

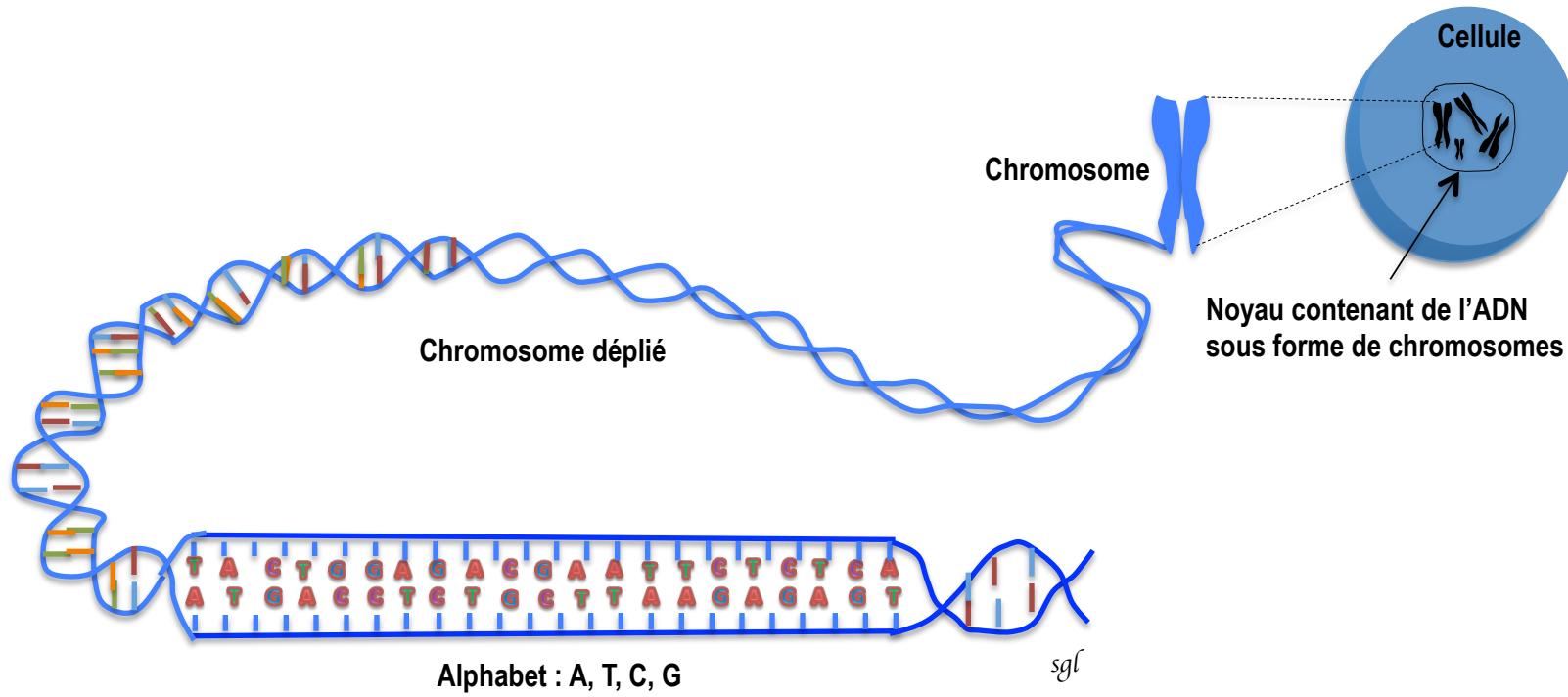
Évolution et Propriétés du Vivant



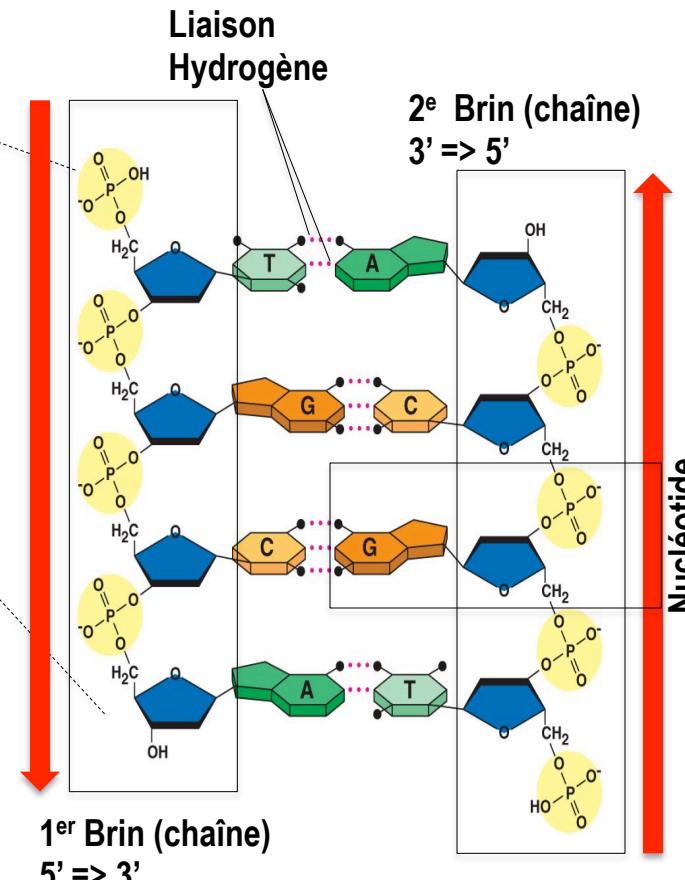
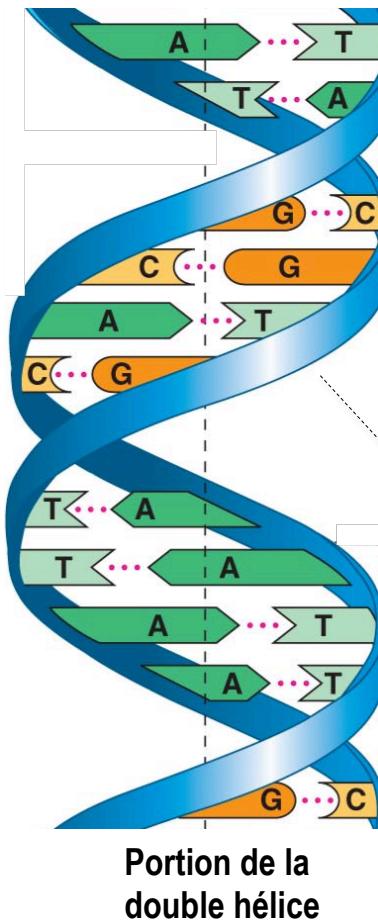
L'ADN : support de la variation génétique

- Une molécule d'ADN se condense en chromosome lors de la division cellulaire (mitose et méiose)
- Structure en double hélice formée de deux chaînes complémentaires et antiparallèles
- Chaque chaîne est une succession de petites molécules, appelées nucléotides ne différant que par leur base azotée
- Nucléotide = Base azotée liée à un sucre, lui même lié à un groupement phosphate ($-PO_4^=$)
- Quatre types de base azotée : Adénine (A), Guanine(G), Cytosine (c), Thymine (T)
- A et T liées par 2 liaisons hydrogène
- G et C liées par 3 liaisons hydrogène

L'ADN : support de la variation génétique



L'ADN : support de la variation génétique



4 types de bases azotées :

- G = Guanine
- C = Cytosine
- A = Adénine
- T = Thymine

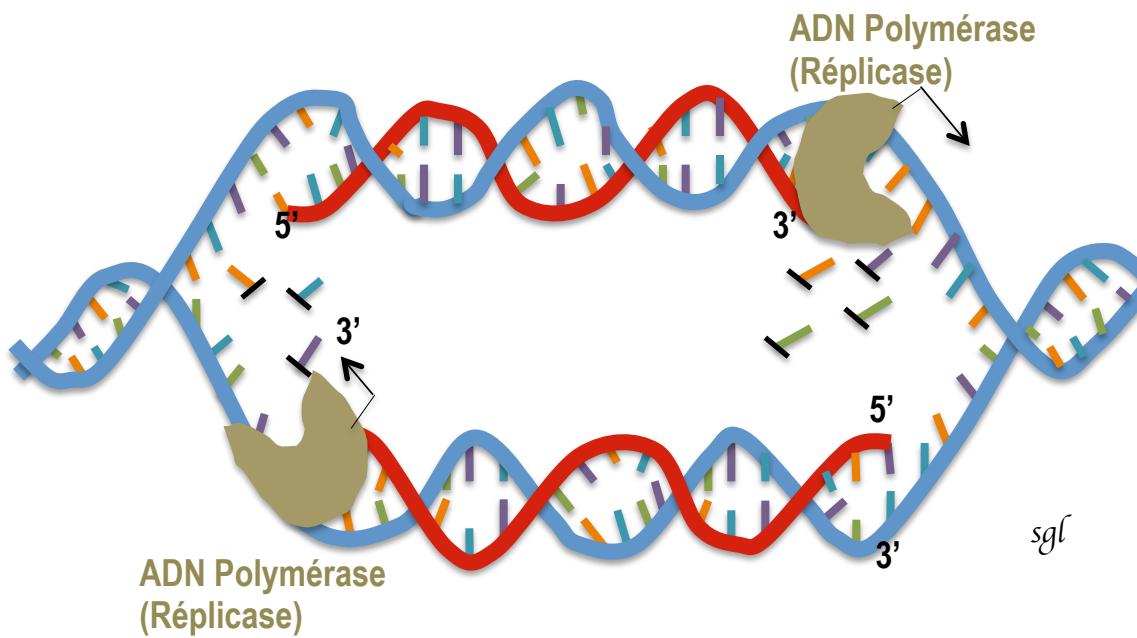
Nucléotide = Base azotée liée à un sucre, lui-même lié à un groupement phosphate ($-PO_4^{=}$)

Modifiée du Campbell & Reece, 2012

Les deux Brins (5' => 3') et (3' => 5') sont antiparallèles

Avantages de la complémentarité des 2 brins

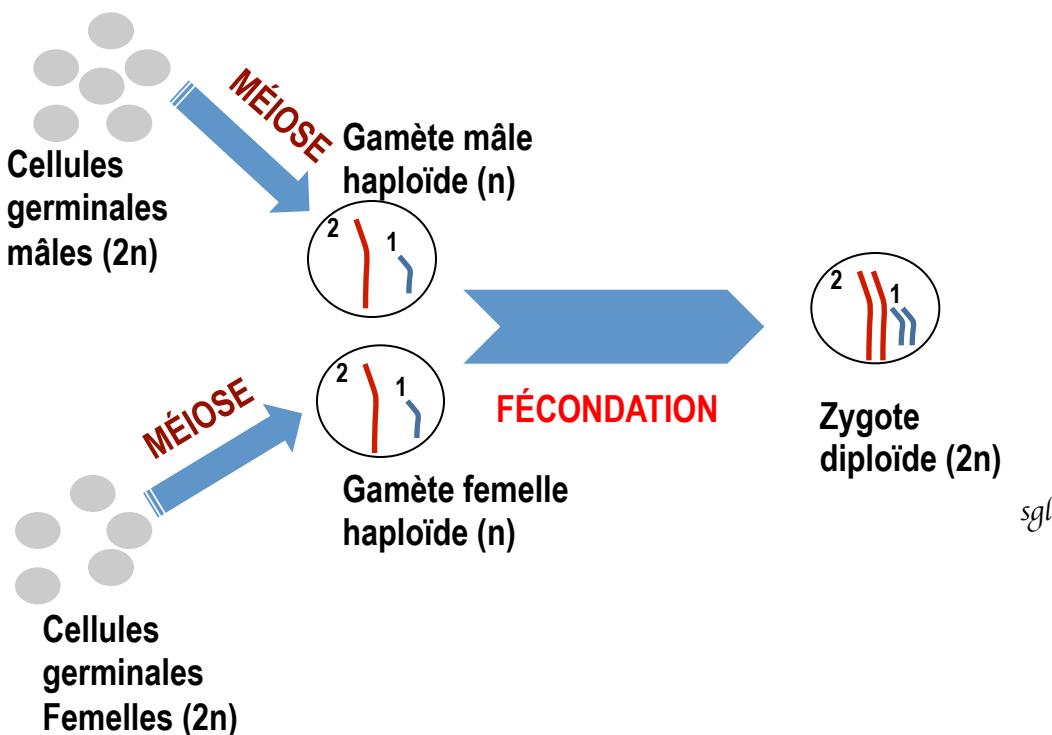
1) RéPLICATION CONFORME d'1 molécule d'ADN mère en 2 molécules d'ADN filles identiques, transmises aux cellules filles après une division cellulaire ou lors de la reproduction sexuée



RéPLICATION CONFORME de l'ADN

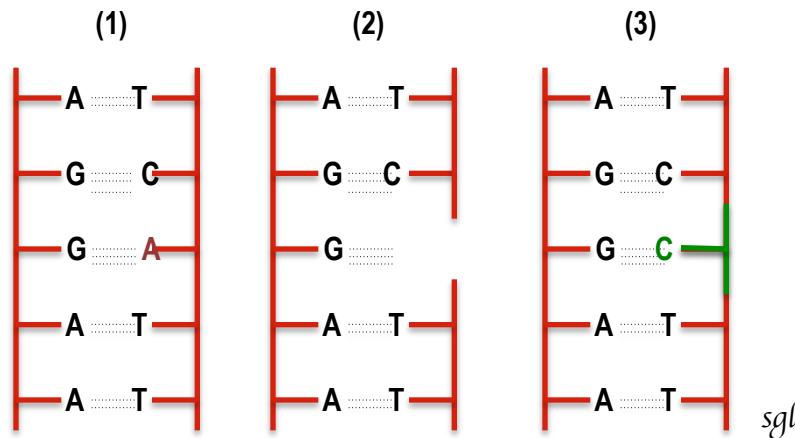
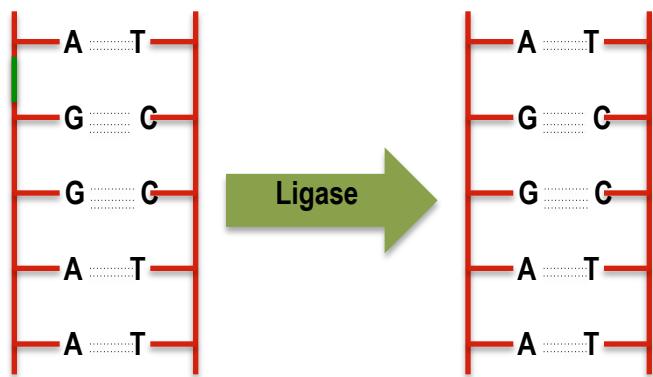
Avantages de la complémentarité des 2 brins

1) RéPLICATION CONFORME d'1 molécule d'ADN mère en 2 molécules d'ADN filles identiques, transmises aux cellules filles après une division cellulaire ou lors de la reproduction sexuée



Avantages de la complémentarité des 2 brins

2) Réparation de l'ADN en cas de dommage sur l'un des 2 brins ainsi que la création de nouvelles molécules d'ADN recombinantes : nouvelles recombinaisons génétiques



Ex.1. Réparation d'une rupture sur un brin :
Peut être causée par des agents mutagènes (RX ou produits chimiques).
Peut être réparée par une **enzyme spécifique** : une **ligase**

Ex.2. Mauvais appariement après la réplication de l'ADN :
La réparation à la manière d'un "correcteur d'orthographe" est réalisé par un groupe de protéines (nucléases) qui peuvent "scanner" l'ADN et détecter les **paires de bases mal appariées**. Le nucléotide incorrect (1) est supprimé (2) puis l'ADN **polymérase** (**enzyme qui agence les nucléotides**) opère un **deuxième passage** et rétablit la séquence correcte (3)

Variants génotypiques et phénotypiques

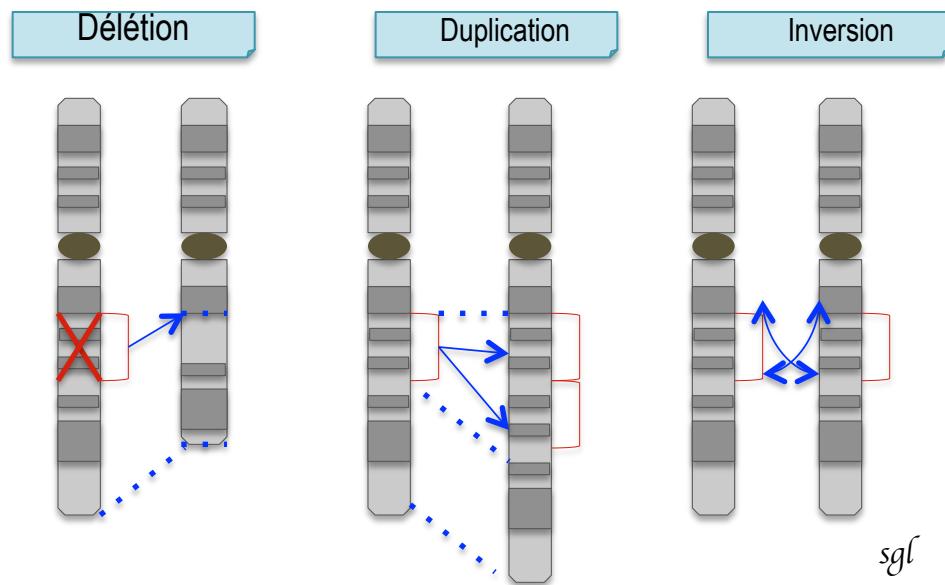
- Le nombre de chromosomes varie selon les espèces :
 - ✓ 1 seul chromosome (circulaire) pour les bactéries et les Archées
 - ✓ 46 pour l'humain (23 chrs maternels et 23 chrs paternels)
 - ✓ 7 chrs pour les petits pois ... etc.
- Au sein d'une cellules les chromosomes ne sont pas les mêmes (voir caryotype) parce-que chacun porte des gènes codant pour des caractères (protéines) différents
- Les chromosomes portent toutes les informations dont un organisme a besoin pour croître, se développer et se reproduire
- Chaque information (protéine) est codée par une portion d'ADN précise: un **gène**
- L'ensemble des gènes d'un individu est appelé **génotype**
- Le **génome** est l'ensemble des gènes plus les séquences d'ADN non codantes
- La composition **allélique** de chaque individu d'une espèce forme son **phénotype**
- Les organismes diploïdes portent toujours deux versions de chaque gène (une version maternelle et une version paternelle) chaque version est appelée **allèle**

Sources de la variabilité : Mutations et recombinations génétiques

- **Mutation** : modification aléatoire d'un nucléotide ou d'une portion de nucléotides soit **spontanément** soit à la suite d'un **agent mutagène** (UV, RX ou une substance chimique)
- délétère, neutre ou bénéfique pour l'organisme
- Ponctuelle ou d'envergure plus importante (élimination ou réarrangement de gènes codants ou non-codants)
- Mutation touchant des cellules somatiques : pas de transmission à la descendance
- Mutation touchant les cellules germinales : transmission à la descendance

Sources de la variabilité : Mutations

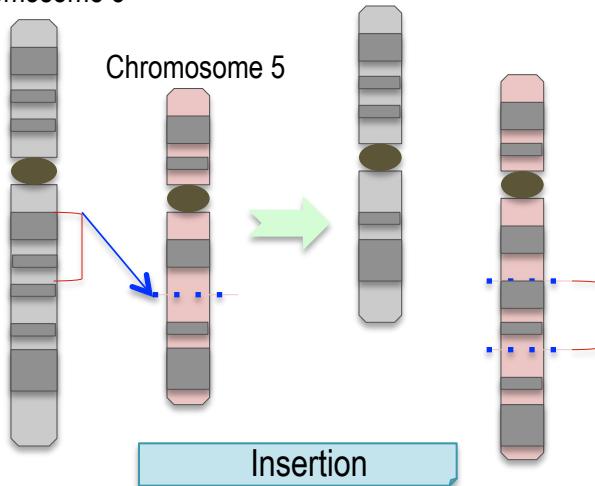
Mutation au sein d'un chromosome



sgl

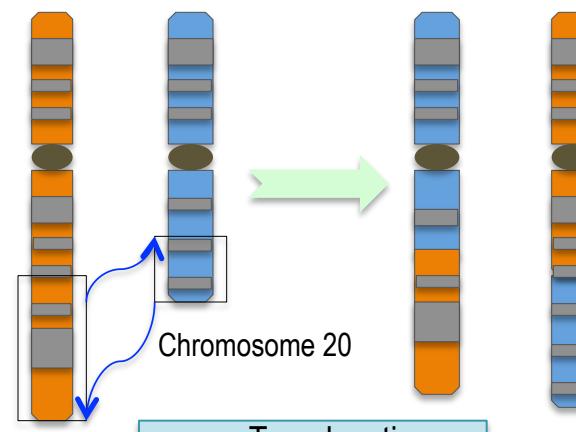
Mutation altérant des chromosomes différents

Chromosome 3



Insertion

Chromosome 7



Translocation

sgl

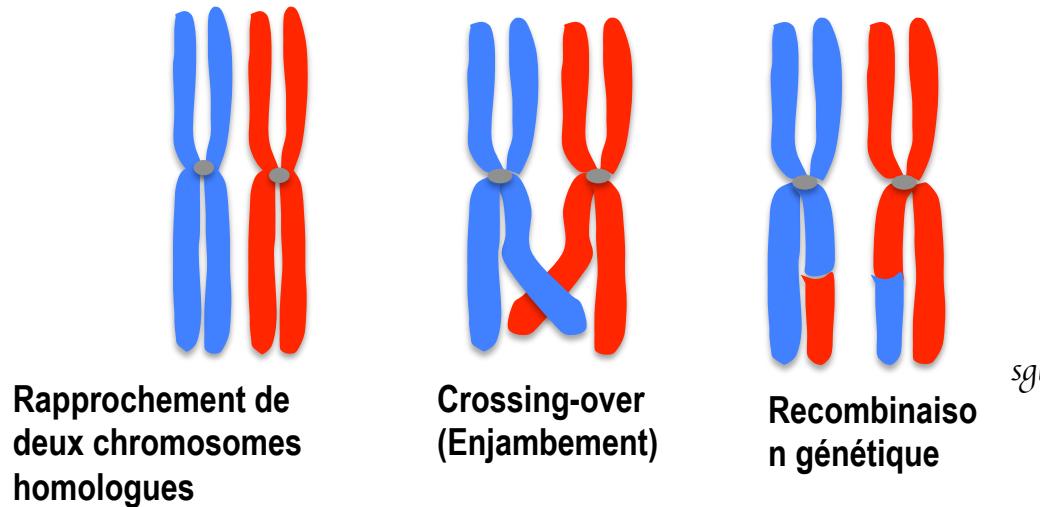
Sources de la variabilité : Mutations spontanées

- Pour transmettre l'information génétique complète et à l'identique, aux deux cellules filles, la cellule mère doit répliquer ses chromosomes
- lors de la réPLICATION d'ADN, l'enzyme (réPLICASE) qui réalISE la réPLICATION effectUE parfois des erreURS pendant qu'elle copIE à l'identIQUE des milliers de nucléotides
- Taux de mutations lors d'une réPLICATION d'ADN est de : 10^{-6} mutations par gène et par division ou génération
- Grâce à des protéines spécifiques, une cellule est capable de réparer ces erreurs, mais parfois la mutation persiste et si la cellule est destinée à donner des gamètes, la mutation est transmise à la descendance

Sources de la variabilité : Recombinaisons génétiques

Deux types de recombinaisons génétiques

1– **Recombinaisons entre deux chromosomes homologues** lors de la méiose (division cellulaire qui aboutit à la formation de gamètes) : le crossing-over se fait au niveau du chiasma



Sources de la variabilité : Recombinaisons génétiques

Deux types de recombinaisons génétiques

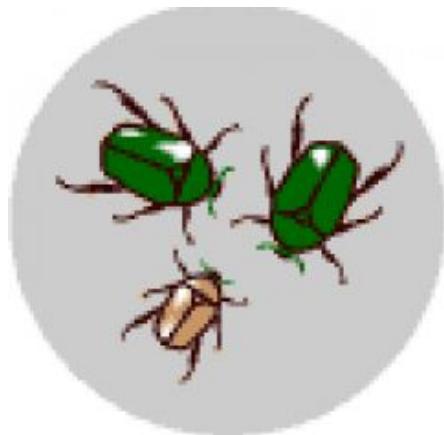
2– Recombinaisons dues aux **éléments transposables** : introduction de fragments d'ADN dans le génome qui peut être délétère, neutre ou bénéfique

Exemples :

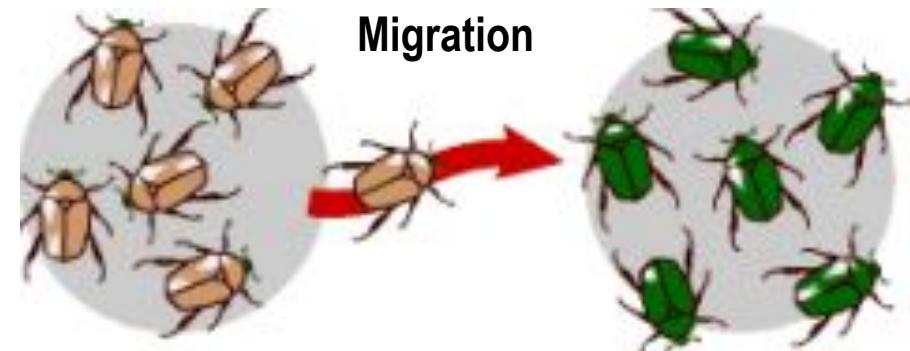
- Conjugaison entre deux bactéries : les bactéries cèdent leurs plasmides de résistance aux antibiotiques à d'autres bactéries de la même espèce ou d'une espèce différente
- Chez l'humain, près de 40% du génome sont constitués d'éléments déplacés dont la plupart datent de millions d'années. Comme par exemple les rétrovirus qui représentent 8% de notre génome (HIV fait partie des rétrovirus)

Mécanisme de l'évolution

Mutation



Migration



Dérive génétique (le hasard)



Sélection naturelle

Speciation : émergence de nouvelles espèces

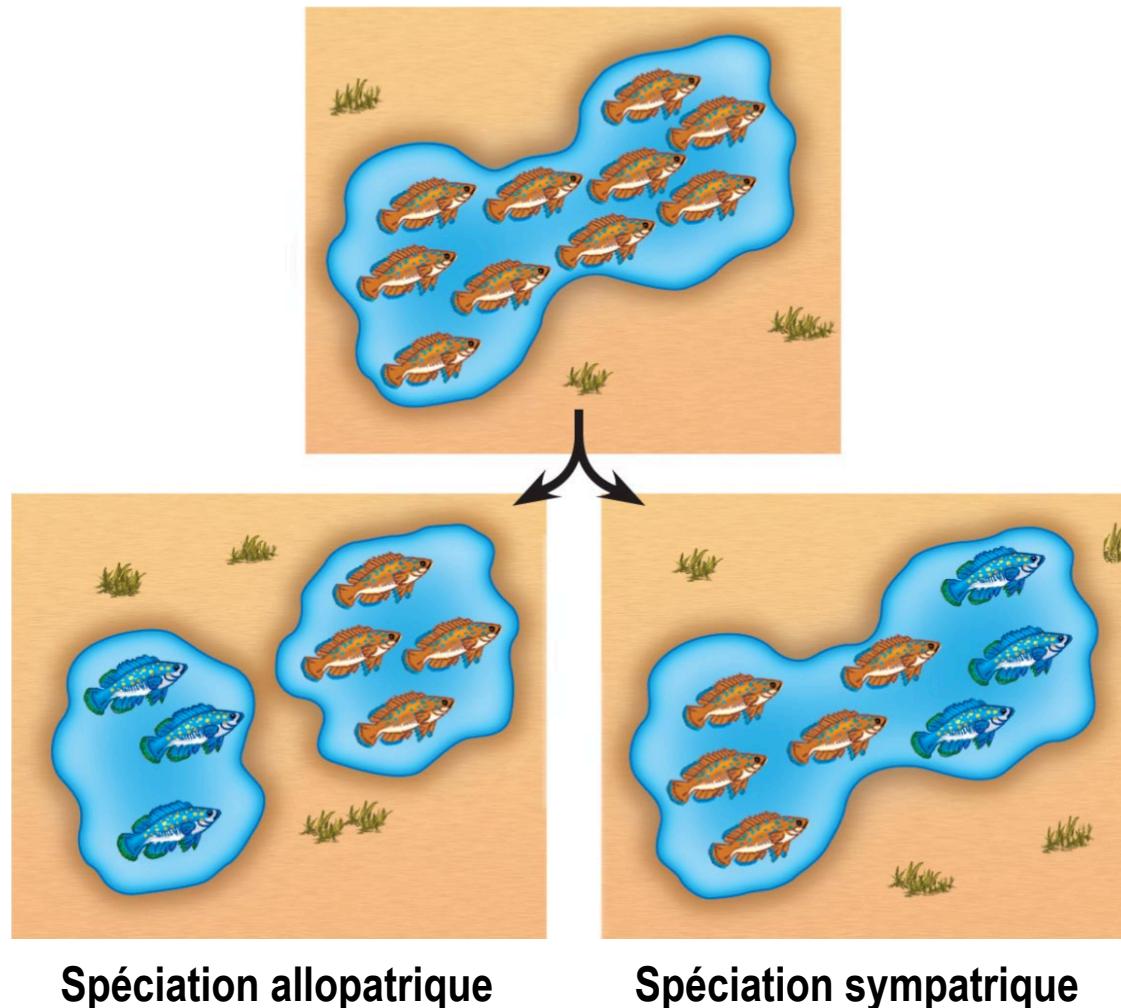
Espèce : population ou ensemble de populations dont les individus peuvent se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et fertile

On caractérise une espèce par sa niche écologique

Critère de base : Isolement reproductif qui peut être due à :

- ✓ répartitions géographiques différentes
- ✓ périodes de fécondation ne tombent pas en même temps
- ✓ Certains mécanismes biologiques empêchent la fertilité de la progéniture

Speciation : émergence de nouvelles espèces



Spéciation allopatrique

Spéciation sympatrique

1^{er} exemple de spéciation allopatrique



Écureuil-antilope *Harris*



Écureuil-antilope à queue blanche



2^e exemple de speciation allopatrique : les pinsons de Darwin

Campbell & Reece, 2012



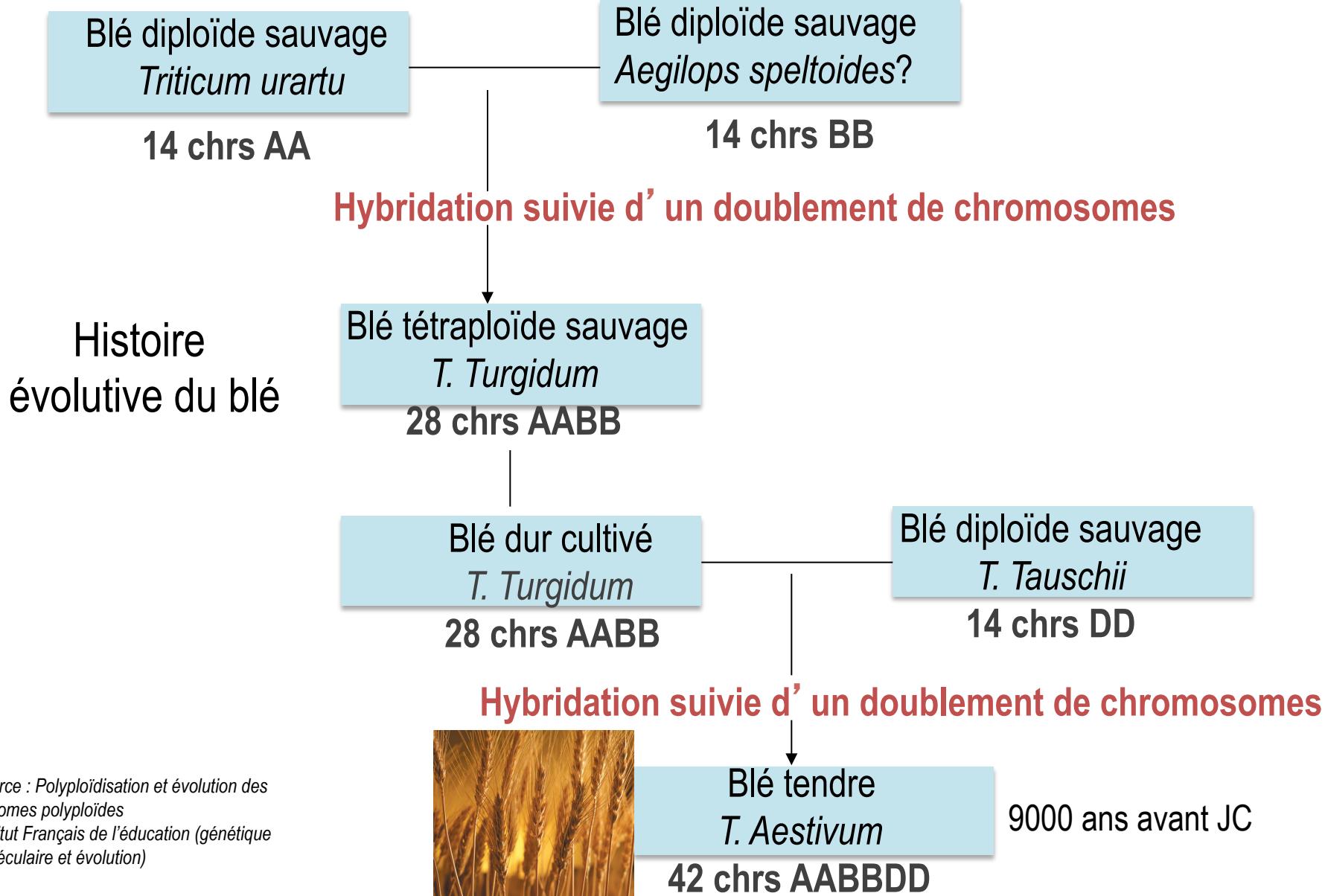
Mangeur de cactus : bec effilé



Mangeur de graines : gros bec

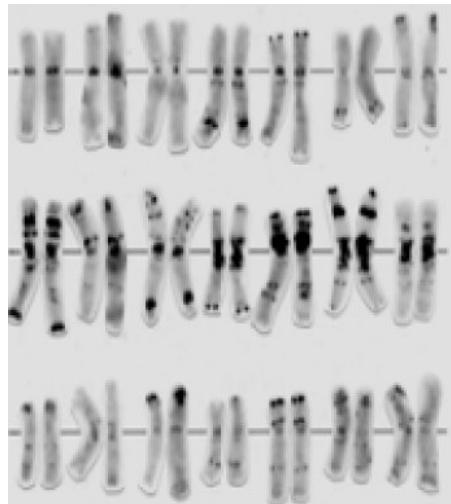
Mangeur d'insectes : bec étroit et pointu

Speciation sympatrique : cas de la polyplioïdie

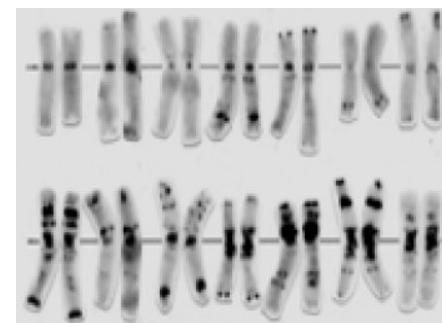


Speciation sympatrique : cas de la polyplioïdie

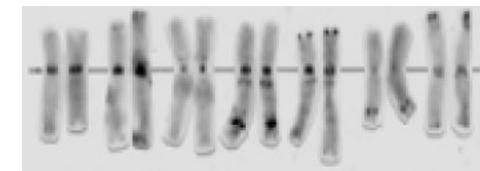
- **Polyplioïdie** : multiplication par un nombre entier du nombre de chromosomes caractéristiques de l'espèce chez un individu ou dans une population
- Rare chez les Animaux
- Fréquente chez les Végétaux : 30 à 70%. Exemple des graminées du genre *Triticum* (blé)



Triticum monococcum



Triticum turgidum



Triticum aestivum

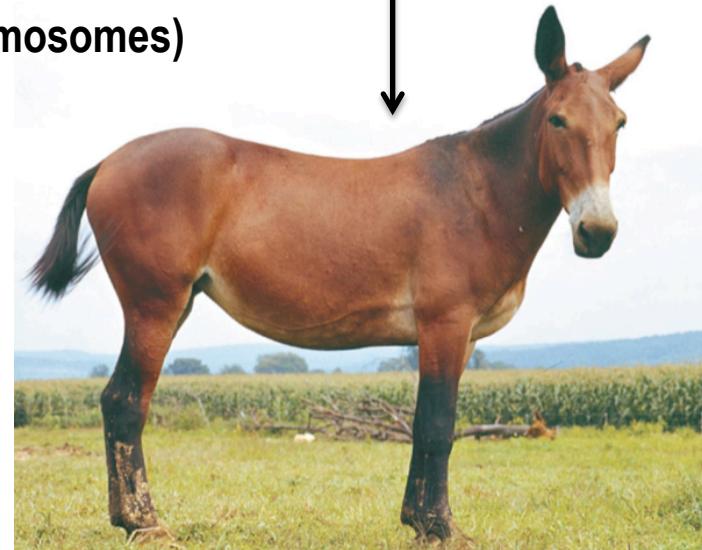
Fécondité réduite des hybrides



Un âne (62 Chromosomes)



Une jument (64 Chromosomes)



Mulet : hybride stérile
(63 Chromosomes)

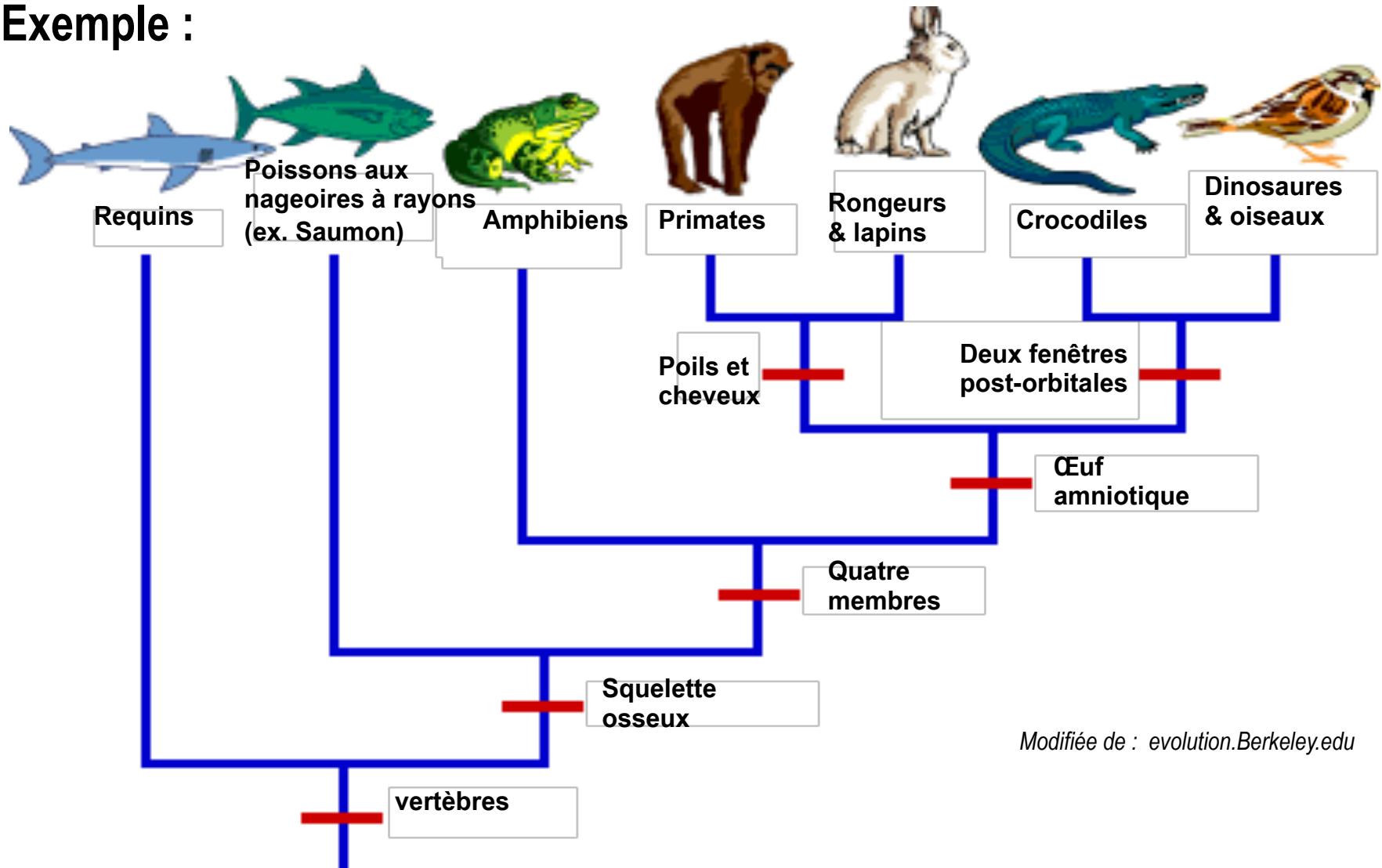
Descendance avec modofication

La descendance des espèces peut être représenté par un arbre phylogénétique en se basant sur les comparaisons génétiques et biochimiques et sur des **critères de caractères partagés** :

- Les caractères partagés dérivés : les homologies anatomique et homologie moléculaire (ADN, ARN)
- Les caractères partagés primitifs : archives géologiques, les fossiles

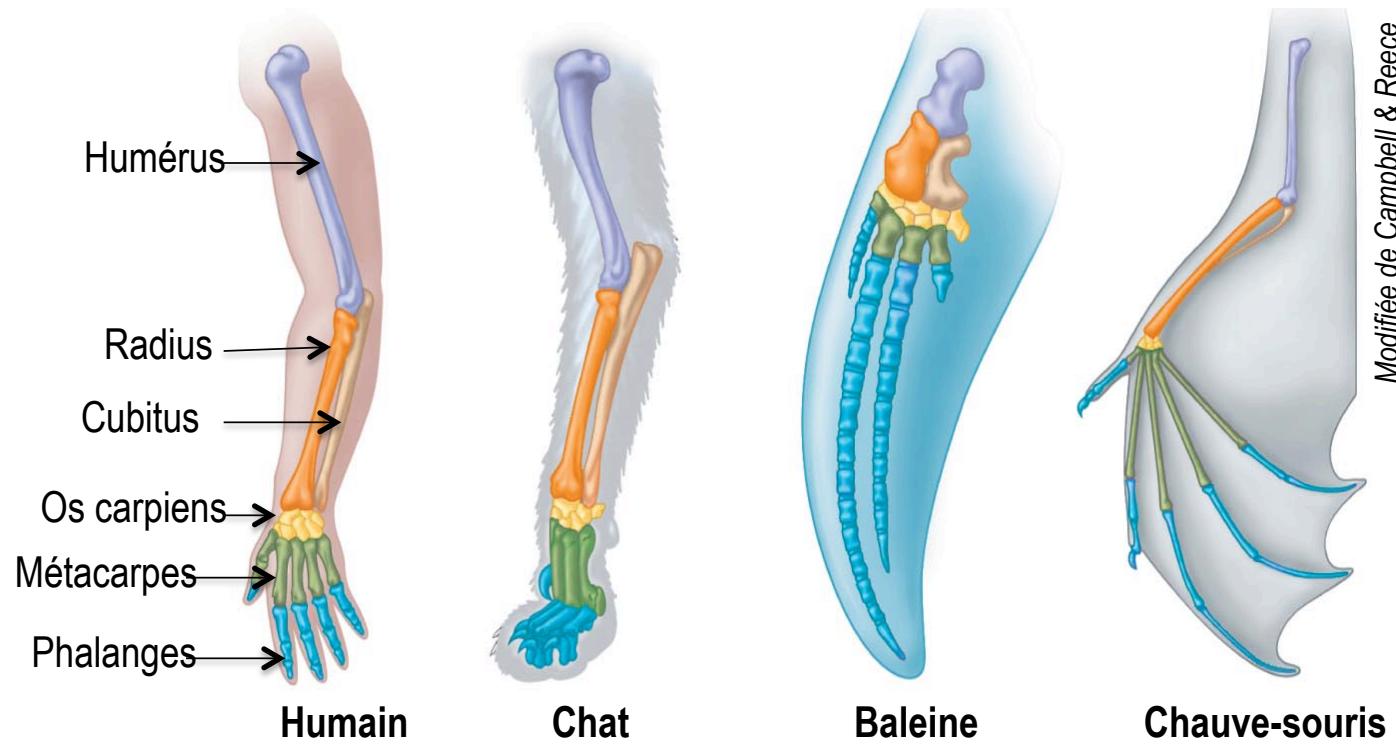
Exemple de l'arbre phylogénétique des Vertébrés

Exemple :



Modifiée de : evolution.Berkeley.edu

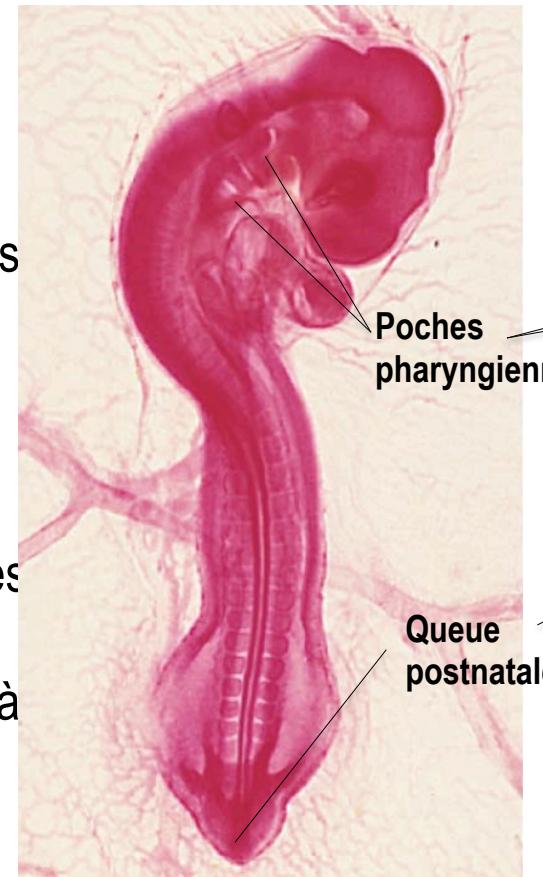
Descendance avec modification : Homologie



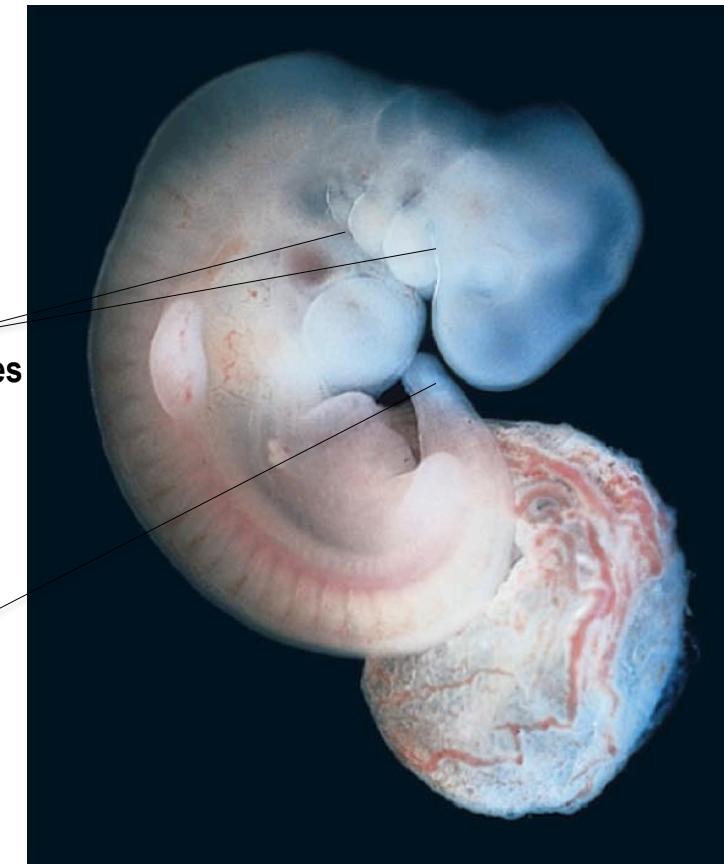
Caractères partagés dérivés

Descendance avec modofication : embryologie comparative

- Les 1^{ers} stades du développement embryonnaire révèlent des homologies anatomiques non observables chez l'adulte.
- Ex. tous les embryons des Vertébrés ont des sacs branchiaux et une queue à certains stades de leur développement



Embryon de poulet

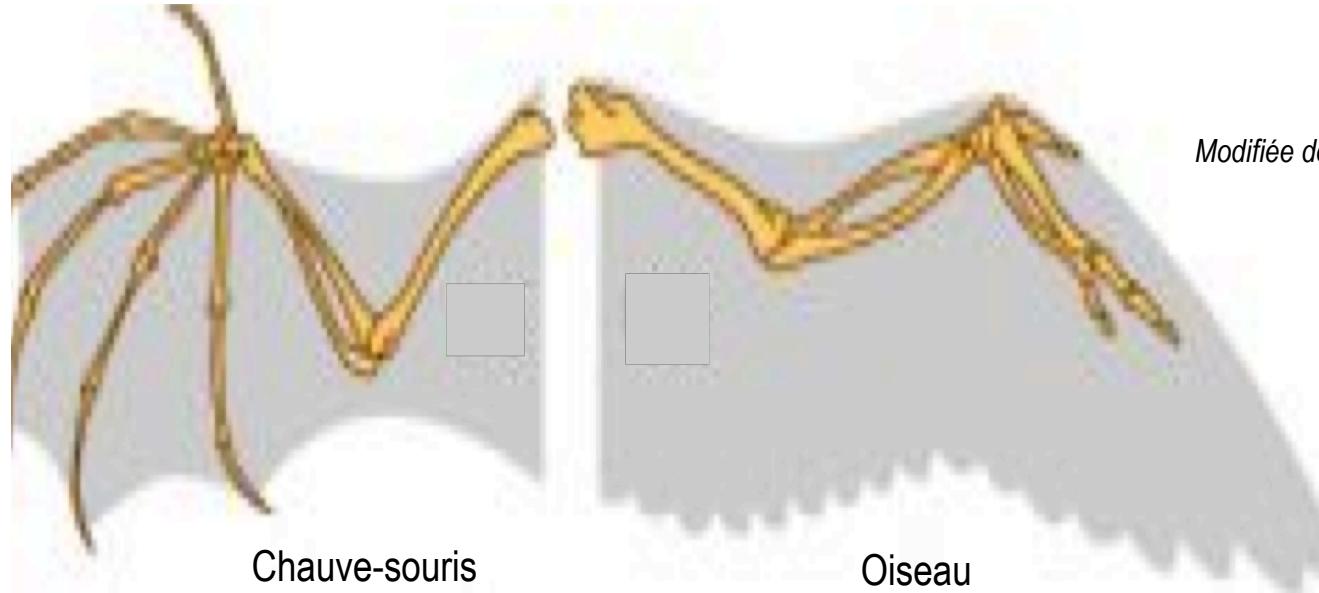


Embryon humain

Similitudes qui peuvent s'expliquer par le fait que les Vertébrés possèdent un ancêtre commun

Homologie vs Analogie

Ne pas confondre homologie et analogie !



Homologie : est le résultat d'une ascendance commune donnant lieu à des caractères similaires dérivés d'un ancêtre commun

Analogie : est le résultat d'une évolution convergente de caractères morphologiques similaires (les effets du changement du milieu et de la sélection naturelle produisent des adaptations similaires sur des espèces de différentes lignées)

Homologie vs Analogie

Autre exemple d'analogie



Taupe marsupiale d'Australie



Taupe euthérienne d'Amérique du Nord

Modifiée de Campbell & Reece

Les archives géologiques permettent de distinguer entre homologie et analogie

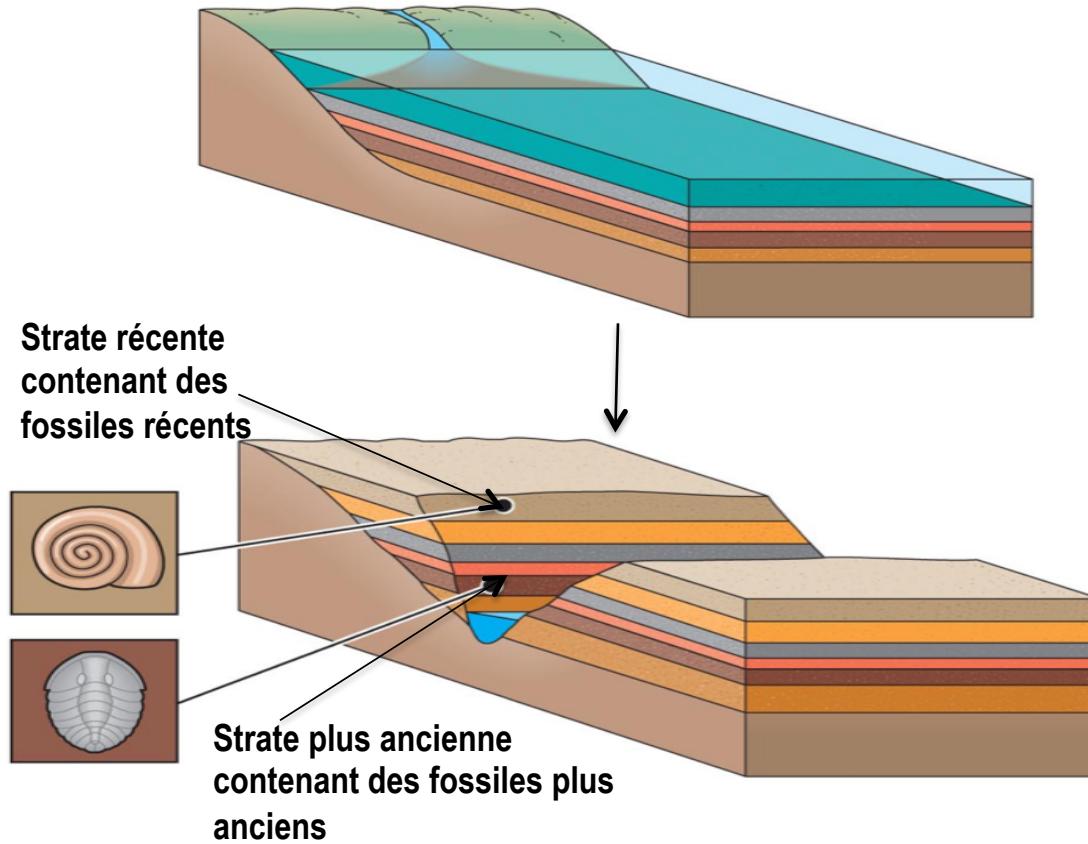
On distingue l'homologie de l'analogie en comparant :

- les traces fossiles et biogéographie
- les séquences d'ADN, d'ARN et de protéines

La biogéographie indique la distribution des espèces dans l'espace :

- les espèces étroitement apparentées ont tendance à occuper la même niche écologique
- des niches écologiques similaires de régions distantes sont occupées par des espèces très différentes (bien que parfois semblables)

Biogéographie et formation des strates



- Les archives géologiques correspondent à l'ordre des fossiles dans les strates
- Les strates se forment par le processus de sédimentation (les cours d'eau chargés de particules d'érosion, les emportent jusqu' dans les marais, lacs et océans où ils se déposent au fond, en même temps que les organismes morts)
- Durant des millions d'années les dépôts s'accumulent et compriment les sédiments inférieurs, les transformant en couches appelées strates

Lorsque le niveau de la mer change et les planchers océaniques sont poussés vers le haut, les roches sédimentaires sont exposées révélant par l'effet de l'érosion les strates et les fossiles

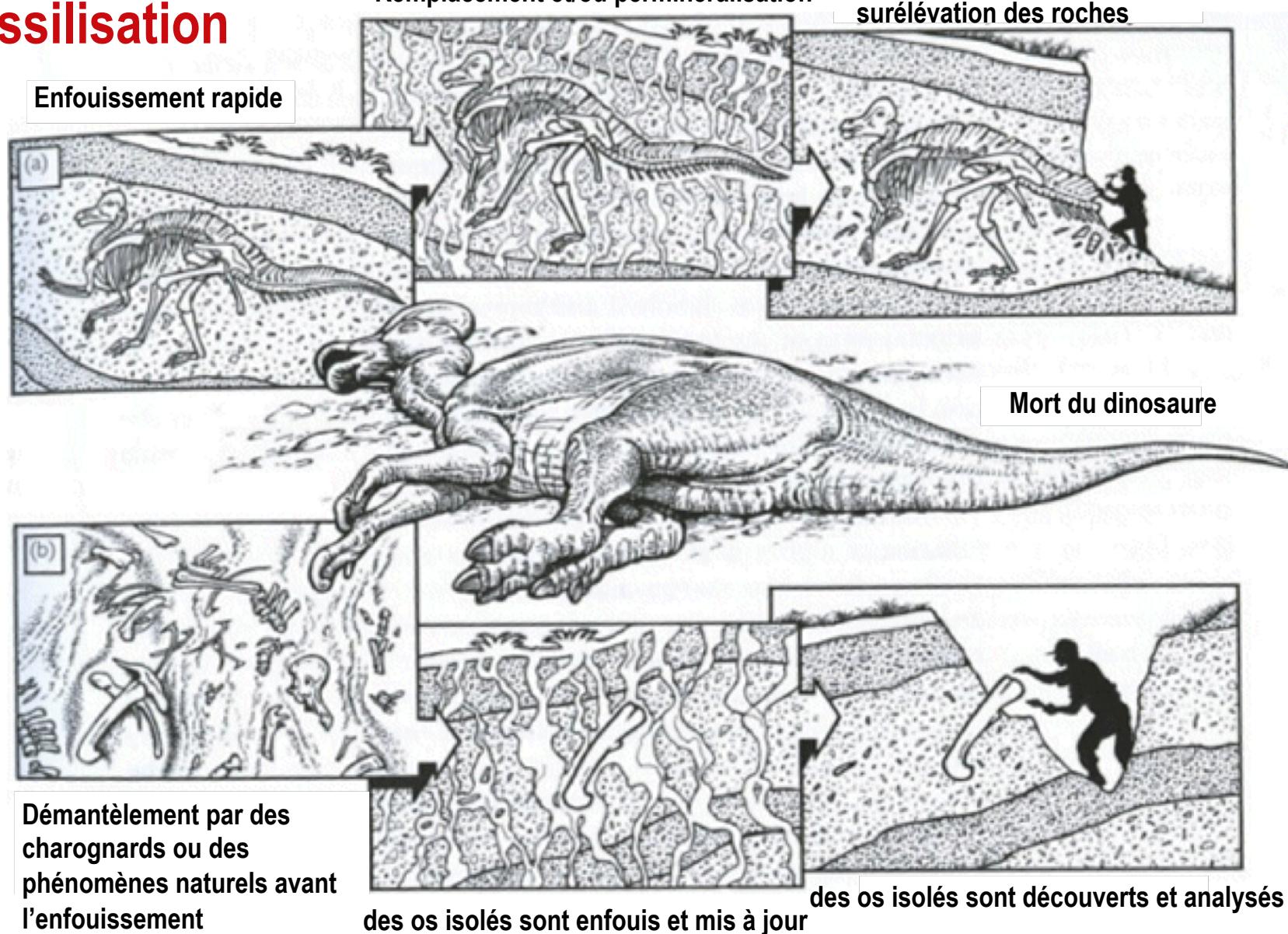
Biogéographie et formation des strates

Paléontologie stratigraphique



- Les sédiments stratigraphiques montrent l'âge relatif des fossiles
- L'âge absolu des fossiles peut être déterminé par radio-chronologie
- La radio-chronologie reposent sur l'utilisation des isotopes radioactifs, c'est-à-dire la désintégration d'un élément chimique en fonction du temps

Mécanismes de fossilisation



Mécanismes de fossilisation

- La fossilisation débute avec la décomposition et la disparition des tissus mous par oxydation ou putréfaction, de telle sorte qu'on ne retrouve finalement que des dents, des écailles, des os, des carapaces ou des coquilles
- Dans de rares cas, les parties molles sont également conservées: mammouths congelés dans les glaces de Sibérie ou rhinocéros momifiés dans les asphaltes*
- Des animaux entiers, telles fourmis, mouches ou araignées peuvent être inclus dans de la résine fossilisée (ambre)

*Asphalte : Mélange noirâtre naturel de calcaire, de silice et de bitume se ramollissant entre 50 et 100 °C

Après ce cours vous devriez être capable de :

- 1) décrire le support de la variabilité
- 2) Différencier entre les termes : chromosome, ADN, gène, génome, génotype, phénotype et allèle
- 3) Définir les mutations et les recombinaisons génétiques
- 4) Différencier les effets des mutations et ceux des recombinaisons génétiques
- 5) Différencier les recombinaisons génétiques par méiose et celles dues aux éléments transposables
- 6) Définir l'espèce et connaître le critère clé pour former une espèce
- 7) Donner des exemples de spéciation due aux barrières géographiques et polyploïdie

Après ce cours vous devriez être capable de :

- 8) Connaître les outils pour construire un arbre phylogénétique
- 9) Définir et différencier entre homologie et analogie
- 10) Donner des exemples de caractères partagés dérivée et de caractères partagés primitif ou ancestral
- 11) Décrire la formation des strates