

# La théorie de l'évolution : Histoire, principes et preuves



COLLÈGE  
DE FRANCE  
1530



Fondation  
Jean-François et Marie-Laure  
de Clermont-Tonnerre

## La théorie de l'évolution : Histoire, principes et preuves

- Histoire de la théorie
- Preuves de l'évolution
- Les 4 forces évolutives



# Comment les espèces peuvent-elles être si bien adaptées à leur environnement?

Araignée



Fourmi



Alex Wild

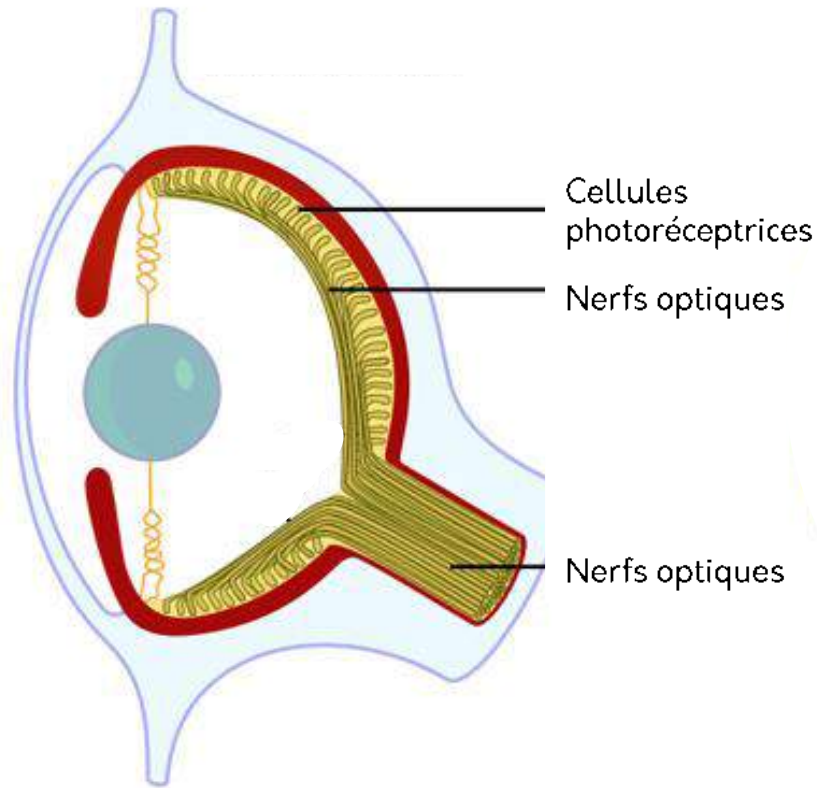
Alex Wild

Marshall Hedin

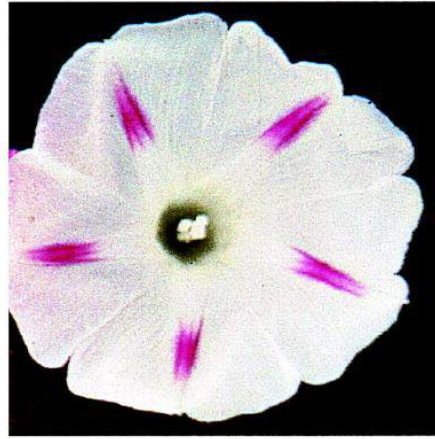
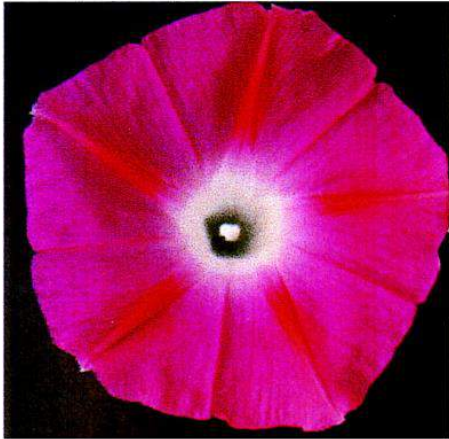
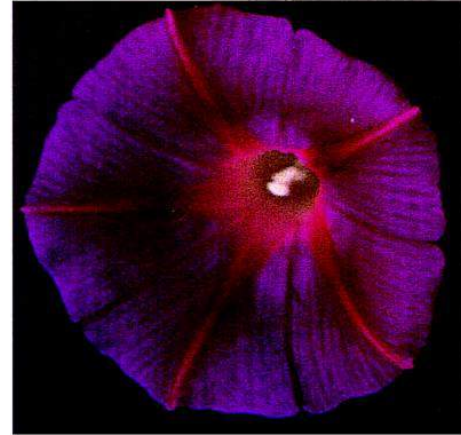
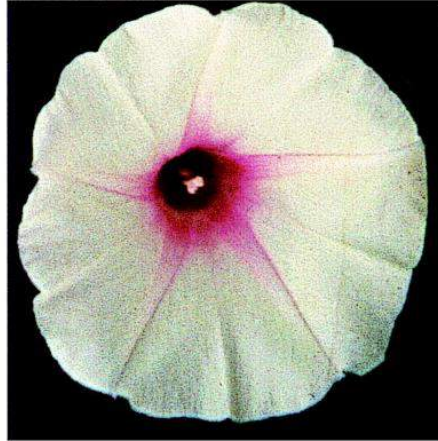
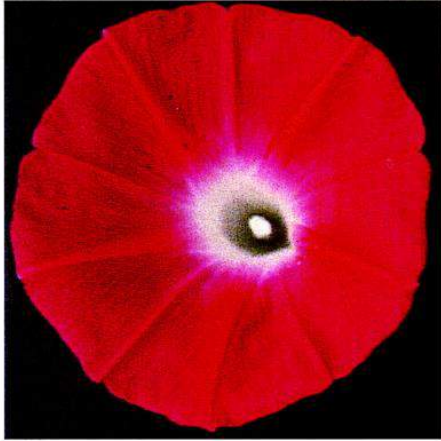
# Comment les espèces peuvent-elles être si bien adaptées à leur environnement?



# Comment les espèces peuvent-elles être si bien adaptées à leur environnement?



Pourquoi une telle diversité au sein des espèces?



Pourquoi une telle diversité au sein des espèces?



Pourquoi une telle  
diversité?





Adaptation des espèces?  
D'où vient la vie? D'où vient l'être humain?  
Pourquoi le vivant est-il comme il est?  
Pourquoi autant d'espèces sur terre?  
Comment les conserver?  
Pourquoi bon fonctionnement des écosystèmes?  
Pourquoi des maladies?



Adaptation des espèces?  
D'où vient la vie? D'où vient l'être humain?  
Pourquoi le vivant est-il comme il est?  
Pourquoi autant d'espèces? Comment les conserver?  
Pourquoi bon fonctionnement des écosystèmes?  
Pourquoi des maladies?



Commonists



Alvesgaspar

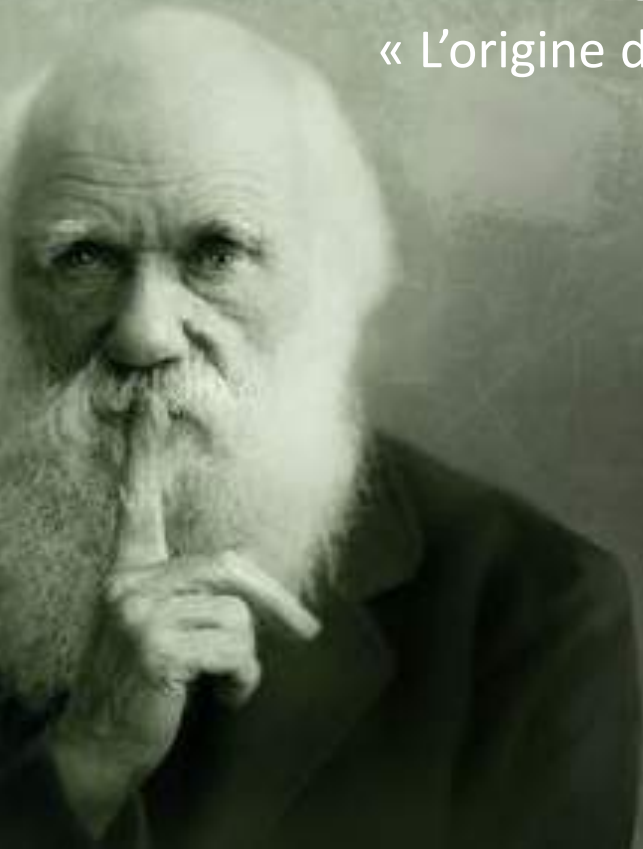




**William Paley**  
**(1743–1805)**



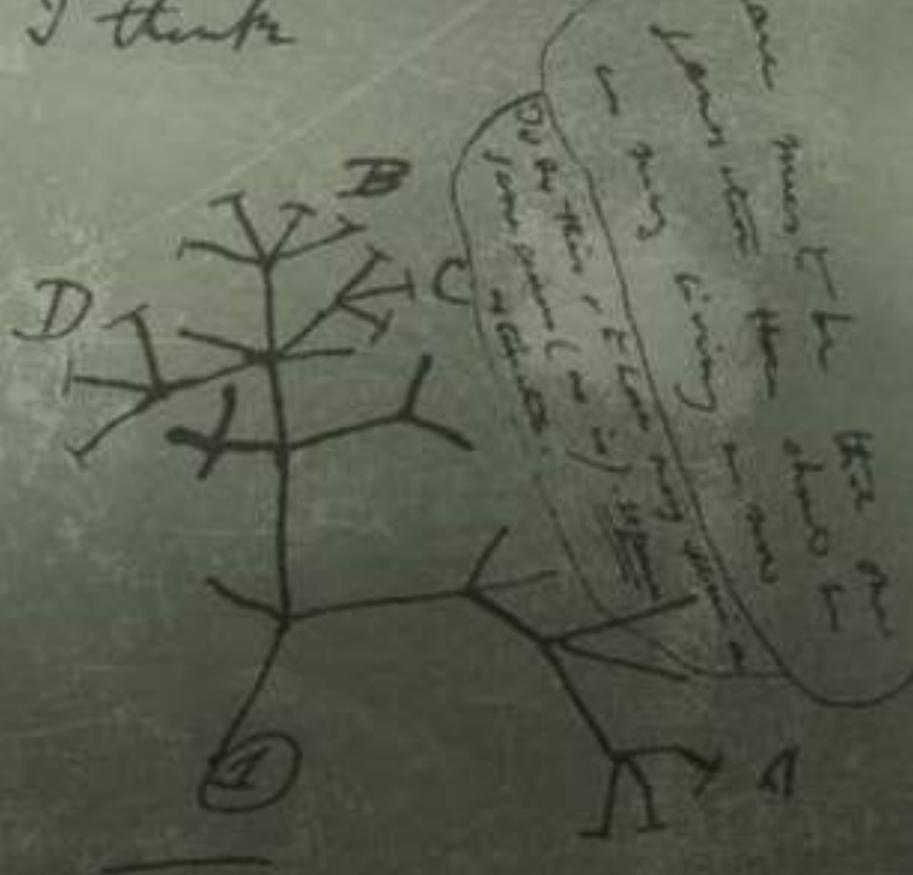
« La machine que nous avons sous les yeux démontre par sa construction une invention et un dessein. L'invention suppose un inventeur. »



Charles Darwin

1859

« L'origine des espèces »



There is a difference between A & B. Various

For the M.F. ...

## Génération spontanée

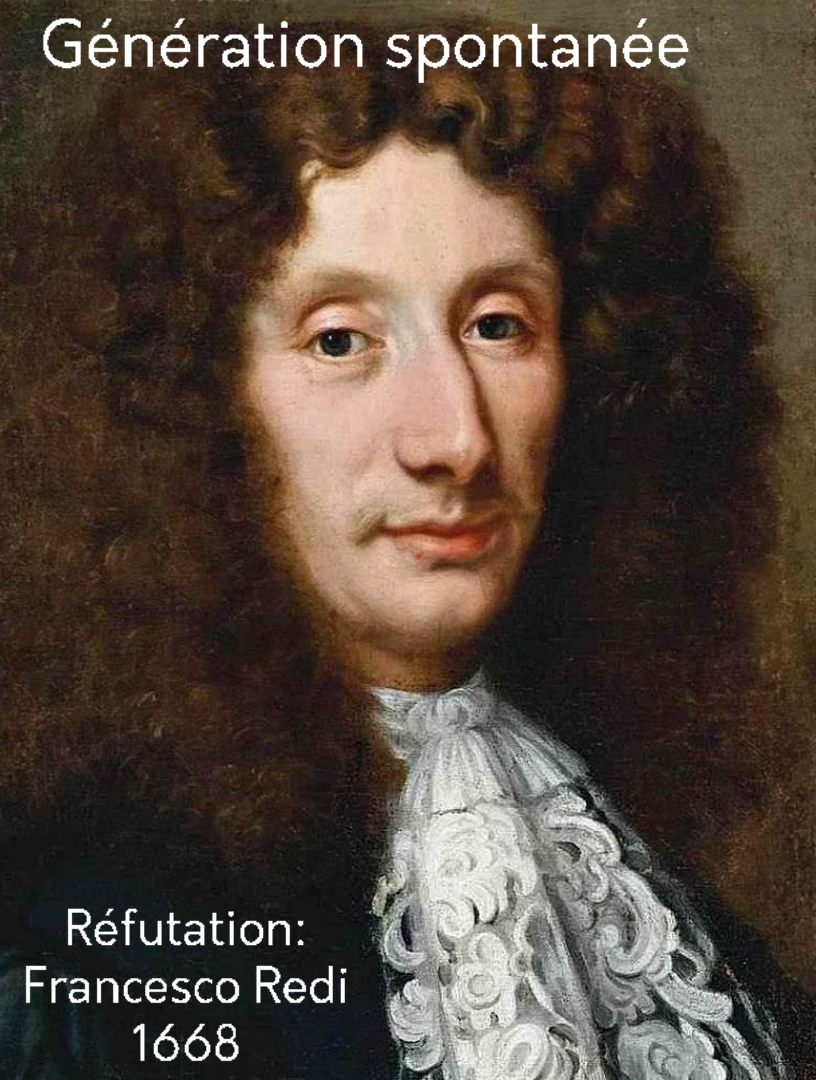


Naissance des abeilles (gravure sur bois 1555 - Olaus Magnus "Historia")

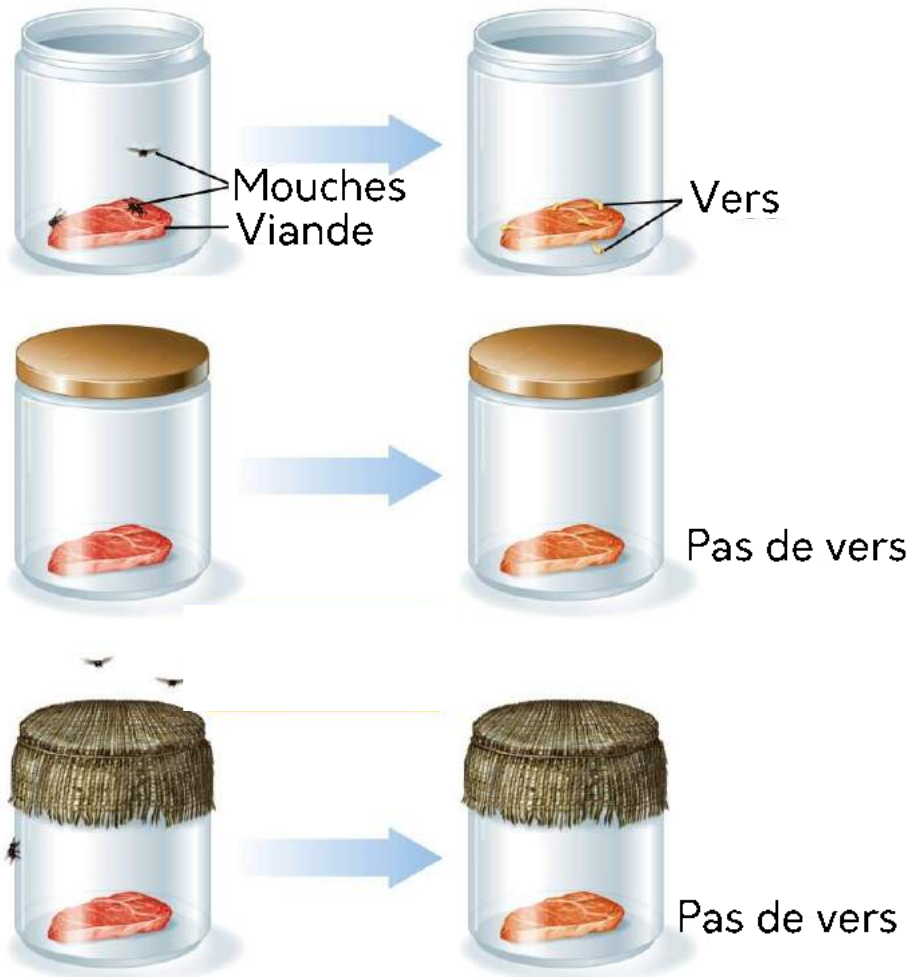
Légende de la naissance des abeilles dans le cadavre d'un taureau



# Génération spontanée



Réfutation:  
Francesco Redi  
1668



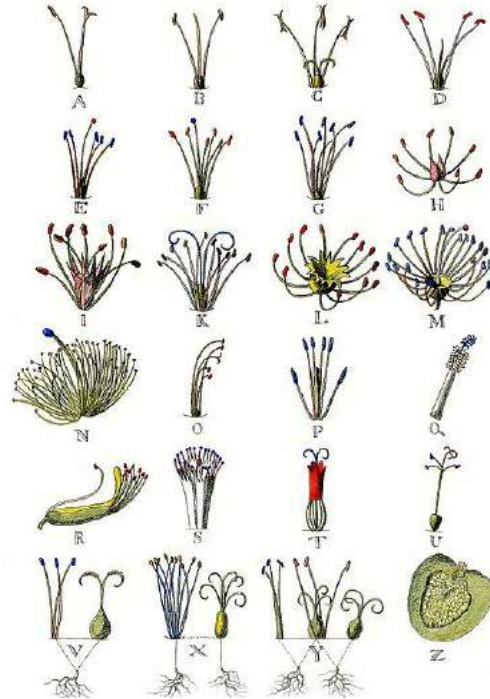
"Evolution" Bergstrom and Dugatkin, WW Norton & Company, Inc.

Linné.

Carl von Linné  
(1707-1778)

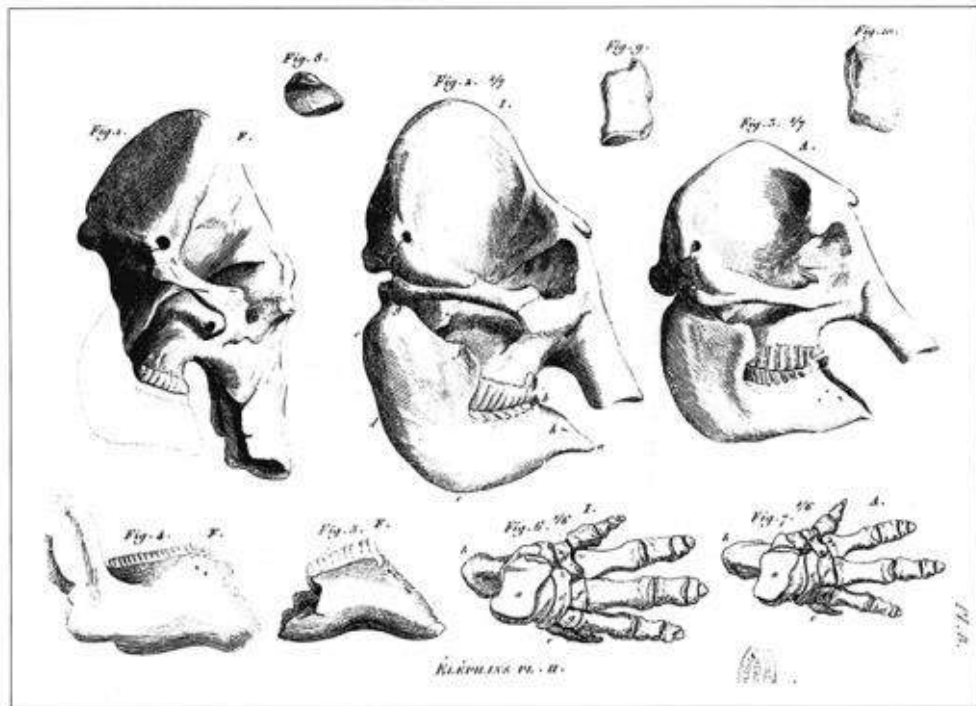
# Système de classification des espèces: rend compte du plan établi par Dieu (Fixisme)

Clariss: LINNÆI, M. D.  
METHODUS plantarum SEXUALIS  
in SISTEMATE NATURÆ  
descripta



Georges Cuvier  
1769–1832

Anatomie comparée  
Catastrophisme

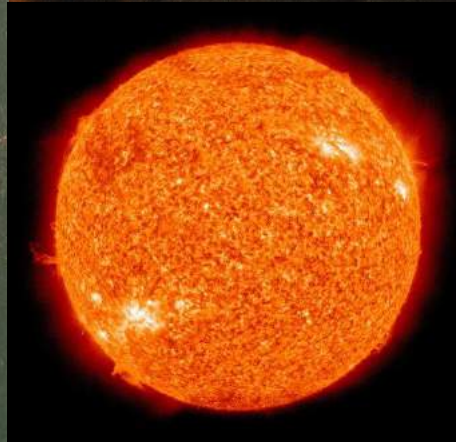


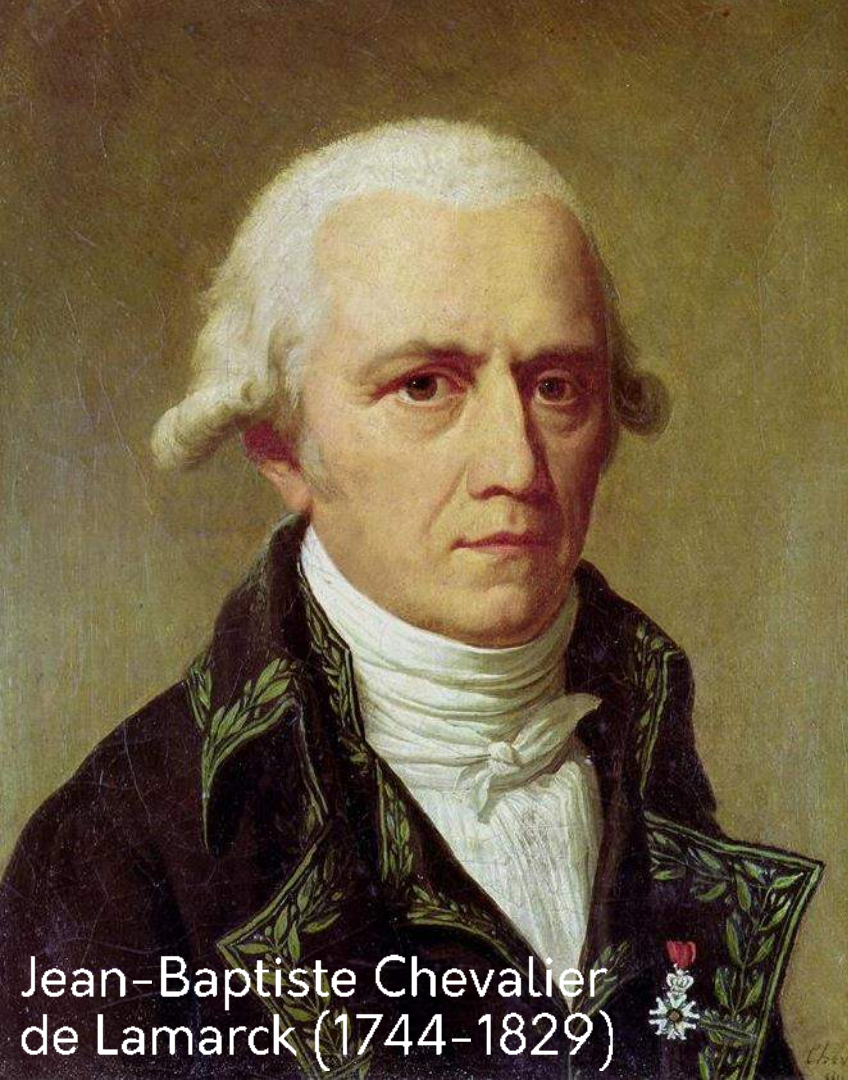


Buffon (1707-1788)



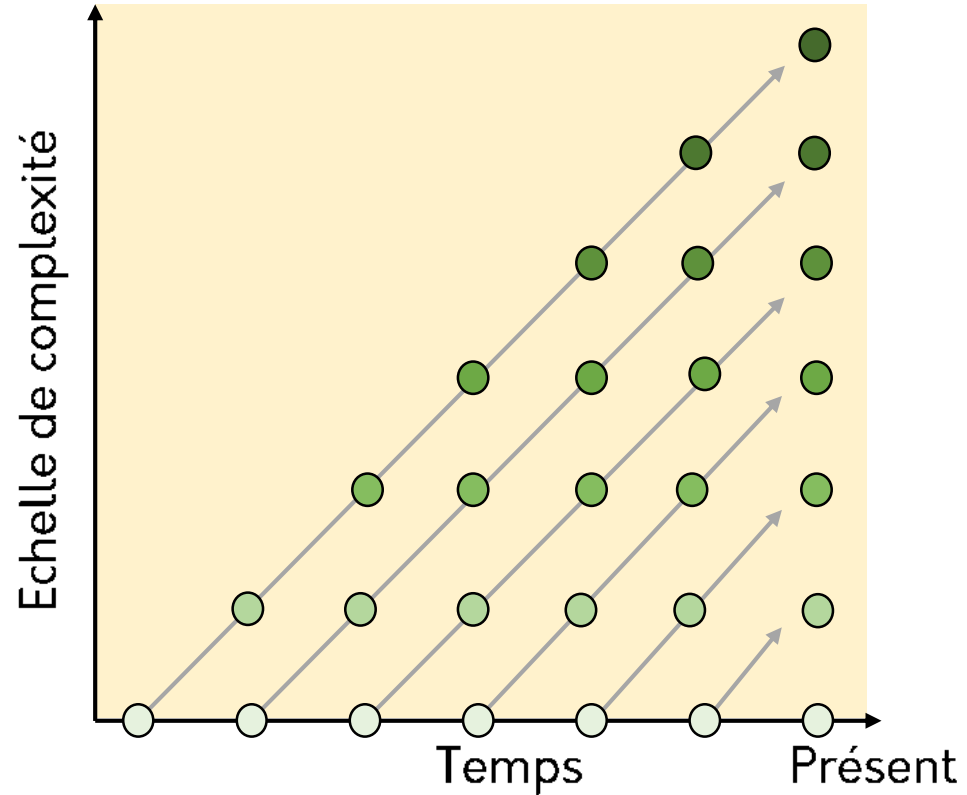
Buffon recule  
l'âge de la Terre :  
75 000 ans  
(voire 3 millions)



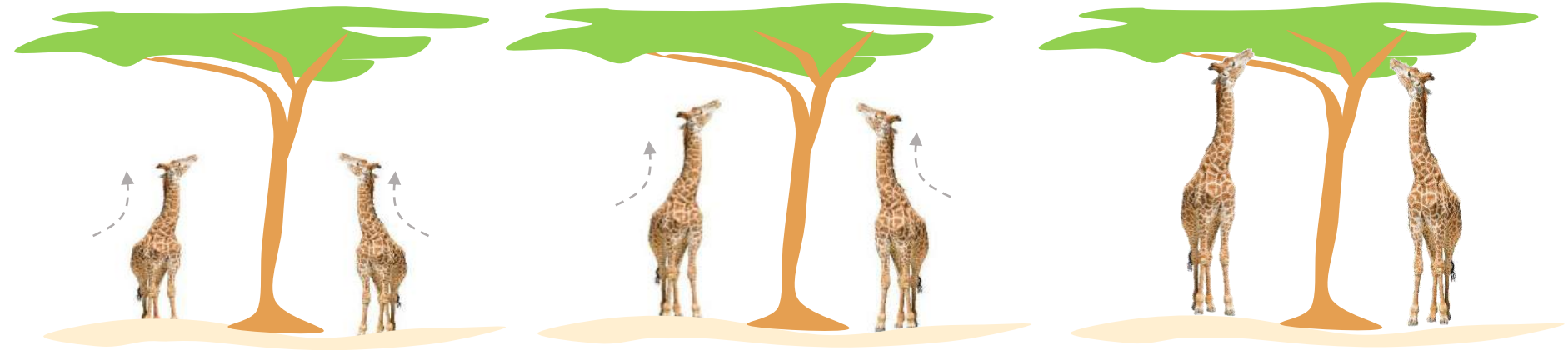


Jean-Baptiste Chevalier  
de Lamarck (1744-1829)

- 1<sup>ère</sup> théorie d'une évolution
- Complexification croissante
- Dynamique interne
- Hérité des caractères acquis

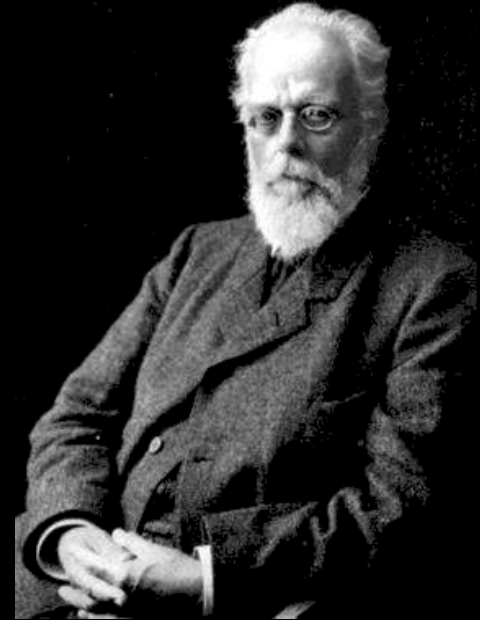


# Théorie de Lamarck : Hérédité des caractères acquis



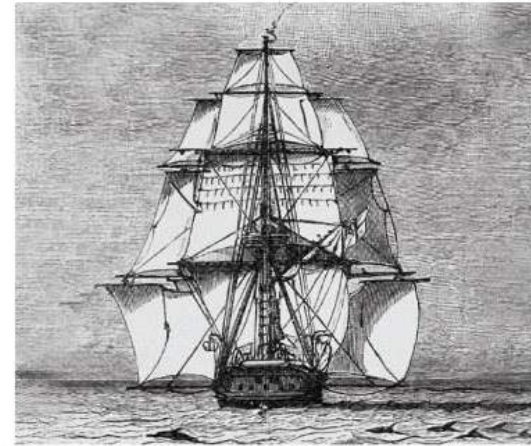
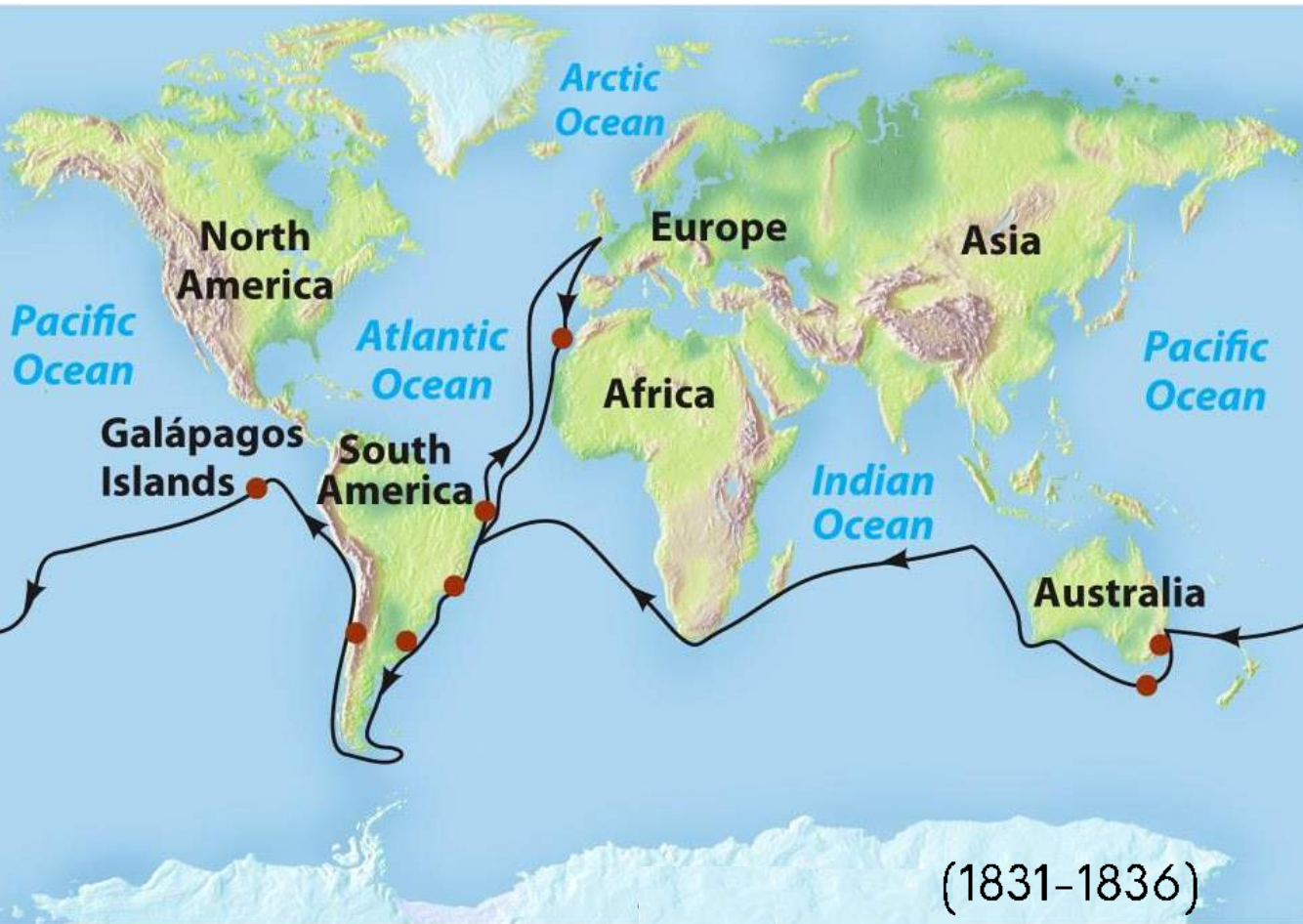
August Weismann (1834-1914)

Réfutation de l'hérédité des caractères acquis



Charles Darwin

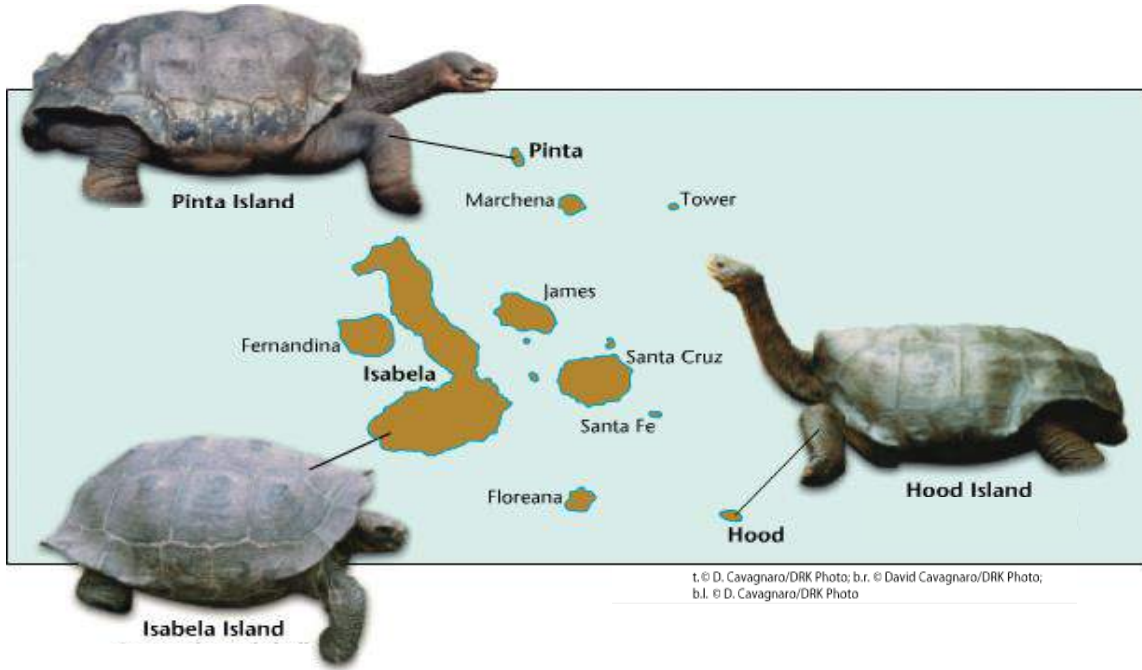
Voyage sur le Beagle



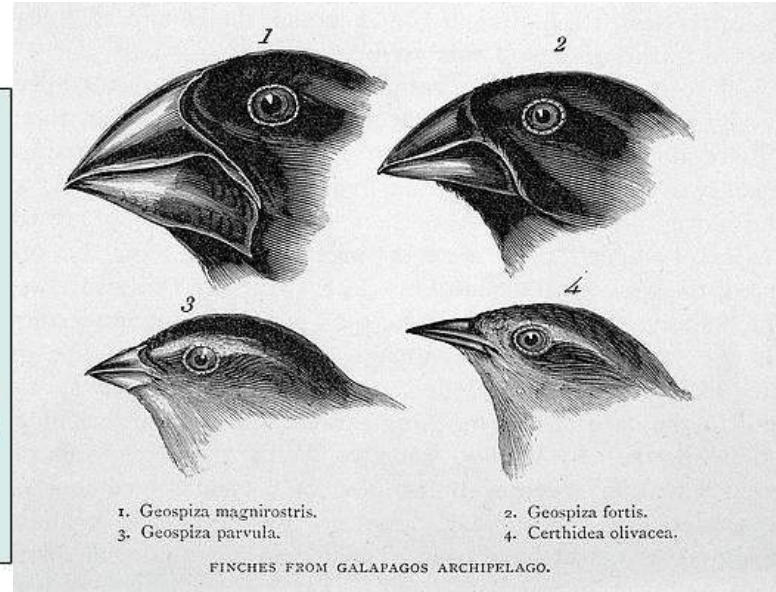
# Compétition



# Iles Galapagos



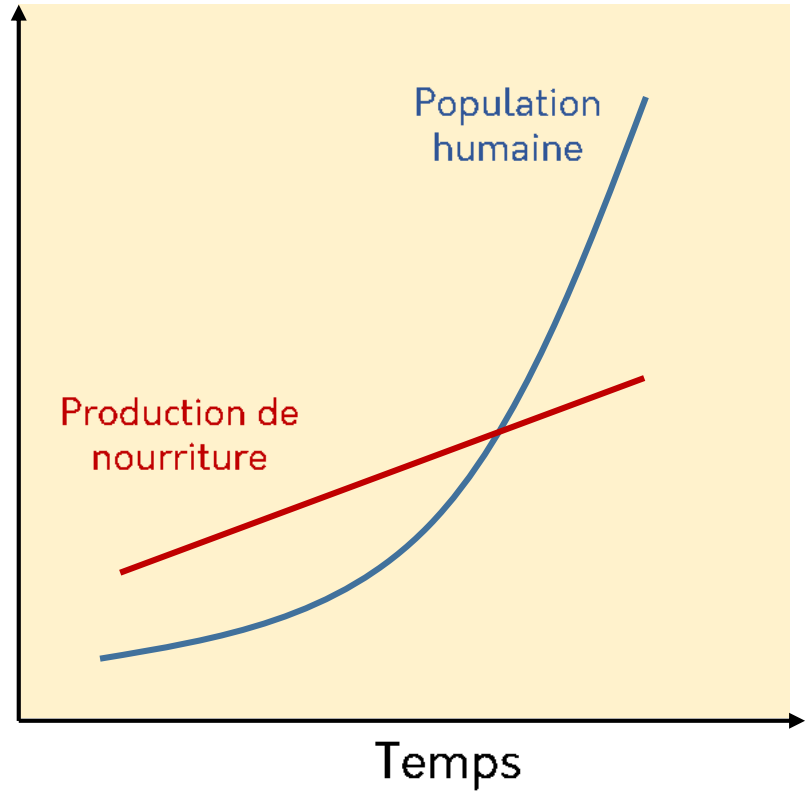
t. © D. Cavagnaro/DRK Photo; b.r. © David Cavagnaro/DRK Photo;  
b.l. © D. Cavagnaro/DRK Photo



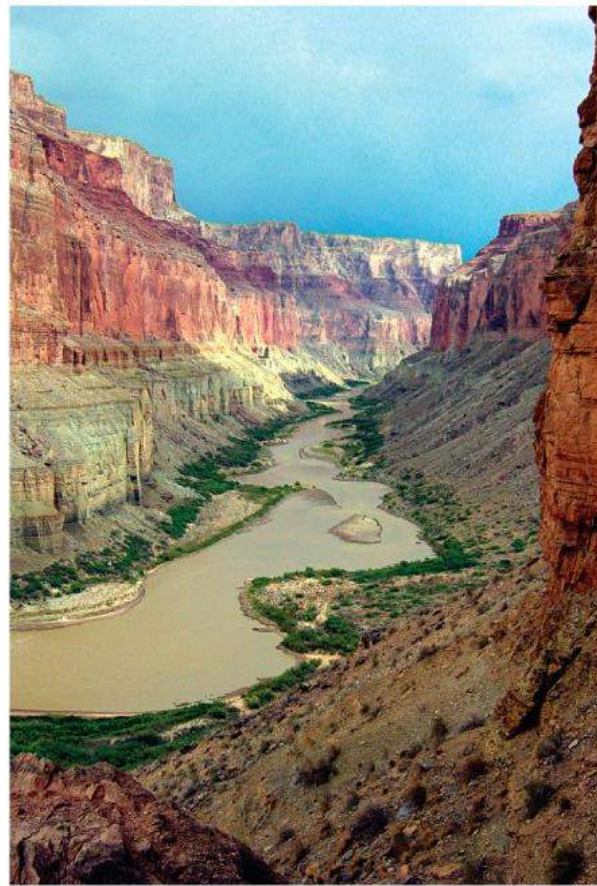
Thomas Malthus (1766-1834)



Economiste  
britannique







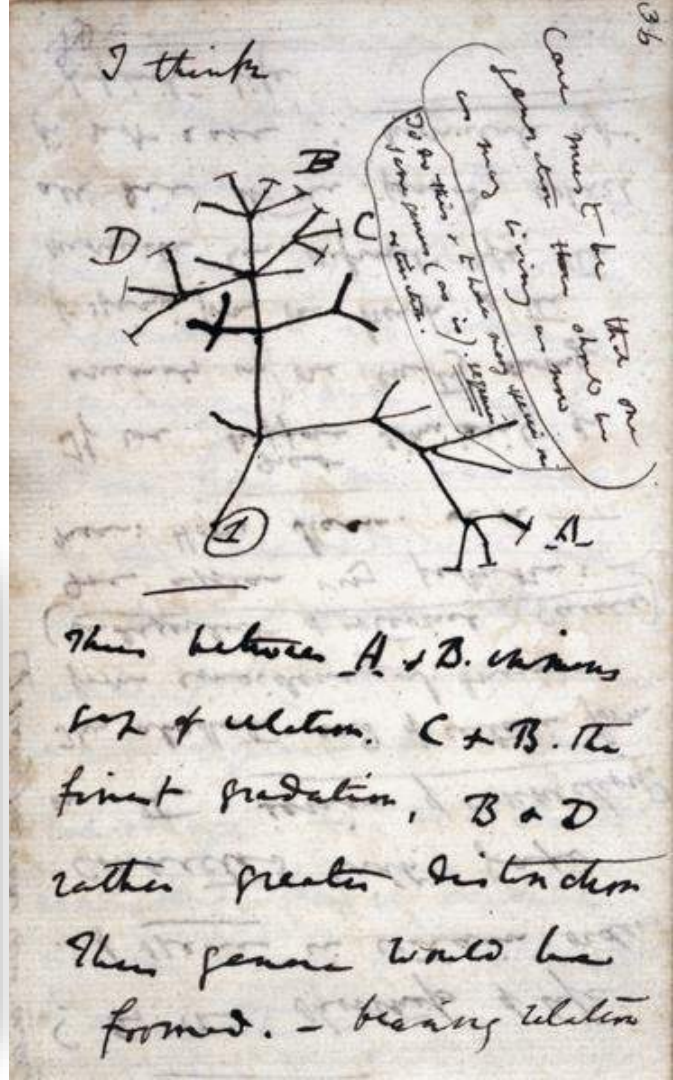
Charles Lyell (1797–1875)  
Uniformitarisme

# Darwin 1859

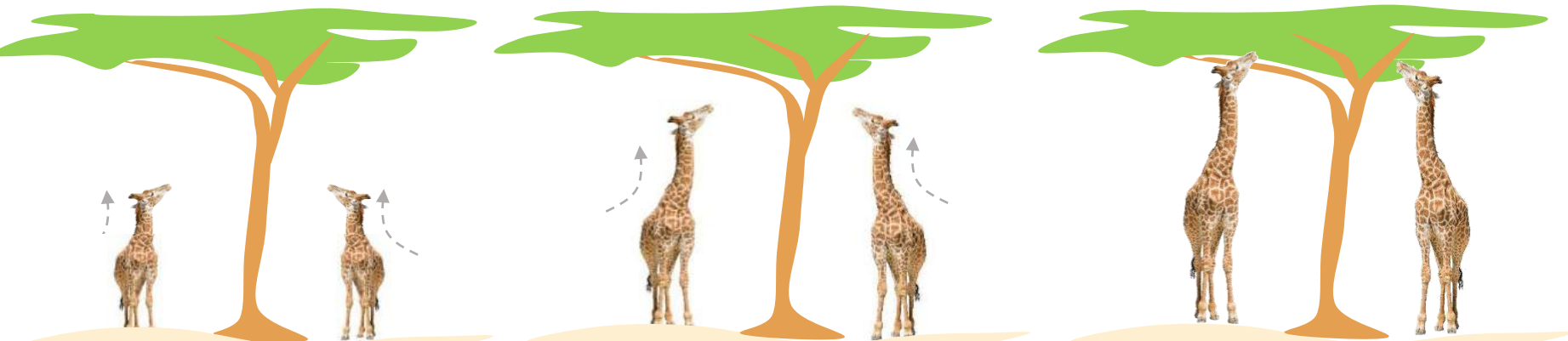
## « L'origine des espèces »

- Variation dans les populations
- Reproduction plus importante que ce que ne peut supporter le milieu
- Compétition
- Temps géologiques

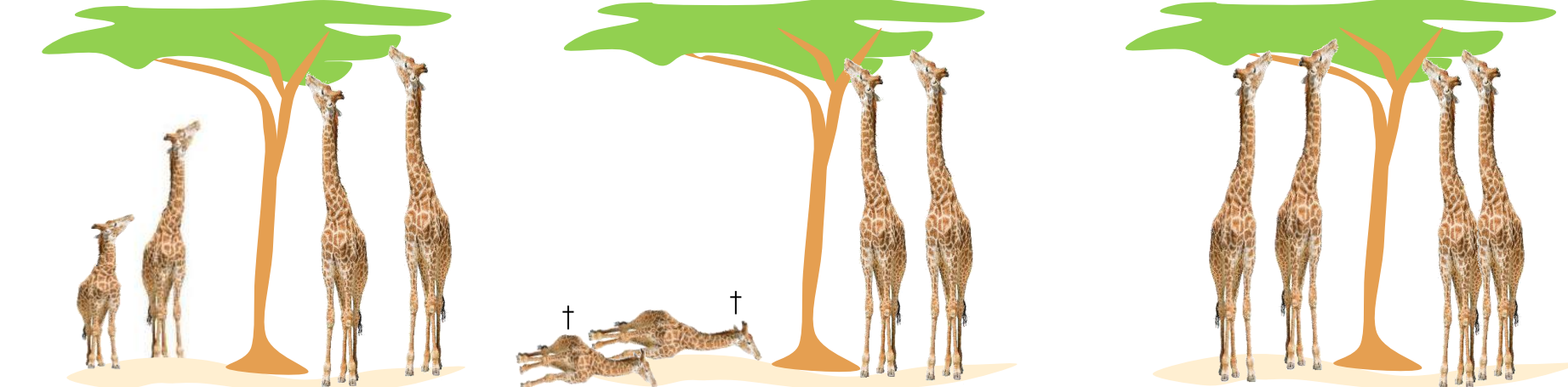
→ Evolution par sélection naturelle



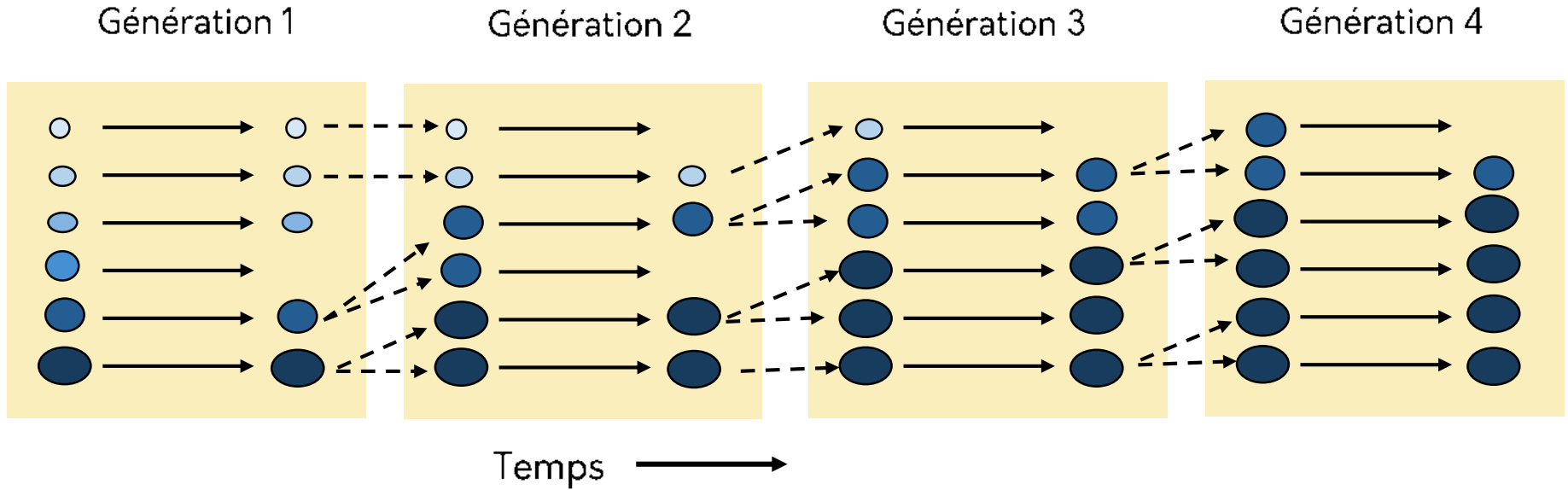
# Théorie de Lamarck : transformisme



# Théorie de Darwin : Sélection naturelle

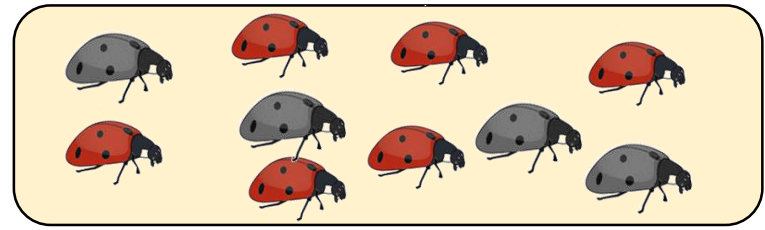


# Sélection naturelle

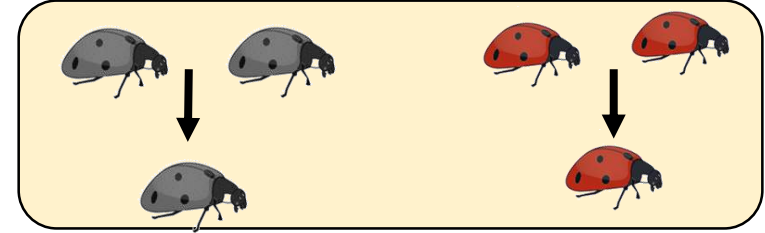


# Evolution par sélection naturelle

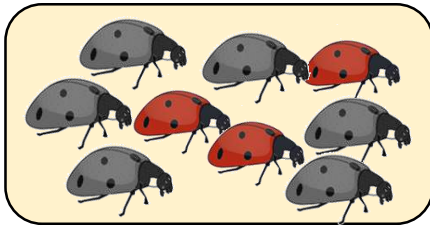
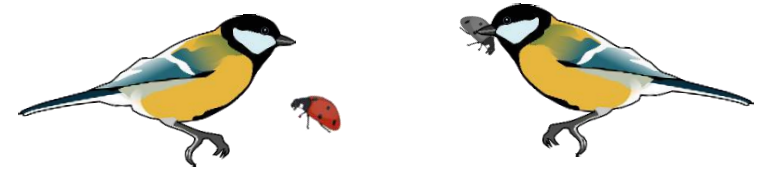
Variation



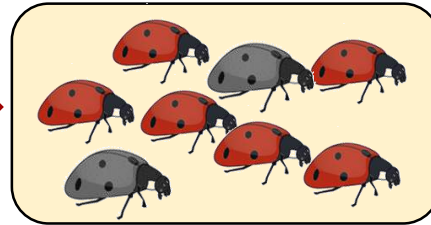
Héritabilité



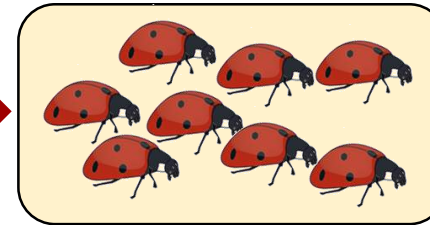
Différences de survie ou succès reproducteur



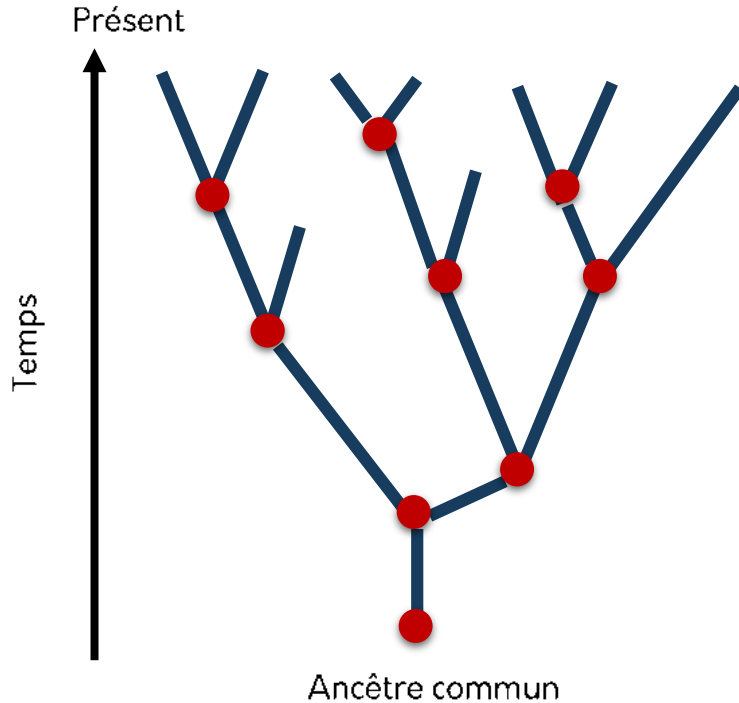
Génération



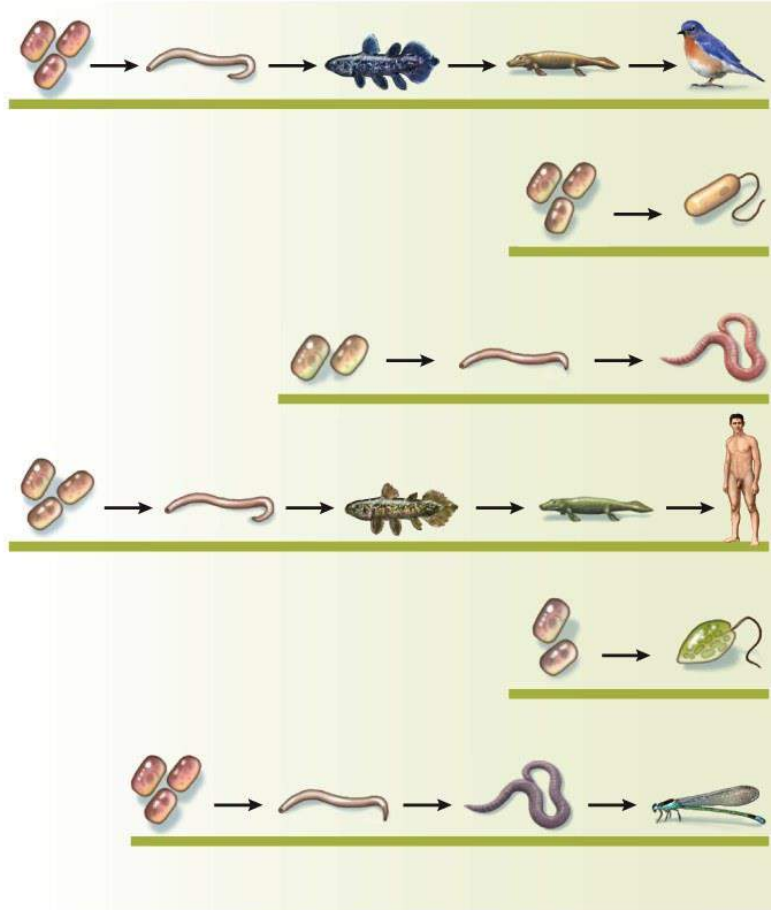
Génération



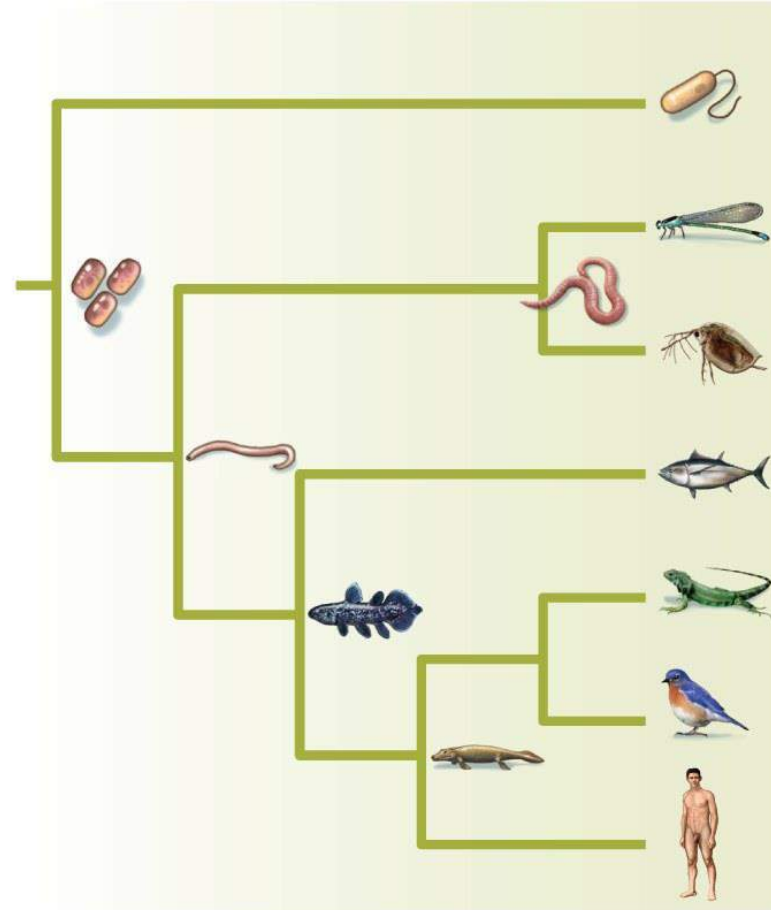
# La théorie de Darwin : évolution par descendance avec modification



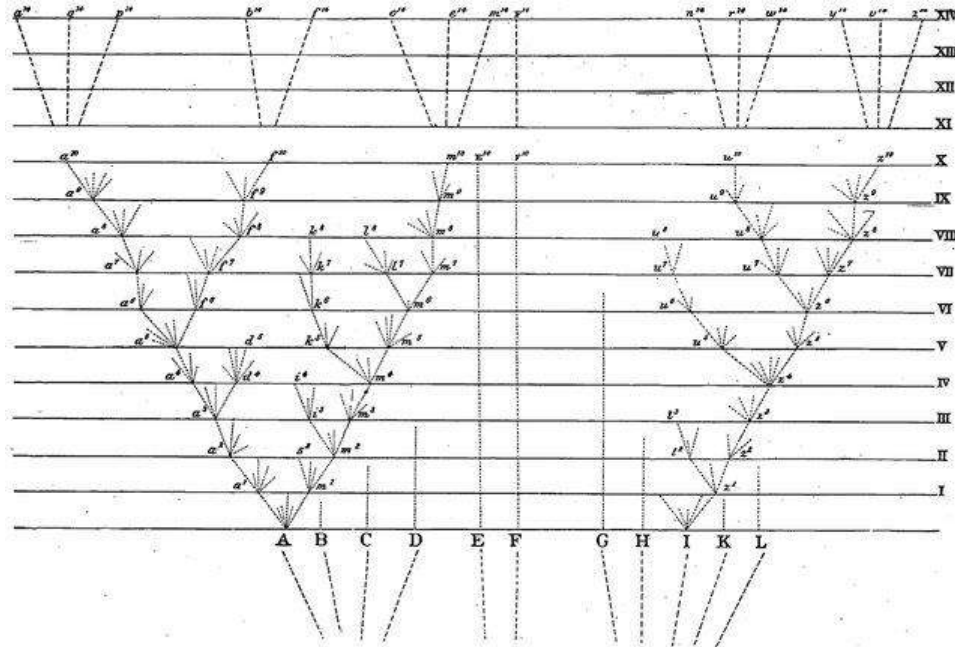
## Lamarck:



## Darwin:

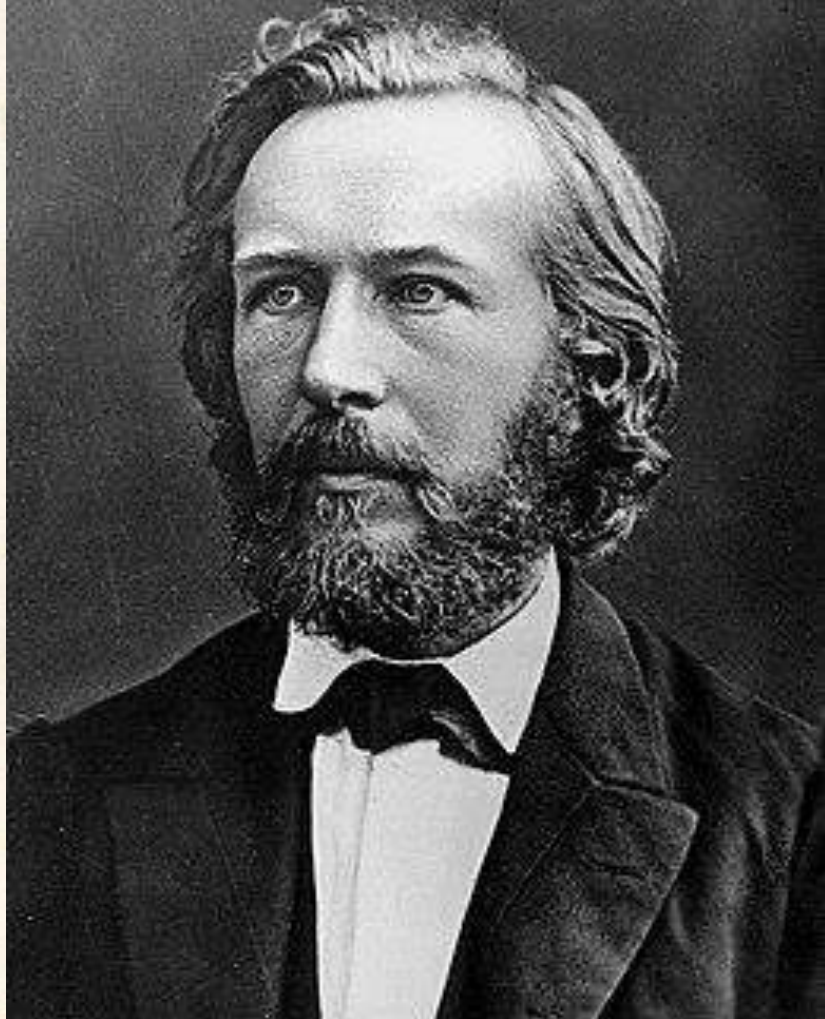
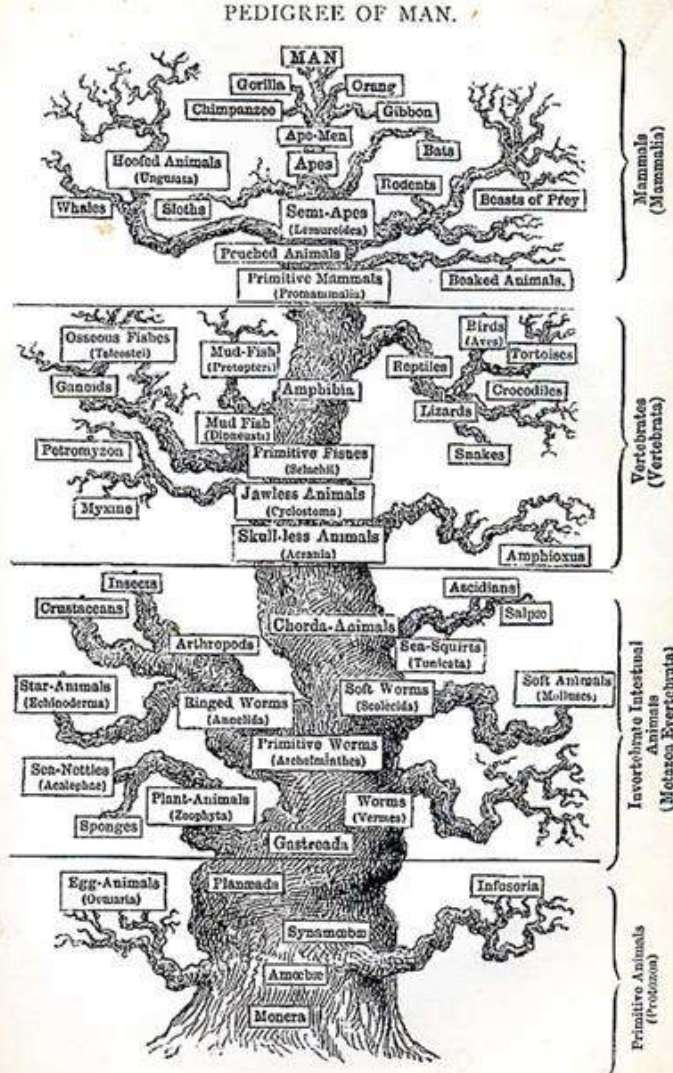


# La théorie de Darwin : évolution par descendance avec modification





Ernst Haeckel  
(1866)

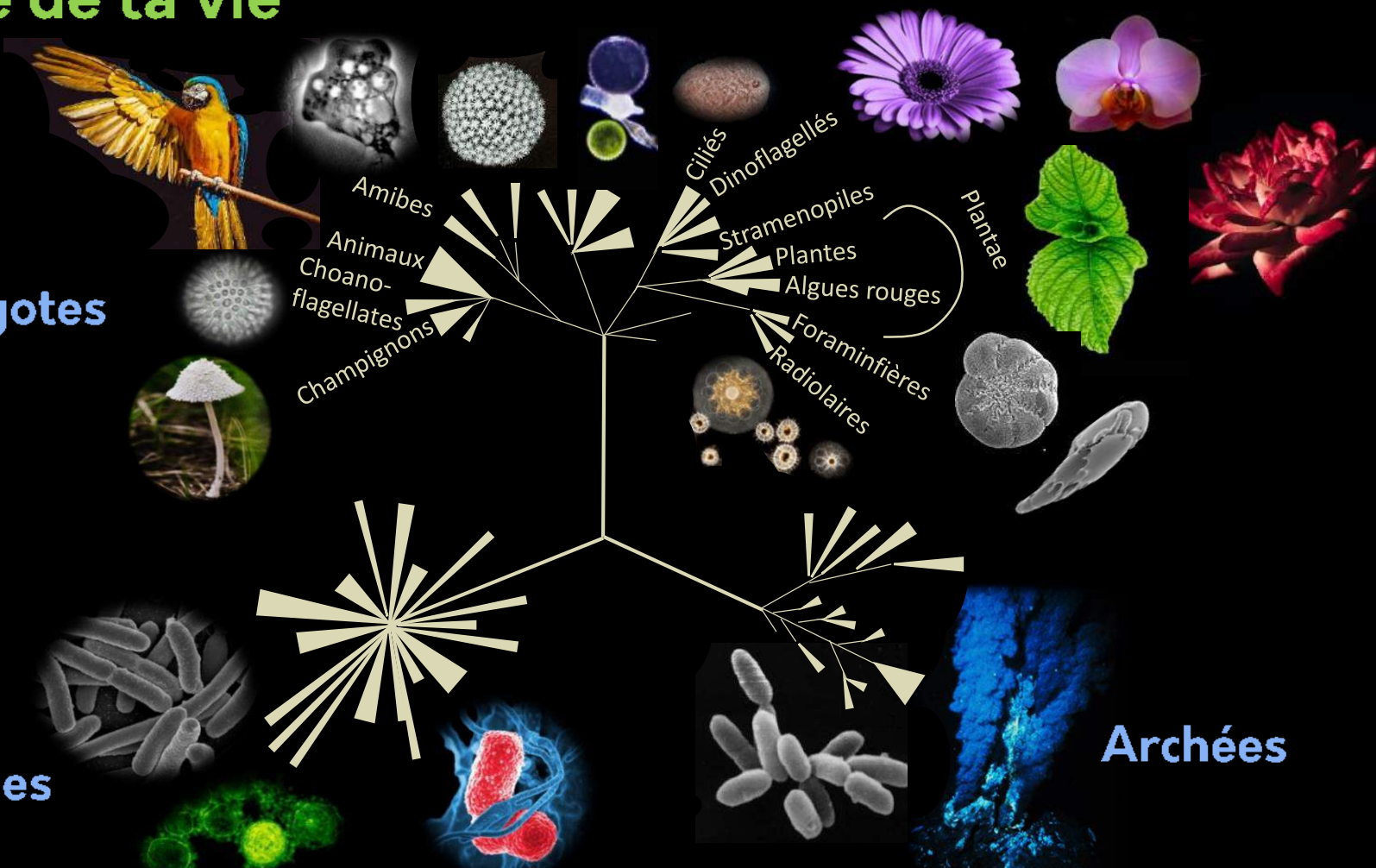


# L'arbre de la vie

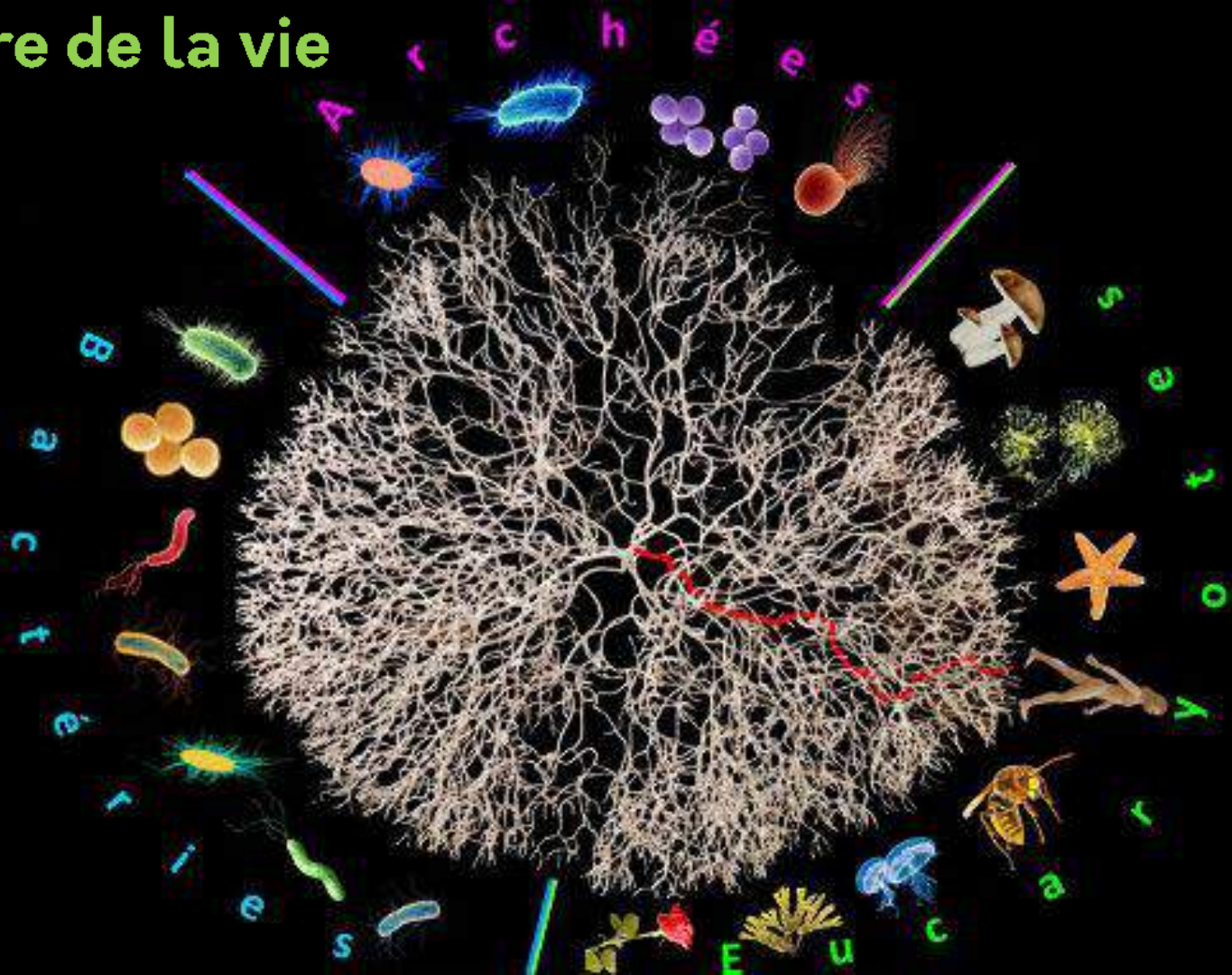
Eucaryotes

Bactéries

Archées



# L'arbre de la vie



Gibbons



Orang Outan



Gorille



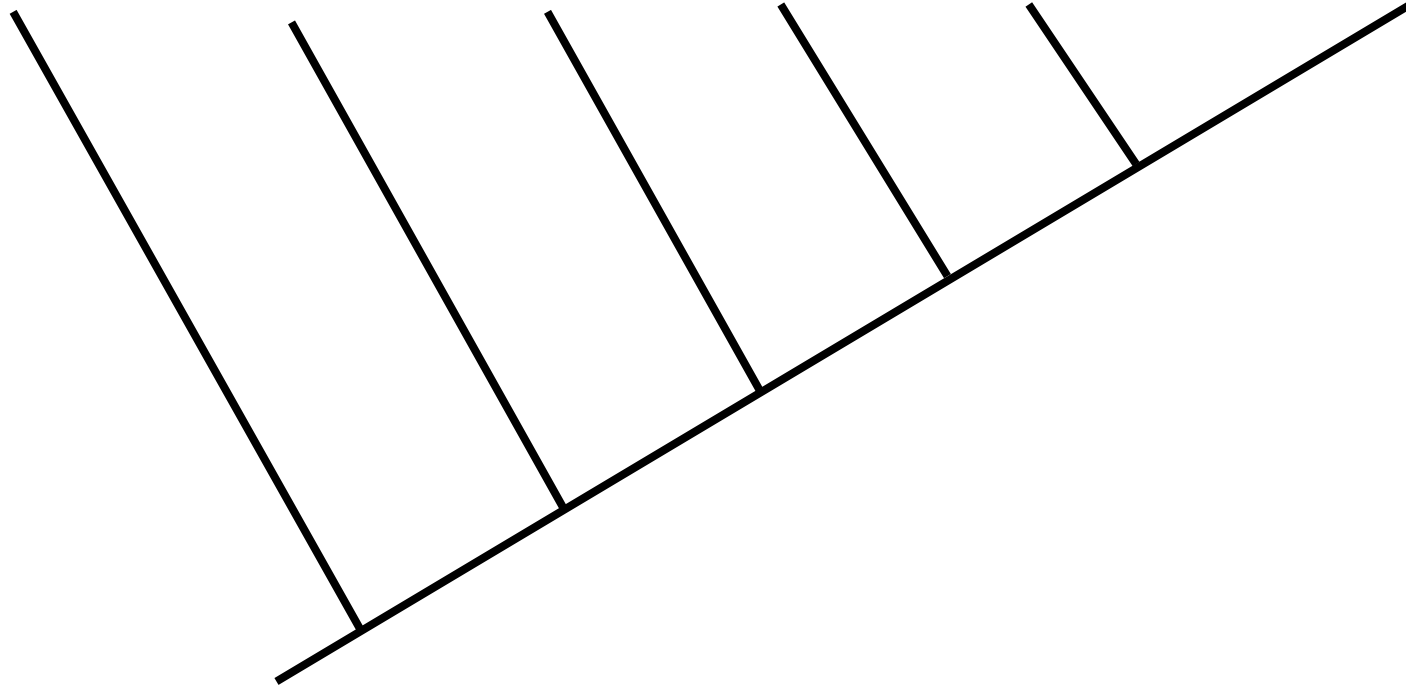
Humains



Bononos



Chimpanzés

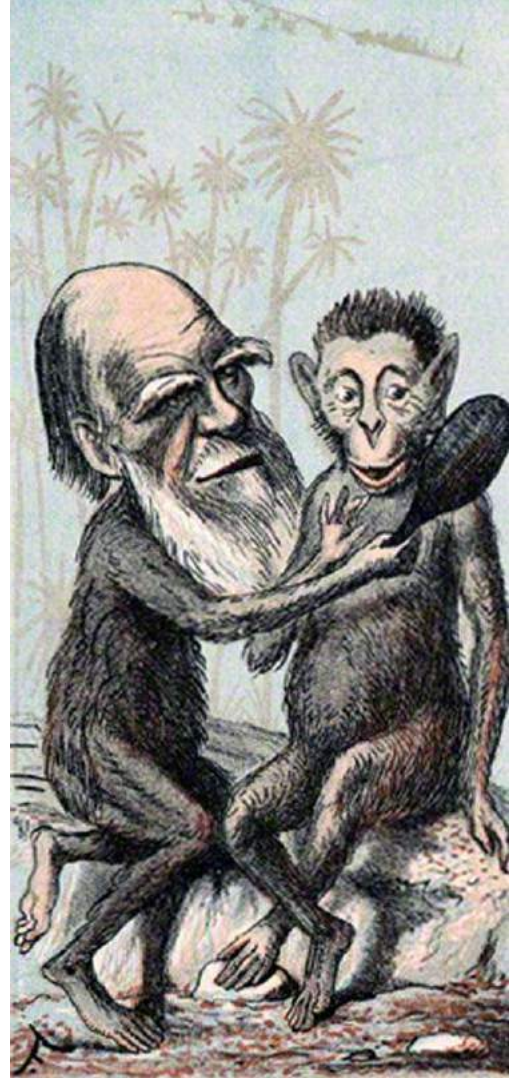
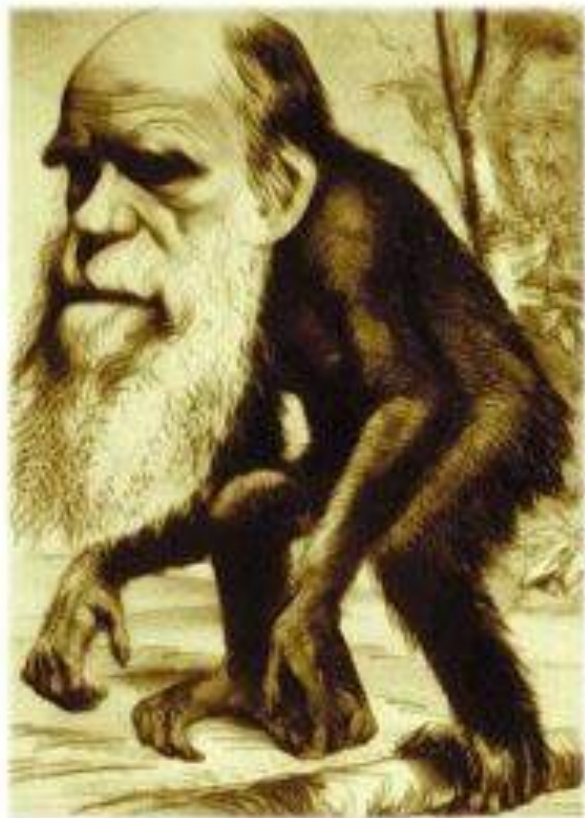


DARWIN

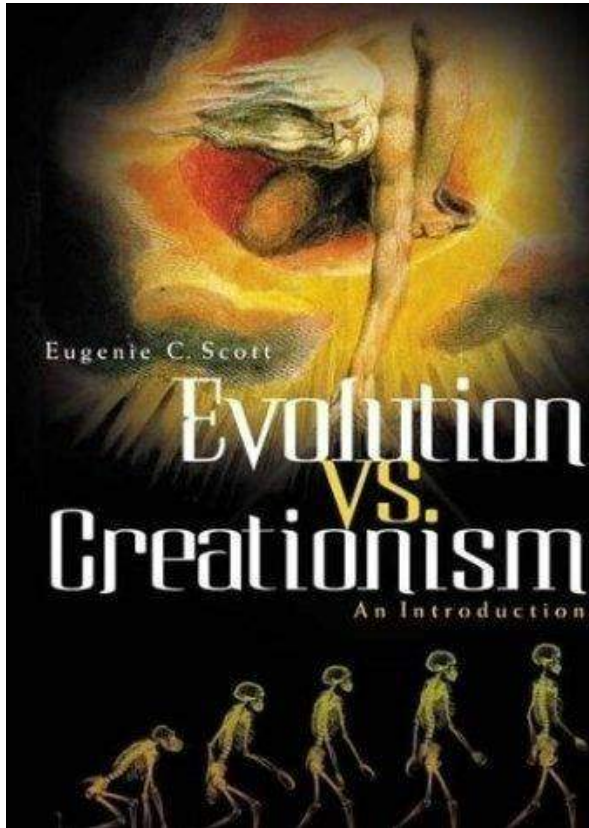


(voir à la page 74)

# Vives oppositions



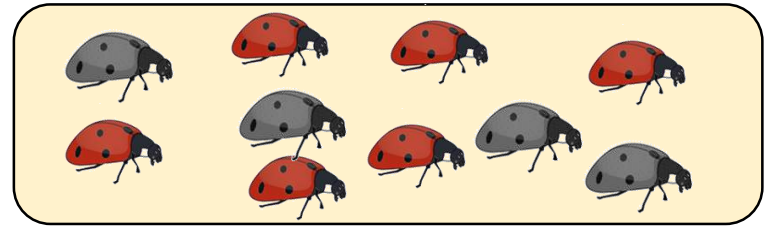
# Vives oppositions



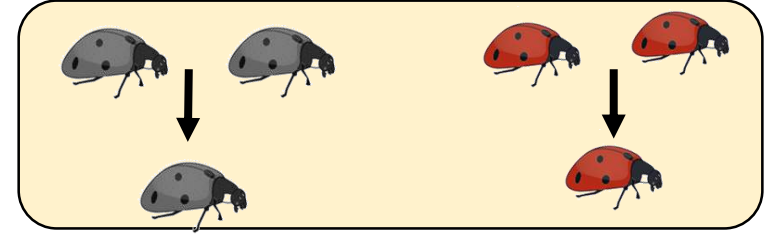
# Evolution par sélection naturelle



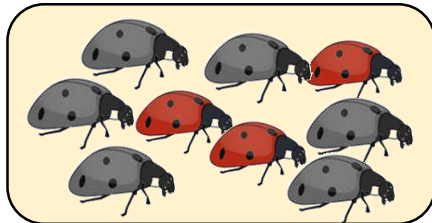
Variation



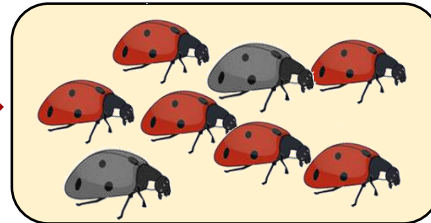
Héritabilité



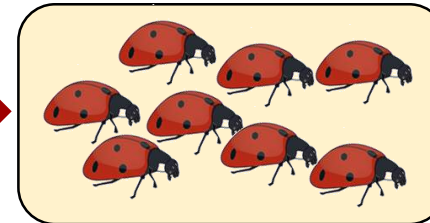
Différences de survie ou succès reproducteur



Génération



Génération





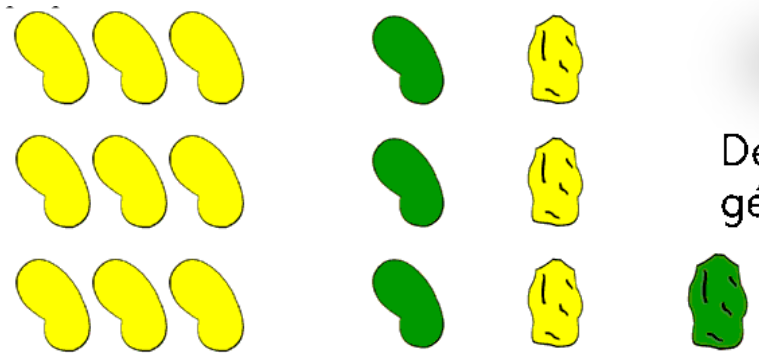
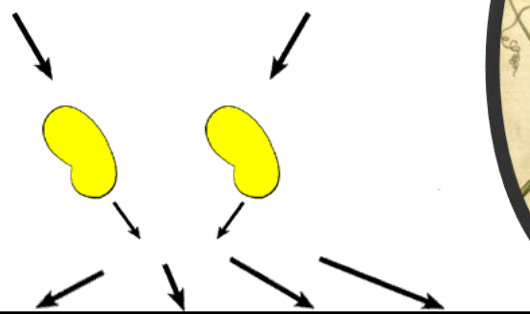
Gregor Mendel  
Moine autrichien  
1822 - 1884

# LOI DE MENDEL

Parents



Première génération

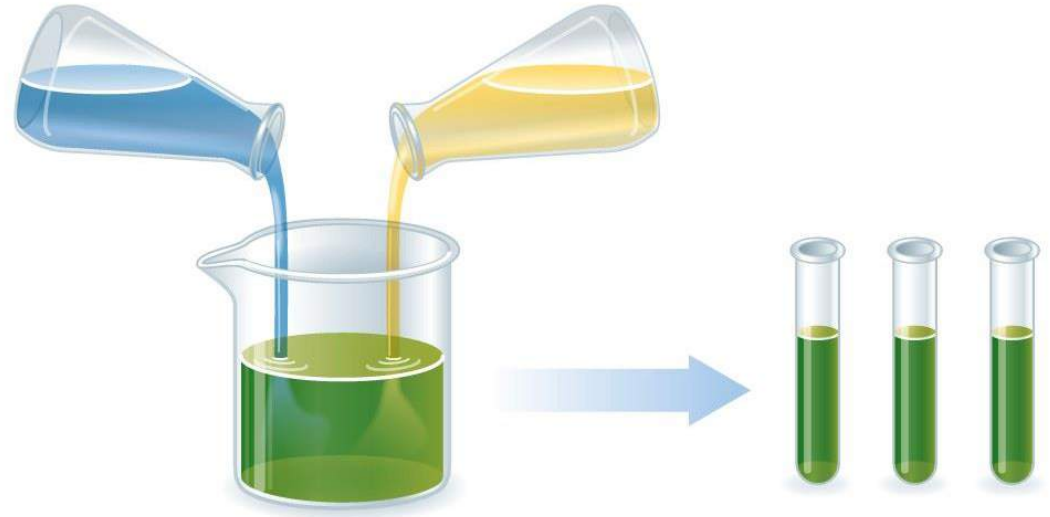


Deuxième génération

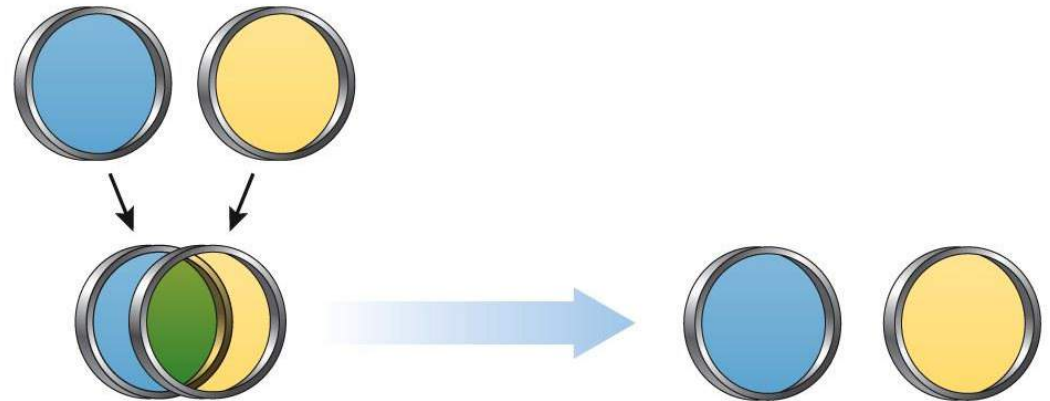
9/16      3/16      3/16      1/16



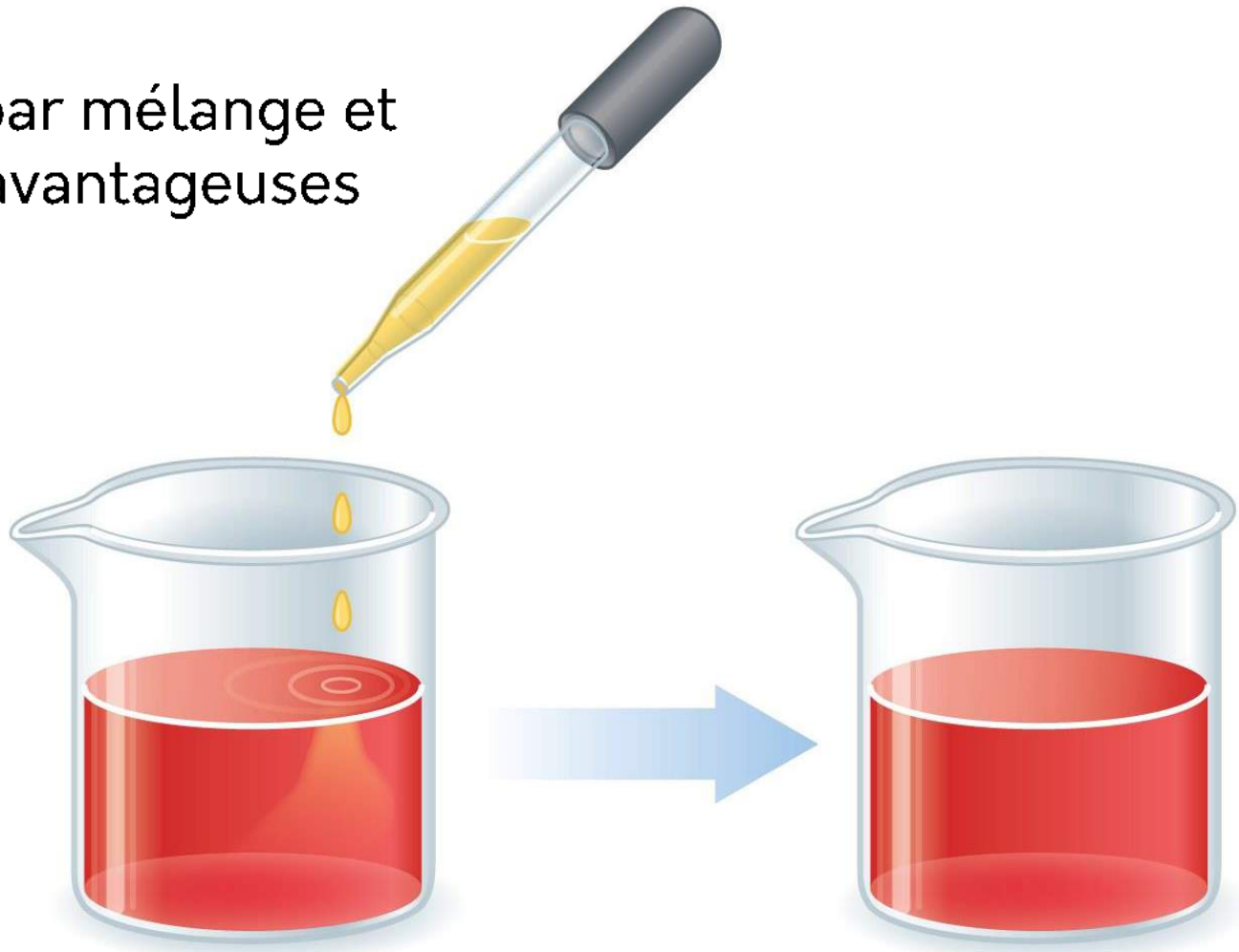
# Hérédité par mélange



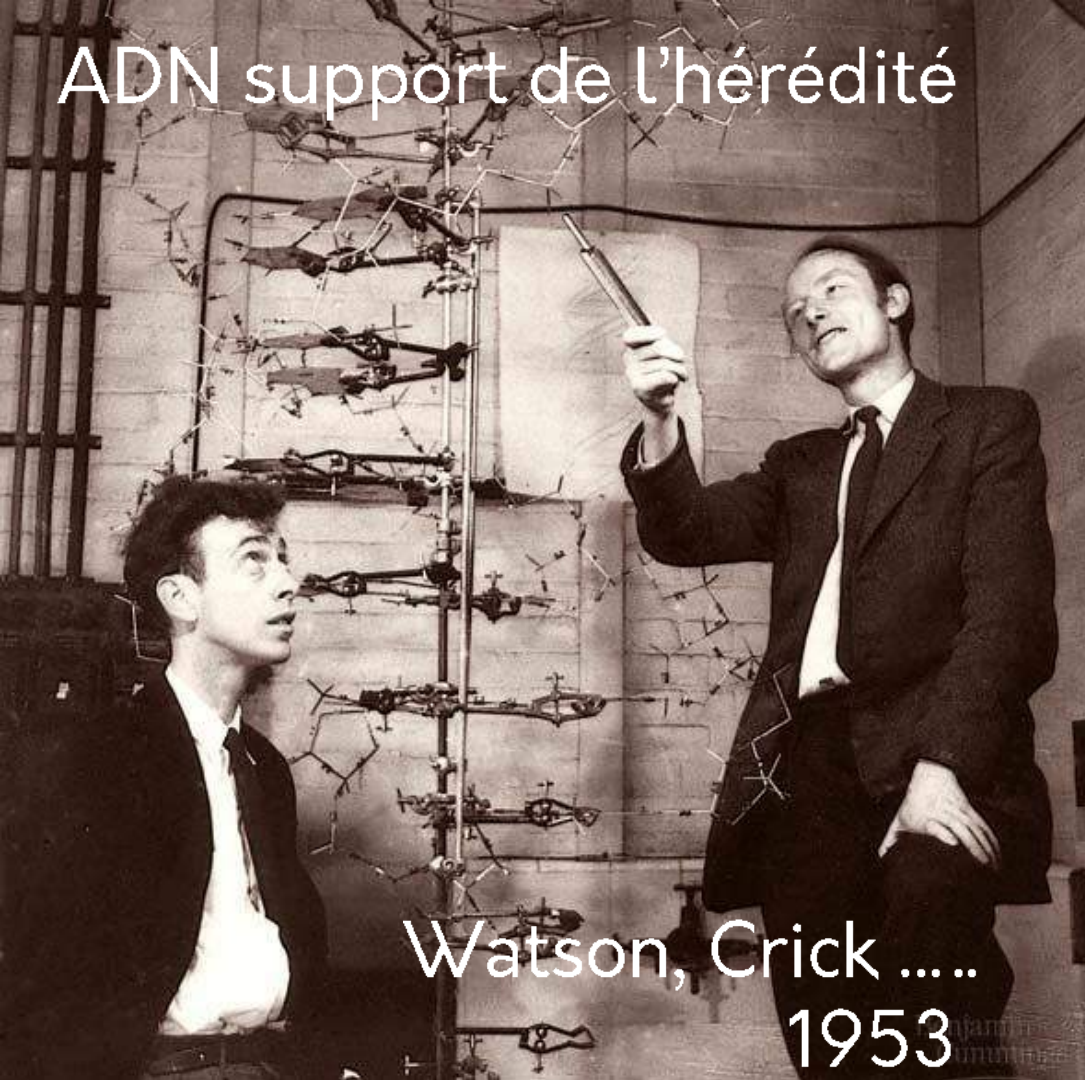
# Hérédité particulaire



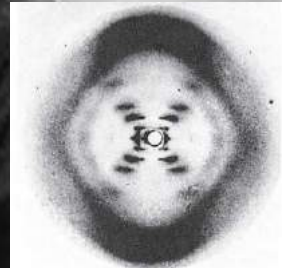
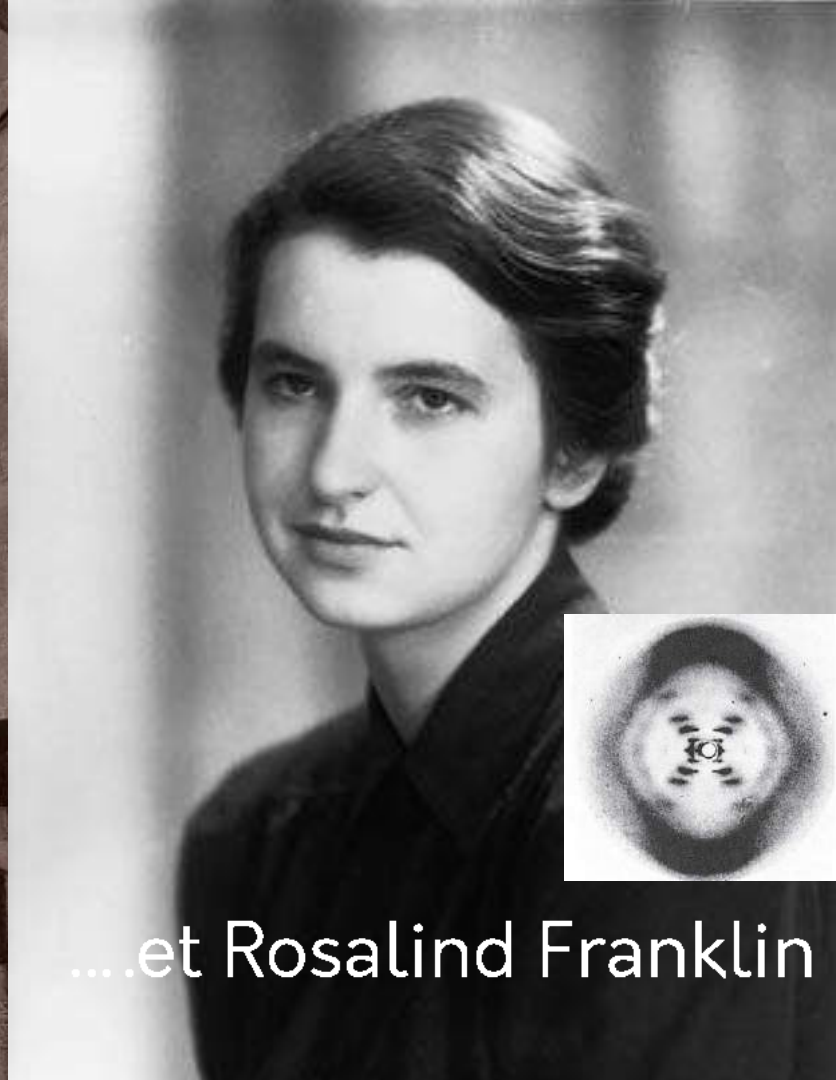
# L'hérédité par mélange et mutations avantageuses



# ADN support de l'hérédité

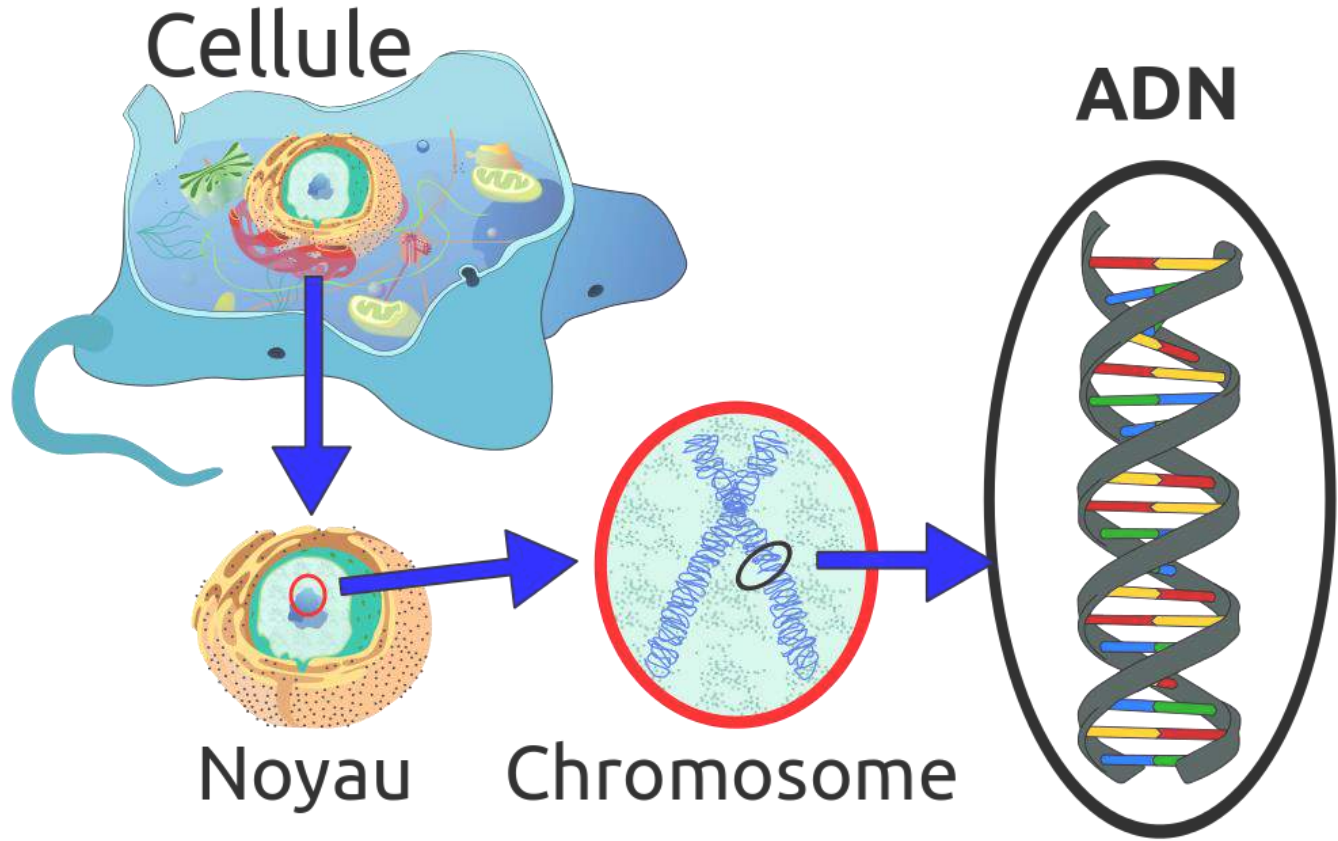


Watson, Crick ....  
1953



...et Rosalind Franklin

# ADN support de l'hérédité



# La synthèse néo-Darwinienne 1930-1940



R. A. Fisher



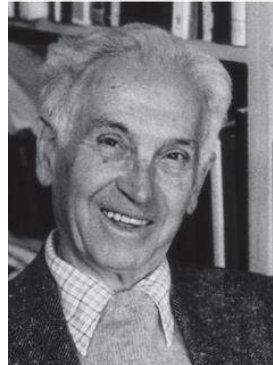
J. B. S. Haldane



G. Ledyard Stebbins, George Gaylord Simpson, et  
Theodosius Dobzhansky



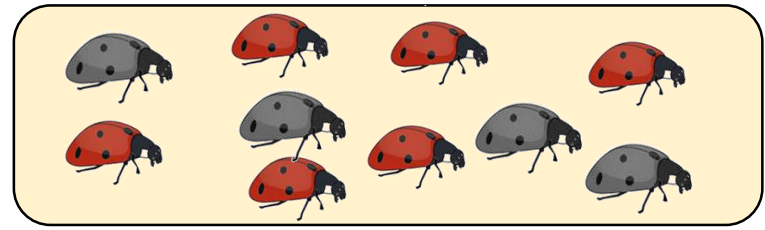
S. Wright



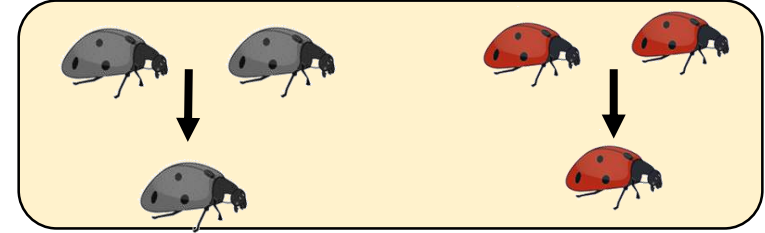
E. Mayr

# Evolution par sélection naturelle

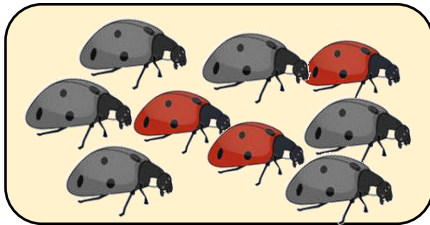
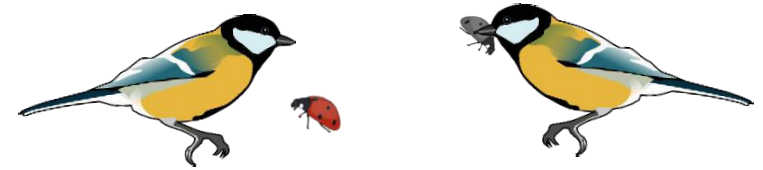
Variation



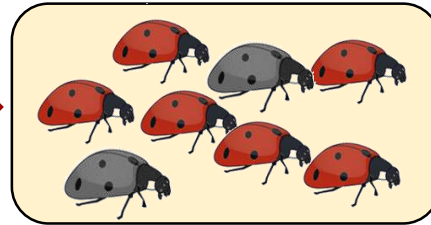
Héritabilité



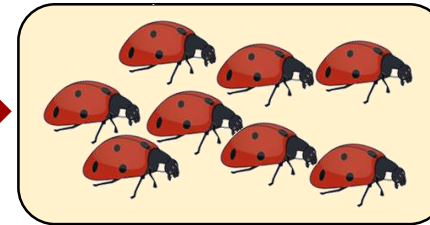
Différences de survie ou succès reproducteur



Génération



Génération



## La théorie de l'évolution : Histoire, principes et preuves

- Histoire de la théorie
- Preuves de l'évolution
- Les 4 forces évolutives



# Preuves de l'évolution: Sélection artificielle

20 000 ans

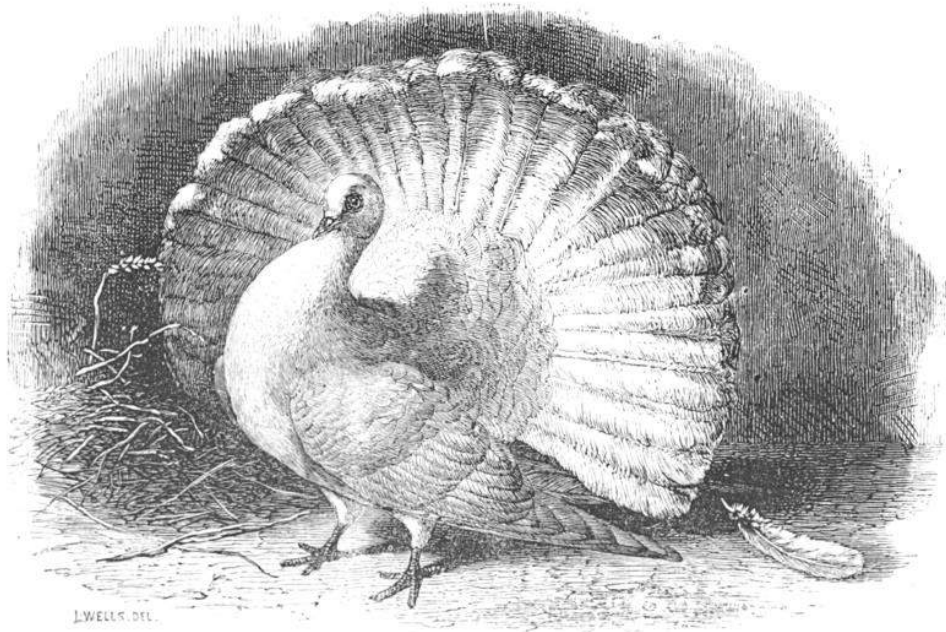


*Canis lupus*





# Preuves de l'évolution: Sélection artificielle



Shapiro, 2013, Cur. Biol.



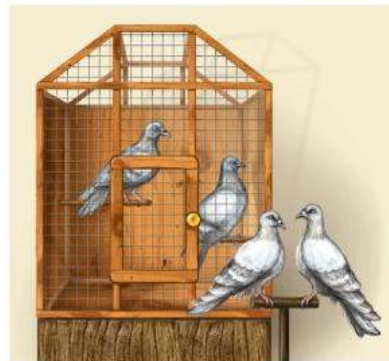
Génération 1



Génération 2



Génération 3



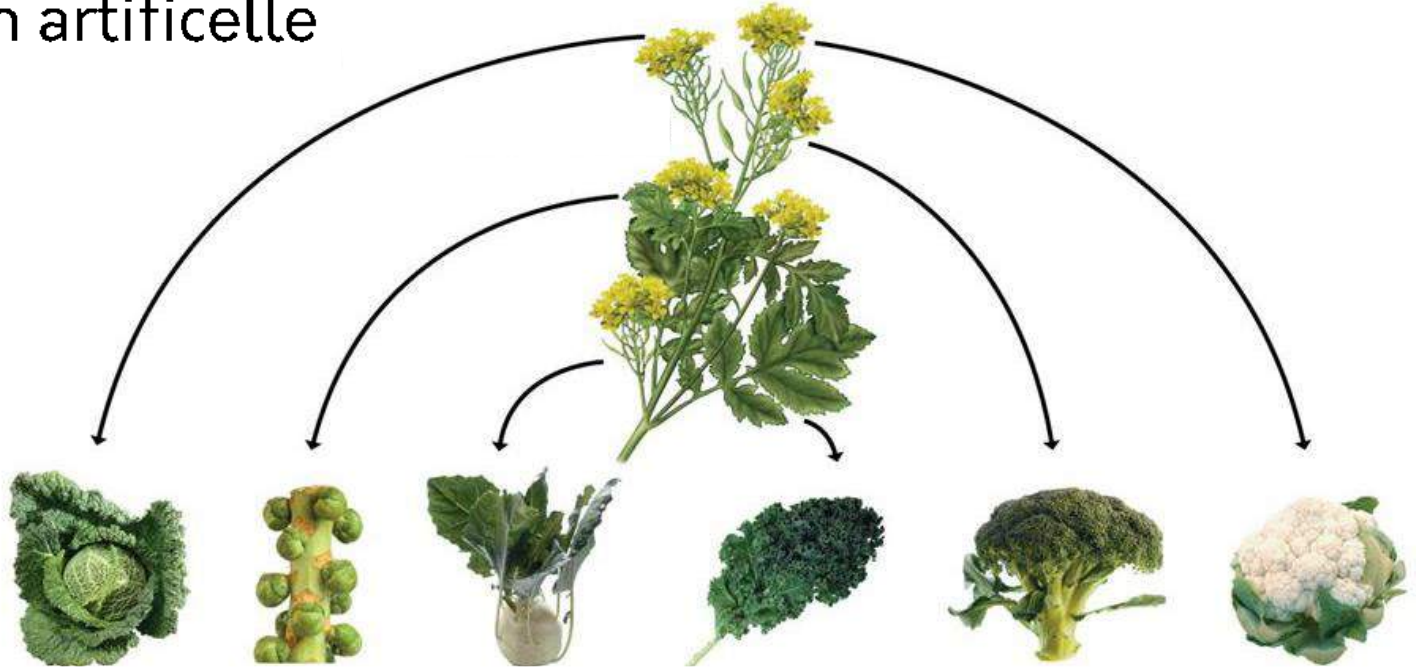
Génération N



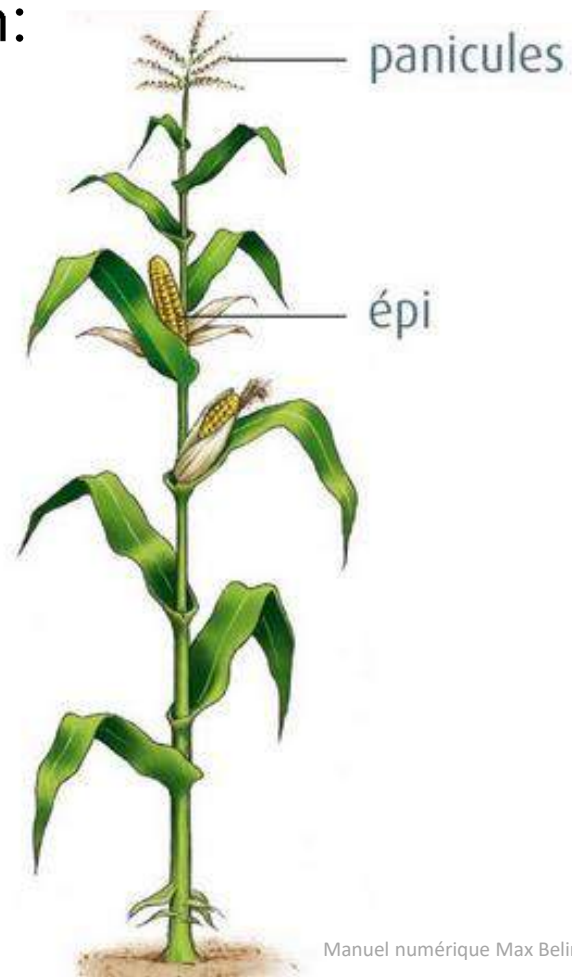
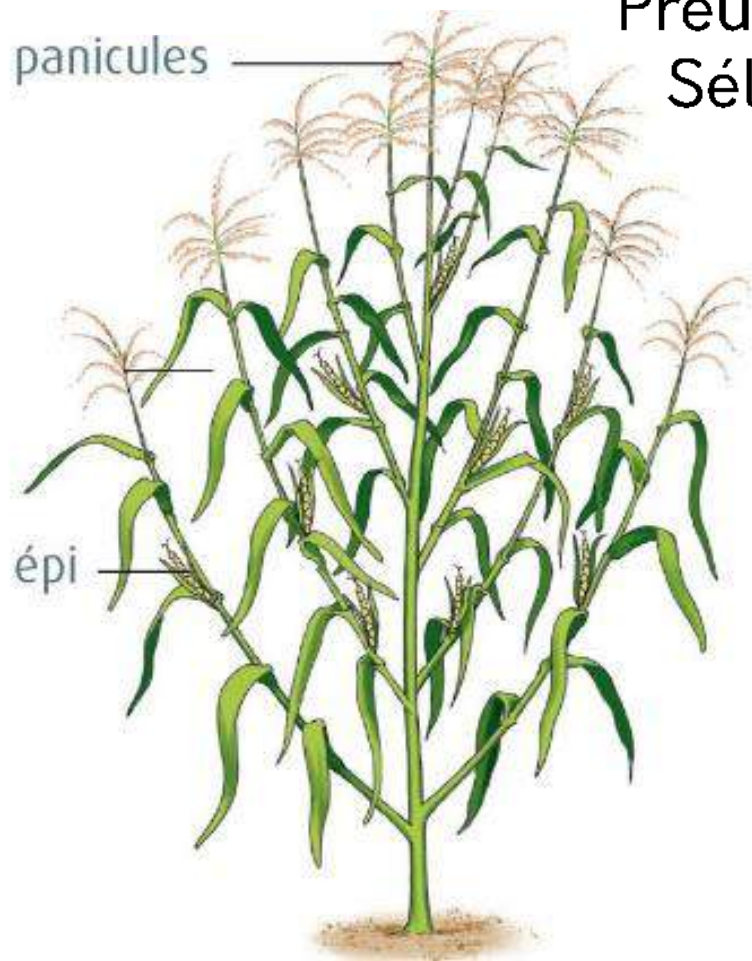
Preuves de l'évolution:  
Sélection artificielle



# Preuves de l'évolution: Sélection artificielle



# Preuves de l'évolution: Sélection artificielle

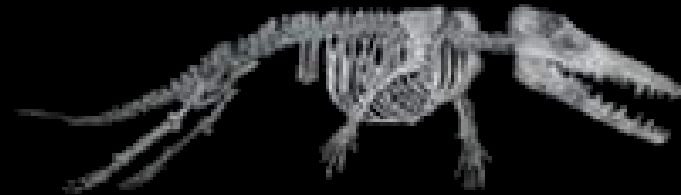


The image shows a dense array of fossilized trilobites preserved in a reddish-brown sedimentary rock matrix. The trilobites are shown in various orientations and sizes, highlighting their segmented bodies and characteristic three-lobed structure. The lighting is warm, emphasizing the texture of the rock and the details of the fossils.

Preuves de l'évolution:  
Les fossiles

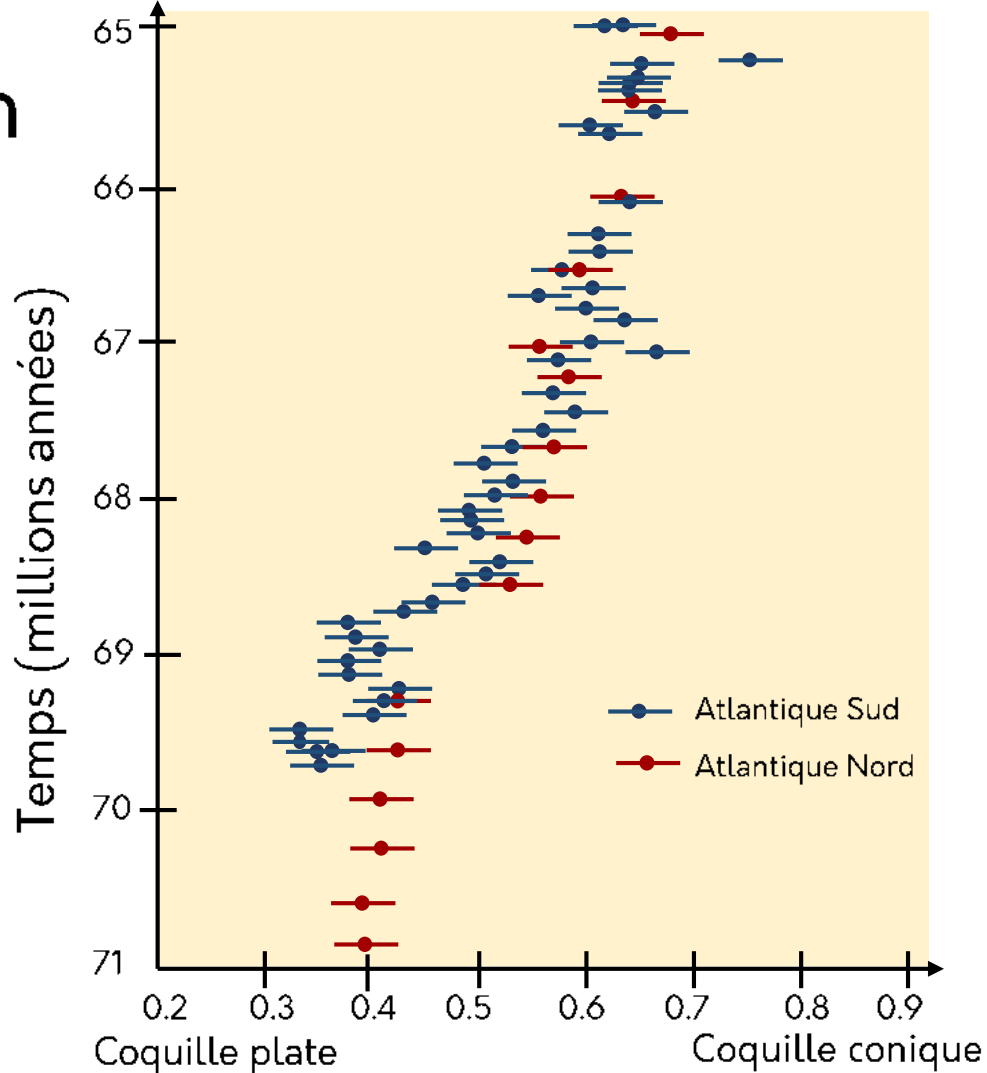
# Preuves de l'évolution

Evolution graduelle des  
squelettes fossiles menant  
aux cétacés



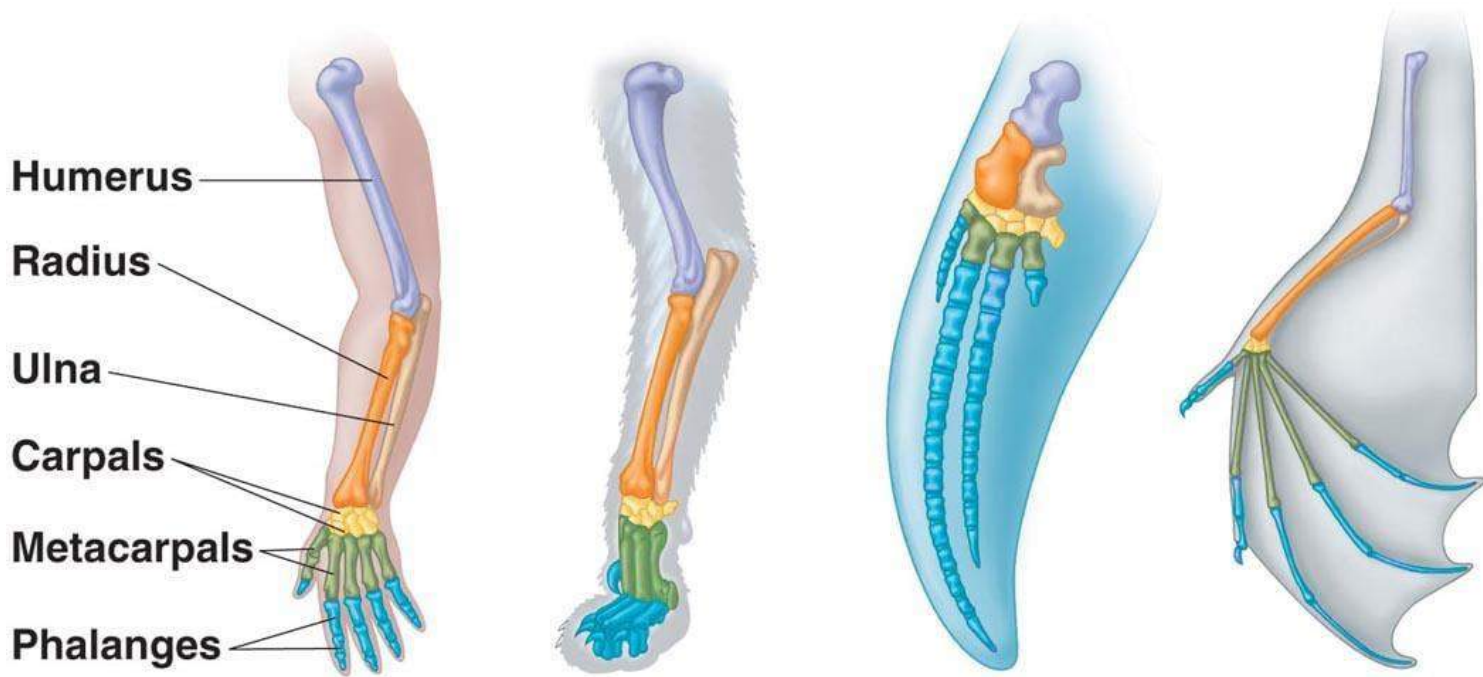
# Preuves de l'évolution

Les fossiles: évolution graduelle de la forme des coquilles de foraminifères



# Preuves de l'évolution

Structures homologues: preuves de relations de parenté



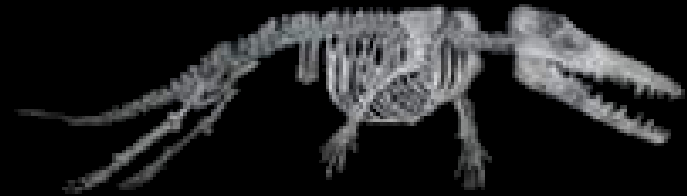


# Le pouvoir explicatif de la sélection naturelle... ...comme un bricoleur



« L'évolution ne tire pas ses nouveautés du néant. Elle travaille sur ce qui existe déjà. [...] La sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur »  
(François Jacob, Le Jeu des possibles, 1981)

# Preuves de l'évolution



Organe vestigial



# Le pouvoir explicatif de la sélection naturelle... ...comme un bricoleur

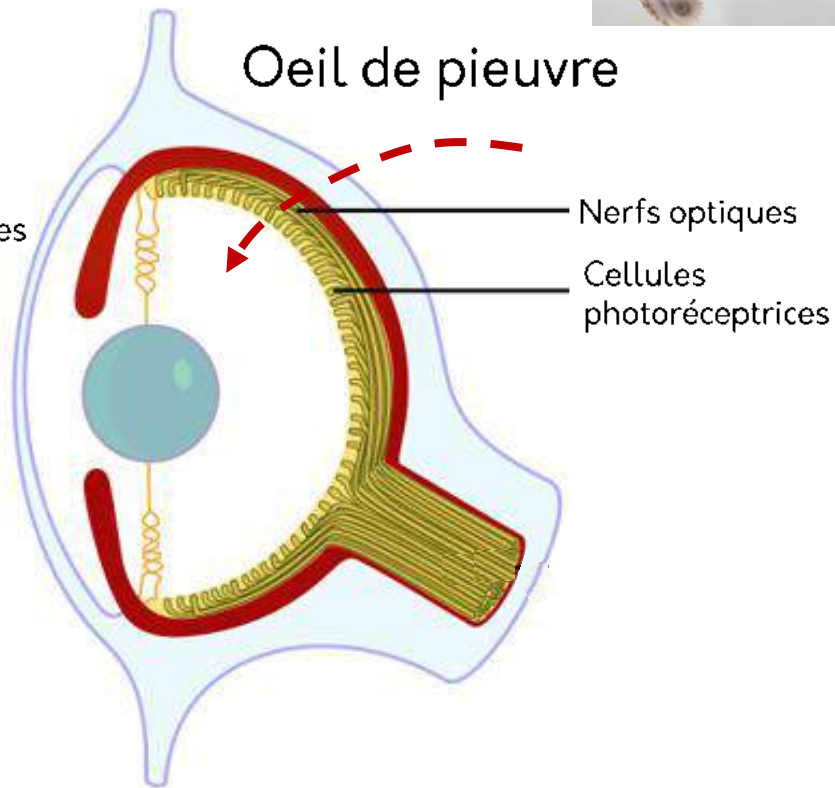
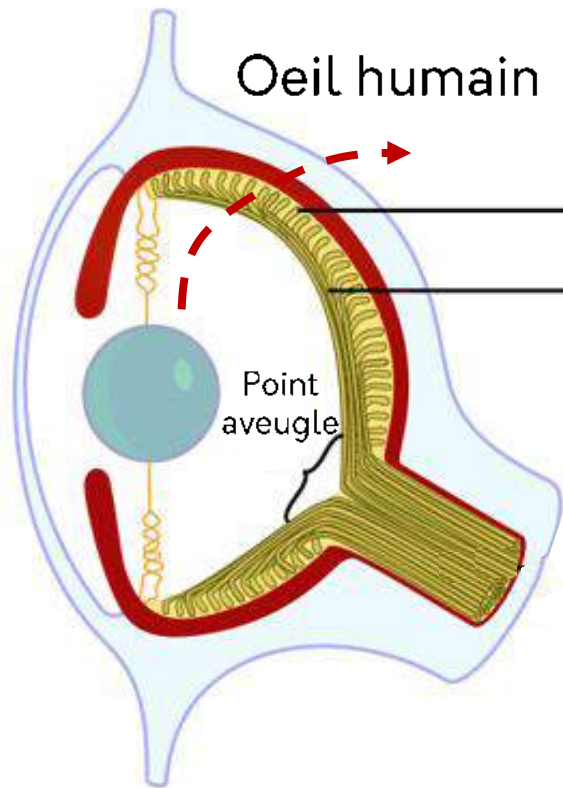
Tous ont une  
queue et des  
branchies



Lugano



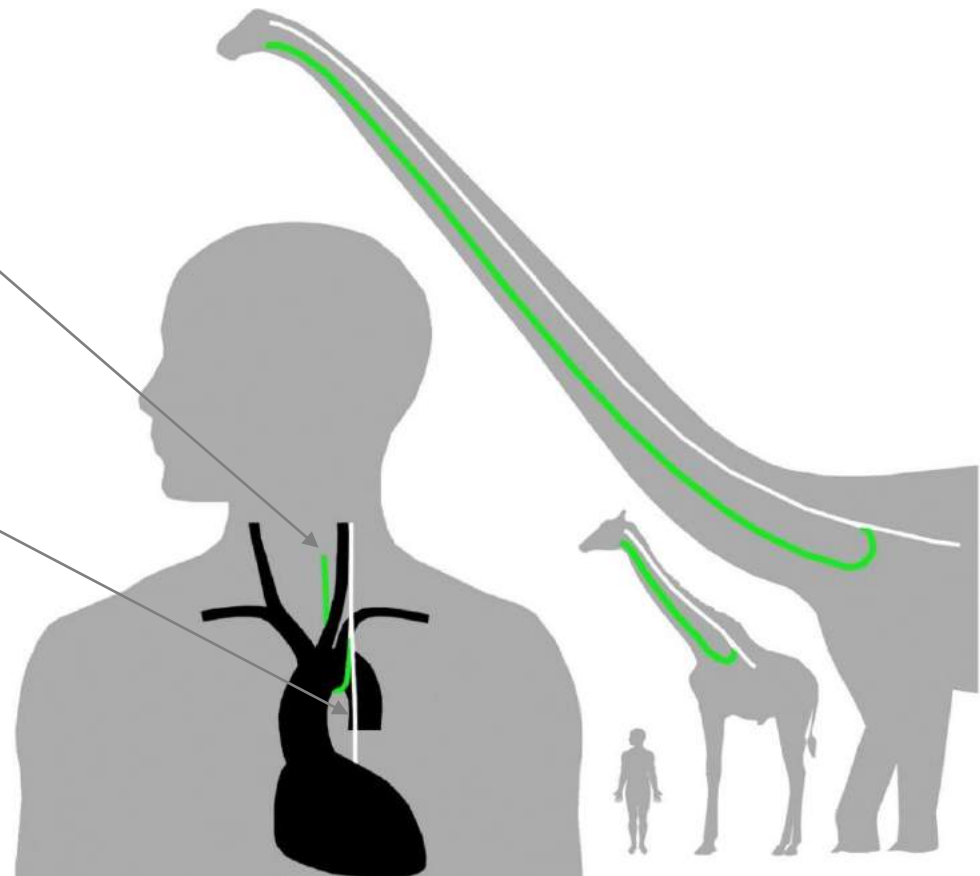
# L'œil humain: pas optimal



# Le pouvoir explicatif de la sélection naturelle... ...comme un bricoleur

Nerf laryngé récurrent gauche

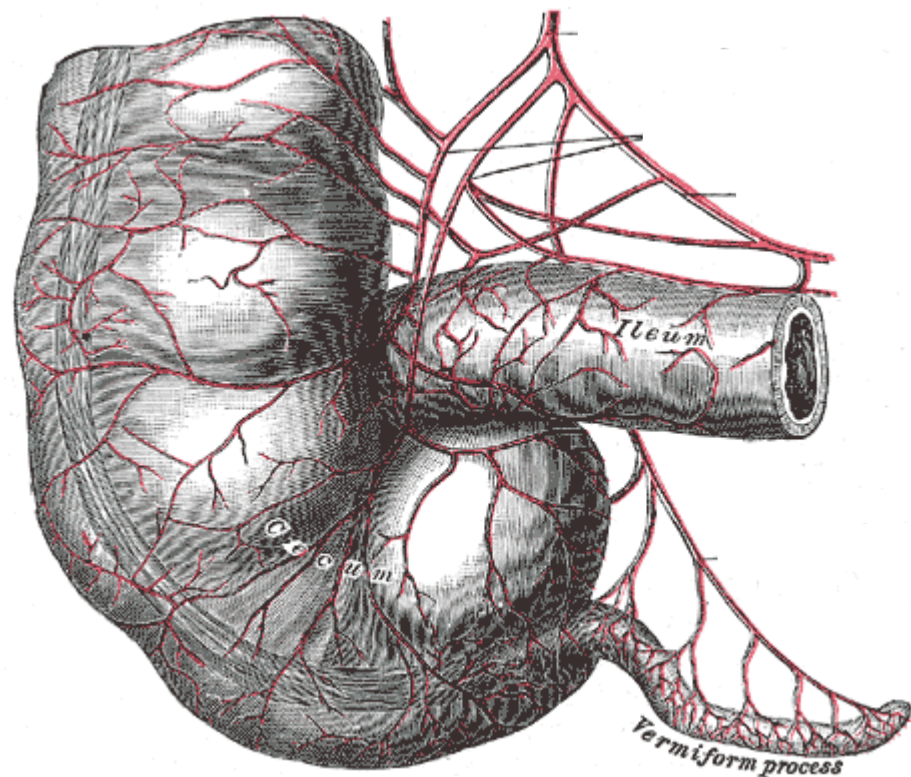
Aorte



# Preuves de l'évolution

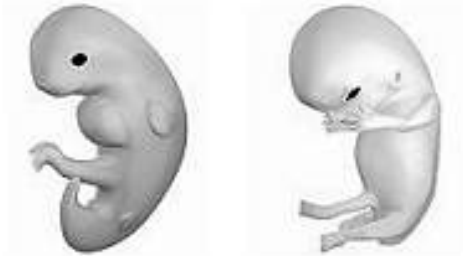
Organe vestigial

Appendice humain



# Preuves de l'évolution : organes vestigiaux

## Le coccyx



Preuves de l'évolution :  
organes vestigiaux

Dents de sagesse





Preuves de l'évolution :  
organes vestigiaux

Muscle long palmaire



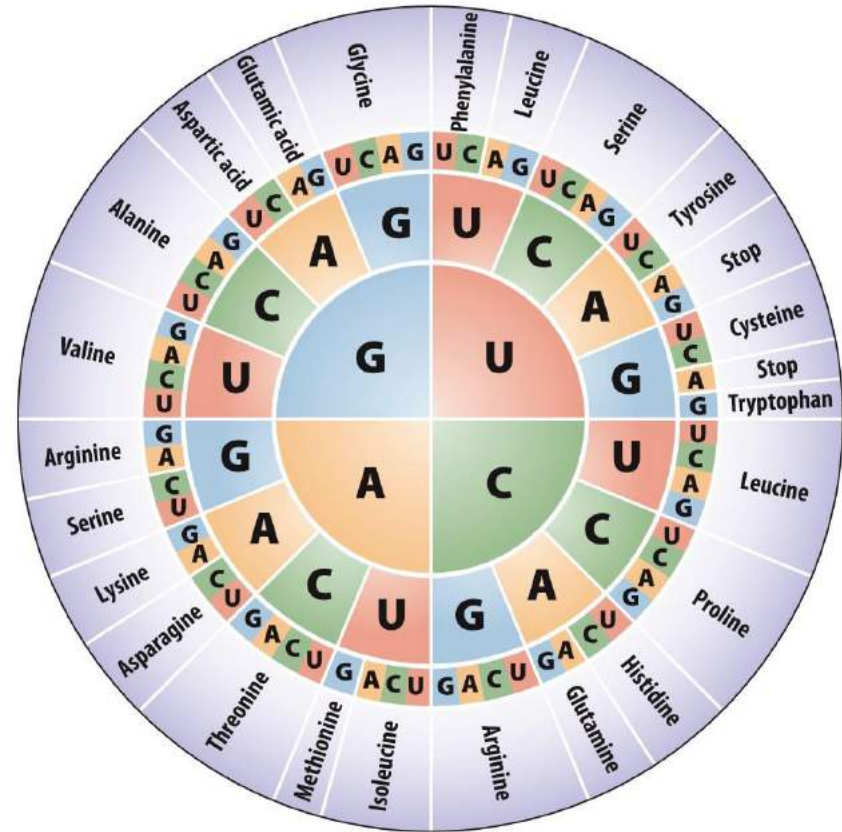
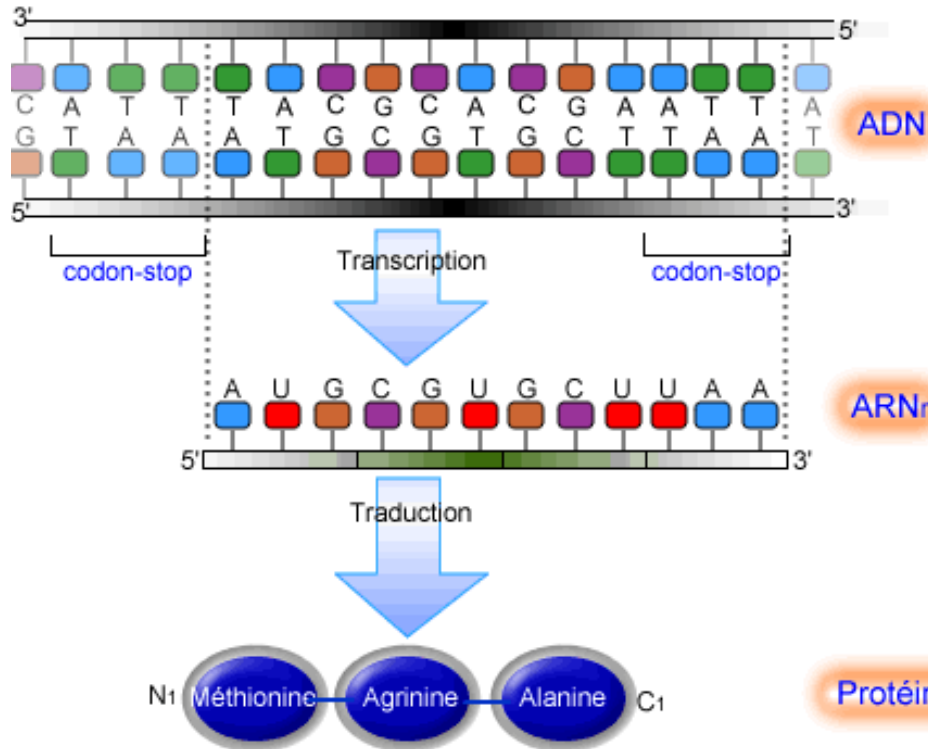
# Preuves de l'évolution : organes vestigiaux

## Pli semi-lunaire



# Preuves de l'évolution

## Code génétique universel

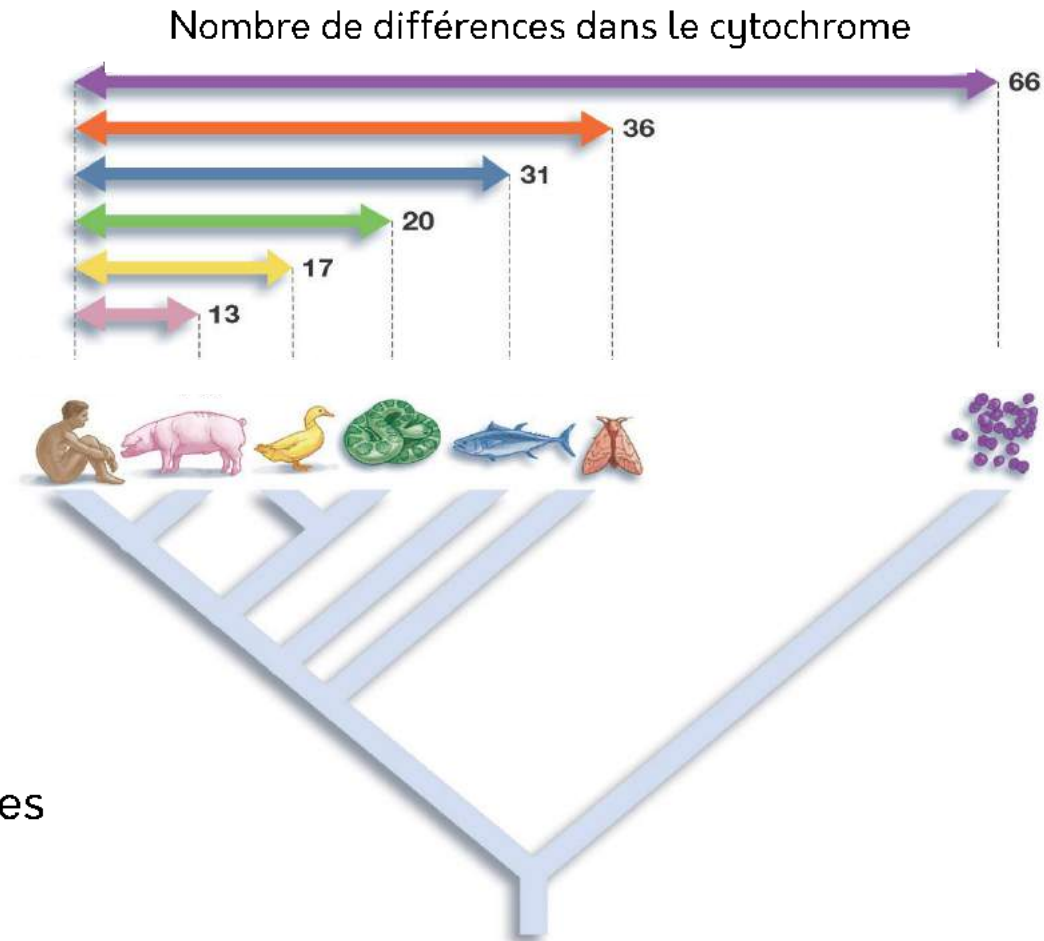


# Preuves de l'évolution

## Biologie moléculaire : alignement protéique

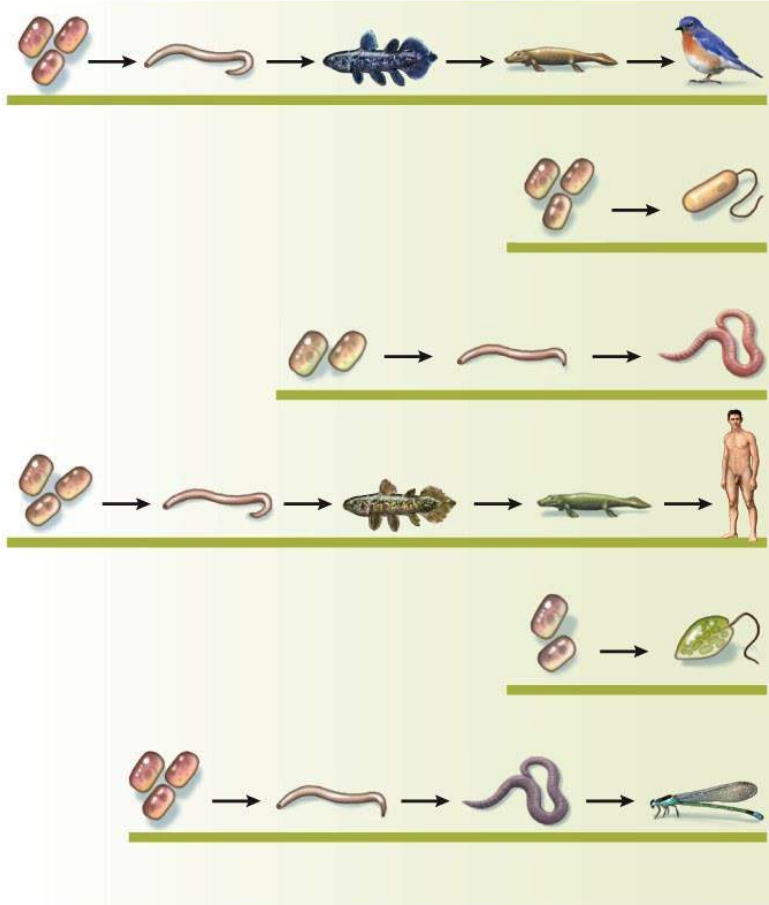
|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Q5E940 BOVIN | -----MFPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE           | 76 |
| RLA0 HUMAN   | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 MOUSE   | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 RAT     | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 CHICK   | -----MPREDRATWESNYFMKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 RANSY   | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOQIEMSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| Q7ZUG3 BRARE | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOIIRLSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 ICTPU   | -----MPREDRATWESNYFLKIIQLDDDPKCFIVGADNYGKQKMOIIRLSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE            | 76 |
| RLA0 DROME   | -----MVRENKAAKKAQYFIKVVLFDFPKCFIVGADNYGKQKMOIIRTSLRGL-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE             | 76 |
| RLA0 DICDI   | -----MSGAG-SKRRKLFIEKATKLFITDKMIVAEADYFVGSOLQKIRKSIIRGI-GAYLMGKKTMIKRVIRDLADSK--PELD          | 75 |
| Q54LPO DICDI | -----MSGAG-SKRRKLVFIEKATKLFITDKMIVAEADYFVGSOLQKIRKSIIRGI-GAYLMGKKTMIKRVIRDLADSK--PELD         | 75 |
| RLA0 PLAFB   | -----MAKLSKQKQKQMYIEKLSLITQOYSKILIVHYDNYGDMQMASVYKSLRGK-AVYLMGKKTMMRKAIRGHLNN--PALE           | 76 |
| RLA0 SULAC   | -----MIGLAVYTTKKIAKVVDEVAELIKLKTIKTIIIANIGFPADKLHEIRKKLRGK-ADIVYTKNLFMIALKNAG----FDYK         | 79 |
| RLA0 SULTO   | -----HRIMAVITQERKIAKWKIEEYKELKIREHTIIIANIGFPADKLHDIKKKMRGM-AEIKVTKKTLFGIAAKNAG----LDYS        | 80 |
| RLA0 SULSO   | -----MKRLALALKQKQVAVSWLEEVKELTILIKNSHTILIGNLIGFPADKLHEIRKKLRGK-AEIKVTKKTLFGIAAKNAG----IDIE    | 80 |
| RLA0 AERPE   | -----MSVYSLVQMYKREKIPFEMKTLMLRELEFLSKIRVYVLPADLTGEPFVYVRYVKKLWKK-YPMVVAKKRIILHAMKAAGLE--LDDN  | 86 |
| RLA0 PYRAE   | -----HMLAIGKRRYVTRQVFAKVKIYSEATLLQKQVYVFLDLSLRSRILHEVYRLLRY-GVIXIIGKTLFKIAFTKYYGG----IPAK     | 85 |
| RLA0 METAC   | -----MAKERHTEHIPQWKEDEIENIKELIQSRYVFGVYVIGLILATKMKIIRBDIKDV-AVLYVRENTLIEHALNQLG----ETIP       | 78 |
| RLA0 MEYMA   | -----MAKERHTEHIPQWKEDEIENIKELIQSRYVFGVYVIGLILATKMKIIRBDIKDV-AVLYVRENTLIEHALNQLG----ETIP       | 78 |
| RLA0 ARCFU   | -----MAAVRGS--PPEVYRVAEEIKRHISKPVVAIYSPRNYPAVSSQKIRREFRGK-AEIKVTKKTLIEHALDALG----GDLI         | 75 |
| RLA0 MEYKA   | -----MAVYKAKQPPSYEPKVAEWRREYKELKLNDEYENYLVDLGEGIPAPDQGEIRAKLBERDIIIRHREKTLMSIALEEKLEDER--PELE | 88 |
| RLA0 MEYTH   | -----MAHYAEWKKKEVQELHDLIKQVYVYVIANLADIPARQLQKMRQTLRDS-ALIRHKKKELISLALAKAGREL--ENVD            | 74 |
| RLA0 MEYTL   | -----MITAASEHKIAPWKEIEVVKIKLLKNGQIVALVDMHEVPARQLQKIRIR-DTMTLEMBRNTLIEHALKEVALETGHPFA          | 82 |
| RLA0 MEYVA   | -----MIDAKSENKIAPWKEIEVVKIKLLKNSNVIALIDMHEVPARQLQKIRIR-DQMTLEMBRNTLIEHALKEVALETGHPFA          | 82 |
| RLA0 METJA   | -----METVKARVAPWKEIEVVKIKLKSPPVVAIVDMHVPAPDQGEIRDKIR-DKYKLRHRENTLIEHALKEVALETGHPFA            | 81 |
| RLA0 PYRAB   | -----MAHYAEWKKKEVEELANLIKSPYVIALVDYSSMPAYPLSQMERLIRENGGLLEVSRENTLIEHALKEVALETGHPFA            | 77 |
| RLA0 PYRHO   | -----MAHYAEWKKKEVEELANLIKSPYVIALVDYSSMPAYPLSQMERLIRENGGLLEVSRENTLIEHALKEVALETGHPFA            | 77 |
| RLA0 PYRFU   | -----MAHYAEWKKKEVEELANLIKSPYVIALVDYSSMPAYPLSQMERLIRENGGLLEVSRENTLIEHALKEVALETGHPFA            | 77 |
| RLA0 PYRKO   | -----MAHYAEWKKKEVEELANLIKSPYVIALVDYAGVPAAYPLSKMRDKIR-CKALLVRENTLIEHALKEVALETGHPFA             | 76 |
| RLA0 HALMA   | -----MSAESEKRTETIPWKEQEEYDAIVHIESIESVGVVNIAGIPRQLQDMRDLHGT-AELVRENTLIEHALDDVD----DGLI         | 79 |
| RLA0 HALVO   | -----MSESEYRQTEVIPQWKEEYDELVDPIESTESYGVVYVAGIPRQLQDMRDLHGT-AAYRMBRNTLIEHALDEVN----DGLI        | 79 |
| RLA0 HALSA   | -----MSAEQRTTTEVPWKRQEEVAELVDLLETDSVGVVNVYVAGIPRQLQDMRDLHGT-AALRMBRNTLIEHALDEAG----DGLI       | 79 |
| RLA0 THEAC   | -----MKEYSQKKELVNKEITDRIKASRSVAIYDAGIRTRQIDIRGKMRGK-INLVYIKKTLFLKALELGD----EKIS               | 72 |
| RLA0 THEVO   | -----MRKINPKKKEIYSELADITKIKAYAVIDIKGVREITRQIDIRGKMRGK-YKIKVYKTLFLKALDSIND----EKIT             | 72 |
| RLA0 PICTO   | -----HTIIPQWKEIDFVKNLEKINSRKYVAIYVYIKGLRHHFKIENSIRDK-ARIKVRARLLRLAIEH--GKX--NNIV              | 72 |
| ruler        | 1.....10.....20.....30.....40.....50.....60.....70.....80.....90                              |    |

# Preuves de l'évolution

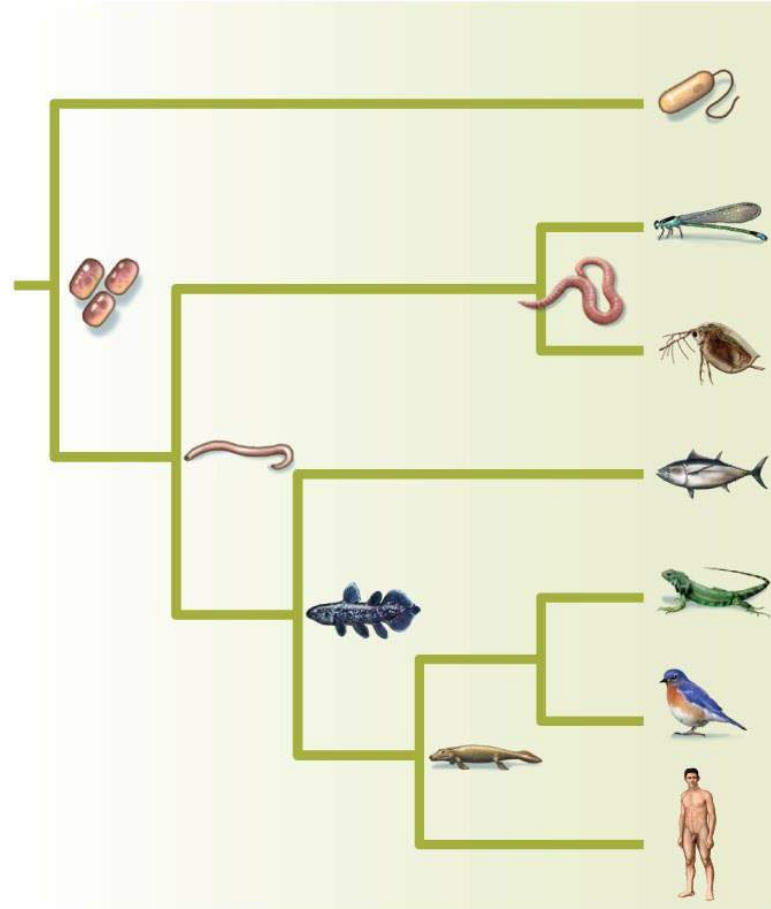


Phylogénies basées sur les différences de séquences (même non codant)

# Lamarck

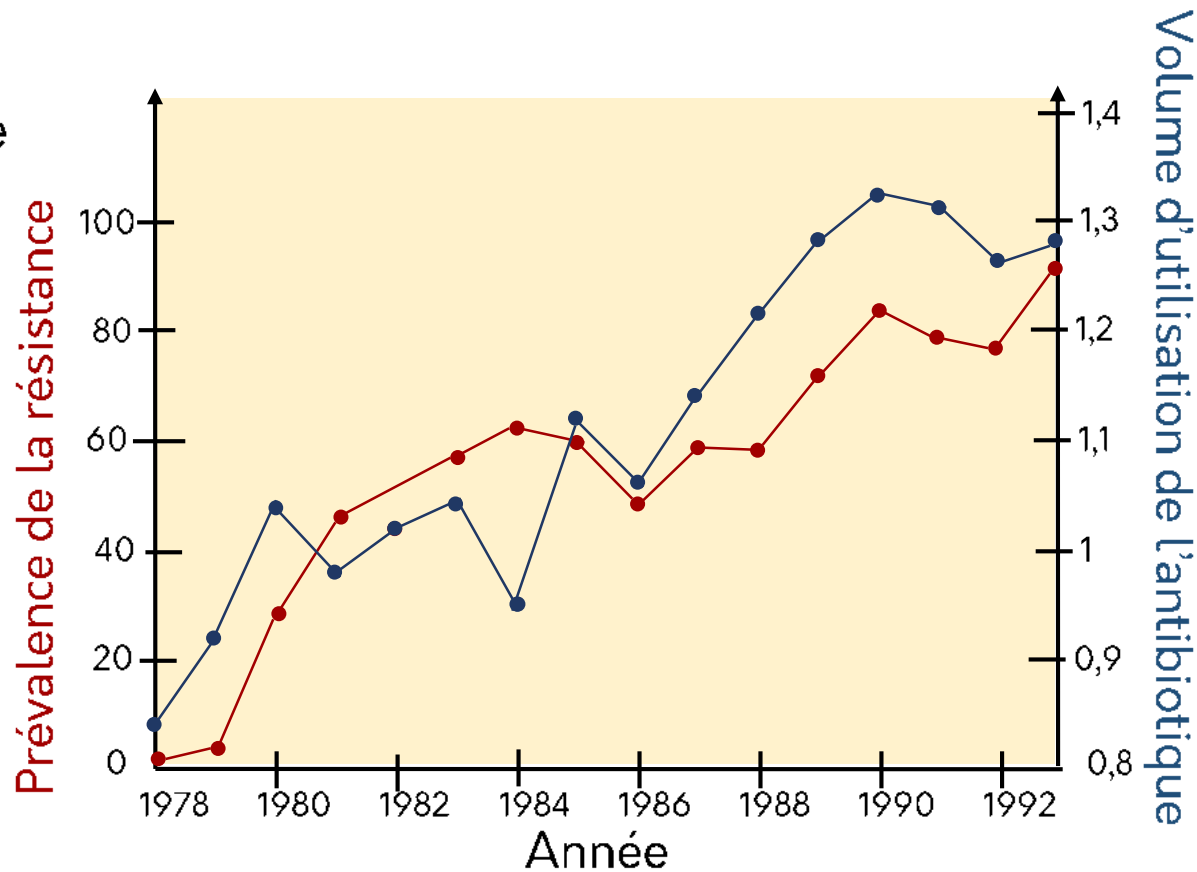


# Darwin



# Preuves de l'évolution

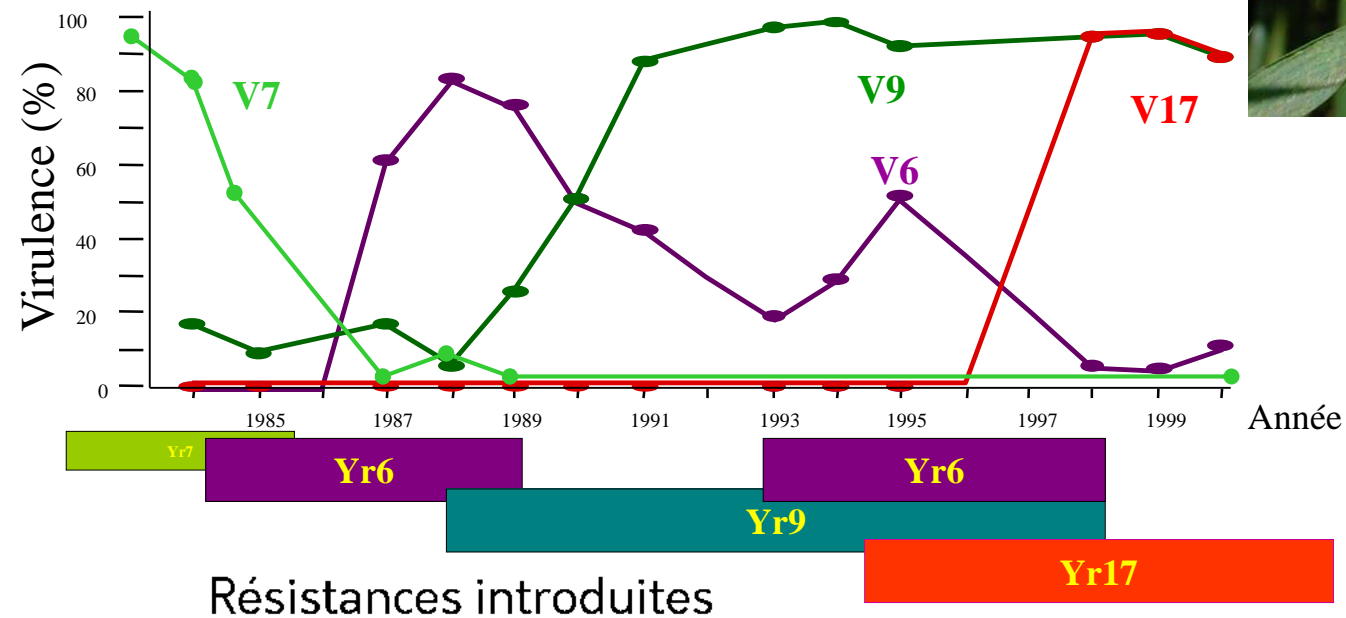
Résistance à la pénicilline en Finlande chez une bactérie responsable d'otites chez les enfants



# Contournement par les pathogènes des résistances introduites



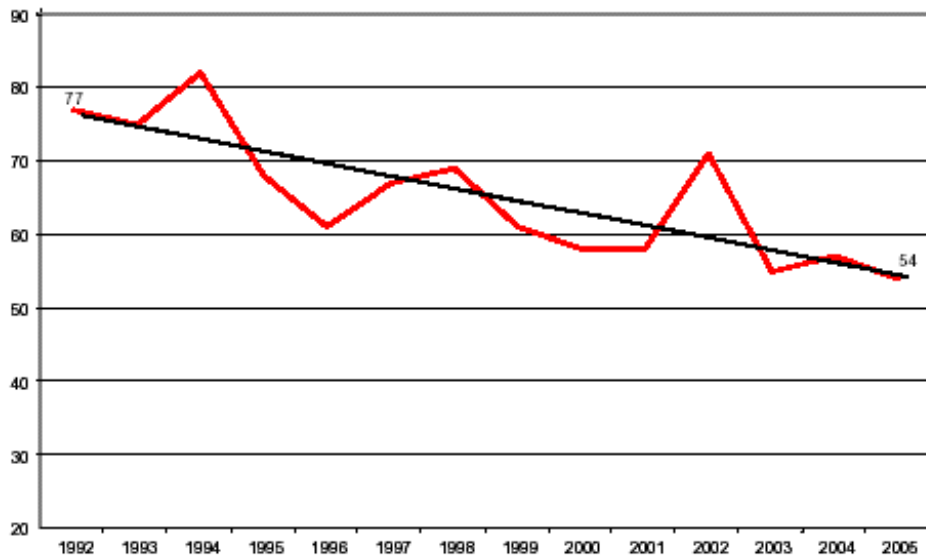
Rouille du blé





# Evolution des résistances aux fongicides

Efficacité des fongicides sur la septoriose du blé (époxyconazole)



# Preuves de l'évolution

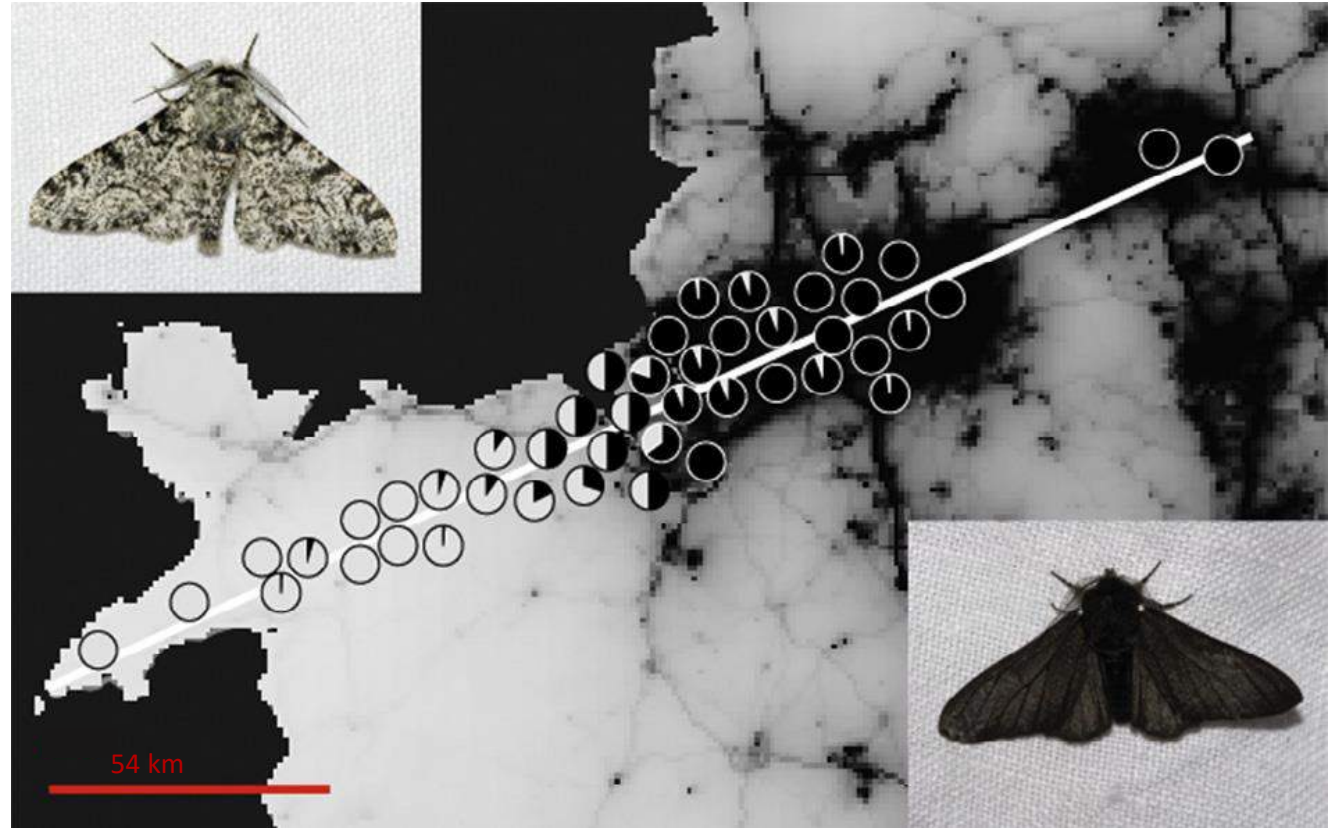
*Biston betularia*

Phalène du bouleau



# *Biston betularia*

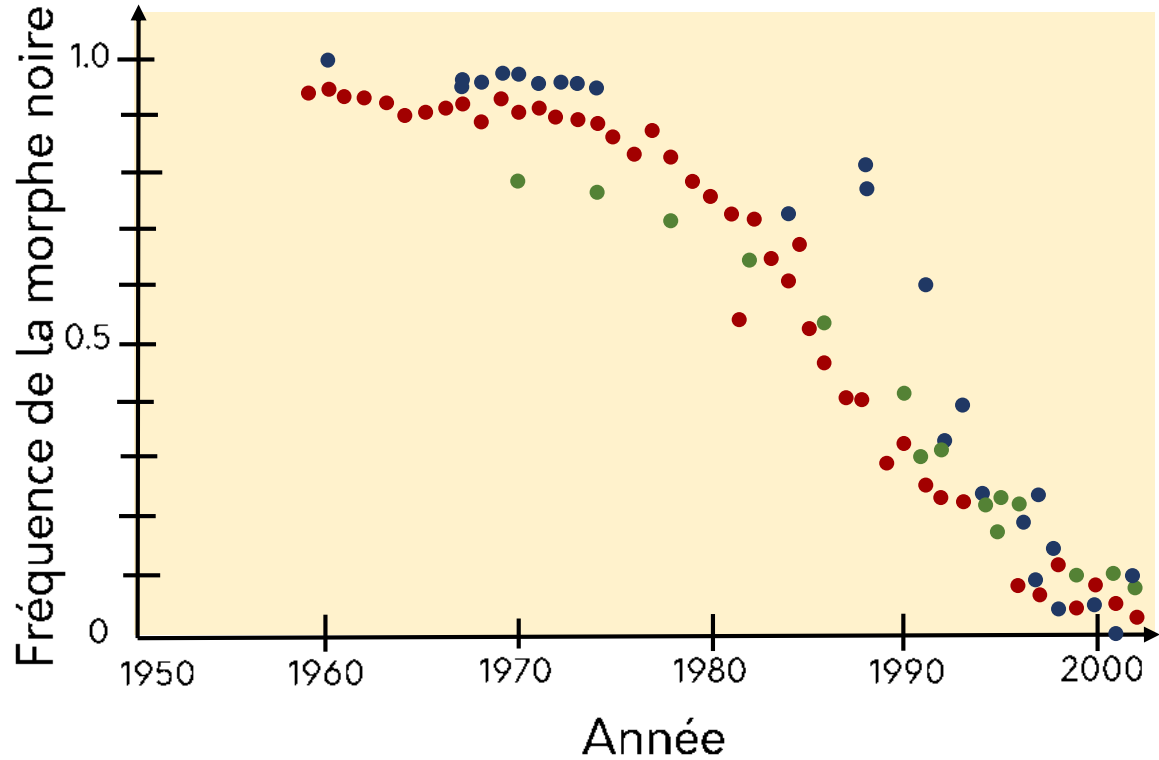
Fréquence des morphes en fonction du degré d'urbanisation

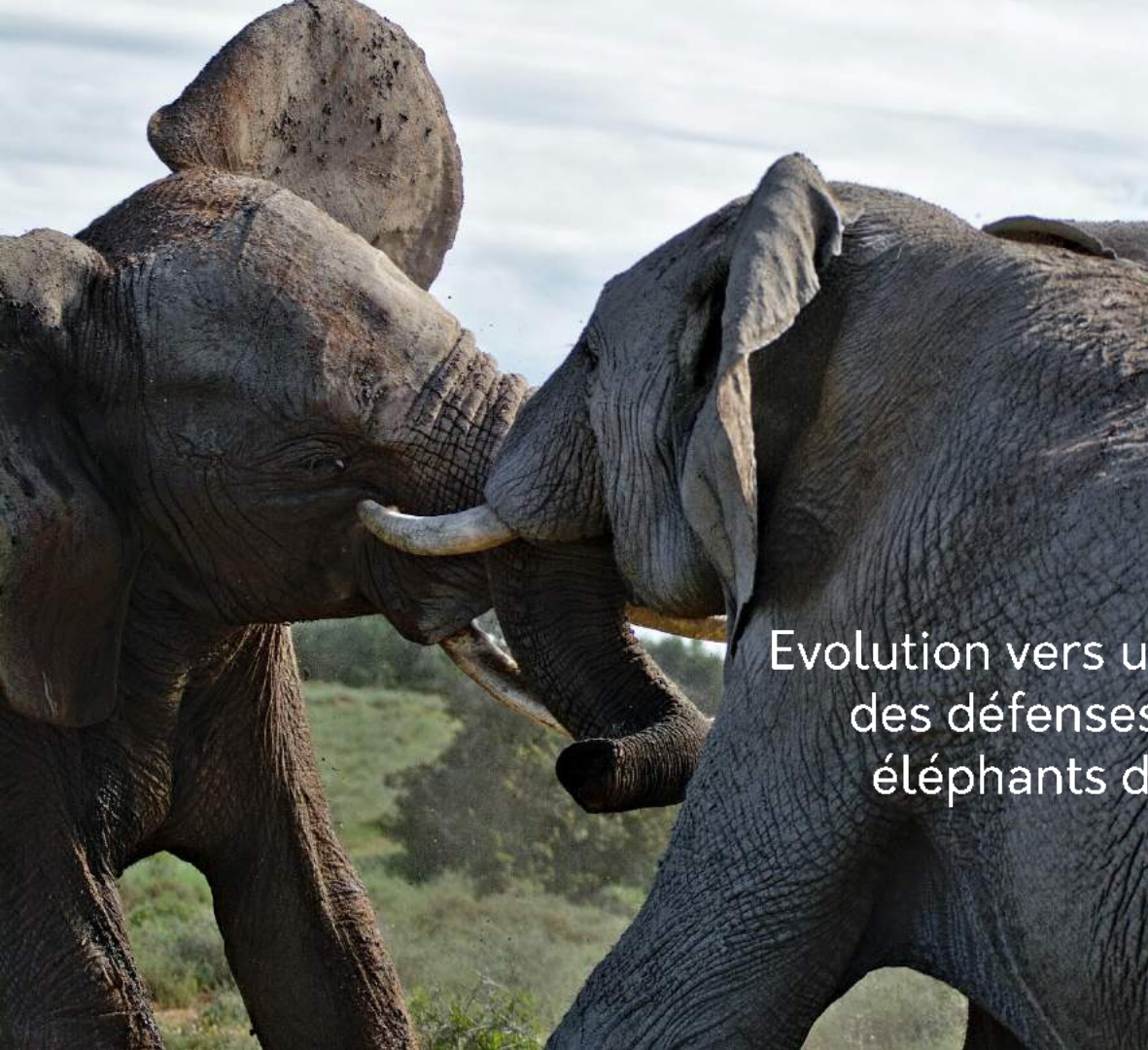


# Preuves de l'évolution

*Biston betularia*

Phalène du bouleau



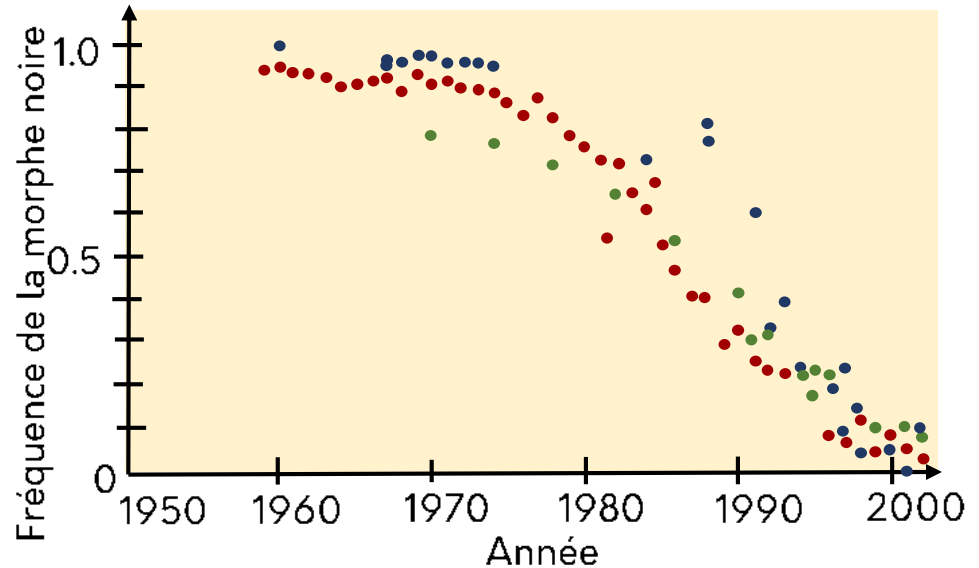


Evolution vers une réduction  
des défenses chez les  
éléphants d'Afrique



Evolution = changements de fréquences alléliques

Quels mécanismes sont responsables de ces changements de fréquences alléliques?



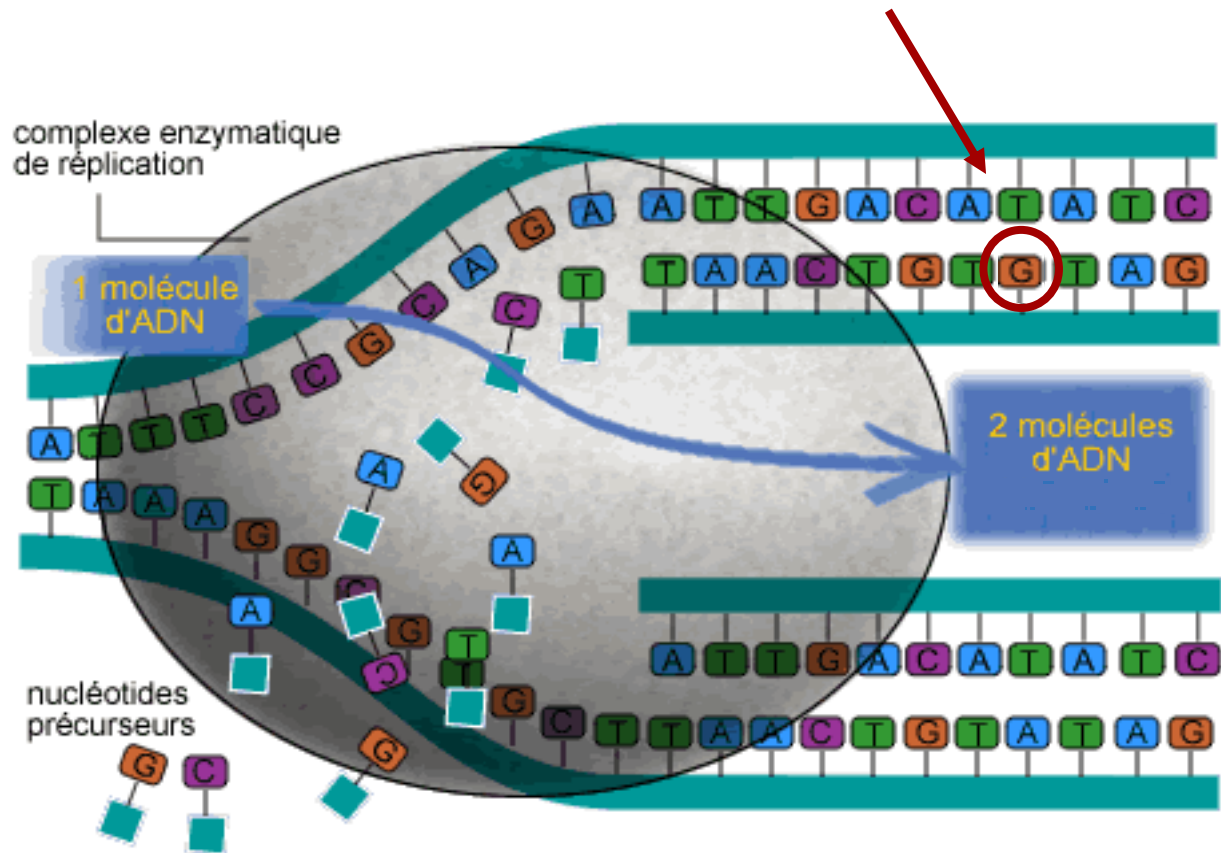
# Forces évolutives

- Mutation
- Sélection
- Dérive
- Migration



# Mutation

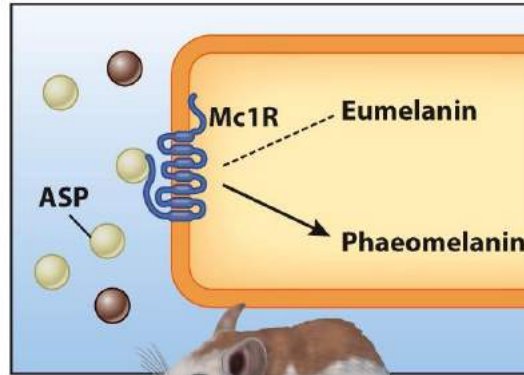
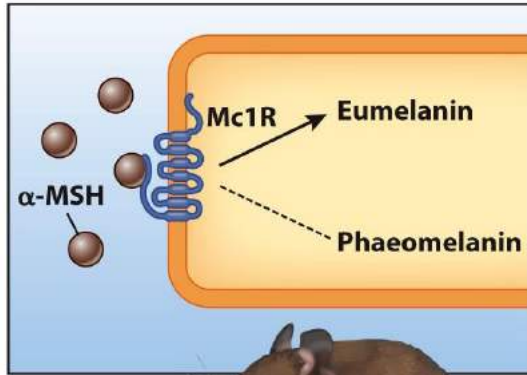
Erreur dans la réplication d'ADN,  
base différente incorporée au hasard





# Mutation

Changement d'un nucléotide et donc d'un acide aminé  
et donc possiblement de la fonction



# Mutation

-Perte de fonction



Nachoman-au



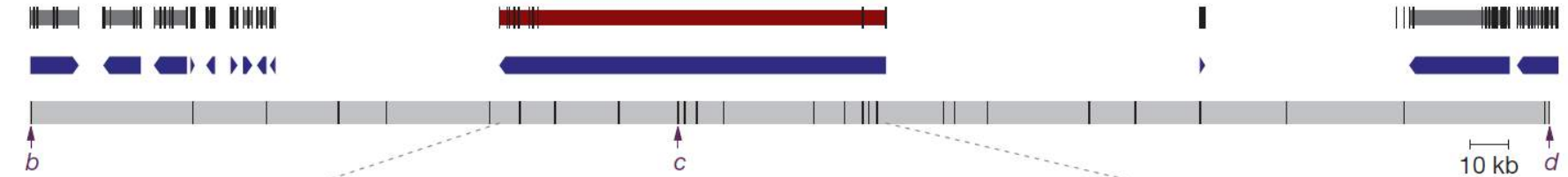
Chafouin204

# Mutation

## Forme noire Phalène du bouleau



Gène cortex:  
développement de l'aile

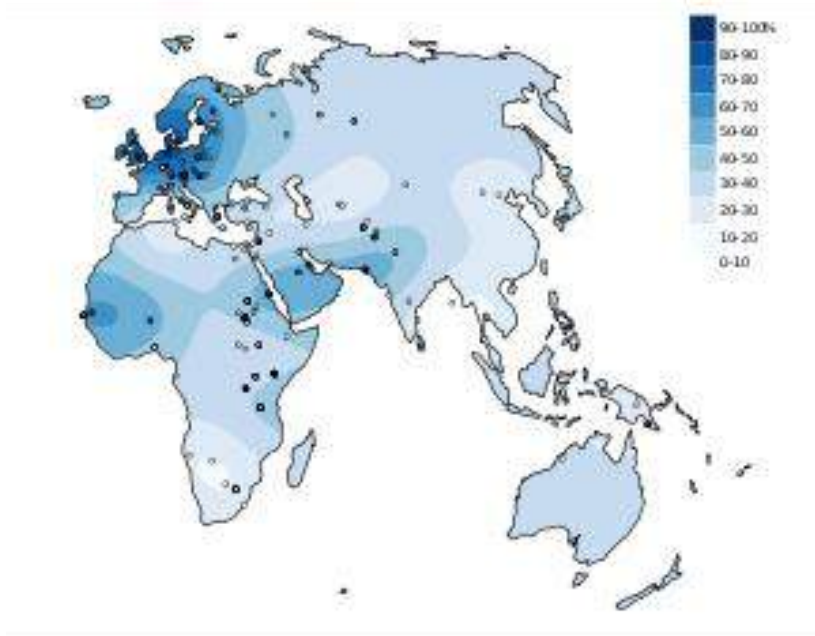


Insertion d'un  
« gène sauteur »

# Mutation

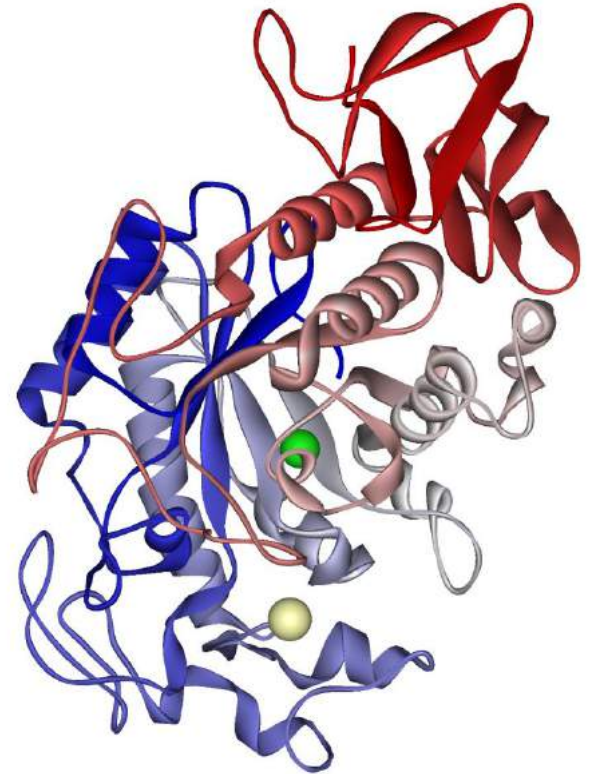
- Changement de régulation d'expression

Persistance de la production de lactase chez les adultes (digestion du lactose)



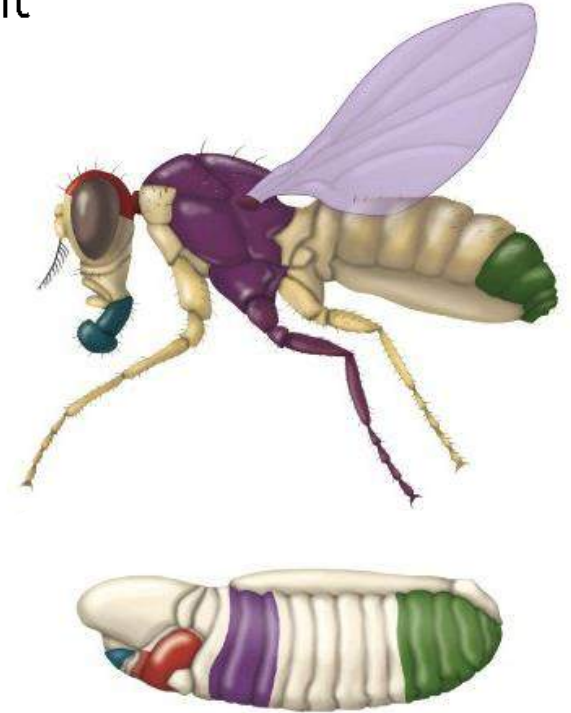
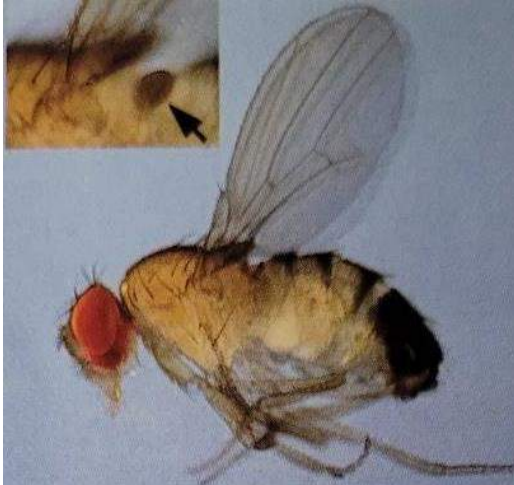
# Mutation

- Duplication de gène et changement de régulation d'expression  
Amylase salivaire humaine



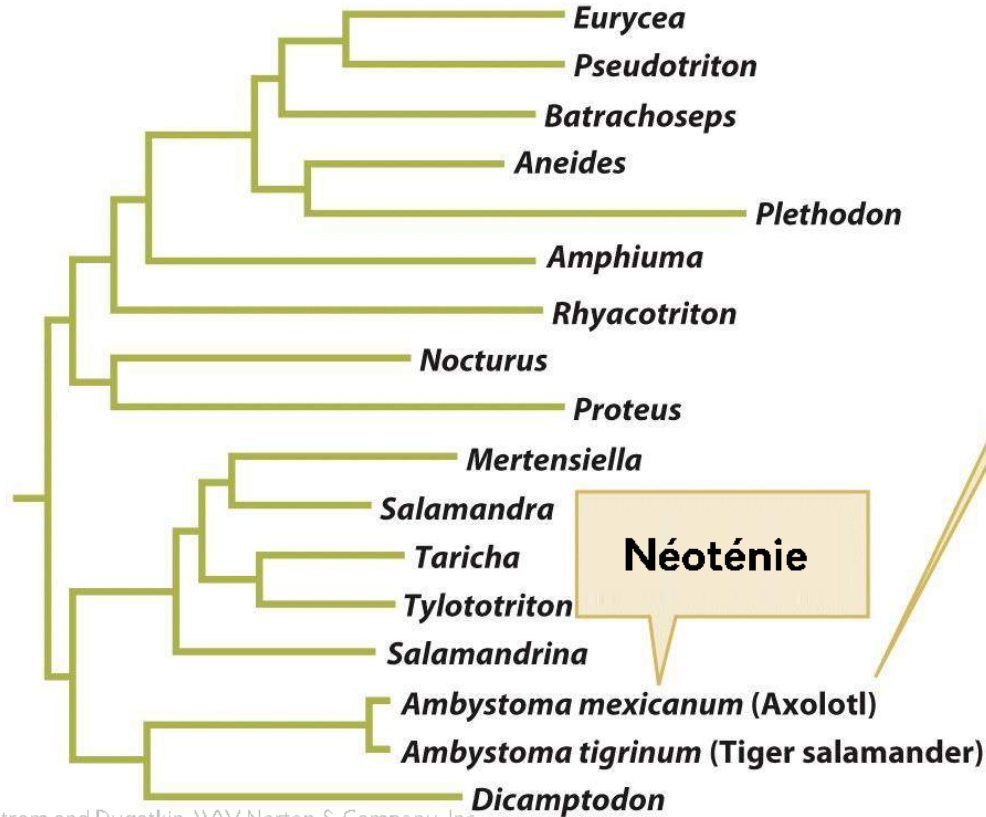
# Mutation

- Changements dans les gènes de développement



# Mutation

Changement d'expression des gènes du développement



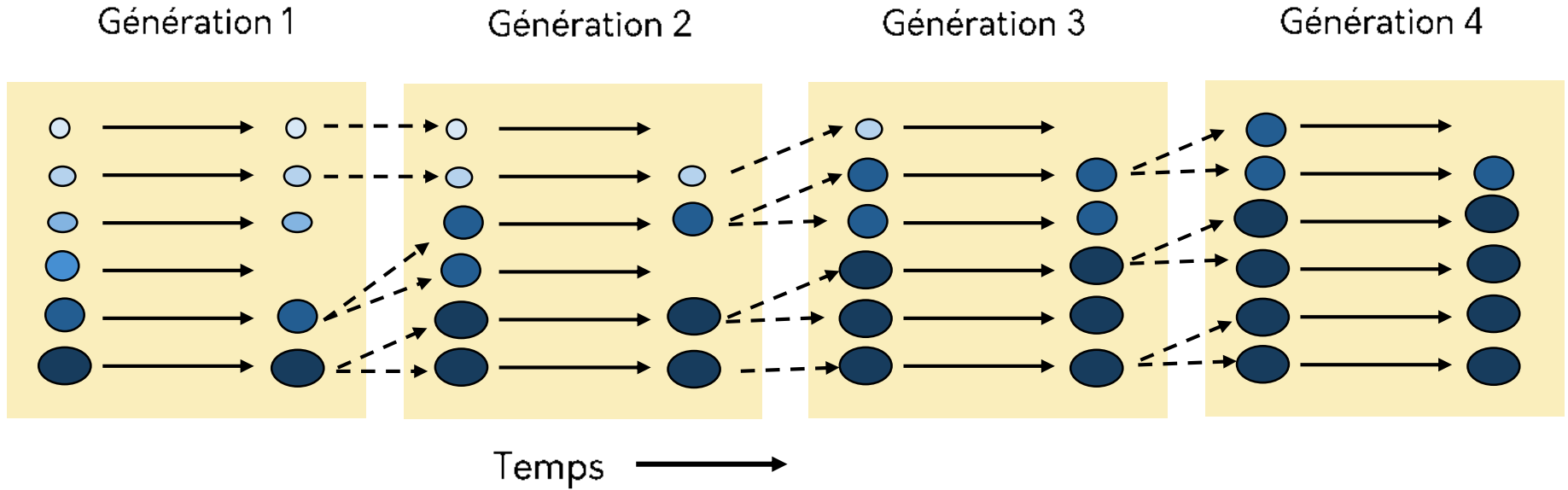
# Forces évolutives

- Mutation
- Sélection
- Dérive
- Migration



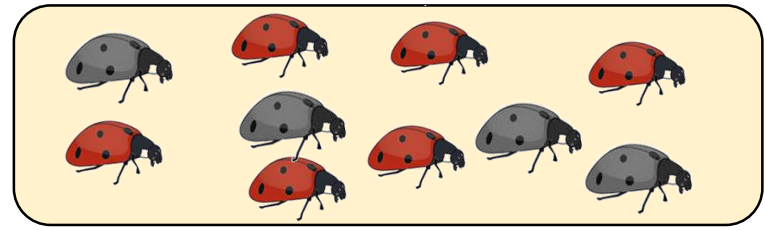


# Sélection naturelle

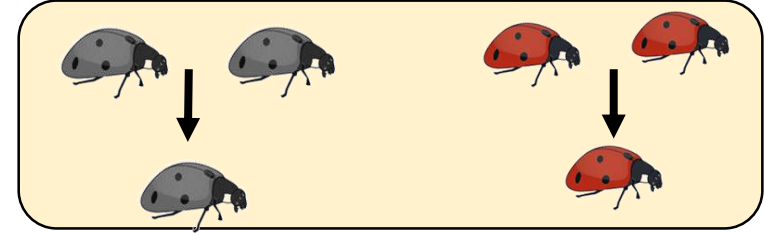


# Sélection naturelle

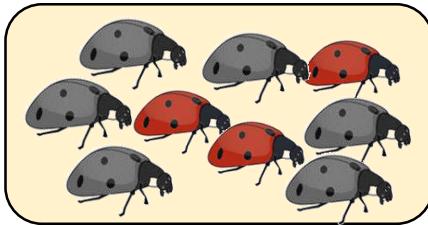
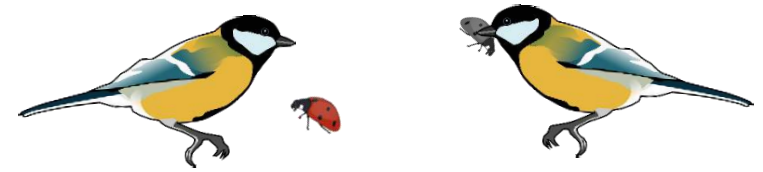
Variation



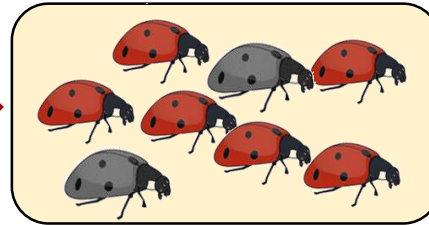
Héritabilité



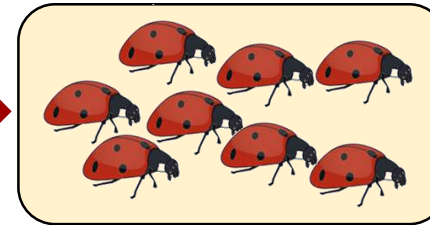
Différences de survie  
ou succès reproducteur



Génération



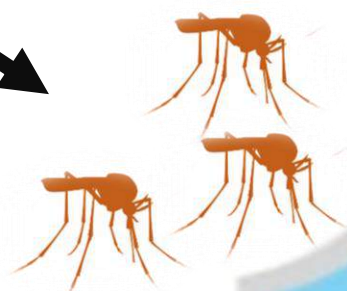
Génération



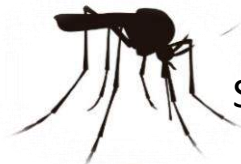
Insecticide →



Survie



Reproduction

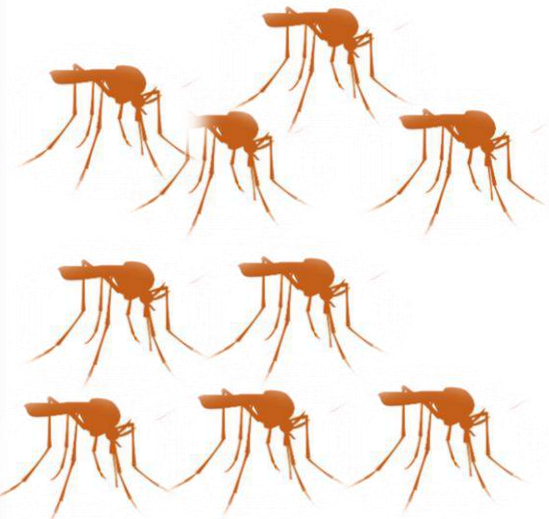


Sensible



Mutant résistant

Population résistante



# Adaptation

Araignée



Fourmi



Alex Wild

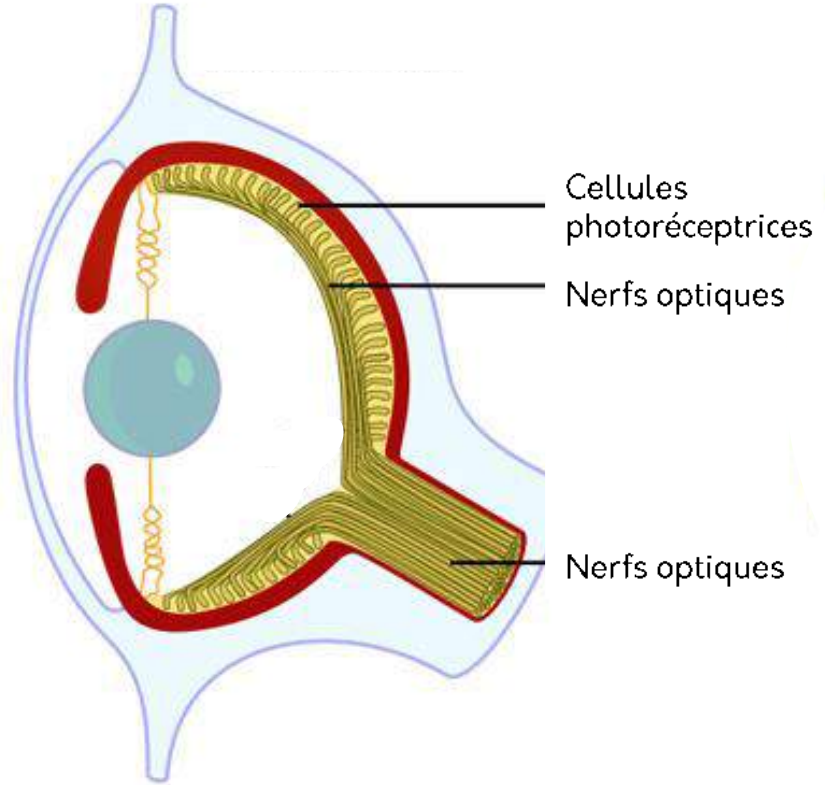


Marshal Hedin

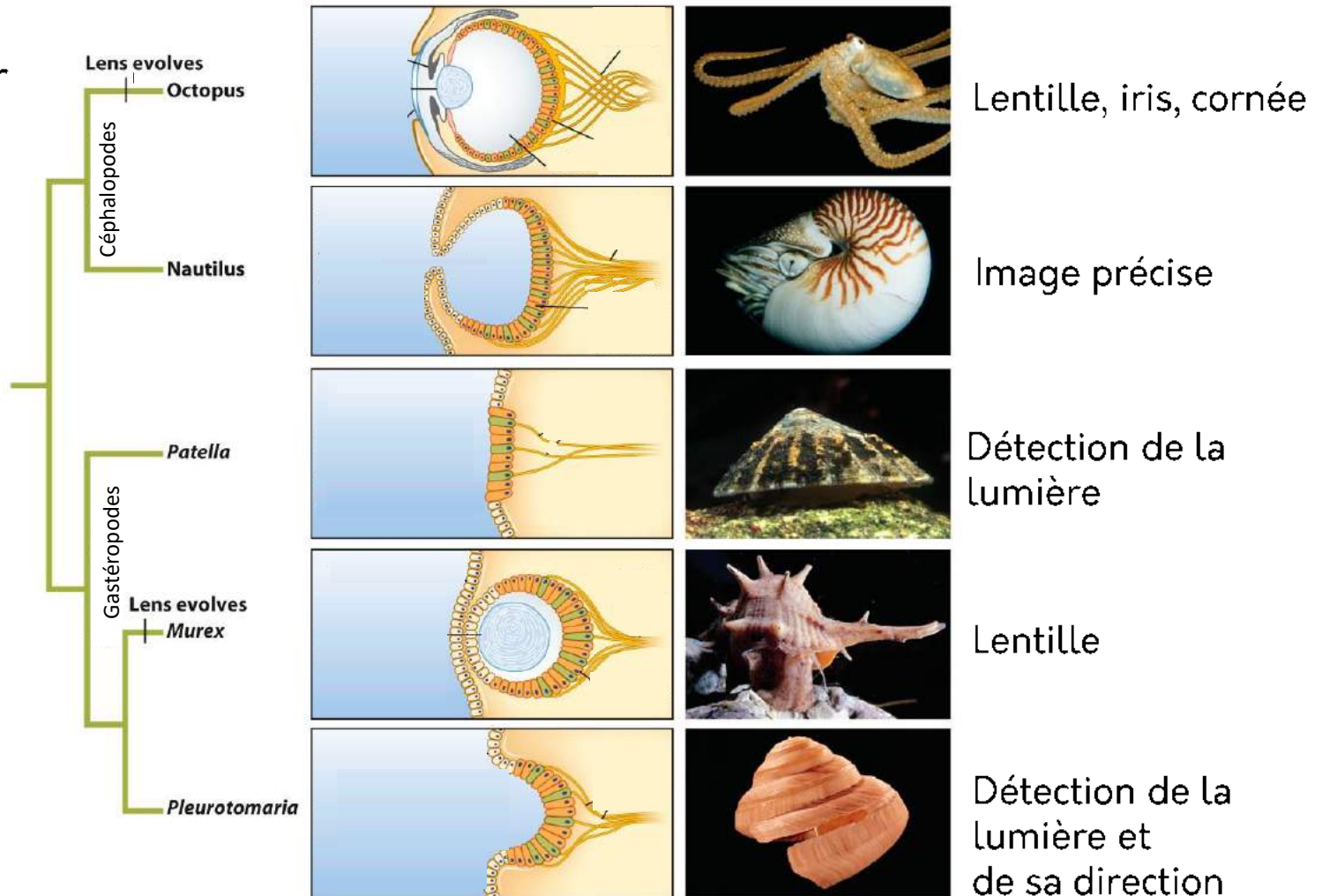


Alex Wild

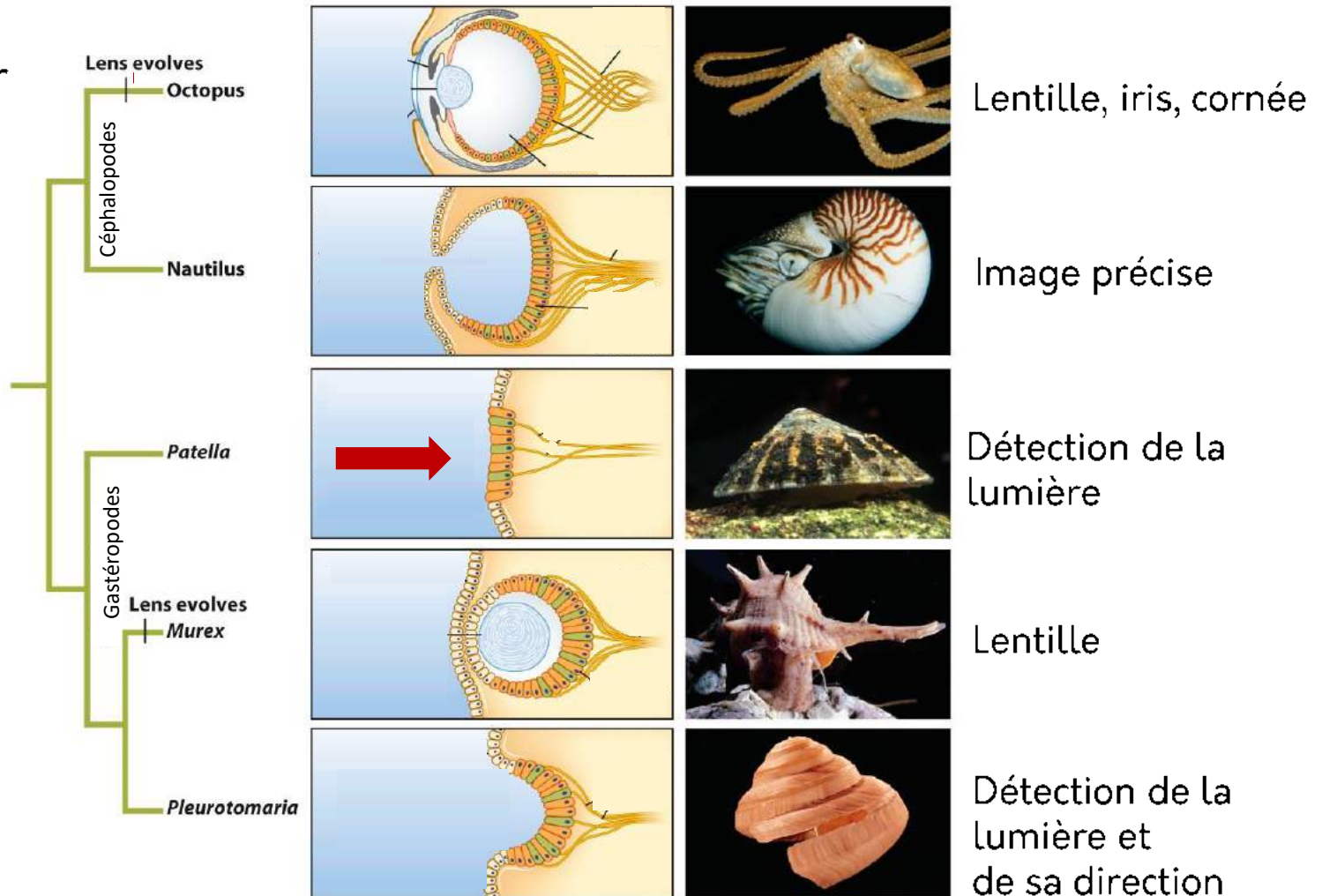
# Cas intriguants: Perfection de l'oeil humain?



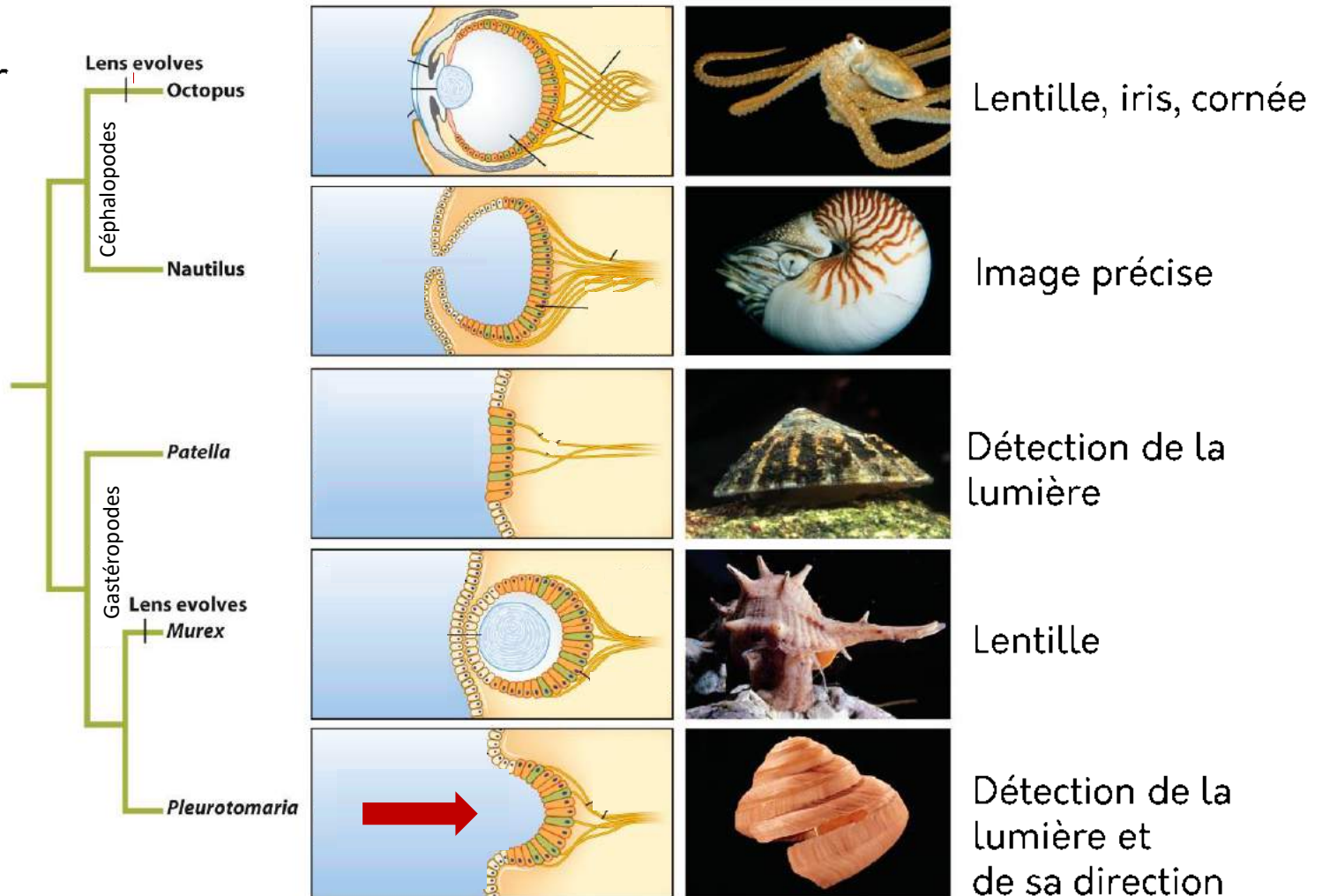
# Adaptation par changements graduels sélectionnés



# Adaptation par changements graduels sélectionnés

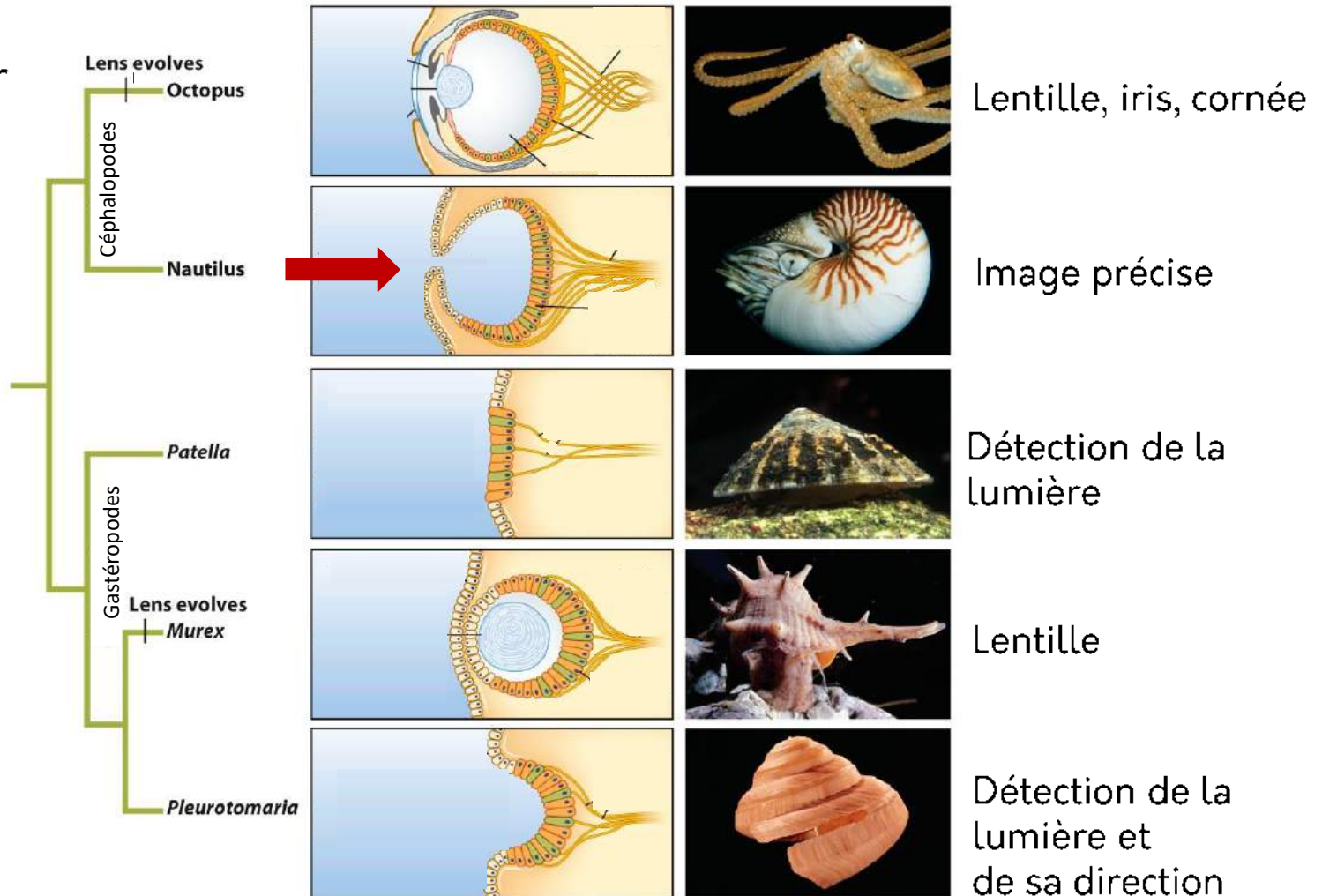


# Adaptation par changements graduels sélectionnés

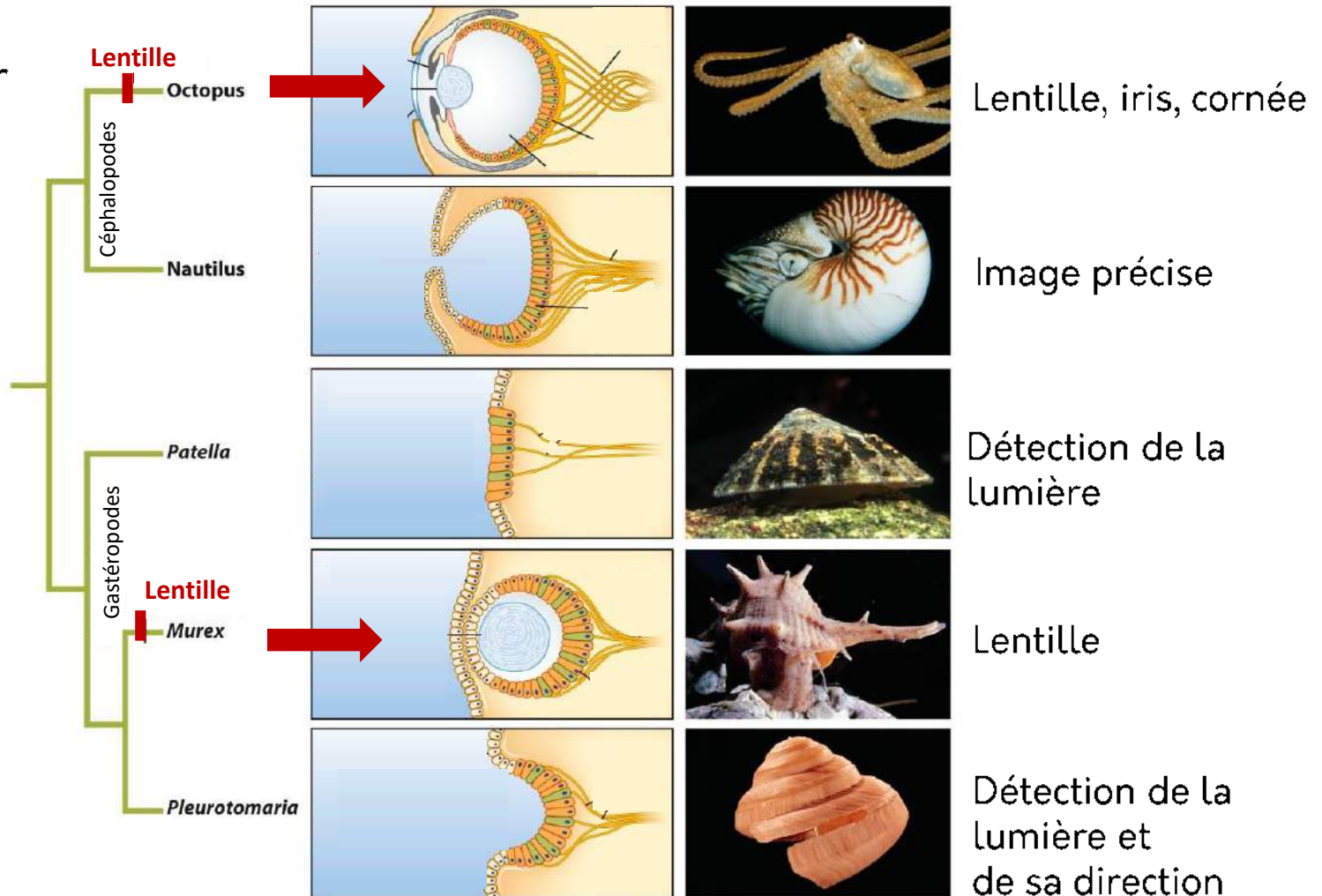




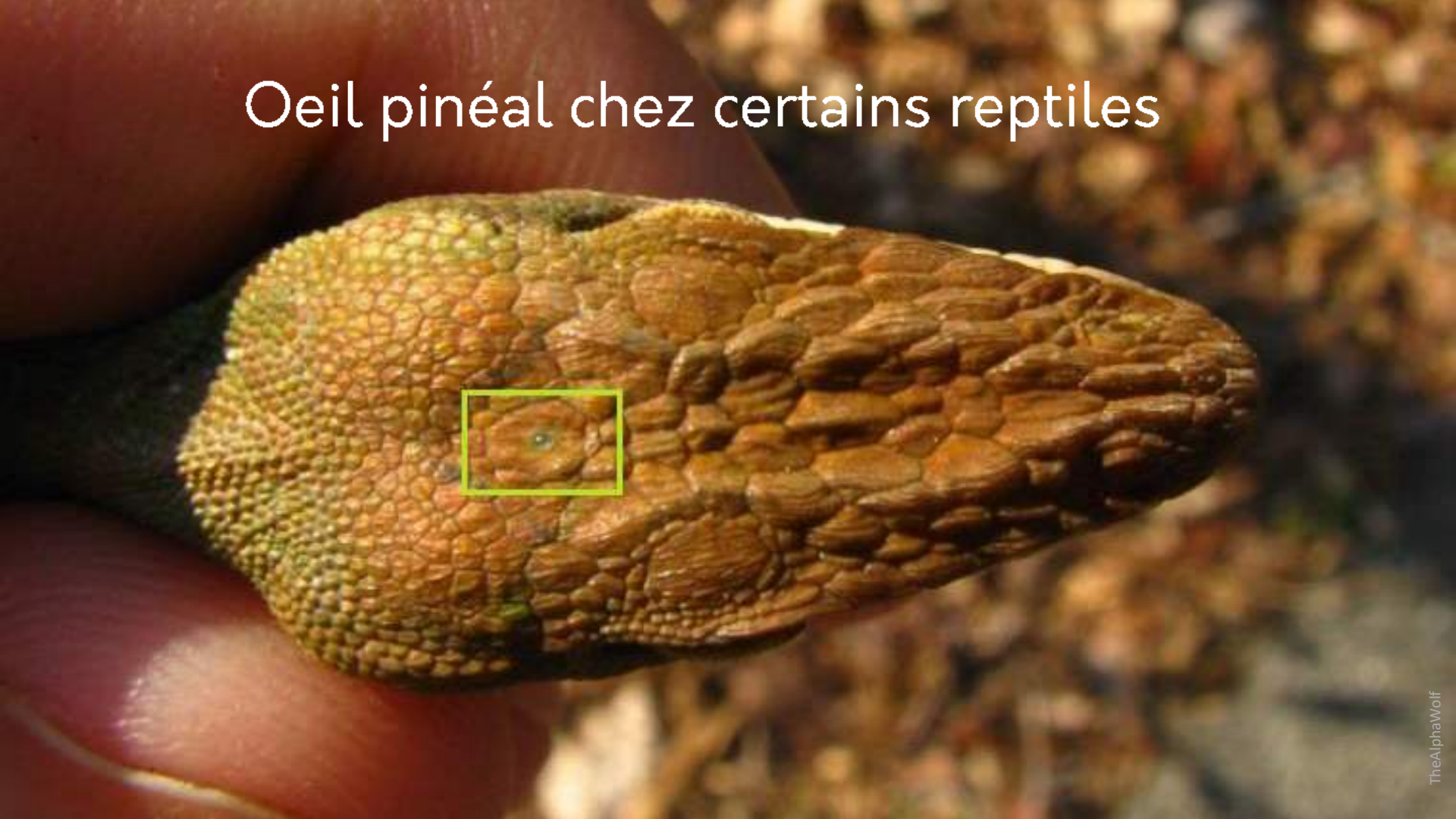
# Adaptation par changements graduels sélectionnés



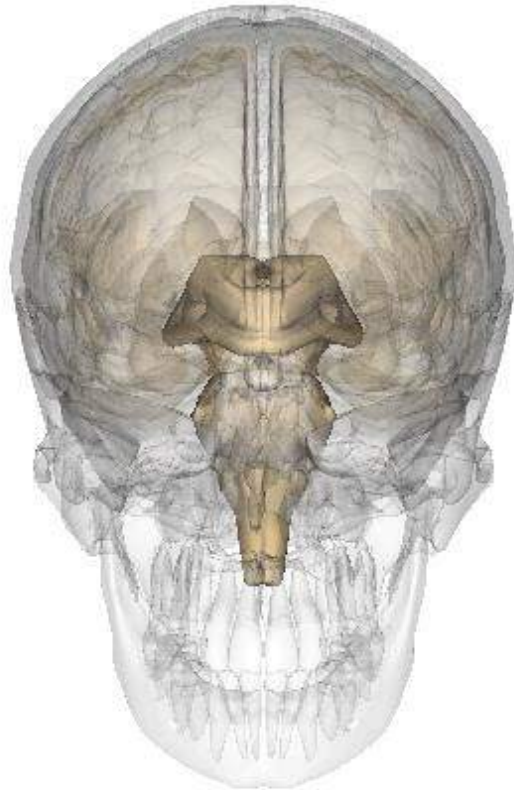
# Adaptation par changements graduels sélectionnés



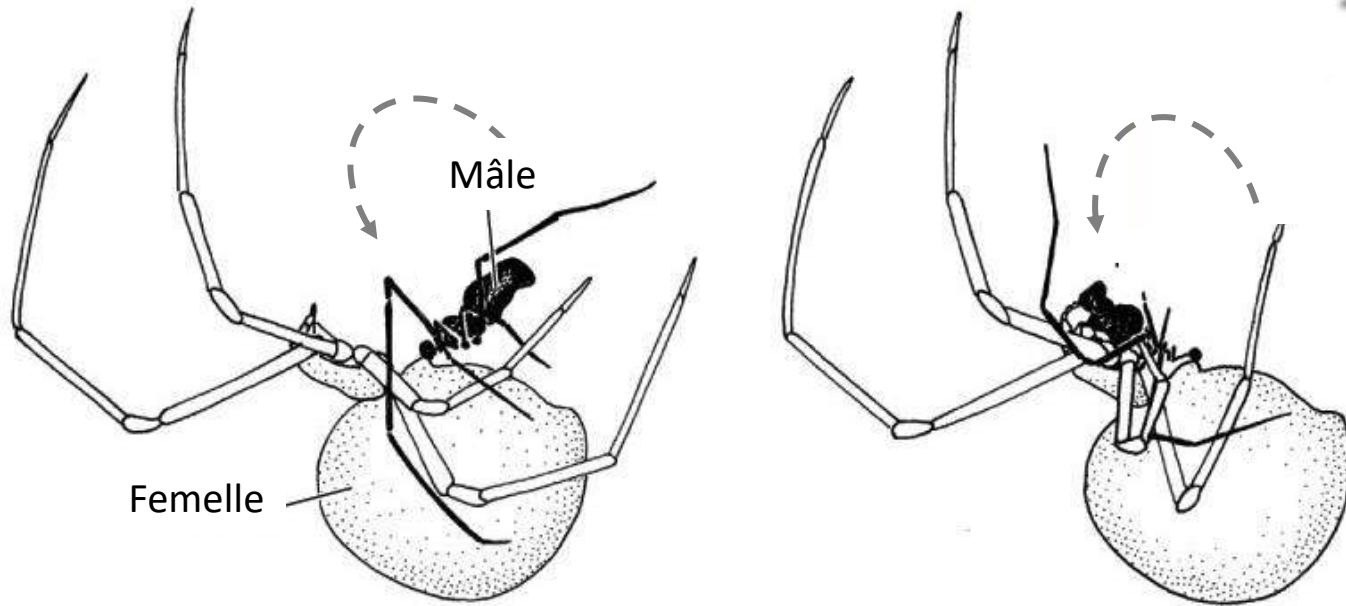
# Oeil pinéal chez certains reptiles



# Glande pinéale chez l'être humain

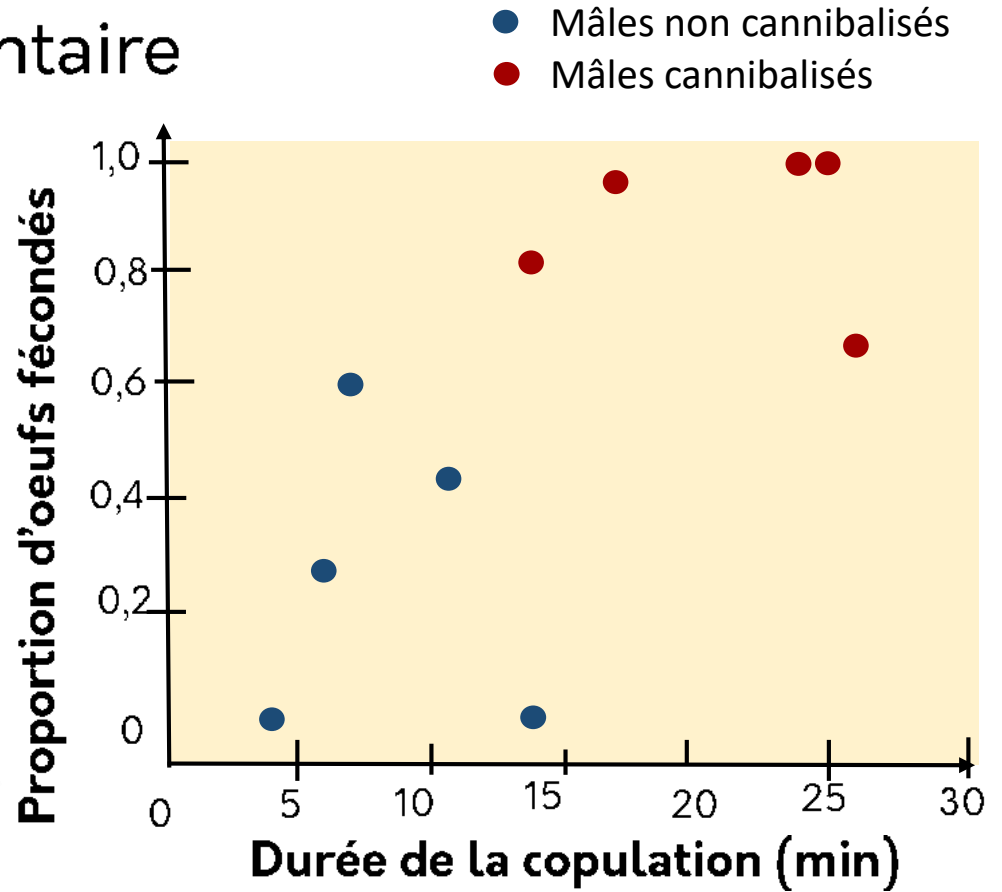


# Cas intriguants: Cannibalisé volontaire

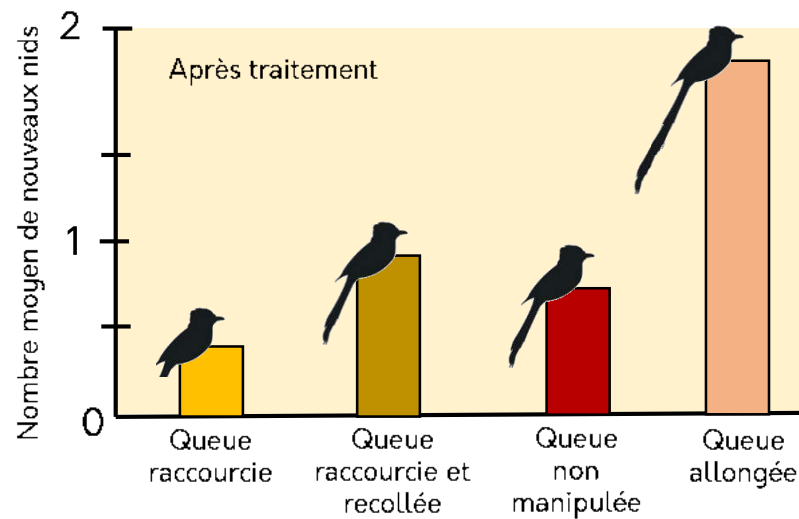
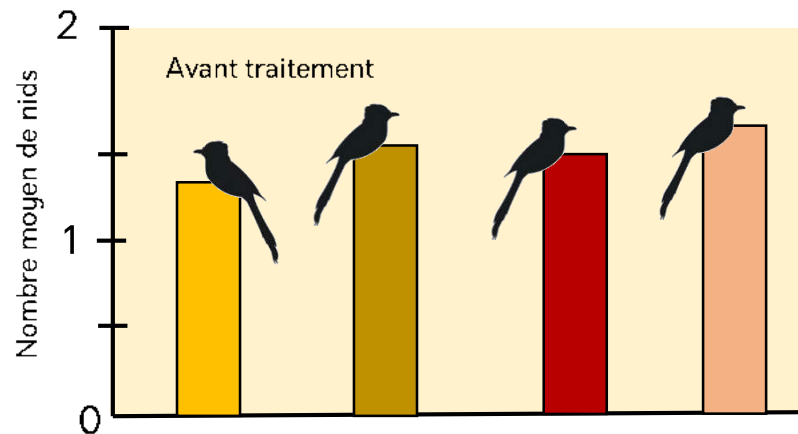


*Latrodectus hasselti*

# Cas intriguants: Cannibalisé volontaire



# Cas intriguants: Ornements handicapants



« Tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes »  
répète Pangloss,  
précepteur de Candide






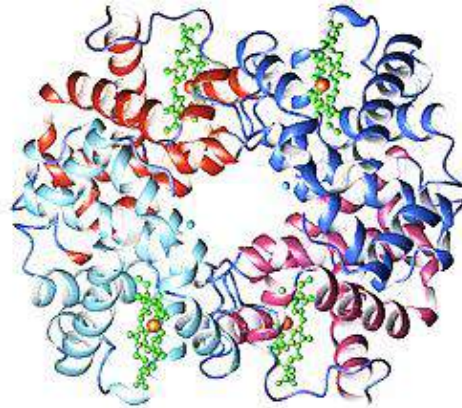
# Les écoinçons de la basilique Saint Marc et le paradigme panglossien

Gould et Lewontin (1979)





Pourquoi l'hémoglobine  
est-elle rouge?

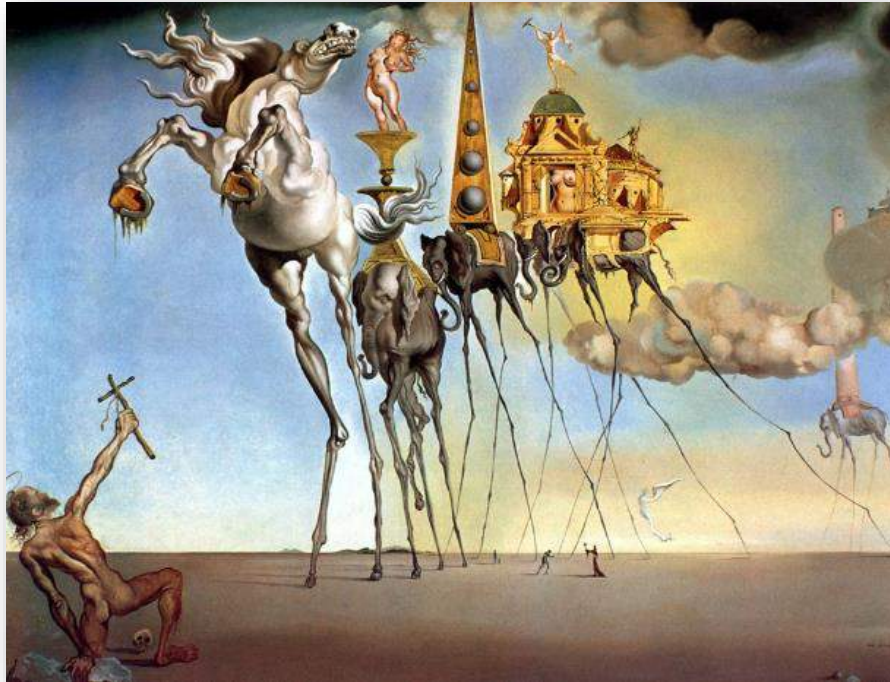


Astrojan

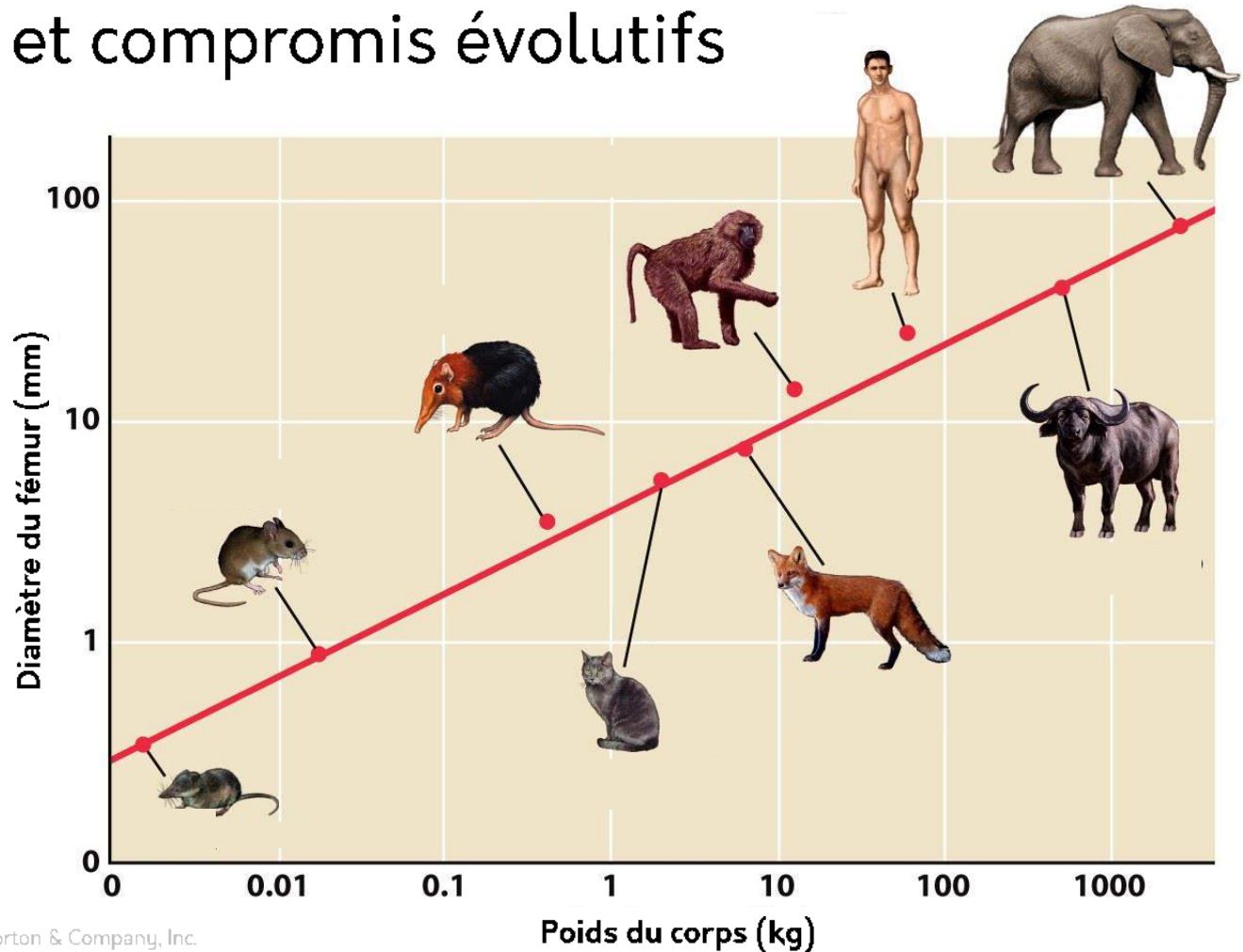
Hémoglobine:  
Sélection pour affinité au fer  
Couleur rouge simple conséquence



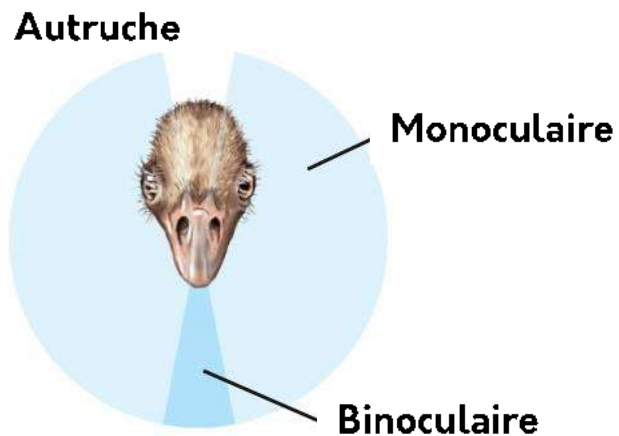
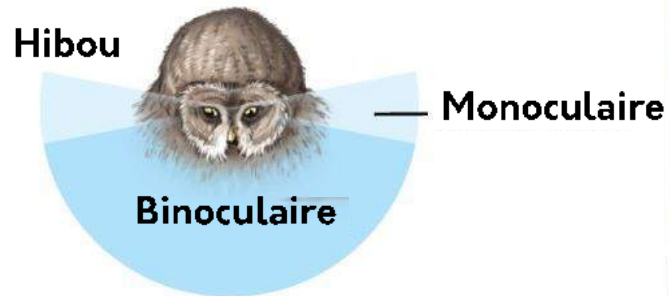
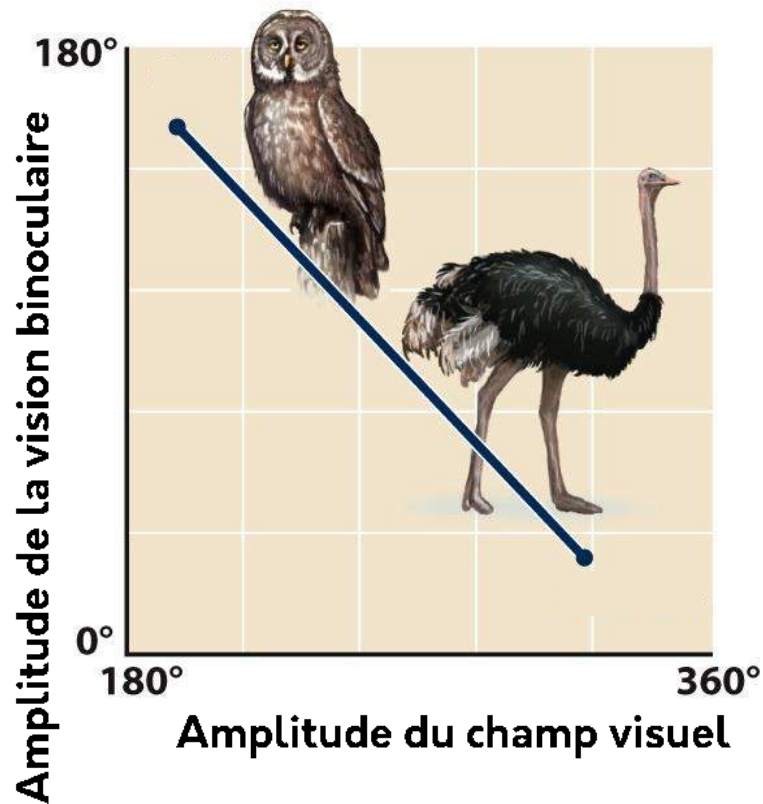
# Contraintes et compromis évolutifs



# Contraintes et compromis évolutifs



# Contraintes et compromis évolutifs



# Le pouvoir explicatif de la sélection naturelle... ...comme un bricoleur



« L'évolution ne tire pas ses nouveautés du néant. Elle travaille sur ce qui existe déjà. [...] La sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur »  
(François Jacob, Le Jeu des possibles, 1981)

# Forces évolutives

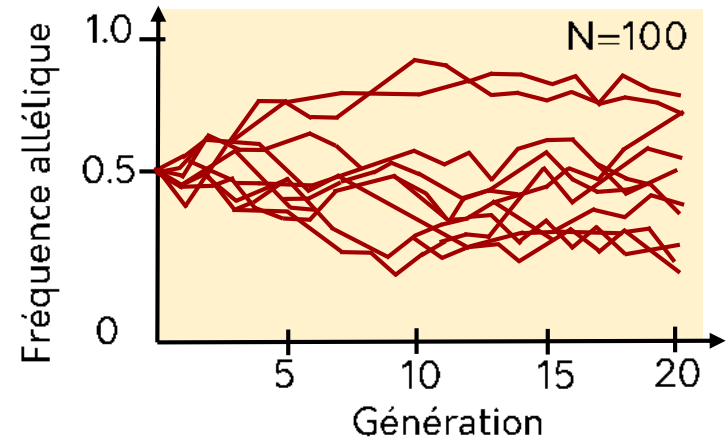
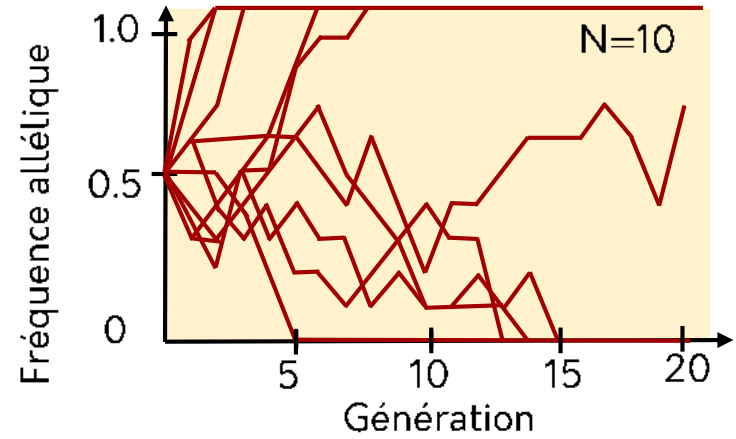
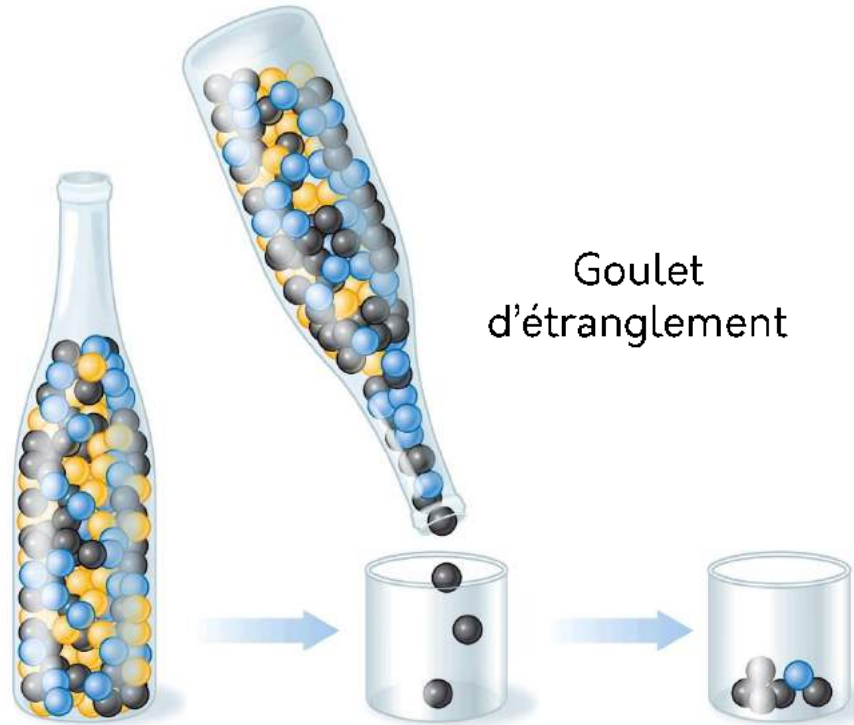
- Mutation
- Sélection
- Dérive
- Migration





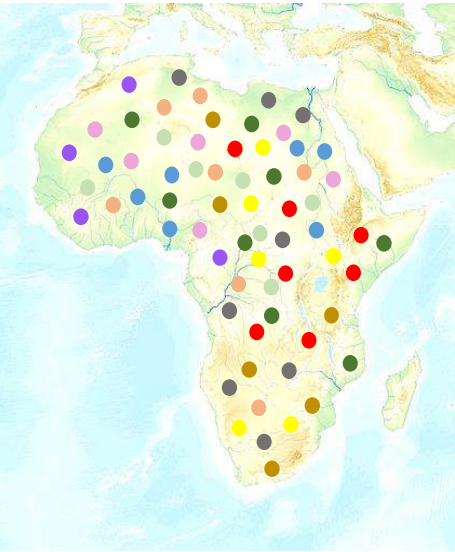
# Dérive génétique

## Stochasticité

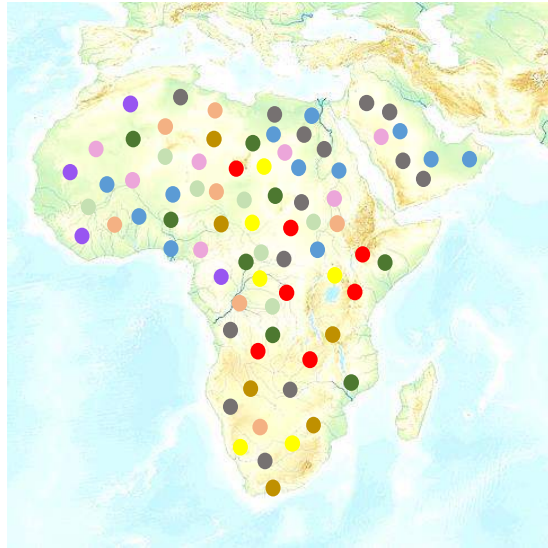


# Dérive génétique

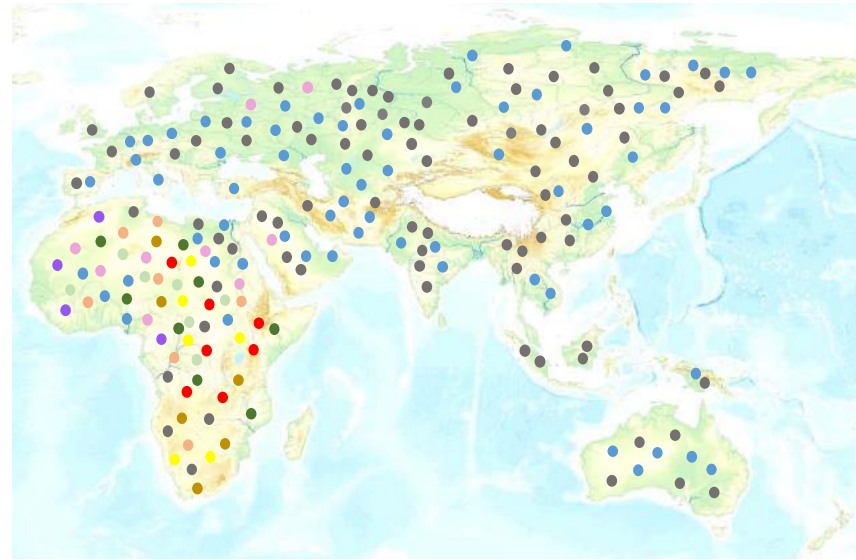
## Goulet d'étranglement



*Homo sapiens*  
150 000 ans



*Homo sapiens*  
100 000 ans



*Homo sapiens*  
40 000 ans

Gundam

# Dérive génétique:

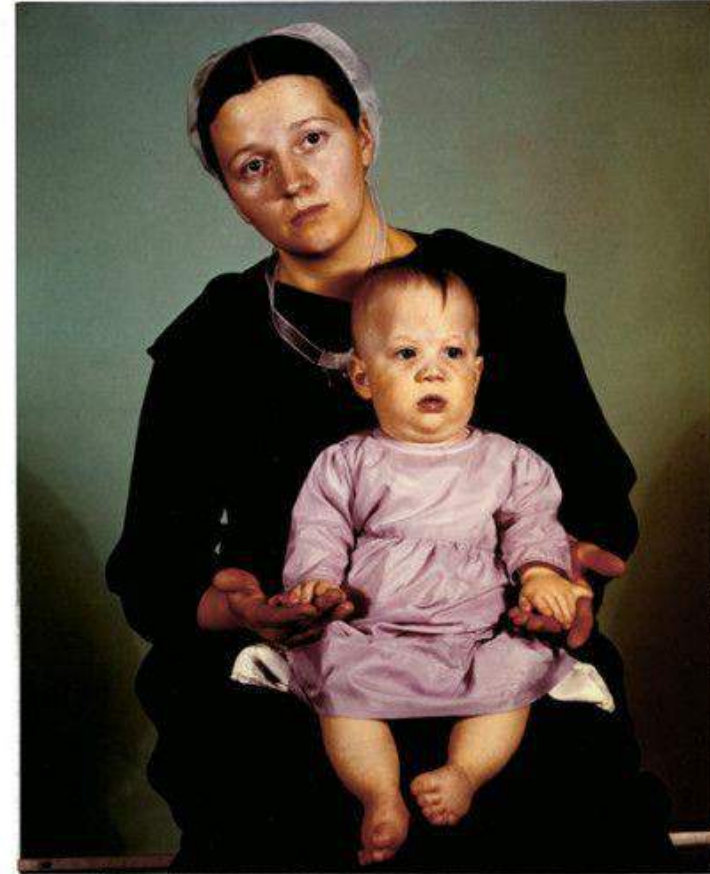
## Maladies génétiques au Saguenay

- Évènement de fondation récent
- Nombre limité de fondateurs :  
5 000 au 17<sup>ème</sup> siècle, de France
- Population isolée, croissance rapide
- Une douzaine de maladies génétiques fréquentes



# Dérive génétique : les Amishs

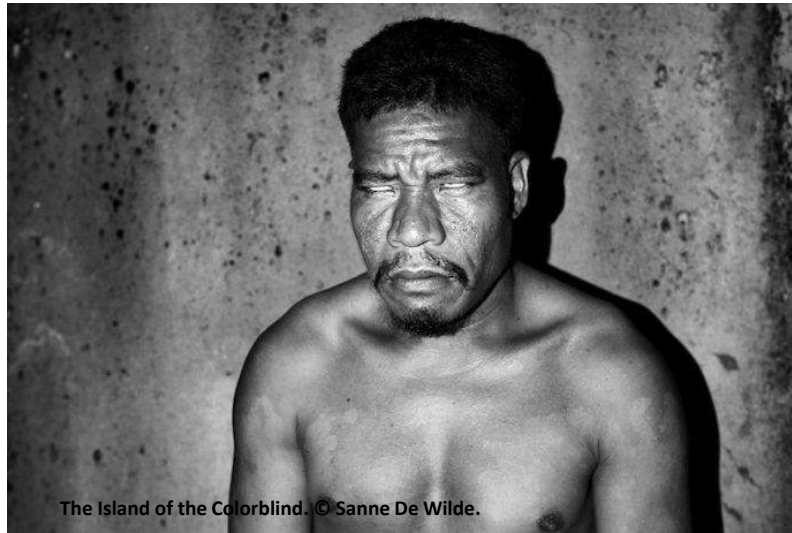
- Amish: descendants de 30 Suisses fondateurs
- Se marient au sein de leur groupe
- Syndrome Ellis-van Creveld:
  - doigt supplémentaire,
  - problèmes de coeur,
  - petite stature



# Goulet d'étranglement:

Achromatopsie sur l'atole de Pingalop, Pacifique

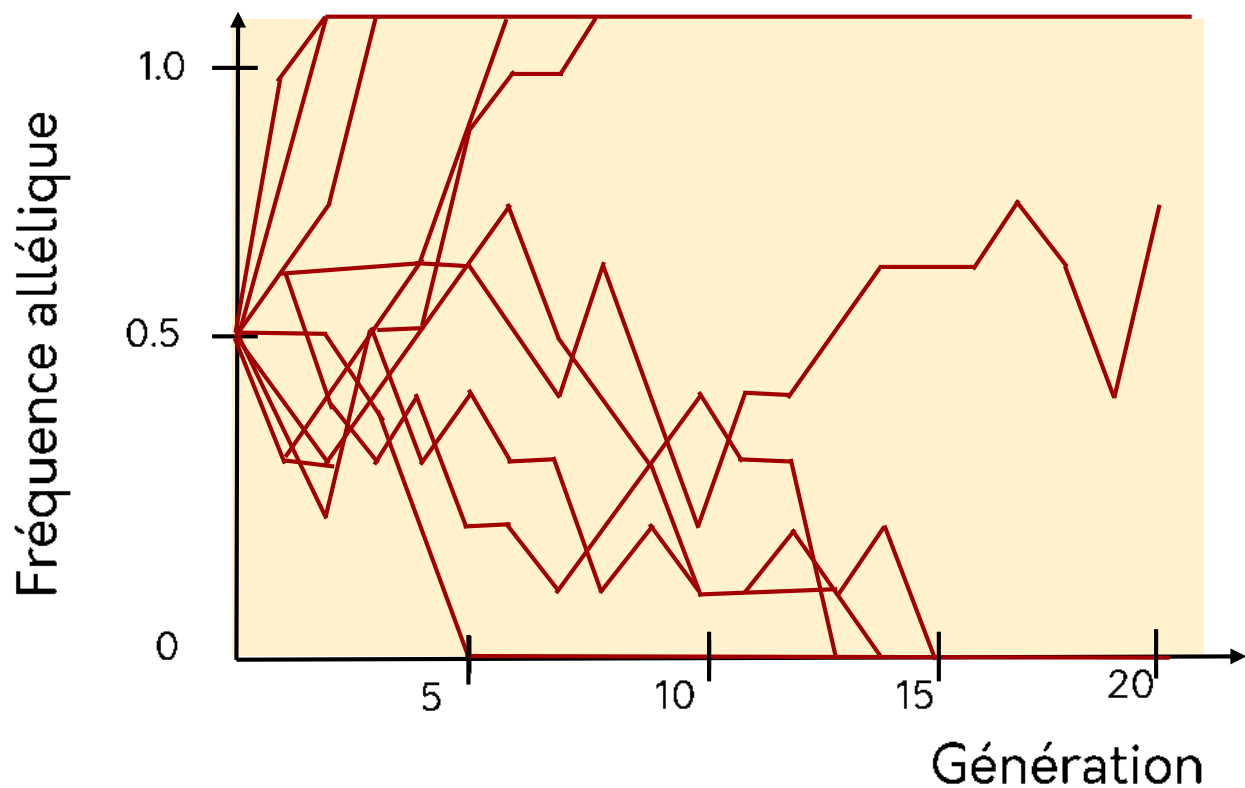
- 1780: 30 survivants après un typhon
- 2000 personnes descendants de ces 30 survivants
- 10% de la population souffre d'achromatopsie



The Island of the Colorblind. © Sanne De Wilde.



# Perte du polymorphisme par dérive génétique

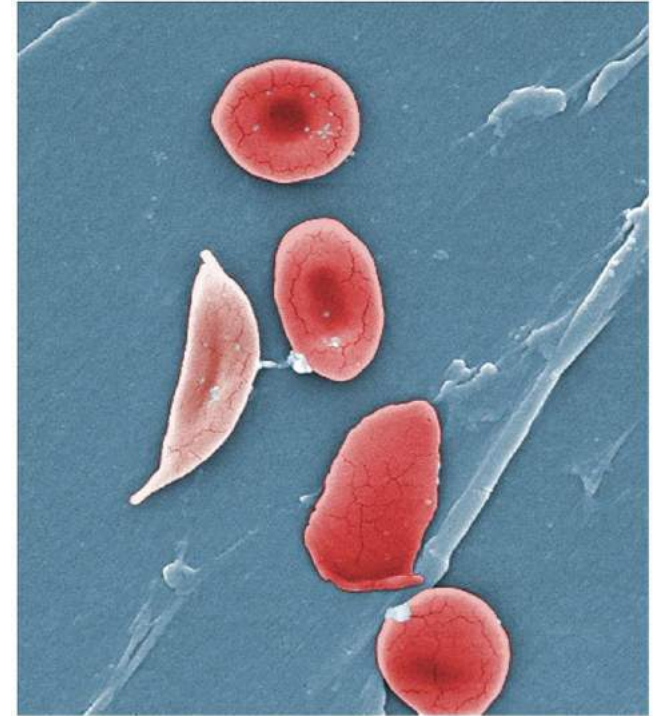
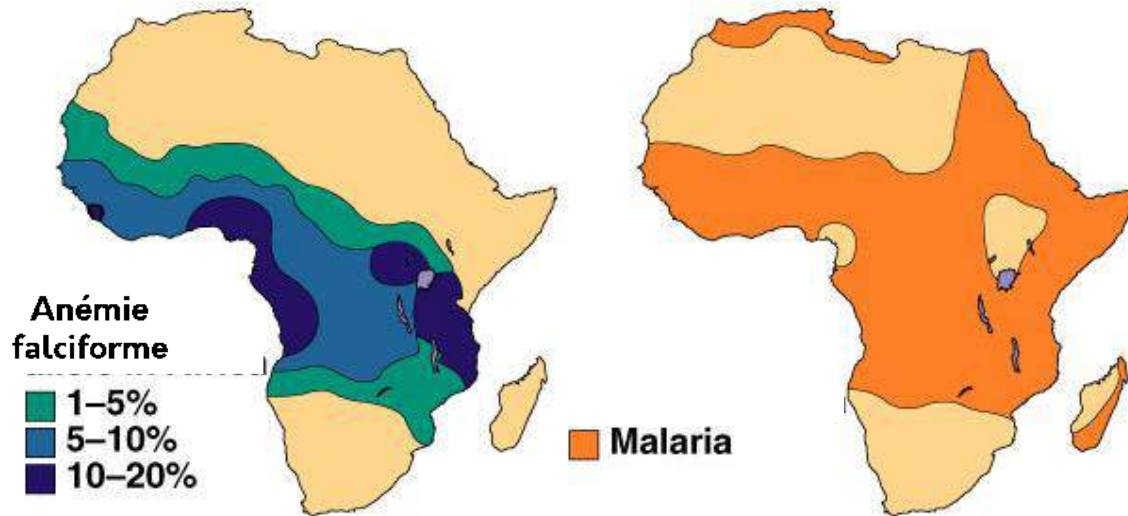


# Maintien du polymorphisme ?



# Maintien du polymorphisme ?

Superdominance:  
avantage de l'hétérozygote





# Maintien du polymorphisme ?

Sélection hétérogène  
dans l'espace

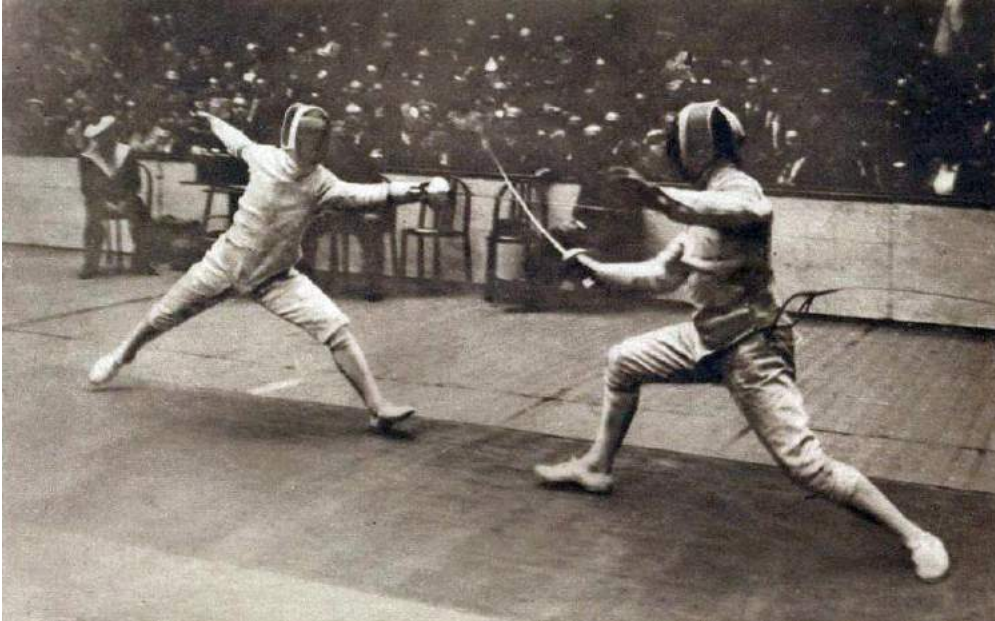


Chaplin G © Geographic distribution of environmental factors influencing human skin coloration, American journal of anthropology 2004

"Evolution" Bergstrom and Dugatkin, WW Norton & Company, Inc.

# Maintien du polymorphisme

-Sélection dépendante de la fréquence  
(gauchers)

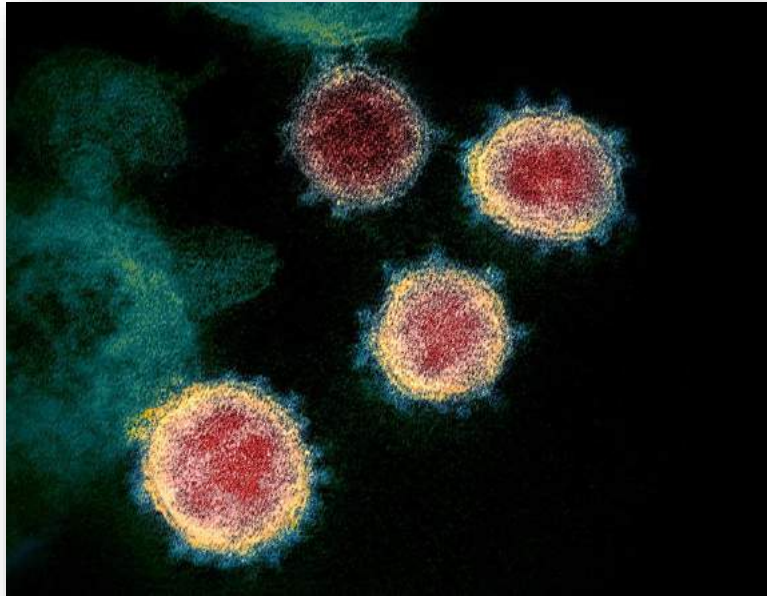


The Cosmopolitan of Las Vegas



# Maintien du polymorphisme

-Sélection dépendante de la fréquence  
(relations hôtes-parasites)



Alex Wild



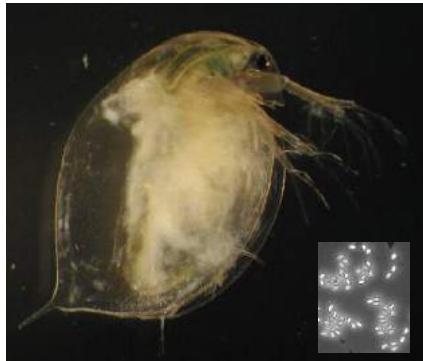
© alexanderwild.com

# Coévolution

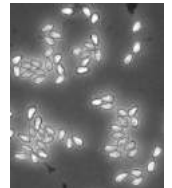
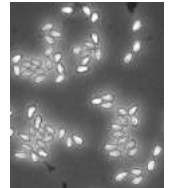
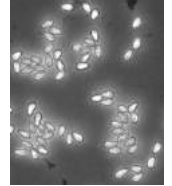
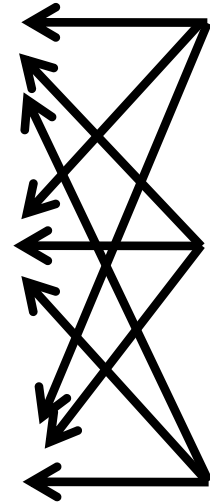
Daphnie saine



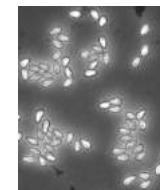
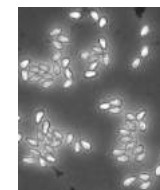
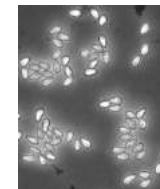
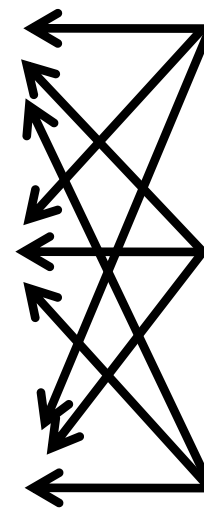
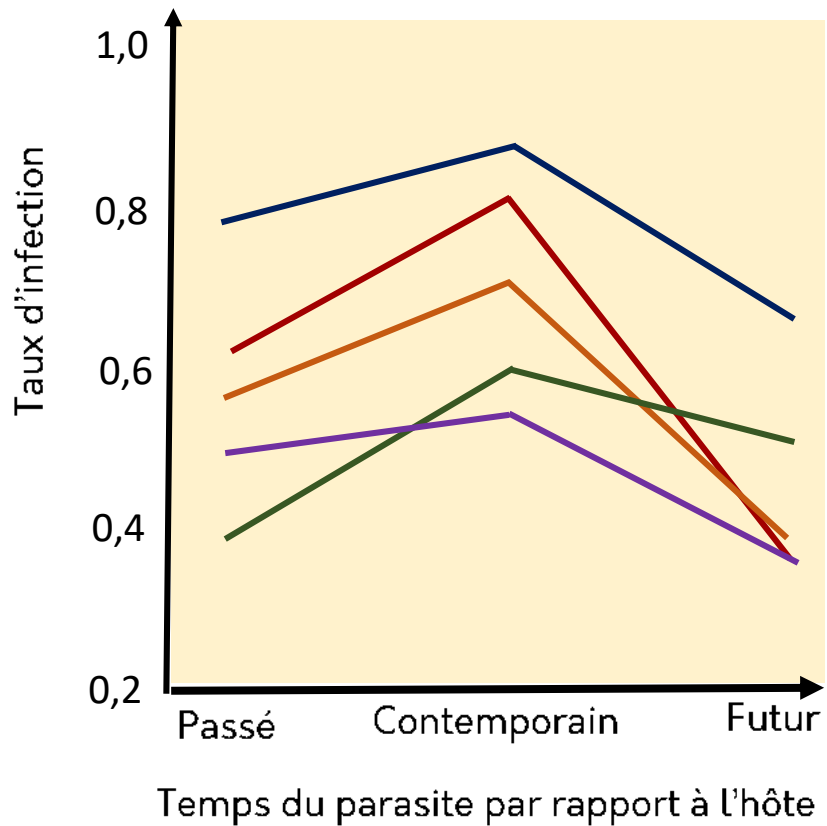
Daphnie parasitée  
(microsporidies)



Extraction de carottes de  
sédiments jusqu'à ~ 39 ans



# Coévolution

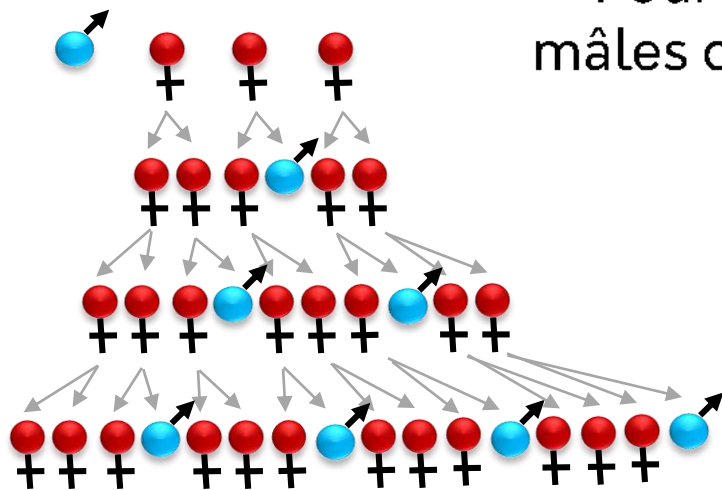


Pourquoi autant de mâles que de femelles?



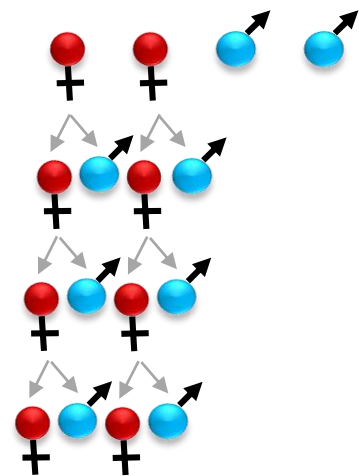


Sex-ratio 3/4



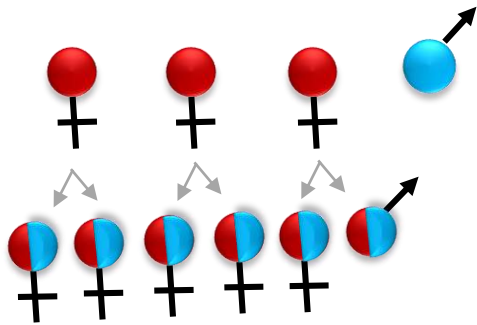
Pourquoi autant de mâles que de femelles?

Sex-ratio 1/2



# Sélection dépendante de la fréquence

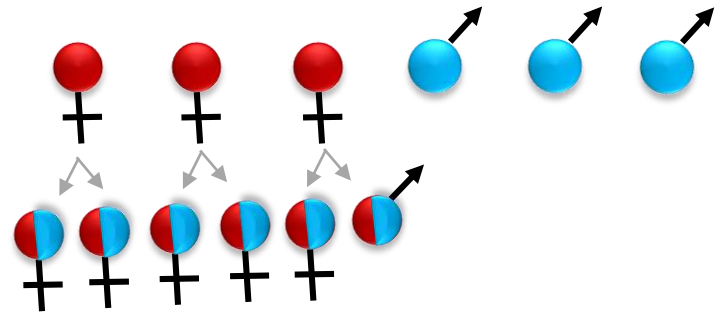
Sex-ratio 3/4



6 enfants par mâle  
2 enfants par femelle



Sex-ratio 1/2



2 enfants par mâle  
2 enfants par femelle

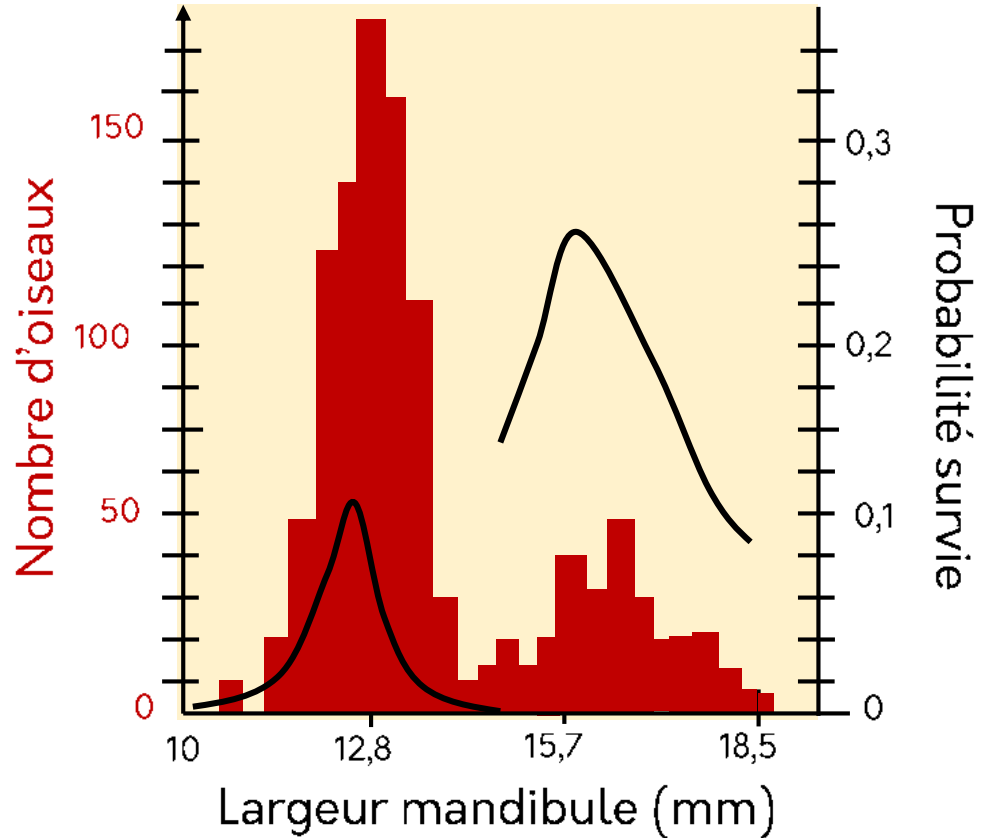


# Maintien du polymorphisme ?

## Sélection disruptive

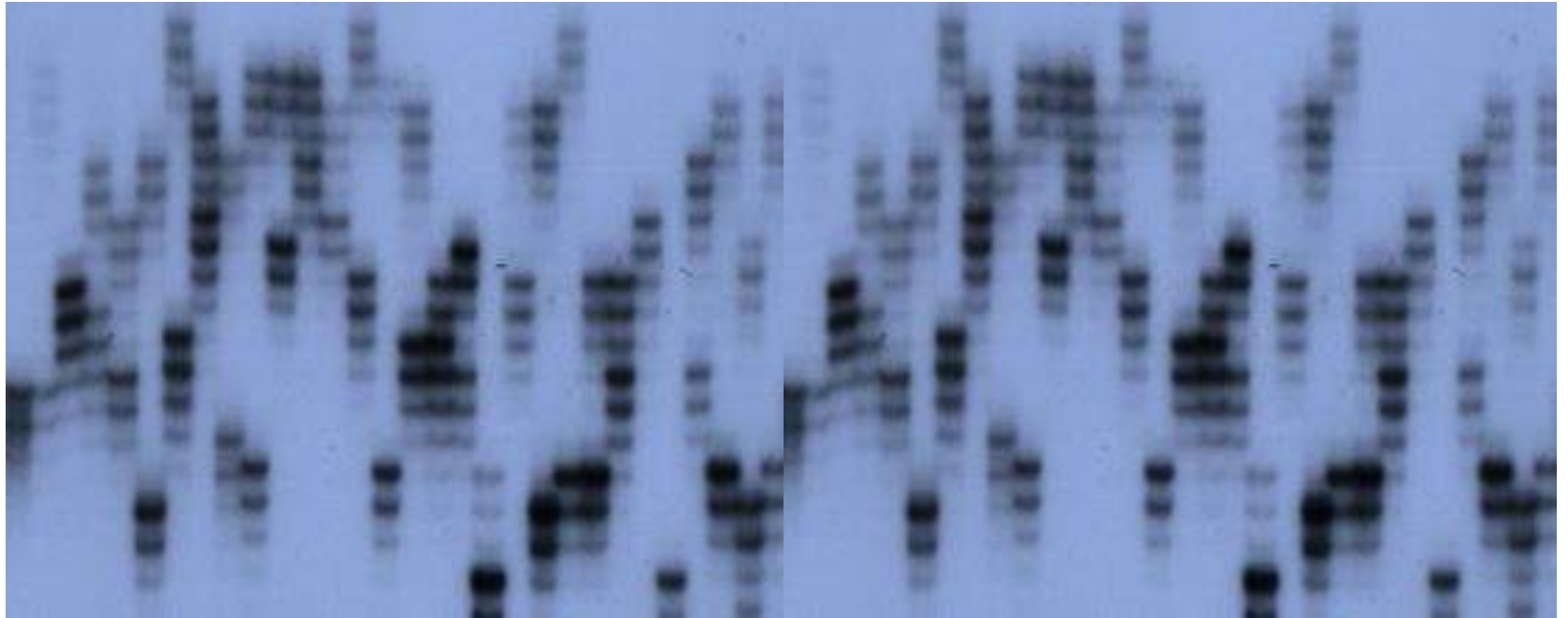


*Pyrenestes ostrinus*



# Maintien du polymorphisme ?

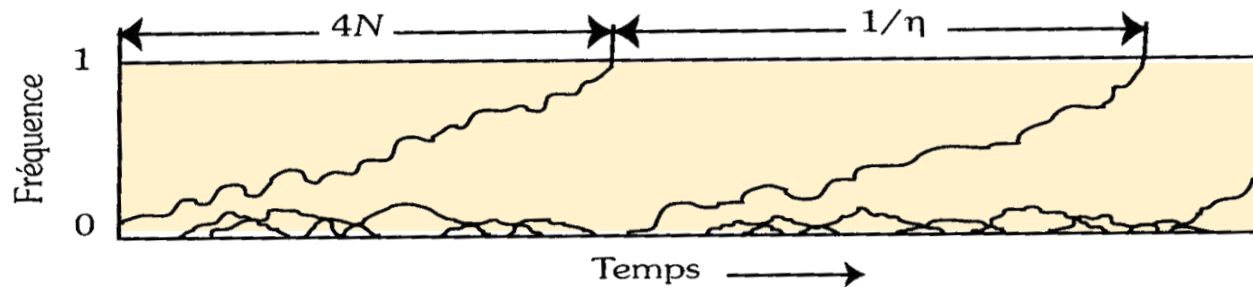
Mais comment maintenir par sélection le polymorphisme énorme révélé par l'ADN?



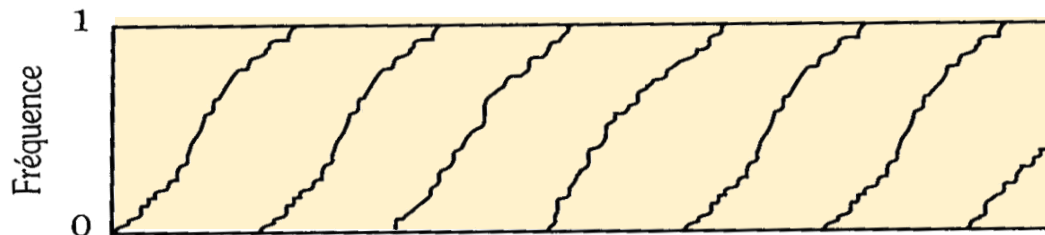
Théorie neutraliste  
Motoo Kimura  
1983



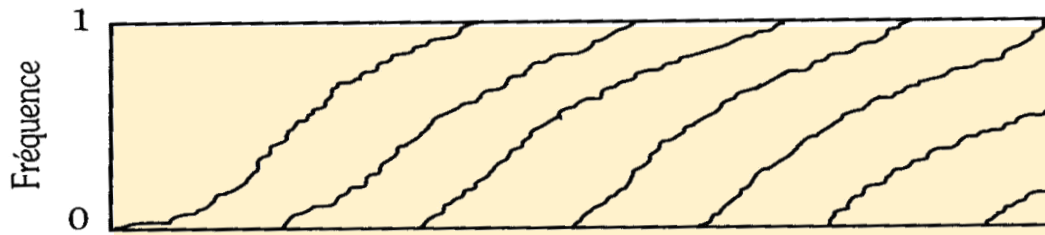
# Polymorphisme transitoire



N petit



N grand

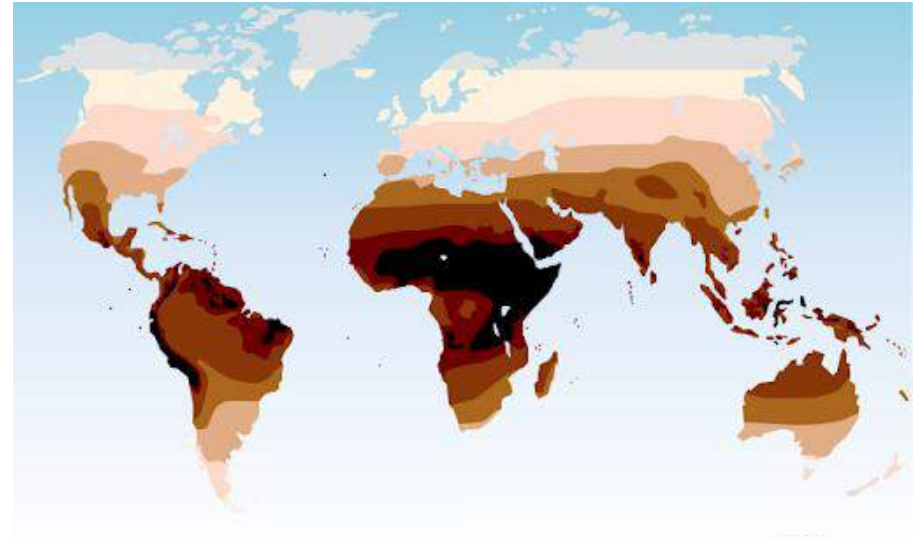


# Neutralité : reconstruire l'histoire des populations en s'affranchissant de la sélection

Histoire démographique humaine  
(marqueurs neutres)



Histoire de la sélection  
couleur de la peau

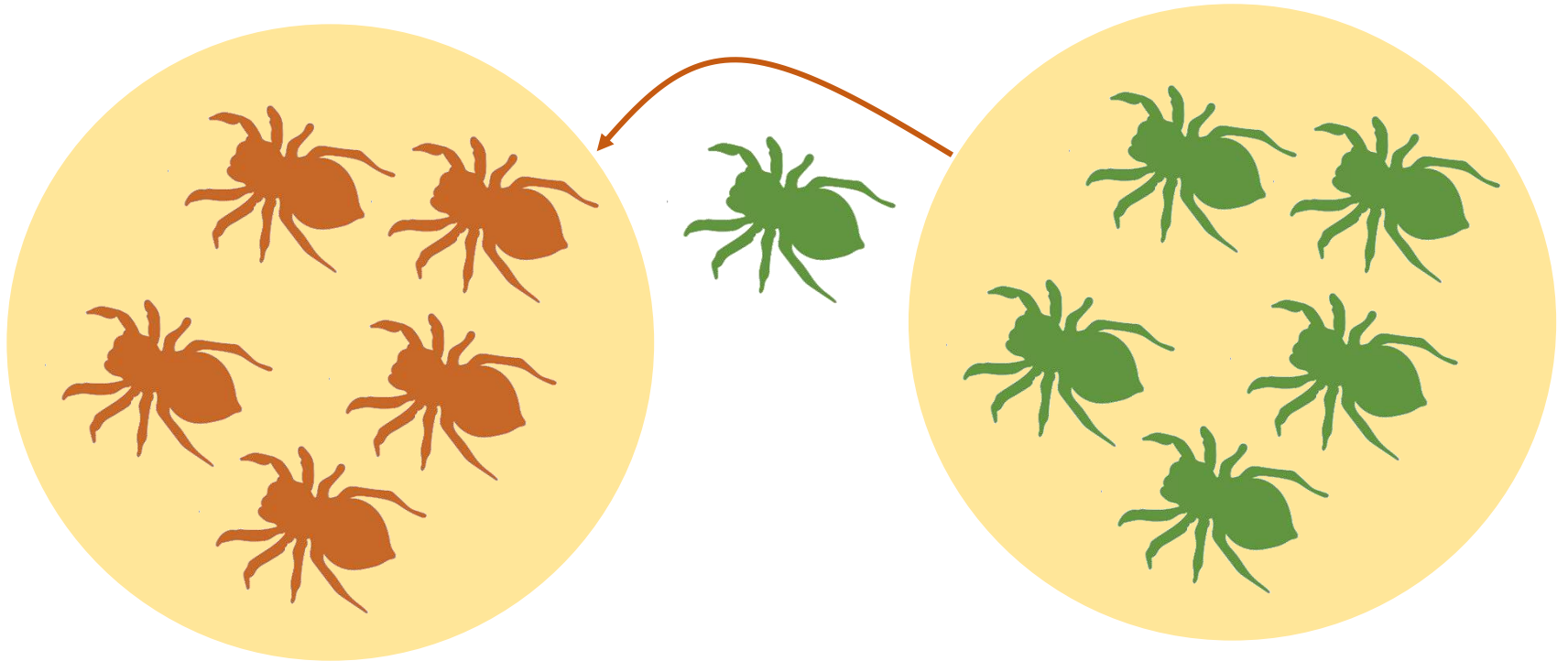


# Forces évolutives

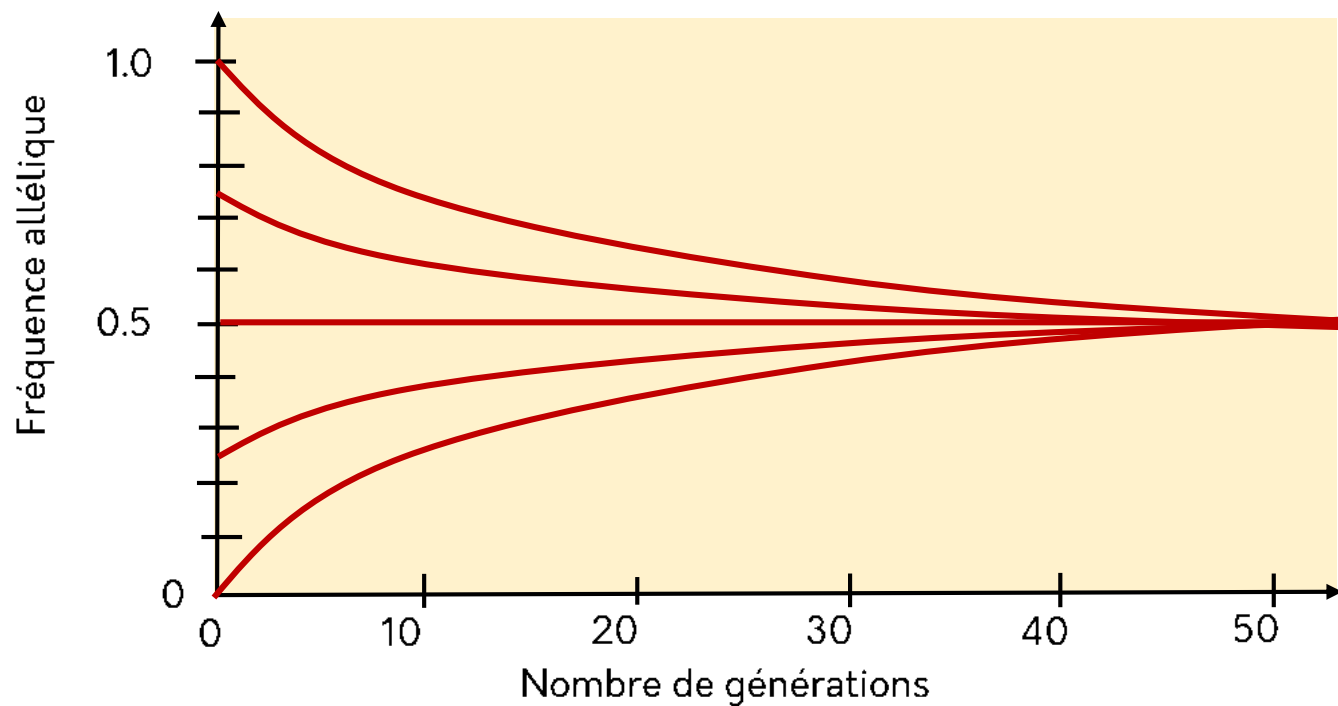


- Mutation
- Sélection
- Dérive
- Migration

# Migration

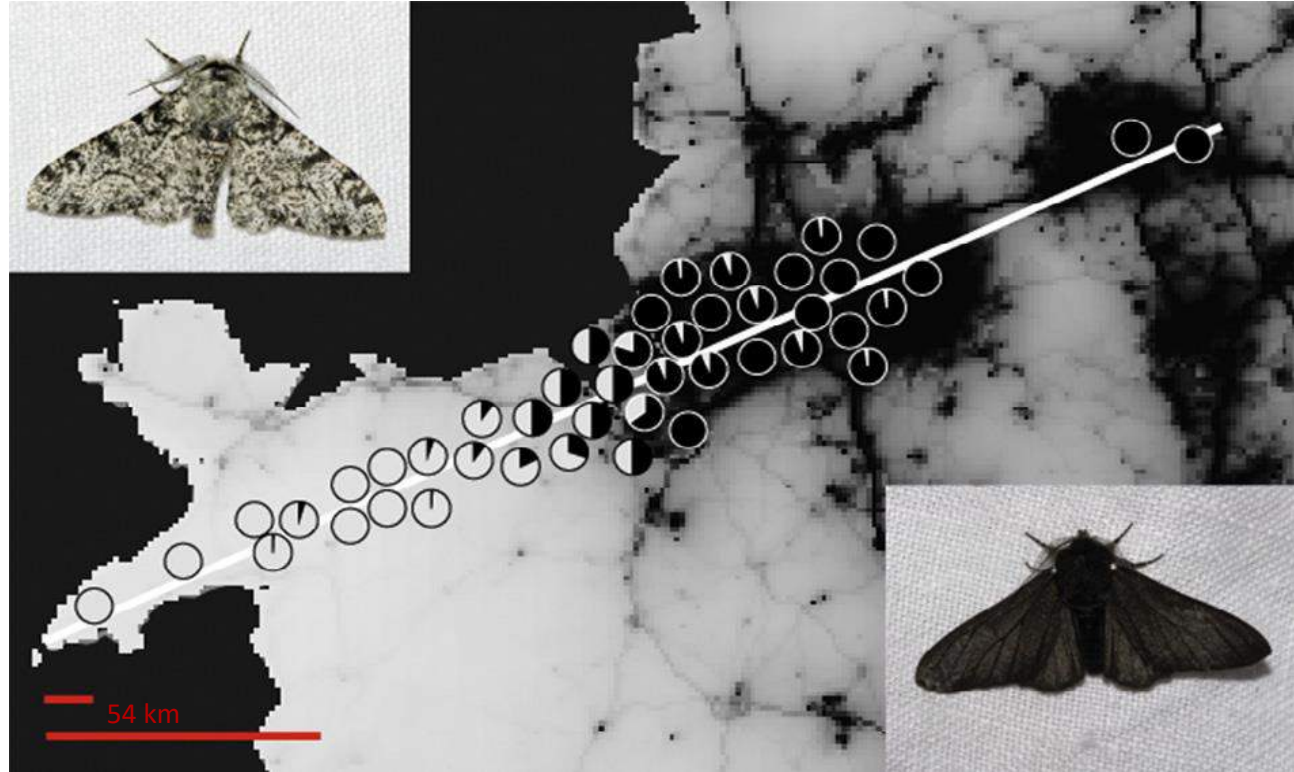


# La migration homogénéise très vite les fréquences alléliques





# Phalène du bouleau: cline de fréquences alléliques reflétant l'équilibre migration-sélection



## La théorie de l'évolution : Histoire, principes et preuves

- Histoire de la théorie
- Preuves de l'évolution
- Les 4 forces évolutives



Evolution des comportements ?  
Pourquoi certaines espèces sont-elles  
capables d'altruisme ?  
Ornements handicapants chez les mâles ?



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —



Fondation  
Jean-François et Marie-Laure  
de Clermont-Tonnerre