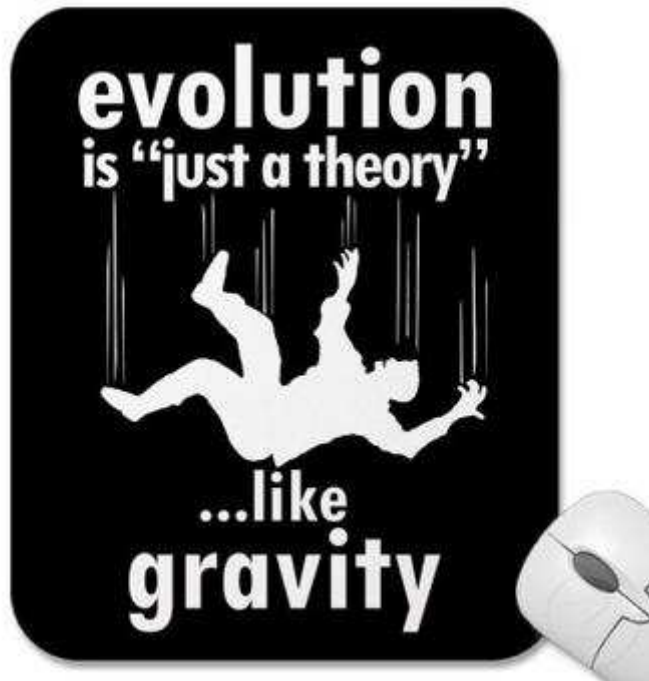




# LB1231: Biologie animale, Diversité et évolution

Evolution : concept,  
les mécanismes, les preuves

# Evolution: concept et définition



Evolution :  
un fait !

Ses mécanismes :  
hypothèses et théories

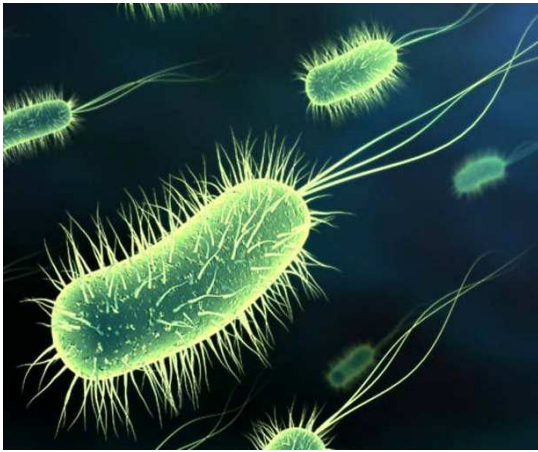
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/normal/normal.html>

<http://www.talkorigins.org/>

# Evolution: concept et définition

## Le sens commun :

- Marche de la vie des unicellulaires jusqu'à l'humain et l'émergence de la conscience.
- Notion d'amélioration, de complexification, de progrès
- Un sens: du primitif vers l'élaboré.





# Evolution: concept et définition

## **Le sens commun :**

- Marche de la vie des unicellulaires jusqu'à l'humain et l'émergence de la conscience.
- Notion d'amélioration, de complexification, de progrès
- Un sens: du primitif vers l'élaboré.

## **Larousse :**

Série de transformations successives qu'ont subies les êtres vivants pendant les temps géologiques.

# Evolution: concept et définition



Ernst Mayr 1904-2005

## **Sans *a priori* : la définition d'Ernst Mayr**

“Changes in the diversity and adaptation of populations of living organisms”

*In:* Evolution and the diversity of life, Harvard University Press, 1997.

# Les mécanismes de l'évolution

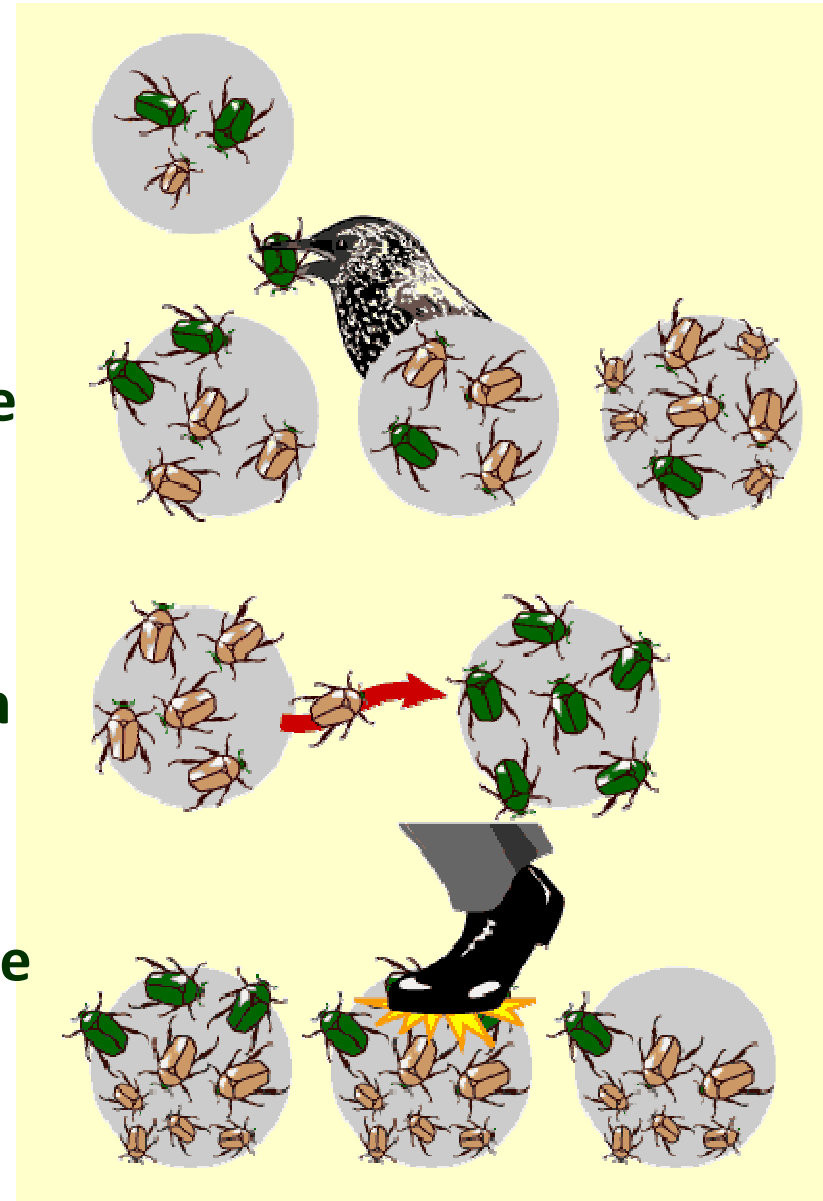
Les origines des  
changements  
dans une  
population

Mutation

Sélection naturelle

Migration

Dérive génétique

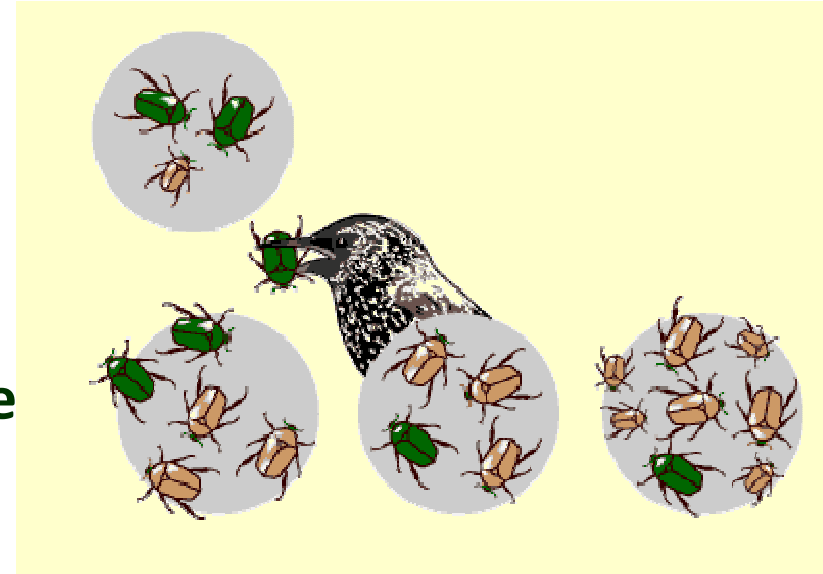


# Les mécanismes de l'évolution

Les origines des  
changements  
dans une  
population

Mutation

Sélection naturelle



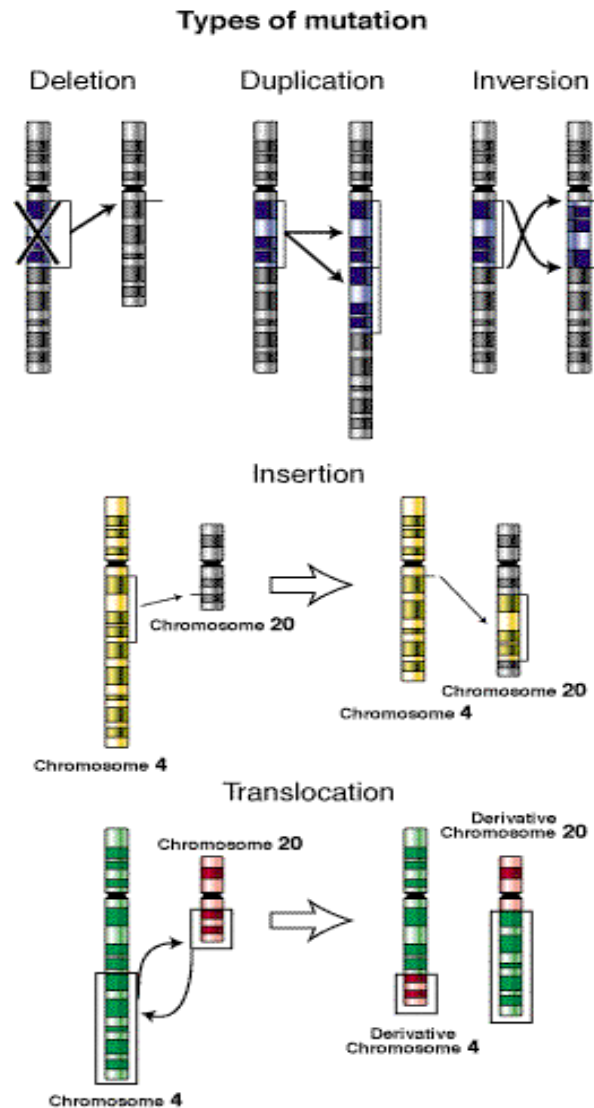
# Les mécanismes de l'évolution

## Mutations

L'évolution des espèces est permise par les mutations que subissent les gènes portés par les chromosomes (constitués d'ADN).

Des mutations peuvent affecter cet ADN :

- rayons X, alpha, UV
- mutagènes chimiques
- virus
- transposon (une séquence ADN capable de se déplacer et de se multiplier de manière autonome dans un génome)
- erreur lors de la méiose ou de la réplication de l'ADN (mitose)
- la défaillance des organites responsables de la réparation de l'ADN mal transcrit ou traduit.





# Les mécanismes de l'évolution

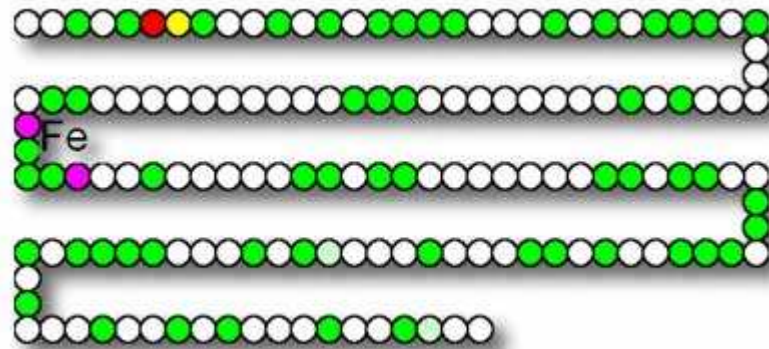
## Effets des mutations

- Neutres
- Néfastes
- Avantageuses

Bizarre! Comment un changement comme une mutation peut-il être avantageux?



# Les mécanismes de l'évolution



une chaîne d'hémoglobine  $\beta$  (aa),  
telle qu'elle est codée et  
construite par la machinerie  
génétique avant d'être repliée et  
utilisée

Cercles = aa (20 possibles) , ordre et le type codés dans ADN

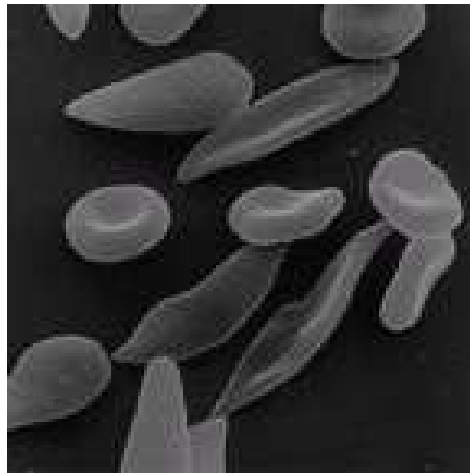
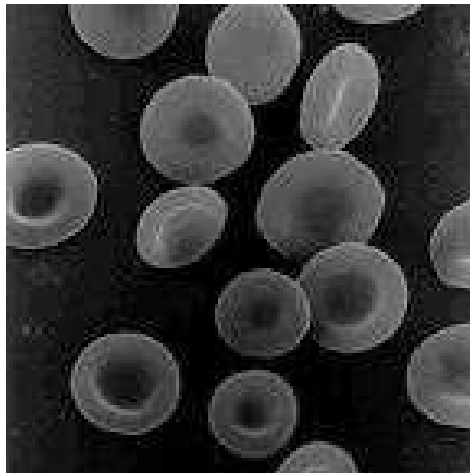
Certains aa indispensables pour conserver la spécificité de l'hémoglobine, les 20 possibles) , d'autres peuvent être remplacés par au moins un autre aa, sans altération de la fonction de l'hémoglobine.

**La mutation figurée en rouge, appelée Hbs (ou "hémoglobine à hématies falciformes"), est très particulière.**

Falciforme, faucille

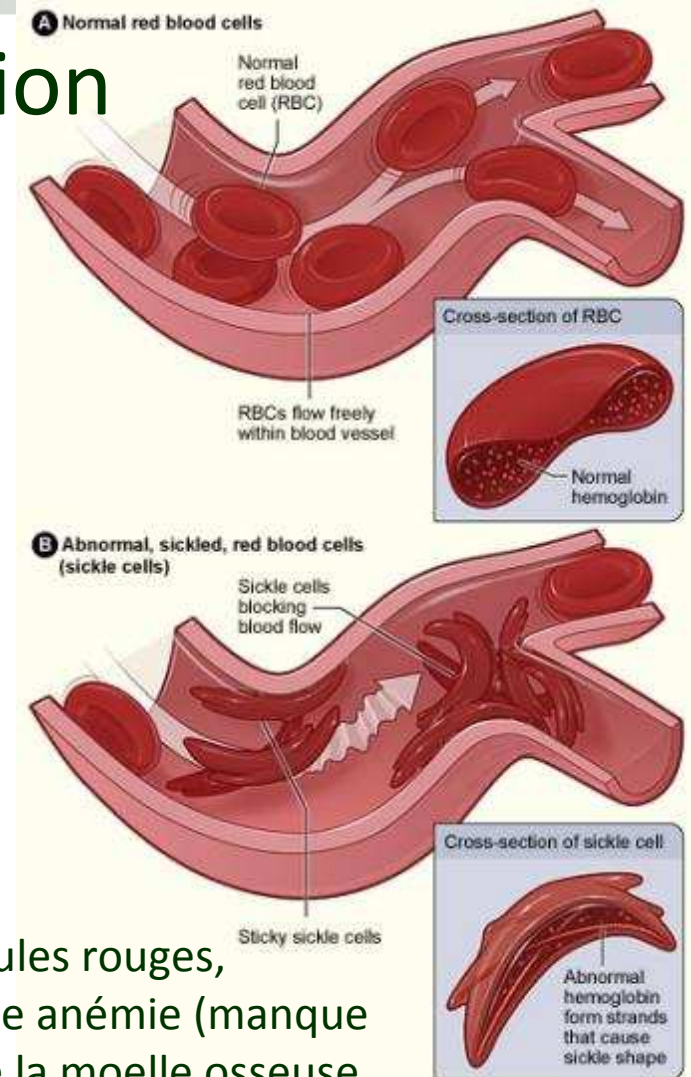


# Les mécanismes de l'évolution



Globules rouges normaux      Anémie falciforme

Anémie falciforme = maladie génétique affectant les globules rouges, une augmentation du risque d'infarctus (oxygénation), une anémie (manque de globules rouges dans le sang), une dégénérescence de la moelle osseuse (trop sollicitée), crises vaso-occlusives (caillots bouchant les vx sang). La spécificité de cette maladie réside dans la forme particulière des hématies, qui sont de forme falciforme au lieu d'être biconcaves



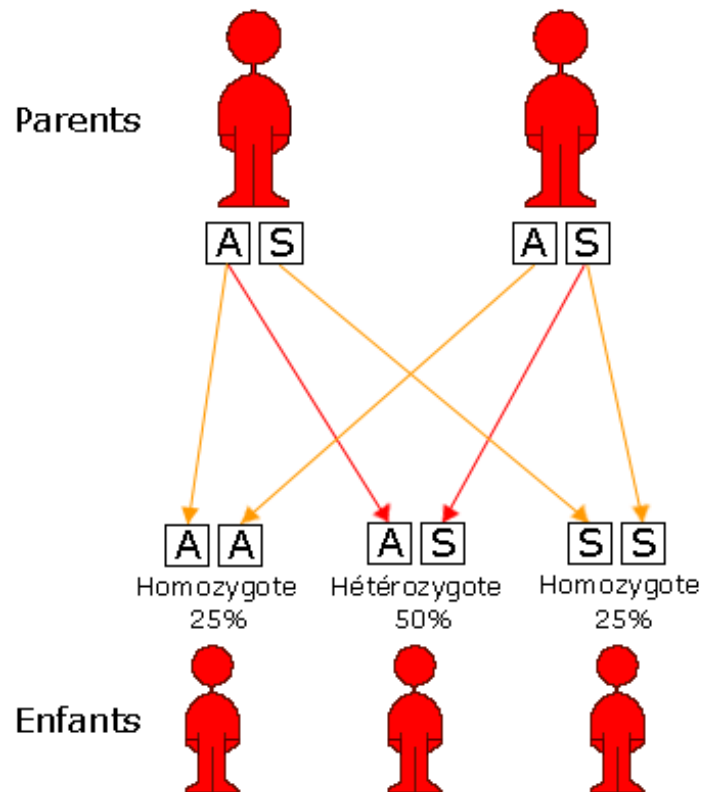
# Les mécanismes de l'évolution

## Fécondation:

Gamète haploïde paternel + gamète haploïde maternel = individu diploïde.

Si, pour un gène donné, les deux copies du gène provenant des deux parents sont idem, l'individu est homozygote. Si les deux copies sont des variants alléliques, l'individu est hétérozygote.

**Gène de l'hémoglobine: homozygote SS, hétérozygote SA, homozygote AA**

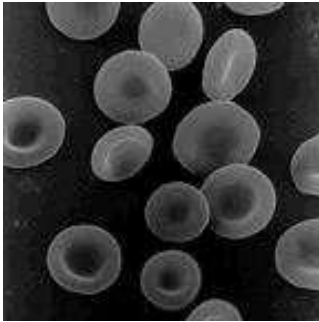


Les SS meurent avant l'adolescence, les SA survivent mais mal.

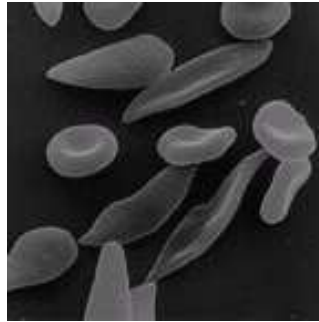
Je ne comprends pas  
comme cette maladie n'a  
pas été éliminée par la  
sélection naturelle !



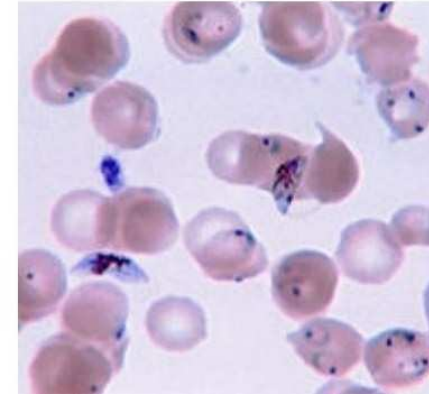
# Les mécanismes de l'évolution



Globules rouges normaux



Anémie falciforme



*Plasmodium falciparum* = protiste, parasite transmis par un moustique, paludisme, malaria

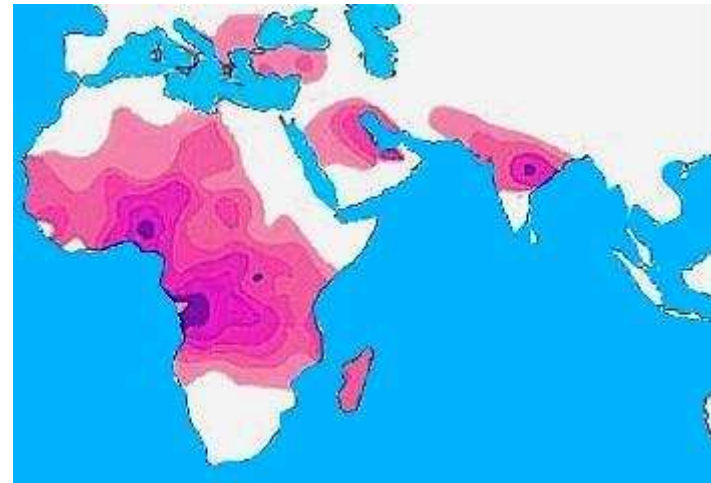
L'hétérozygote SA a un avantage. Dans les régions où le paludisme (maladie parasitaire du sang) est fréquent, il résiste mieux au parasite que tous les autres génotypes. De ce fait, cette mutation reste de fréquence intermédiaire dans les régions marécageuses d'Afrique tropicale fortement impaludées.

Quand l'allèle est rare, sa fréquence augmente. Quand il est trop fréquent, elle baisse.

# Les mécanismes de l'évolution



Répartition de la malaria

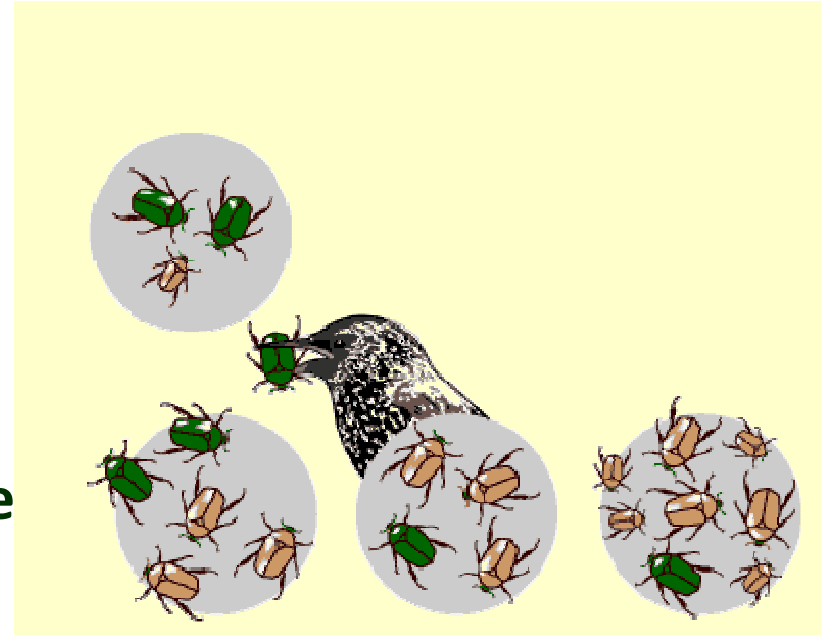


Répartition de l'anémie falciforme

L'anémie falciforme aurait dû être évincée par le processus de sélection naturelle mais étant donné qu'elle offre une protection face au paludisme, elle a subsisté dans les régions de développement du paludisme, surtout en Afrique et en Inde.

# Les mécanismes de l'évolution

**Mutation**



**Sélection naturelle**



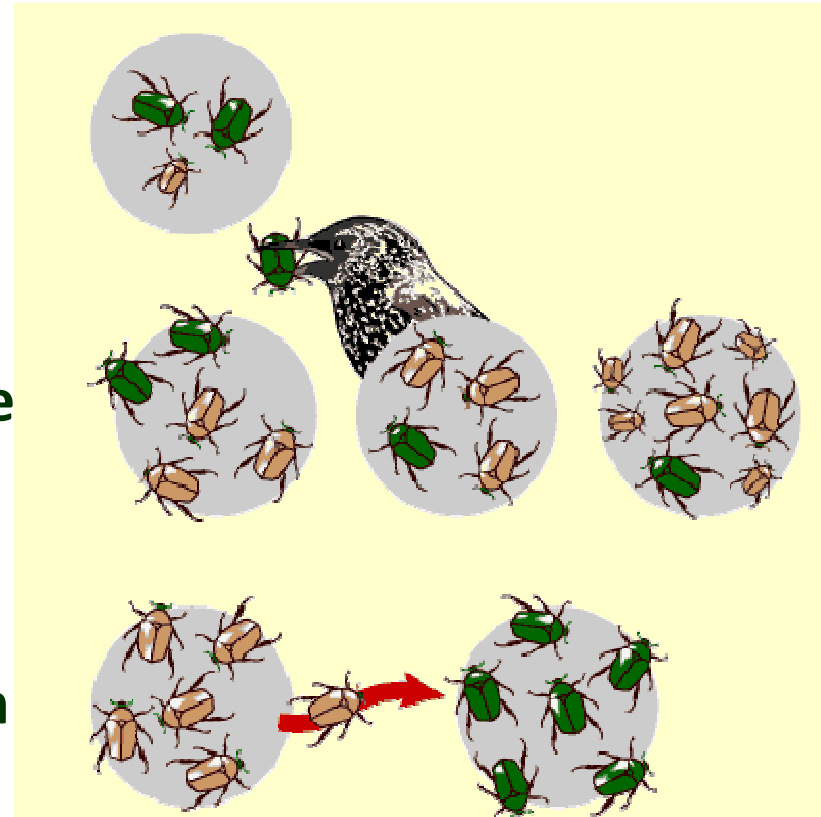
Selon l'environnement où se trouvent les populations, certaines mutations peuvent être tour à tour désavantageuses, ou avantageuses. Sélectionnées ou pas.

# Les mécanismes de l'évolution

**Mutation**

**Sélection naturelle**

**Migration**



Attention: il n'est pas nécessaire d'être parfaitement adapté à son environnement pour survivre, il faut juste être aussi ou plus adapté que les autres organismes vivants dans votre environnement.





# Les mécanismes de l'évolution

Les migrations :

Chez les animaux, la **migration** est un phénomène présent chez de nombreuses espèces, qui effectuent un déplacement, à caractère périodique, qui implique un retour régulier dans la région de départ.

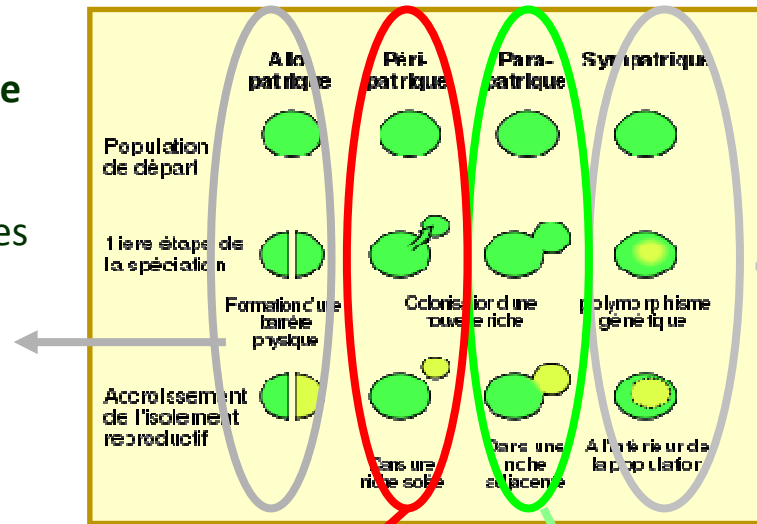
Les mouvements sans retour, qui conduisent à une extension de l'habitat de l'espèce, correspondent plutôt à un phénomène de colonisation.

Ces deux "mouvements" jouent un rôle important en matière d'évolution.

Spéciation allopatrique, péripatrique, parapatricque.

La spéciation est le processus évolutif par lequel de nouvelles espèces vivantes apparaissent

**Spéciation allopatrique**  
isolées géographiquement. le plus fréquent chez les animaux.



**Spéciation sympatrique**  
populations non isolées géographiquement. sélection naturelle.

prouvé chez certains poissons et insectes.

**Spéciation péripatrique**  
Petit nombre d'individus en marge de l'aire de répartition de l'espèce d'origine.

**Spéciation parapatric**  
Populations pas totalement isolées. Mais présence de gradient écologique. sélection naturelle

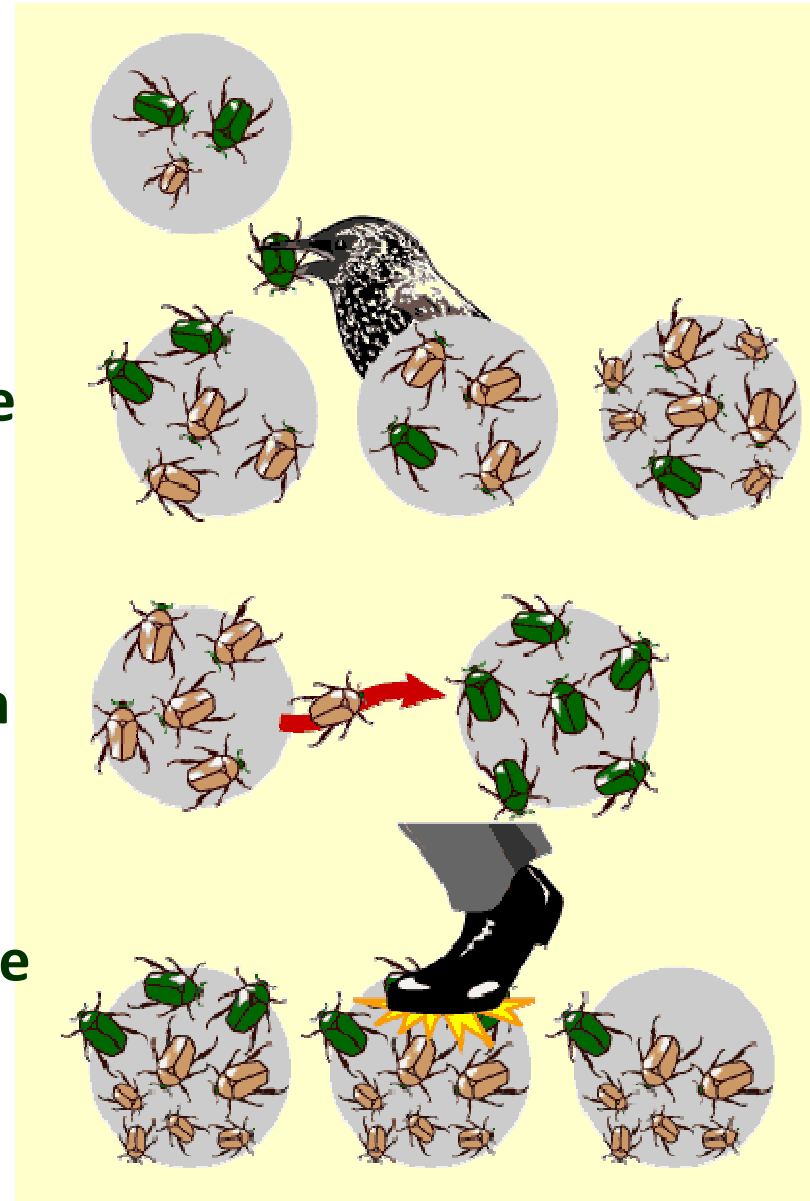


Photo: Gilles san Martin



# Les mécanismes de l'évolution

- Mutation
- Sélection naturelle
- Migration
- Dérive génétique





# Les mécanismes de l'évolution

La **dérive génétique** = modification de la fréquence d'un allèle ou d'un génotype, au sein d'une population, indépendamment des mutations, de la migration, de la sélection naturelle.

La dérive génétique concerne surtout les allèles neutres c'est-à-dire qui ne confèrent ni avantage ni désavantage sélectif.

**se produit quand une grande partie d'une espèce a disparu, est éliminée ou est isolée:**

- Épidémie
- Crise climatique
- Catastrophe naturelle
- Insularisation causée par une montée de la mer (isolation terre, formation île)
- Morcellement du territoire (route,...)



# Les mécanismes de l'évolution

## La dérive génétique

### **Fécondation:**

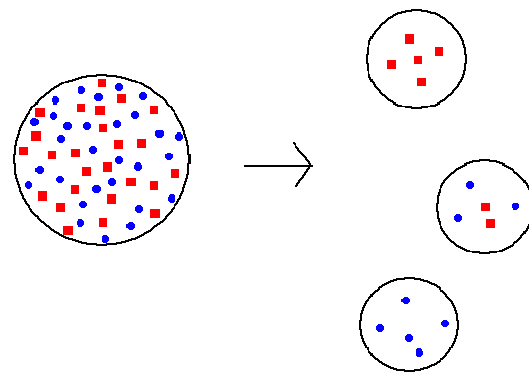
gamète haploïde paternel + gamète haploïde maternel = individu diploïde.  
Si pour un gène donné, les deux copies provenant des deux parents sont identiques, l'individu est homozygote. Si les deux copies sont différentes (allèles différents) l'individu est hétérozygote.

**Lors de la séparation des X : un tirage aléatoire des chromosomes allant dans chaque gamète.**

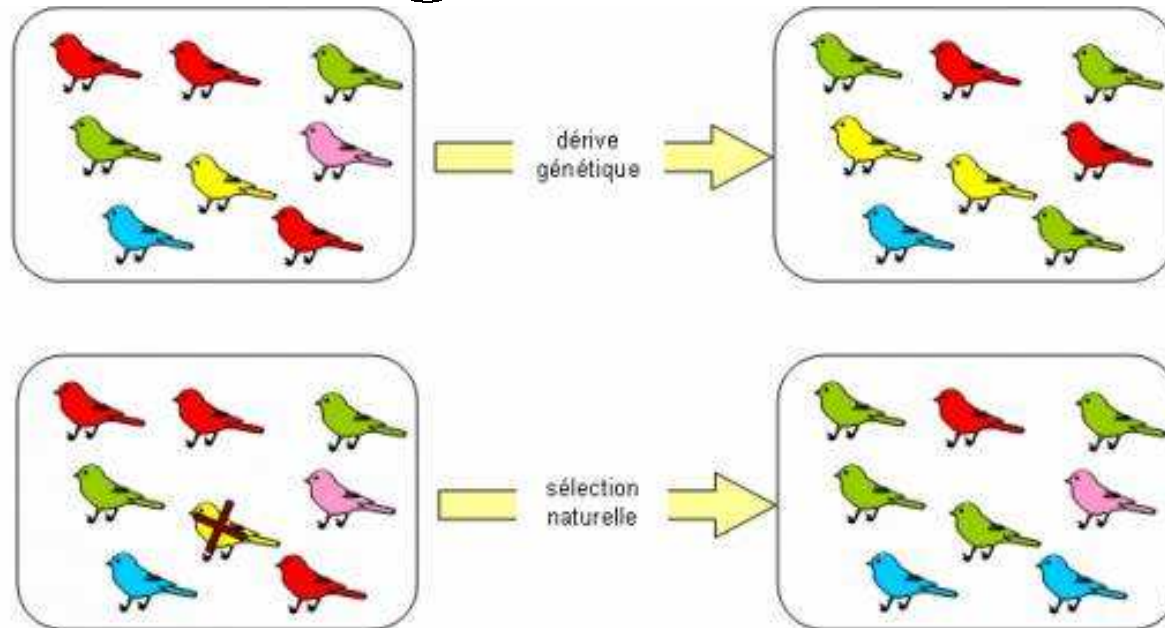
**Un individu ne se reproduisant qu'1x, ne va transmettre à son descendant qu'1 seul des deux allèles de chacun de ses gènes.**

Les fréquences alléliques d'un gène vont donc varier d'une génération à l'autre, certains allèles voyant leur fréquence diminuer ou augmenter au sein de la population. Ces variations peuvent aller jusqu'à la disparition de certains allèles du gène dans la population.

# Les mécanismes de l'évolution

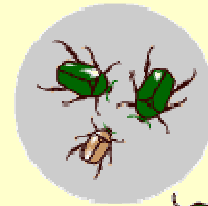


Dérive génétique:  
Les populations pionnières ne  
sont pas le reflet exact de la  
population de départ



# Les mécanismes de l'évolution

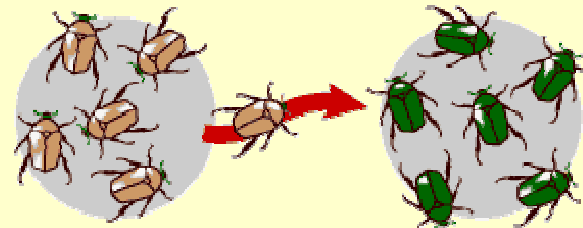
Mutation



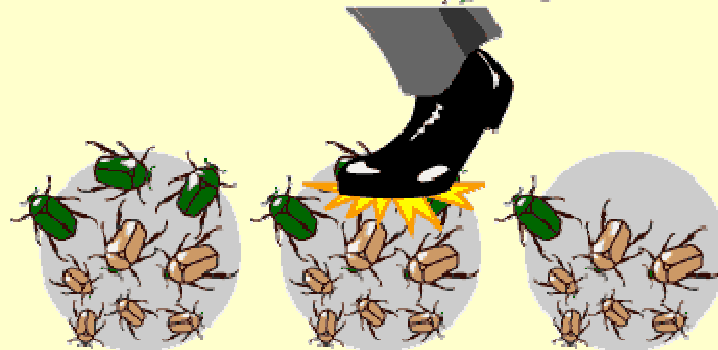
Sélection naturelle



Migration



Dérive génétique







# Les mécanismes de l'évolution

Quels sont les facteurs qui interviennent dans la vitesse de l'évolution?





## **Quels sont les facteurs qui interviennent dans la vitesse de l'évolution ?**

- le taux d'apparition des mutations avantageuses
- Le taux de reproduction
- Les changements des conditions d'environnement.

### **Lequel intervient le plus?**

Nul ne le sait aujourd'hui. C'est l'un des mystères qui restent à résoudre.



## Preuves de l'évolution

- 1) Paléontologie
- 2) Anatomie comparée
- 3) Embryologie
- 4) Biogéographie
- 5) Génétique

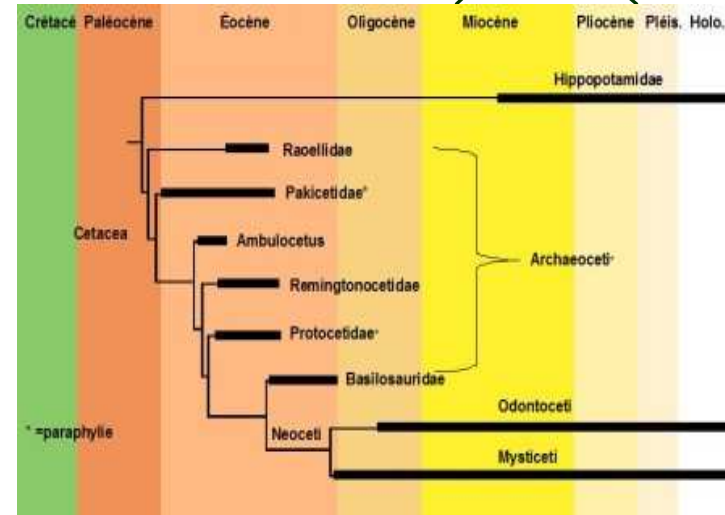
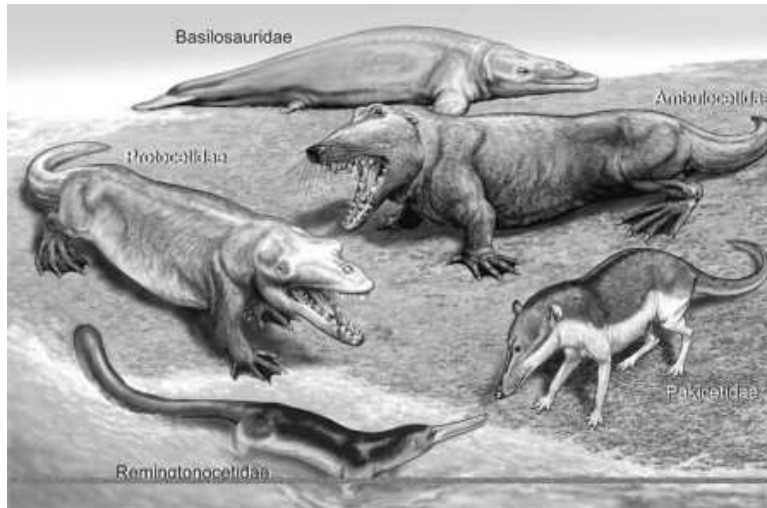
# Preuves de l'évolution

## 1) Paléontologie : les fossiles

Fossile intermédiaire



-Les plus proches parents des cétacés sont les hippopotames. ("artiodactyles".)



*Basilosaurus*, 4 petites pattes, inutiles pour la marche comme pour la nage ; lien entre les baleines actuelles (sans pattes arrière) et leurs ancêtres terrestres (4 pattes).

# Preuves de l'évolution

## 1) Paléontologie : les fossiles

Fossile intermédiaire

Les fossiles intermédiaires sont parfois trouvés

L'*Archeopteryx* – dont dents, griffes et queue rappellent le dinosaure – pouvait voler avec les ailes plumées d'un oiseau.



MNH-Labo de paléontologie - D. Serrette

L'*archæopteryx* (150 MA)

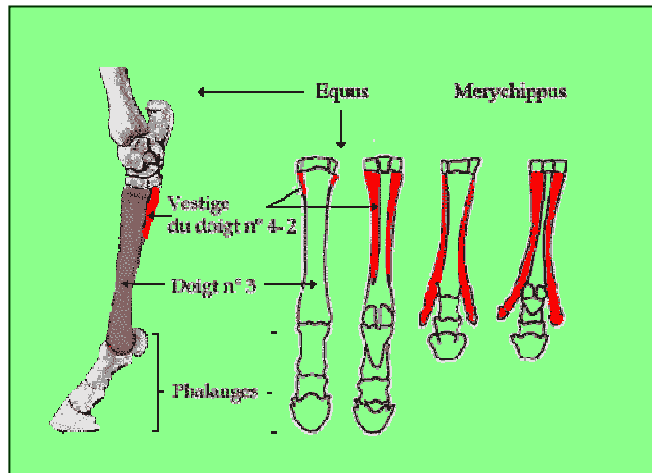


Dictionnaire HACHETTE Multimedia 98

# Preuves de l'évolution

## 1) Paléontologie : les fossiles

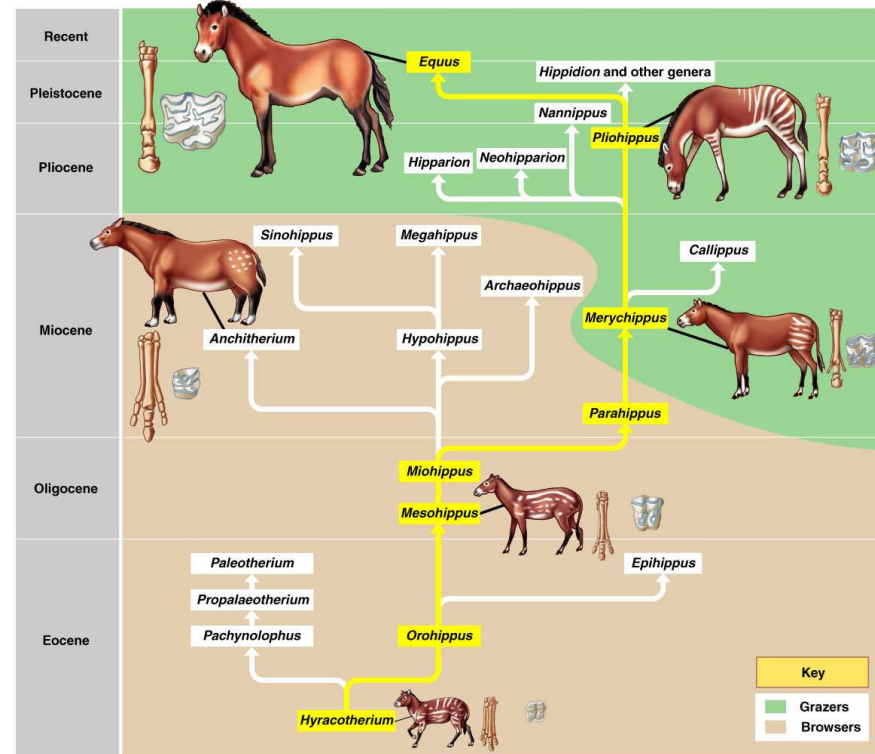
### Reconstitution des lignées



Exemple: La taille du cheval, d'un petit chien (*Hyracotherium* : 30 cm) à celle du cheval actuel (150 cm), en 45 millions d'années.

Le nombre d'orteils touchant terre est passé de 4 à 1 aujourd'hui.

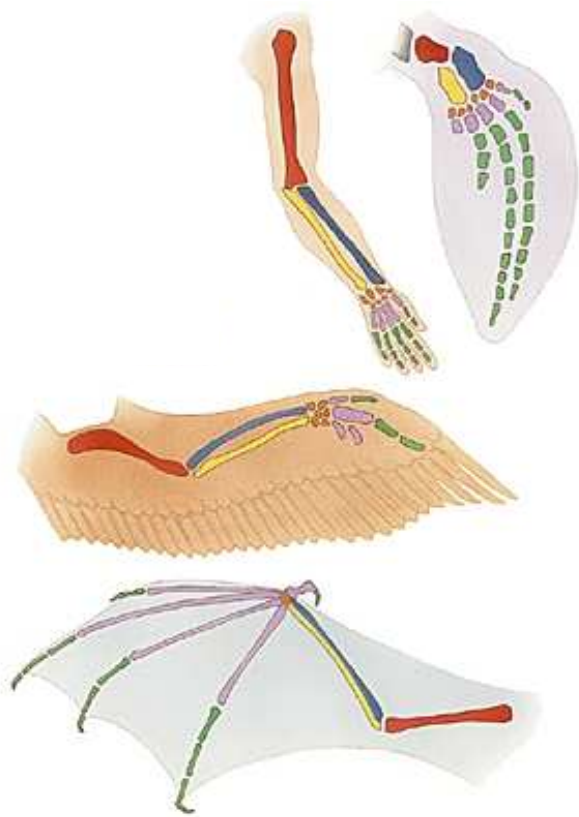
Fossiles montrent que les caractéristiques anatomiques d'un même groupe d'animaux changent.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

# Preuves de l'évolution

## 2) Anatomie comparée : les espèces actuelles organes homologues



Mammifère: Ils ont reçu d'ancêtres communs le même héritage squelettique.

même plan organisation pour les membres antérieurs: le bras des primates et la nageoire des baleines sont tous deux formés de 30 os et 17 articulations (dt 16 sont figées chez la baleine).

Homo-logie =  
pareil-science,  
logique



# Preuves de l'évolution

## 2) Anatomie comparée : les espèces actuelles

organes homologues

organes vestigiaux



L'humain possède des organes inutiles :  
le coccyx (vestige d'une queue),  
l'appendice (vestige du caecum des  
mammifères herbivores).

Ces organes = héritage ancestral

Les dents de sagesse,  
l'appendice,  
le coccyx et ses petits muscles,  
les poils,  
la caroncule lacrymale,

...

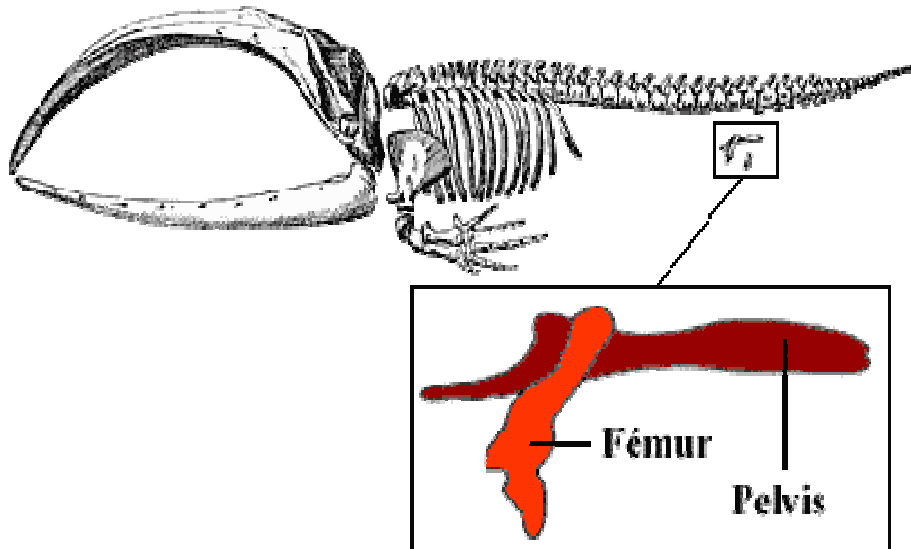


# Preuves de l'évolution

## 2) Anatomie comparée : les espèces actuelles

organes homologues

organes vestigiaux



Les baleines ont des organes vestigiaux inutiles : bassins et des fémurs superflus.

Ces organes, aujourd'hui sans fonction, attestent d'ancêtres qui en avaient besoin.

# Preuves de l'évolution

## 3) Embryologie

### Les organes vestigiaux embryonnaires/foetaux

Embryons de vertébrés très semblables au début, mais divergent lentement à mesure qu'ils se développent, pour être de forme très différente à la naissance.

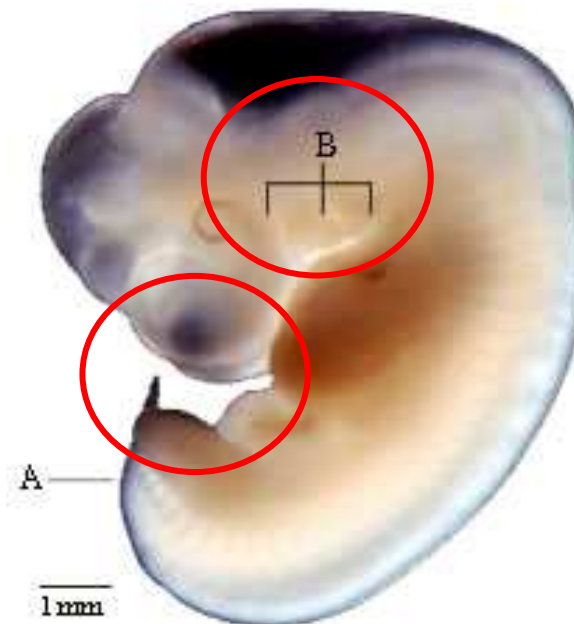
Poisson, poulet ou humain: fentes brachiales (inutiles pour poulets et humains) = héritage d'un ancêtre commun qui avait des branchies.

Dents et fourrure au stade fœtal chez les baleines à fanons.

Activation de certains gènes inactifs chez le poussin -> formation de dents.



Dauphin (*Stenella attenuata*) embryon de 24 jours. *f* = bourgeon pattes avant, *h* = bourgeon patte arrière



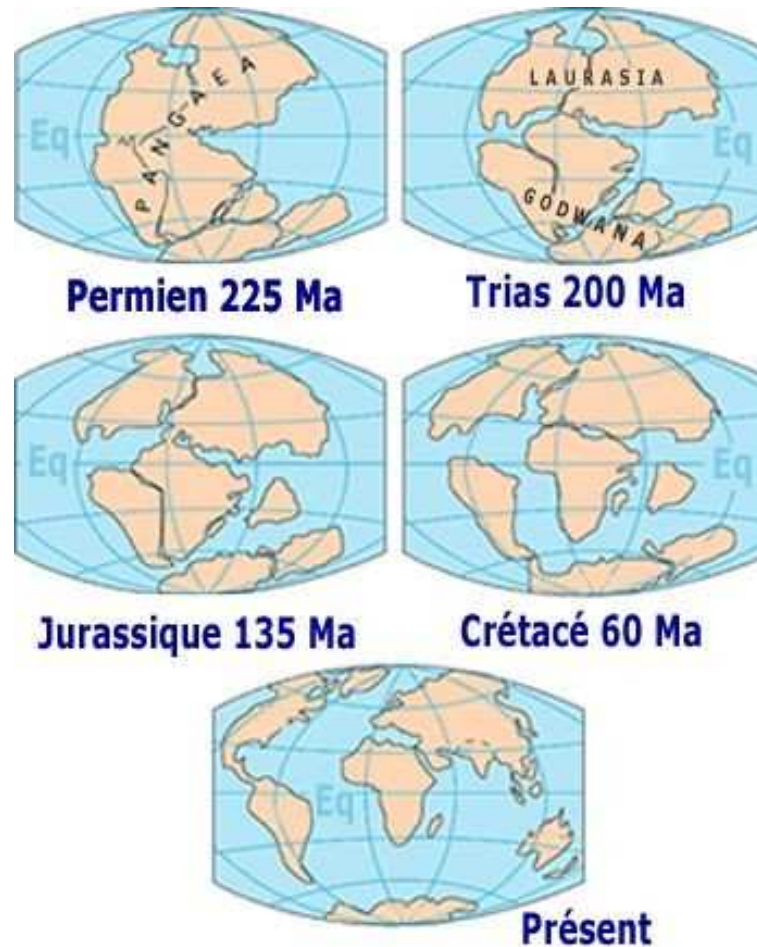
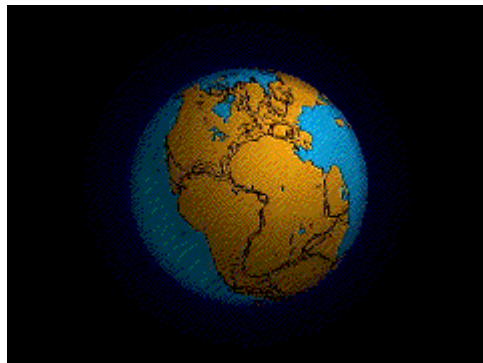
# Preuves de l'évolution

## 4) Biogéographie

Dérive des continents

Dérive des continents

Quelques centimètres par an

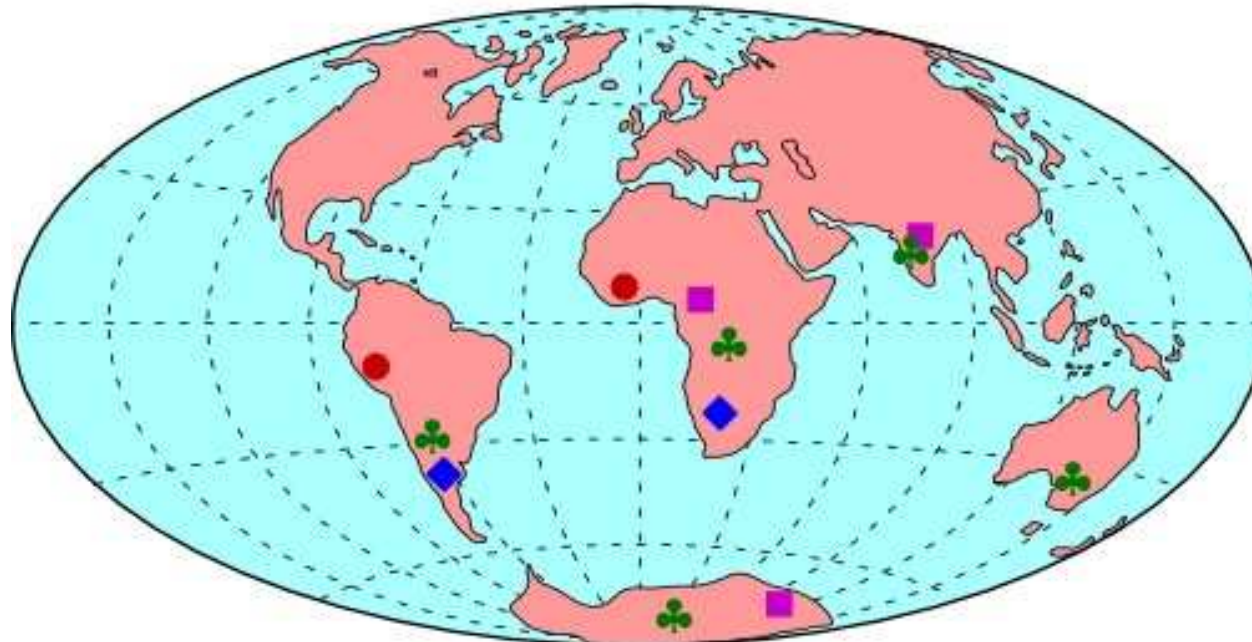


# Preuves de l'évolution

## 4) Biogéographie

### Dérive des continents

- **Cynognathus**: reptile prédateur terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ◆ **Mesosaurus**: petit reptile de lacs d'eau douce, il y a 260 Ma
- **Lystrosaurus**: reptile terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ♣ **Glossopteris**: plante terrestre d'il y a 240 Ma

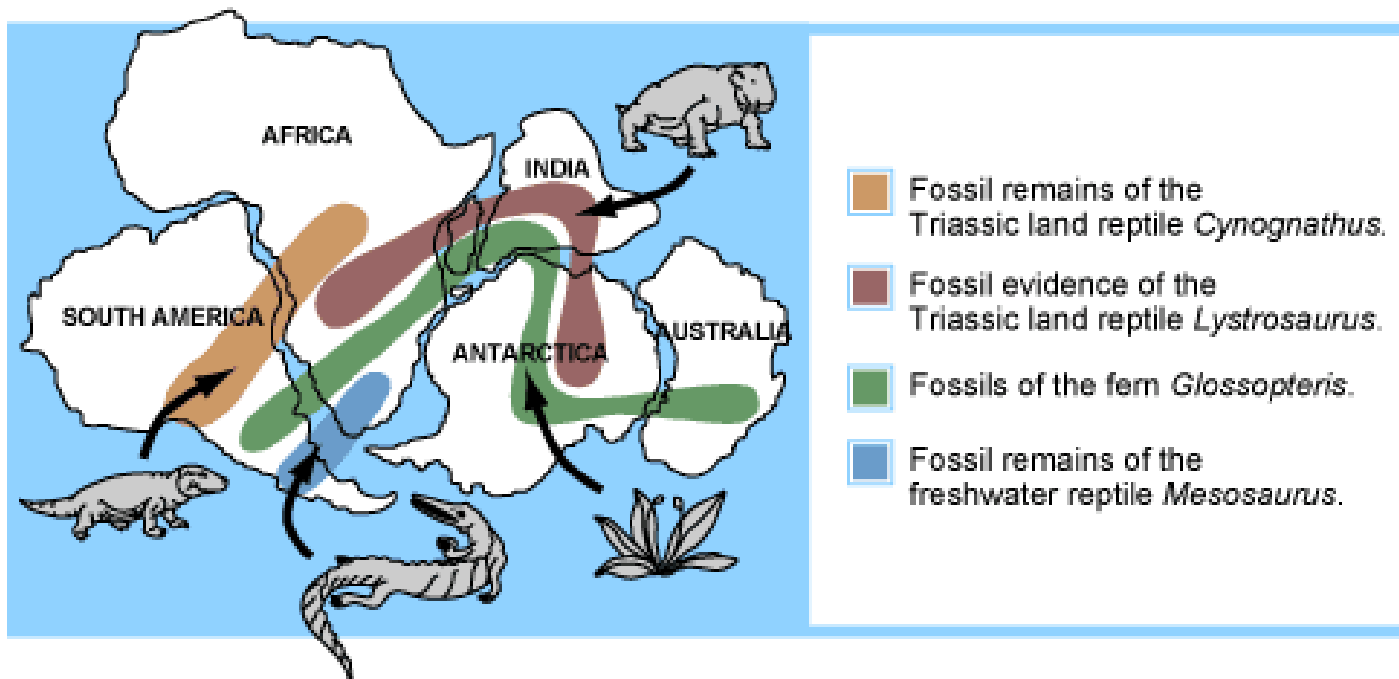


# Preuves de l'évolution

## 4) Biogéographie

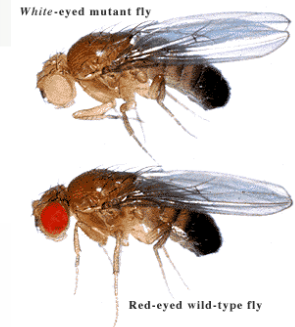
### Dérive des continents

Certains fossiles (*Cynognathus*,) n'apparaissent que dans certaines bandes terrestres de l'Amérique du Sud et de l'Afrique, dont la continuité observée implique que ces continents étaient autrefois soudés ensemble.



# Preuves de l'évolution

## 4) Biogéographie Spéciation insulaire



Le peuplement des îles Hawaii par les drosophiles.

La genèse des îles Hawaii = un alignement de volcans qui naissent l'un après l'autre. La dérive des plaques les déporte vers l'ouest, où ils disparaissent progressivement sous les eaux = tapis roulant d'îles.

Au hasard d'un transport par le vent, des migrants vont atteindre l'île la plus orientale, plus jeune (sans drosophile), et y engendrer une espèce nouvelle par **spéciation "allopatrique"**.

Dans chaque groupe, les espèces ancestrales sont à l'ouest, et les espèces dérivées, plus nombreuses, à l'est. Sur 103 espèces de drosophiles étudiées sur ce schéma, presque toutes sont endémiques.

Saga science - <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/imgArt/images/Chap5/veille/Fig8.html>

Spéciation des drosophiles des îles Hawaii : nombre d'espèces par île et nombre d'espèces ayant migré d'une île à l'autre (entre parenthèses : âge des îles)

# Preuves de l'évolution

## 4) Biogéographie

Espèces endémiques:

- diff. espèces ont une forte tendance à se grouper de façon géographique (lémuriens à Madagascar, kangourous et koalas en Australie).
- Pas de tigre en Amérique, d'ours en Afrique, ni de loup en Australie.

Répartition = rassemblement des descendants d'un ancêtre dans une région donnée, isolée par une barrière infranchissable (océan).



*Lemur catta*



*Mirza zaza*



**Aye-Aye**  
(*Daubentonia madagascariensis*)



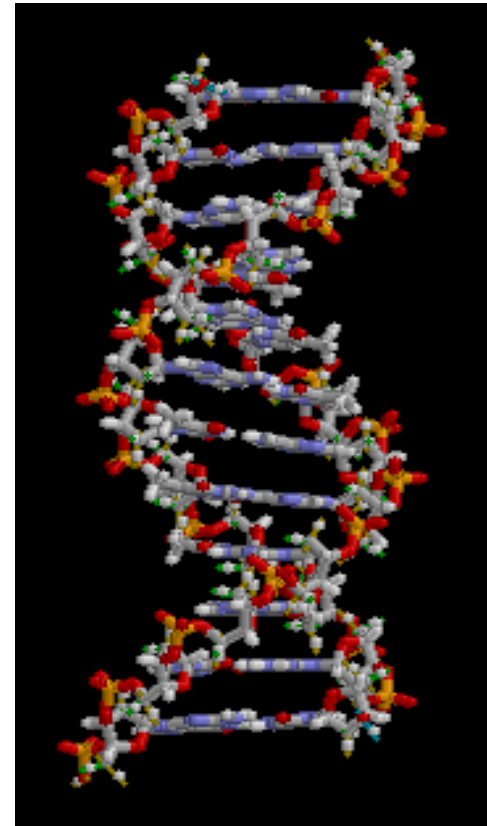
# Preuves de l'évolution

## 5) Génétique

Notre génome est à 98 % similaire à celui des chimpanzés, incluant de nombreuses séquences de pseudogènes identiques, pas de fonction, = l'héritage génétique d'ancêtres communs.

ADN, ARN, protéines construites sur le même modèle

...



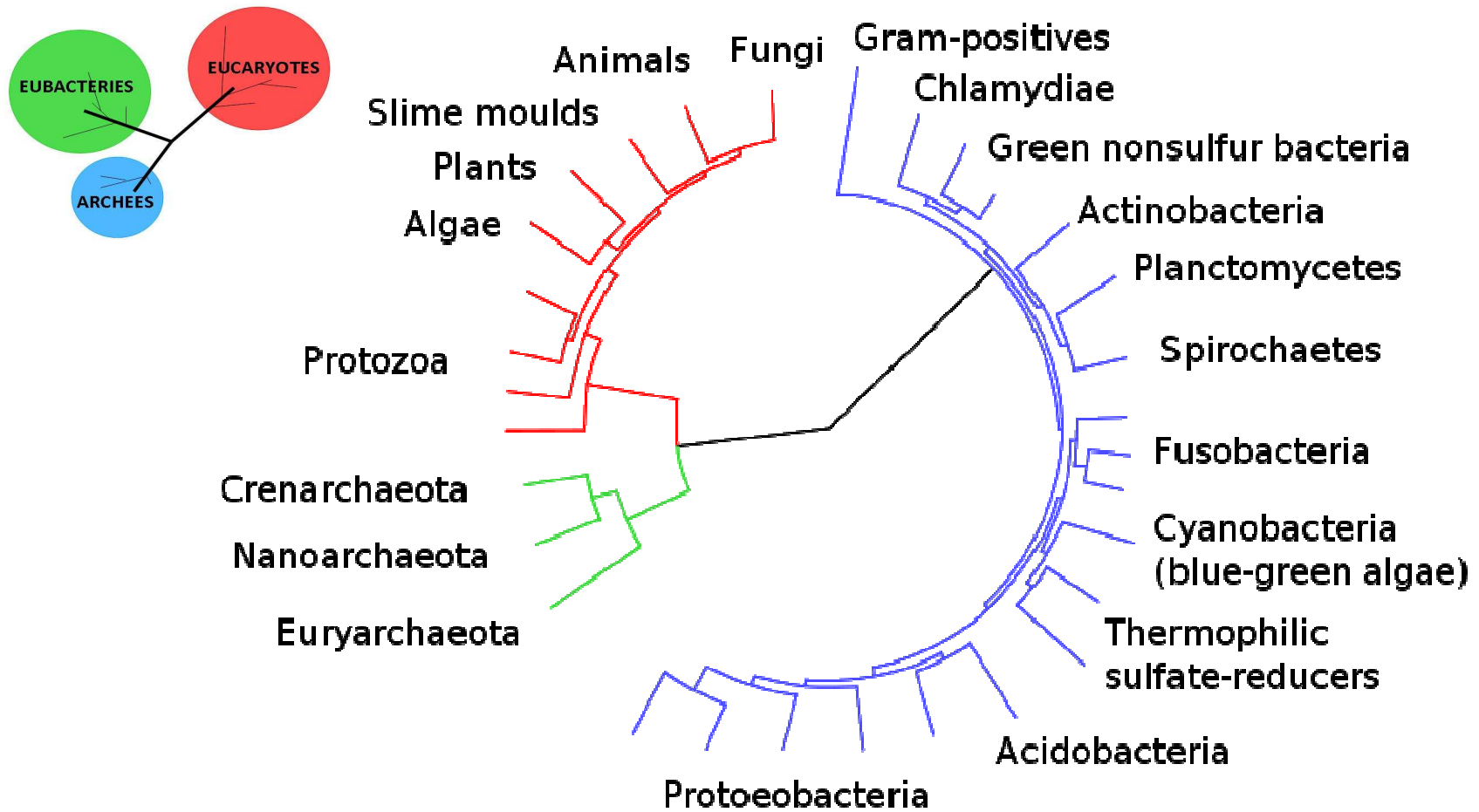




**Evolution = Changes in the diversity and adaptation of populations of living organisms**

## Preuves de l'évolution

- 1) Paléontologie: reconstitution des lignées à partir des **fossiles**, les fossiles intermédiaires
- 2) Anatomie comparée: **les espèces actuelles**, organes homologues, vestigiaux
- 3) Embryologie: vestigiaux embryonnaires
- 4) Biogéographie: dérive des continents, spéciation insulaire, espèces endémiques
- 5) Génétique: ADN commun, homéogènes





# LB1231: Biologie animale, Diversité et évolution

Evolution: Historique condensé  
Biodiversité