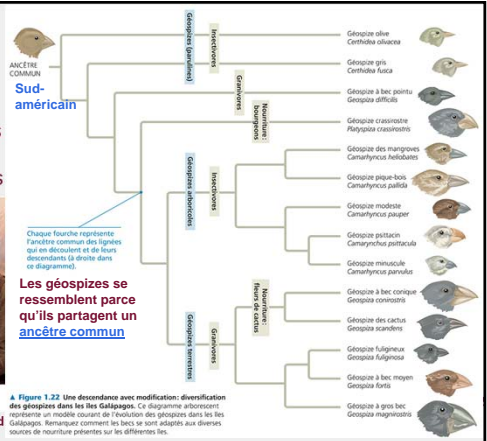


Figure 1.22 Une descendance avec modification: diversification des géospizes dans les îles Galapagos. Ce diagramme arborescent représente un modèle courant de l'évolution des géospizes dans les îles Galapagos. Remarquez comment les becs se sont adaptés aux diverses sources de nourriture présentes sur les différentes îles.

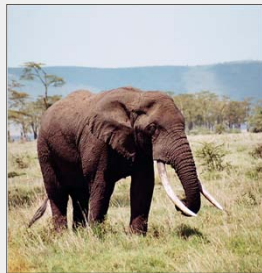
3.3 Évolution et sélection naturelle



Daman des rochers



Dugong



Eléphant des Savannes

3.3 Évolution et sélection naturelle

- **99% des espèces ayant vécu sur terre sont disparues**
- **La plupart des branches évolutives se terminent sur un cul-de-sac.**

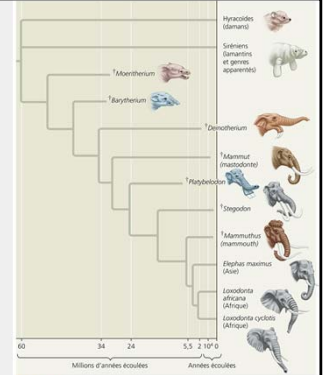


Figure 22.8 La descendance avec modification. Cet arbre généalogique retrace l'évolution de la famille des Elephantidae. Il se fonde principalement sur les fossiles: leur anatomie, leur ordre d'apparition dans la terre et leur distribution géographique. Remarquez que plusieurs branches se terminent par une extinction (indiquée par le signe T). (Une du temps n'est pas à l'échelle.)

3.3 Évolution et sélection naturelle

- En 1838, Darwin lit « Essai sur le principe de population » de Thomas R. Malthus (1766-1834), un économiste.
- Cette lecture deviendra une des principales sources d'inspiration qui mènera à la formulation de sa fameuse théorie de la sélection naturelle.

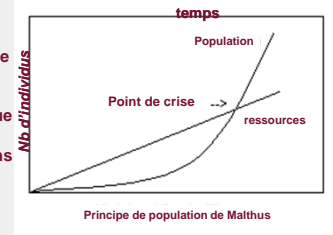


Thomas Malthus

3.3 Évolution et sélection naturelle

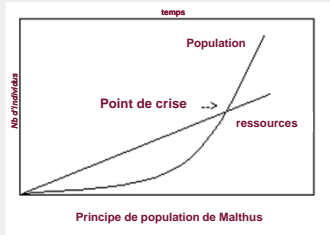
- Dans son livre, *Essay on the principle of population* (1798), Malthus avait écrit que:

Chaque population humaine a une tendance innée à s'accroître en nombre de façon **géométrique** alors que les ressources disponibles pour nourrir ces populations s'accroissent de façon **arithmétique**.



3.3 Évolution et sélection naturelle

- La population humaine augmente beaucoup plus vite que ses moyens de subsistance. Cela mène au **chaos** (famine, maladie, guerre, etc.) et à une réduction sensible de la population.



3.3 Évolution et sélection naturelle

Première observation de Darwin: toutes les espèces peuvent produire une **descendance** (progéniture) plus abondante que celle que leur environnement peut soutenir et une bonne partie de cette descendance ne peut survivre et se reproduire.



L'érable et ses samares



Mola mola (poisson-lune)

3.3 Évolution et sélection naturelle

- **Deuxième observation de Darwin:** les membres d'une population diffèrent souvent par leurs caractères **héréditaires**.



Amphinomus adamsi



Coccinelles asiatiques

3.3 Évolution et sélection naturelle

- **Deux conclusions:**



- Individus présentant des caractères **héréditaires** qui leur confèrent de plus grandes chances de survie et de se reproduire dans un environnement donné tendent à laisser une descendance plus nombreuse que les autres individus.
- De génération en génération, cette capacité inégale de survie et de reproduction (**différentiel de reproduction ou lutte pour l'existence**) entraîne une accumulation de caractères favorables dans la population.

• **C'est la sélection naturelle. Elle favorise l'apparition des adaptations.**

3.3 Évolution et sélection naturelle

- C'est une lettre de Alfred Russell Wallace (1823-1913), reçue en 1858, qui le força à présenter publiquement ses idées.
- Wallace en était venu aux mêmes conclusions que Darwin concernant la théorie de la sélection naturelle et ce, en observant la faune de l'Indonésie.
- Donc, ce n'est que **23 années** après son voyage sur le Beagle que Darwin présenta publiquement ses vues sur l'évolution des espèces

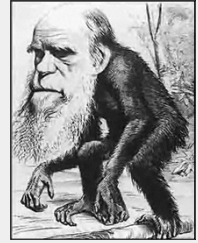


Wallace

19

3.3 Évolution et sélection naturelle

- Darwin et Wallace présentent le même jour, en 1858, un résumé de leurs idées sur la sélection naturelle auprès de la Société Linéenne de Londres.
- Darwin publie, en 1859, la première édition de son livre "On the Origin of Species". Le livre est un best-seller instantané qui crée cependant la controverse.
- La 6^e et dernière édition de ce livre publiée en 1872 contient un chapitre dédié aux objections les plus importantes par rapport à sa théorie. Ces objections proviennent surtout de collègues créationnistes.



20

3.3 Évolution et sélection naturelle

- Points importants liés à la sélection naturelle:
 - Les individus n'évoluent pas, ce sont les **populations** qui évoluent.
 - Pour qu'il y ait évolution, il doit y avoir de la **variabilité héréditaire** dans un population.
 - La sélection naturelle correspond au **succès différentiel de la reproduction** à l'intérieur d'une population de génération en génération.
 - Seuls les caractères héréditaires sont susceptibles d'être soumis à la sélection naturelle.
 - Avec le temps, la sélection naturelle fait en sorte que les individus sont mieux adaptés à leur environnement.
 - Les facteurs environnementaux varient dans l'espace et dans le temps. Les « forces sélectives » sont donc variables.
 - Les caractéristiques des populations vont changer et peuvent modifier l'espèce.

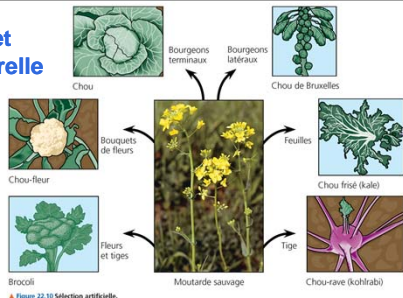
21

3.3 Évolution et sélection naturelle

- Il s'agit d'un mécanisme valable aux yeux de Darwin puisque:
 - il respecte le **principe d'uniformité** de Lyell et Hutton.
 - les résultats de la sélection naturelle sont visibles en nature.
 - la vérification du mécanisme possible sur des populations actuelles (par ex., la **sélection artificielle**).
 - c'est un concept matérialiste (nul besoin d'intervention divine):
 - Mécanisme **qui n'agit pas au hasard**. La sélection naturelle fait en sorte que les individus les mieux adaptés à leur environnement vont devenir plus abondants que ceux qui ne le sont pas (succès différentiel dans la reproduction).
 - Pas de recherche de la **perfection** (l'évolution n'est pas dirigée). Elle ne mène pas nécessairement à l'apparition de caractères "parfaits". Les organismes ne font que s'adapter à leur environnement.

22

3.3 Évolution et sélection naturelle



La **sélection artificielle** est finalisée puisque le but, fixé d'avance, précède les causes et elle ne se fait que sur quelques générations.
La **sélection naturelle** est non finalisée et peut s'exercer sur des périodes très longues, à l'échelle des temps géologiques.

23

3.3 Évolution et sélection naturelle



Morphes blancs et noirs du phalène du bouleau

24

3.3 Évolution et sélection naturelle : le cas du phalène du bouleau



- Hypothèse de Tutt émise en 1896:
 - Pour expliquer la prévalence des formes sombres par rapport aux formes claires du phalène du bouleau dans les régions polluées, il suggère que les formes claires du phalène étaient plus **visibles** pour les prédateurs sur les arbres couverts de suie qui ont perdu leurs lichens.

3.3 Évolution et sélection naturelle : le cas du phalène du bouleau



- Test de l'hypothèse de Tutt par Kettlewell durant les années 1950:
 - **Expérience:**
 - Relâche des nombres égaux de phalènes clairs et sombres dans une zone polluée de Birmingham et dans une zone non polluée du Dorset.
 - Phalènes marqués sous les ailes (marque non visible pour les oiseaux)
 - Après un certain temps, il utilise des pièges pour déterminer le nombre de survivants chez les deux types de phalènes dans les deux habitats.

3.3 Évolution et sélection naturelle: le phalène

- Résultats de captures d'individus marqués:
 - **zone polluée: 19% clair vs 40% sombre**
 - Les phalènes sombres ont une meilleure chance de survie dans les bois pollués
 - **zone non polluée: 12.5% clair vs 6% sombre**
 - Les phalènes clairs ont une meilleure chance de survie dans les bois où les troncs ont une coloration claire.
- D'autres études ont confirmé que les oiseaux détectent plus fréquemment les phalènes dont la couleur se détache de l'environnement.
- La fréquence des phalènes **sombres** est passé de 90% à près de 10% entre 1950 et 1995 suite à la dépollution de l'air en milieu urbain en Angleterre et aux Etats-Unis.

3.3 Évolution et sélection naturelle: le climat et le pinson à bec moyen



hauteur du bec

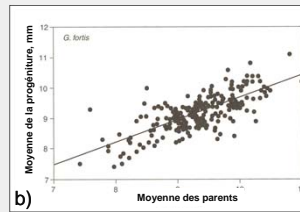
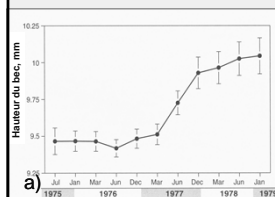


Géospize à bec moyen (*Geospiza fortis*)

Île Daphné Major (Galapagos)

- Sécheresse en 1977 (aussi en 1980, 1982),
- Population **1200** adultes à **80**.
- Sélection d'individus ayant des becs plus gros et plus forts pour briser les graines disponibles pendant la sécheresse.

3.3 Évolution et sélection naturelle: le climat et le pinson à bec moyen



- Changeement de la hauteur du bec chez le géospize à bec moyen (*Geospiza fortis*) sur l'île Daphné Major pendant la sécheresse de 1977.
- Relation de la hauteur du bec entre les parents et leur progéniture pour *G. fortis* sur l'île Daphné Major. La pente de la relation est de 0,74 indiquant que le trait est **hérité** des parents.

Graphiques adaptés de Grant et Grant 2005. How and why species multiply: the radiation of Darwin's finches. Princeton Univ. Press.

3.3 Évolution et sélection naturelle: l'humain et l'altitude

La vie en montagne: adaptation à l'altitude

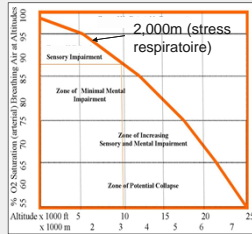


Passe Kongmaru La (Himalaya – Inde; 5150m)
François Chapeau: provient d'une population qui a toujours vécu à moins de 500m d'altitude.

Guidé Iaddakien né sur le Plateau Tibétain dans l'Himalaya et provenant d'une population qui vit à plus de 3,500m d'altitude depuis 22,000 ans.

3.3 Évolution et sélection naturelle: l'humain et l'altitude

- Au-dessus de 2,000m, la pression partielle de l'O₂ est insuffisante pour une saturation normale de l'hémoglobine.
 - Pour le voyageur d'altitude:
 - Essoufflement, mal de l'altitude.
 - Réponse physiologique: en quelques jours, augmentation de la **concentration de globules rouges** avec des risques concomitants (thrombose; oedème pulmonaire).

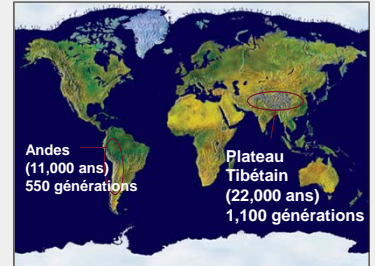


31

3.3 Évolution et sélection naturelle: l'humain et l'altitude

Plusieurs régions d'altitude ont été colonisées indépendamment.

Sur le Plateau tibétain l'adaptation à l'altitude **diffère** de celle des Andes.



32

3.3 Évolution et sélection naturelle: l'humain et l'altitude

• Adaptations

• Andes

- **Augmentation de la concentration en hémoglobine (globules rouges).**

• Plateau tibétain

- **Augmentation du flux sanguin.**

La sélection naturelle retient les individus qui portent la ou les mutations qui permettent l'adaptation à l'altitude. Ceci veut dire que les personnes qui portent les mutations vont avoir un avantage au niveau de la survie et de la reproduction (production de descendants).

33

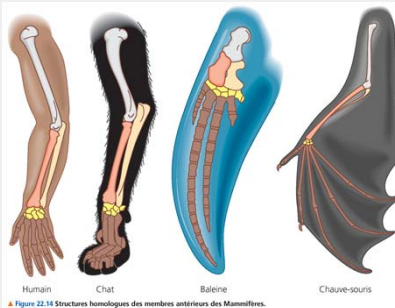
3.3 Évolution et sélection naturelle

- Dans les trois cas (phalènes, géospizes et humains), les caractéristiques héréditaires qui confèrent un avantage reproductif à un groupe d'individus dans un environnement particulier par rapport aux autres groupes d'une population seront favorisées (donc plus grand nombre de porteurs de l'adaptation à chaque génération).
- C'est la **sélection naturelle**. C'est la descendance avec modifications de Darwin. C'est **la théorie de l'évolution**.
- Ces adaptations peuvent parfois redéfinir une espèce et, dans certaines circonstances, définir de nouvelles espèces.

34

3.4 Preuves de l'évolution: l'homologie

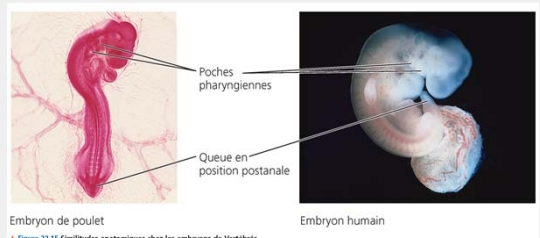
Le concept de descendance avec modification explique la ressemblance entre certains caractères même si les fonctions sont différentes. (**structures homologues**)



▲ Figure 22.14 Structures homologues des membres antérieurs des Mammifères.

35

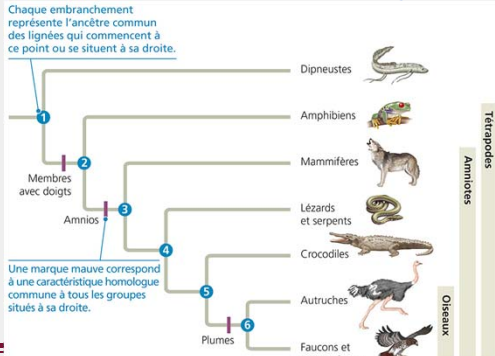
3.4 Preuves de l'évolution: l'homologie



▲ Figure 22.15 Similitudes anatomiques chez les embryons de Vertébrés.

36

3.4 Preuves de l'évolution: l'homologie



Université **▲ Figure 22.17** La pensée arborescente: l'information fournie par un arbre d'évolution.

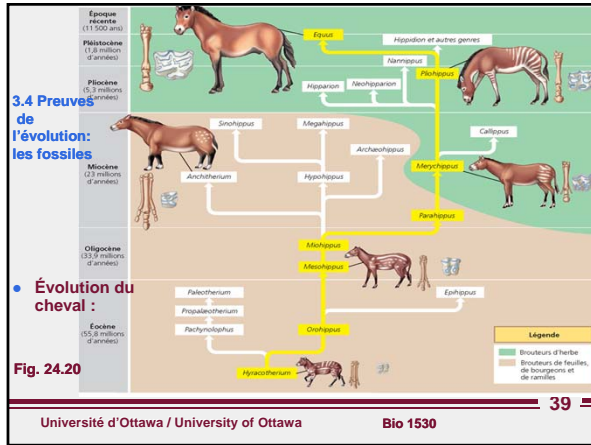
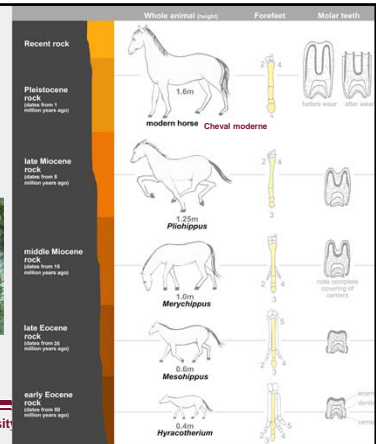
3.4 Preuves de l'évolution: les fossiles

Évolution du cheval :

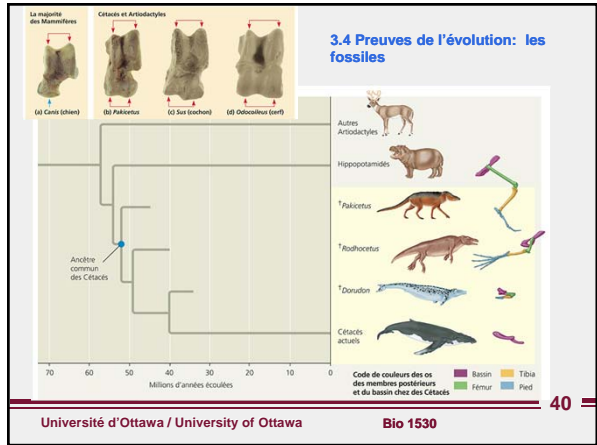


Hyracotherium

Université d'Ottawa / University of Ottawa

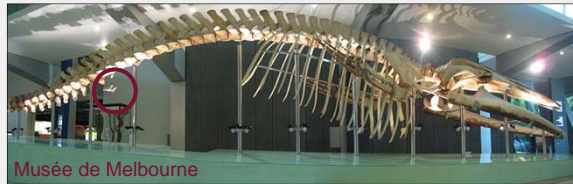


Université d'Ottawa / University of Ottawa **Bio 1530**



Université d'Ottawa / University of Ottawa **Bio 1530**

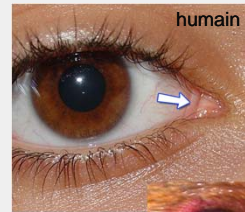
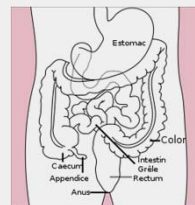
3.4 Preuves de l'évolution: les structures vestigiales



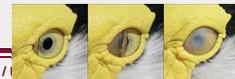
Squelette de la sous-espèce naine (longueur max : 24 m) de la baleine bleue (Balaeoptera musculus)
Noter les membres postérieurs vestigiaux réduits à des os pelviens qui "flottent" dans la musculature sous la colonne vertébrale.
Structures vestigiales: structure anatomique qui a perdu la totalité ou presque la totalité de sa fonction initiale.

Université d'Ottawa / University of Ottawa **Bio 1530**

3.4 Preuves de l'évolution: les structures vestigiales



- Membrane nictitante ou troisième paupière
- Appendice
- Frisson et poils



Université d'Ottawa / University of Ottawa **Bio 1530**

3.4 Preuves de l'évolution: les structures vestigiales

Le **hoquet**: vestige et héritage des poissons et amphibiens.

