

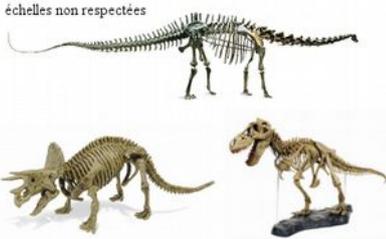
# CHAPITRE 2 GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

L'observation des fossiles met en évidence un grand nombre d'êtres vivants disparus qui ont évolué au cours du temps .

## 2.1 Pour mémoire, des arguments en faveur de l'idée d'évolution

### Observations paléontologiques

Des êtres vivants disparus

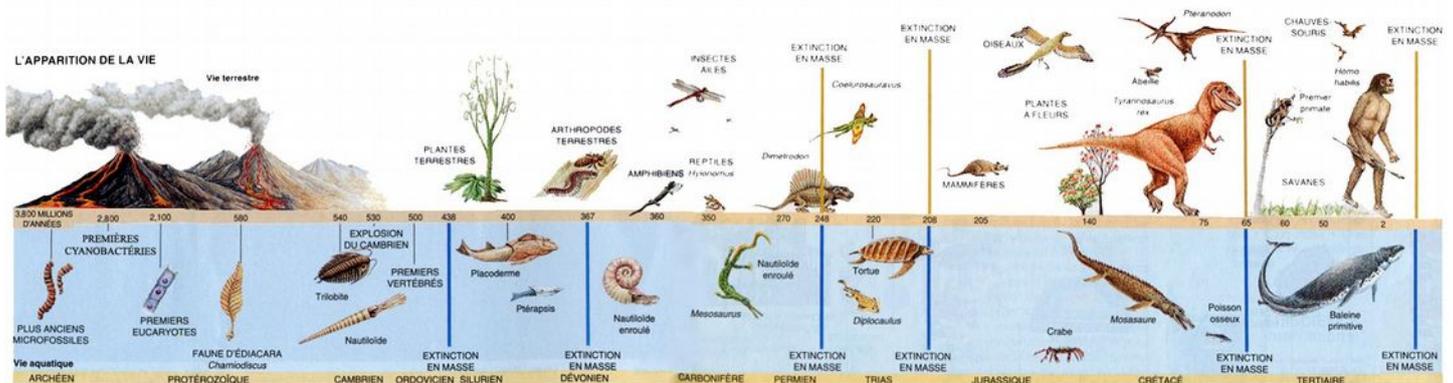


**Fossiles de Dinosaures**

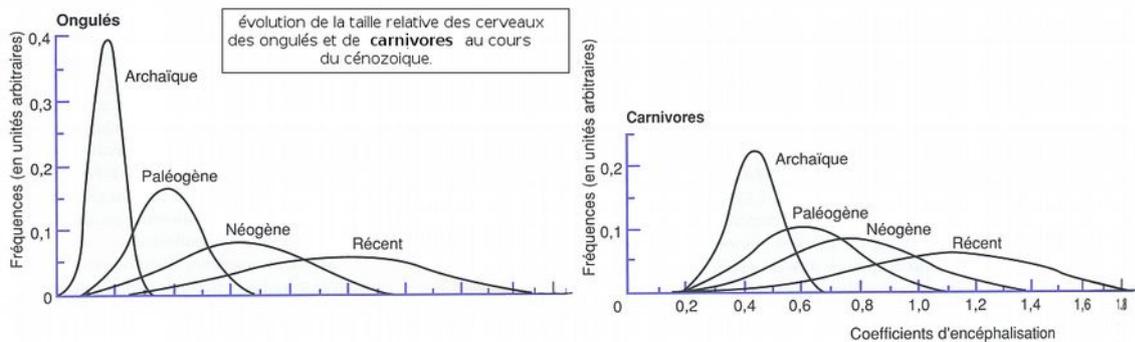
Des êtres vivants changeants



**Exemples de Proboscidiens**



**Complexité croissante des êtres vivants au cours de l'histoire de la Terre**



**Évolution de l'indice cérébral (taille du cerveau par rapport au corps) au cours de l'ère tertiaire**

### Observations actuelles

L'évolution des être vivants est attestée également par l'étude des populations actuelles comme le lézard *Podarcis sicula* dont une population a été isolée sur un petit îlot situé au large de la Croatie entre 1971 et 2004. En 2004. La nouvelle population présente des lézards plus gros, à mâchoires plus imposantes, aux pattes plus petites et possédant une valve dans l'estomac inexistante dans l'espèce d'origine... Leur mode de vie et de comportement est également modifié : ils ont perdu en vélocité, défendent moins leur territoire et surtout sont devenus majoritairement herbivores !



Les arguments paléontologiques ont amené à développer l'idée d'évolution dans les pays occidentaux dès la Révolution française. Une recherche de mécanismes possibles expliquant en particulier la complexité croissante des organisations observées a abouti en particulier aux mécanismes évoqués dans la suite du cours, éléments de la théorie de l'évolution.

## 2.2 Les mécanismes de l'évolution (hors production de diversité).

La comparaison de populations, d'espèces ou de groupes variés montre une grande **diversité**: différence de résistance au milieu, d'accès à la nourriture, de potentiel reproducteur ... .

Ces différences peuvent, selon les conditions de milieu, favoriser certains d'entre eux ce qui conduit à une **survie différentielle** des individus (certains individus survivent mieux que les autres) ce qui aboutit à une **reproduction différentielle** (certains individus se reproduisent plus que les autres) d'où une évolution du groupe d'êtres vivants concerné.

### 2.2.1 Évolution par une pression de sélection négative du milieu sur certains individus

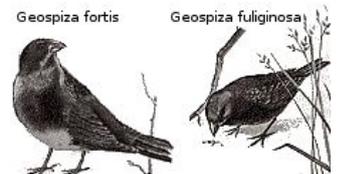
#### 2.2.1.1 Évolution et prédation

Le milieu de vie peut exercer une pression négative (directe) sur certains êtres vivants. Ainsi en est il pour les différents **phénotypes** de la phalène du bouleau (noires ou blanches) sous la pression de la **prédation** et selon la pollution de leur milieu. En période de pollution, les troncs d'arbres sont noirs, les phalènes blanches subissent une prédation forte par les oiseaux d'où le développement de populations de phalènes noires (et inversement en période sans pollution).



#### 2.2.1.2 Évolution et concurrence (pression indirecte du milieu)

La **concurrence** à l'intérieur de l'espèce ou entre espèces, par exemple pour une même ressource alimentaire, peut également conduire à une pression sélective négative (indirecte). Ainsi pour le caractère phénotypique « taille du bec » de certains pinsons des îles Galapagos.



En raison de la concurrence entre les différents pinsons pour la même nourriture (les graines), des types d'individus différents ont été sélectionnés sur chaque île selon les caractéristiques de leur bec et les graines disponibles.

### 2.2.2 Évolution par une pression de sélection positive du milieu sur certains individus

#### 2.2.2.1 Coopération et évolution

Des mécanismes de **coopération** existent à l'intérieur des espèces. Pour ne prendre que cet exemple, l'espèce humaine, compte tenu de la fragilité de ses individus, n'aurait certainement pas pu avoir le développement qu'elle a eu sans les mécanismes de coopération intraspécifiques.

Des mécanismes de coopération ont également lieu entre espèces différentes, on parle de symbiose (exemple de la coopération abeille/fleurs ayant conduit à une **coévolution**).



#### 2.2.2.2 Sélection sexuelle et évolution

Certaines différences entre mâles et femelles favorisent la reproduction de certains individus: couleurs et chants de nombreux oiseaux mâles, motifs sur le pelage de certains mammifères ...

Ce mécanisme de **sélection sexuelle** aboutit donc de fait à une évolution de la population.



### 2.2.3 Évolution par l'intervention du hasard

Le **hasard** peut également conduire à une modification de la diversité génétique des populations au cours du temps, on parle de **dérive génétique**.

#### 2.2.3.1 Isolement d'une population

Les populations isolées ne se reproduisent plus entre elles et continuent à accumuler des différences dues à des mutations qui ont lieu au **hasard**. L'accumulation de ces mutations peut rendre les 2 populations assez différentes pour qu'elles ne soient génétiquement plus capables de se reproduire (isolement reproducteur). 2 espèces sont alors définitivement formées.

L'**isolement** de départ peut être géographique (mer, montagne, glaciers...), comportemental (chants différents) ... .



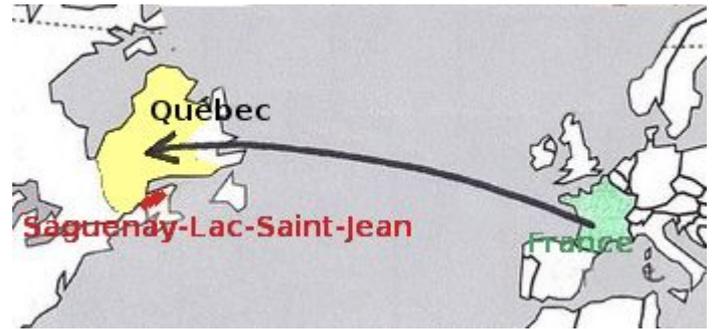
Ainsi, selon la **définition biologique de l'espèce** (définition classique), la population de lions indiens (*Panthera leo persica*) ressemble phénotypiquement et est interféconde avec les lions africains (*Panthera leo leo*). *Panthera leo persica* et *Panthera leo leo* peuvent donc être considérés comme appartenant à la même espèce.

Mais, les 2 groupes sont totalement isolés géographiquement et ne peuvent donc plus se reproduire entre eux, Il n'y a donc plus d'échanges génétiques entre les 2 populations. Selon cette **définition génétique de l'espèce**, *Panthera leo persica* peut être considérée comme une espèce à part entière dans la mesure où elle se trouve génétiquement isolée (elle ne se croise plus avec la population

Africaine du fait de leur isolement géographique).

### 2.2.3.2 Effet fondateur

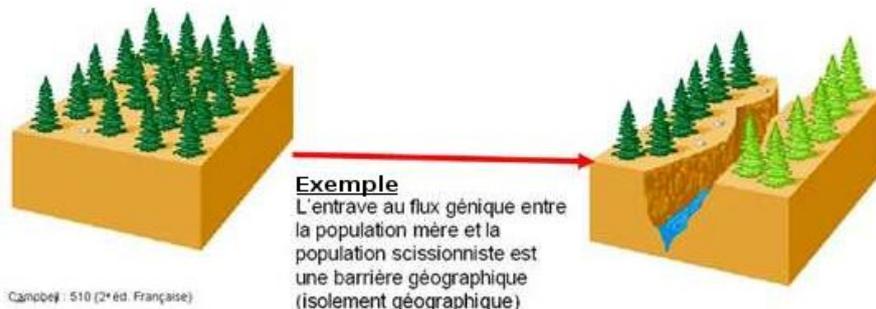
Lorsqu'une sous-partie d'une population se sépare de la population initiale de taille beaucoup plus vaste, lors d'une migration pour coloniser un nouveau milieu par exemple, la population pionnière, ou fondatrice, n'est pas le reflet exact de la population de départ. Cette sous-population ne va "prendre" qu'un échantillon du pool d'allèles disponible dans la population mère « dans ses bagages » et ce **de manière aléatoire**. Elle peut donc avoir des fréquences alléliques fort différentes de la population initiale. C'est ce que l'on appelle « l'effet fondateur » (fait que la proportion des gènes dans une population est le reflet de celle des membres fondateurs de la population.).



Plusieurs exemples types d'effet fondateur ont été décrits dans l'histoire humaine, comme lors de la colonisation de l'Islande ou de la région québécoise du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Le hasard de la constitution de la population initiale a, dans ce cas, eu un fort impact sur l'évolution ultérieure de la population.

### 2.2.4 Une définition génétique de l'espèce

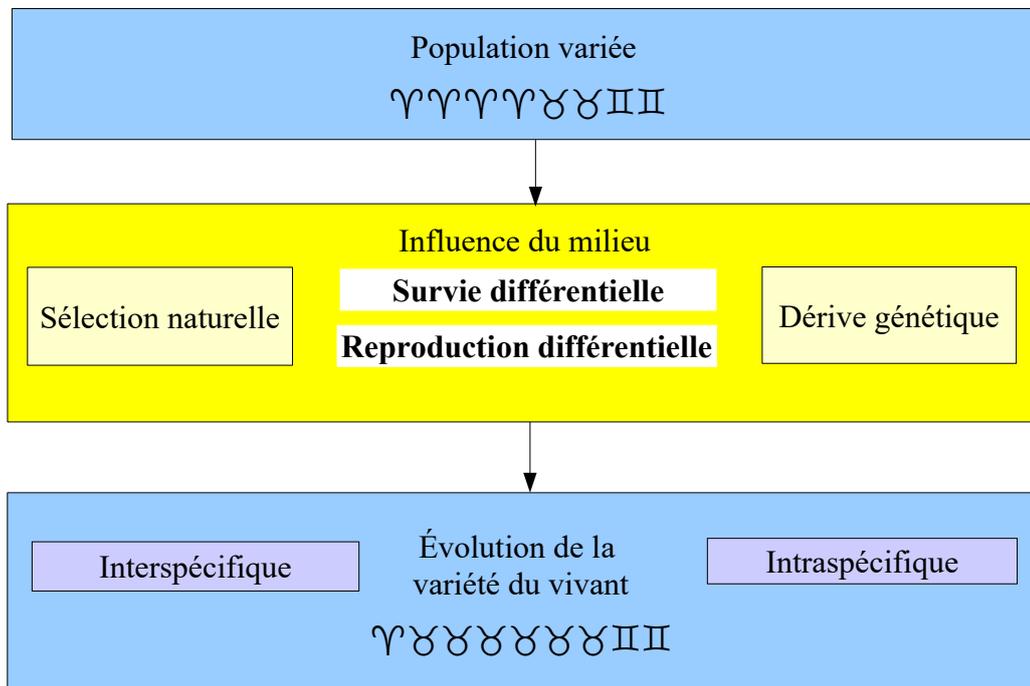
Compte tenu des éléments maintenant à notre disposition, une **espèce** peut donc être définie comme « une **population** d'individus suffisamment isolés génétiquement des autres populations ». L'isolement génétique (absence d'échanges génétiques entre les populations) peut être géographique, comportemental ...



Dans le cadre de cette nouvelle définition, la spéciation est envisagée de manière dynamique. Une espèce ne peut être définie qu'au cours d'un laps de temps bien défini :

- Une espèce disparaît
  - \* si l'ensemble des individus concernés disparaît.
  - \* si elle cesse d'être isolée génétiquement (les 2 groupes de lions pourraient redevenir une seule espèce s'ils étaient à nouveau assez proches géographiquement pour se croiser).
- Une espèce supplémentaire est définie si un nouvel ensemble s'individualise génétiquement quelle qu'en soit la cause.

**En conclusion**, sous l'effet de la pression du milieu (**sélection naturelle**) et du hasard (**dérive génétique**), la diversité des populations change au cours des générations. **L'évolution** est la transformation des populations qui résulte de ces différences de survie et du nombre de descendants. Noter qu'une population adaptée à un milieu donné peut ne plus l'être si le milieu change. L'adaptation doit donc toujours s'évaluer par rapport à un milieu donné 📖.



### Des facteurs d'évolution du vivant

Mais, pour que ce modèle fonctionne il faut une certaine **variabilité** 📖 de la population et donc une création de diversité importante. la **diversité** est une des caractéristiques du vivant, diversité entre espèces différentes (interspécifique) ou entre individus de la même espèce (intraspécifique) 📖. nous chercherons à déterminer les causes de cette diversité. nous développerons :

Les modalités du **brassage génétique** à l'intérieur d'une espèce (partie 22)

Les modalités de la **diversification** des êtres vivants conduisant à de **nouvelles espèces** (partie 23)

**2.3 Mécanismes génétiques de formation de nouveaux individus à l'intérieur d'une espèce**

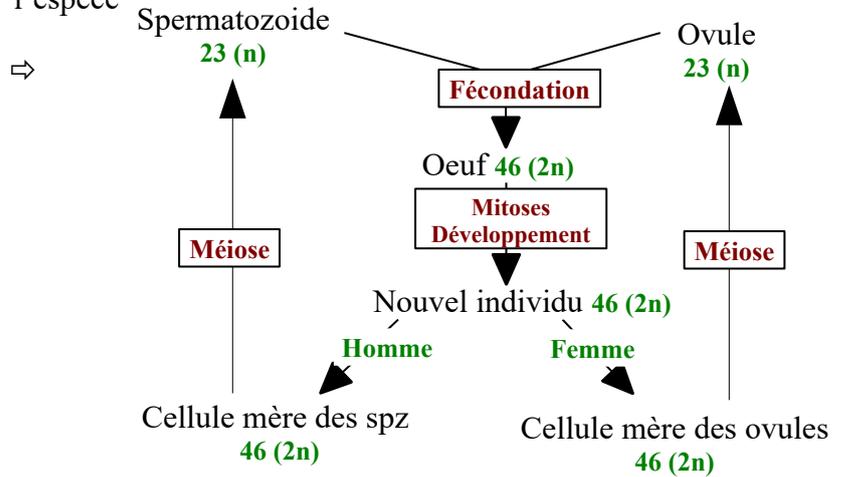


Pour de nombreux êtres vivants, la fabrication d'un nouvel individu passe par la fusion de 2 **gamètes**, spermatozoïde et ovule (**fécondation**) qui aboutit à la formation d'un **zygote** (cellule-œuf). Spermatozoïde et ovule comportent un exemplaire de chaque chromosome de l'espèce (cellule **haploïde** = n chromosomes), la fusion conduit donc à une cellule avec 2 exemplaires de chaque chromosome de l'espèce (cellule **diploïde** = 2n chromosomes).

Ainsi dans l'espèce humaine

**Formation d'un nouvel individu dans l'espèce humaine**

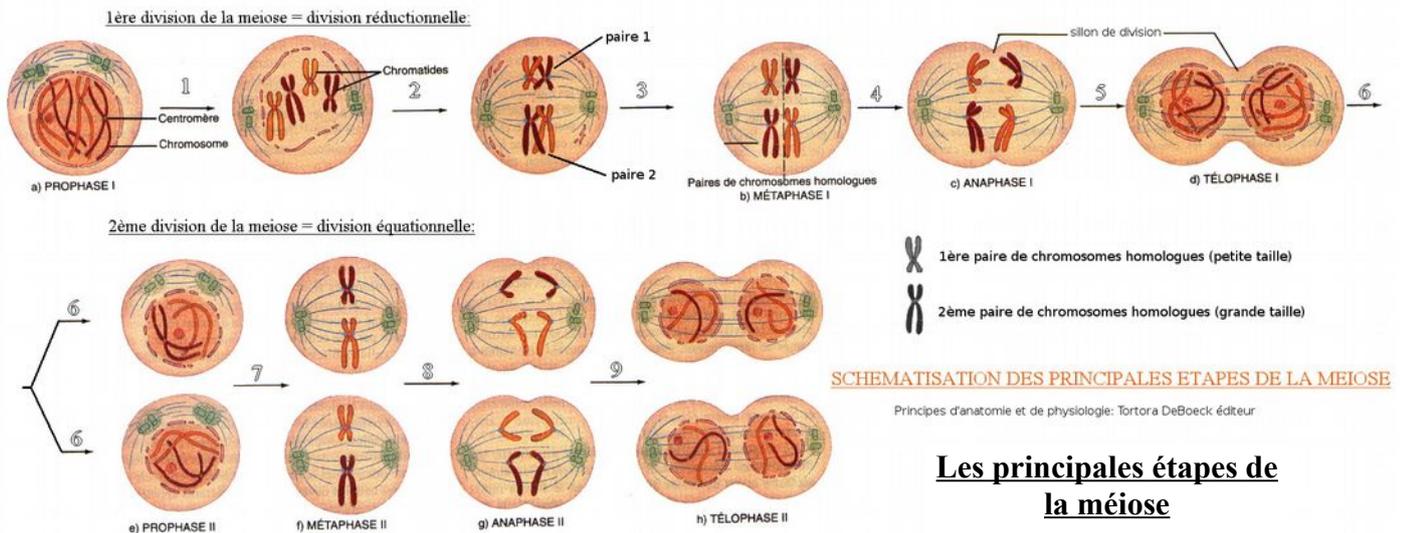
**Légende**  
 Élément du réel  
 Événement  
 Qualité du réel



La **pléidie** est le nombre d'exemplaires de chaque type de chromosomes formant le génome. Méiose et fécondation permettent de maintenir ce nombre constant d'une génération à la suivante (stabilité du génôme).

**2.3.1 La méiose, étape essentielle du brassage génétique**

La **méiose** est une succession de deux divisions cellulaires précédée comme toute division d'un doublement de la quantité d'ADN (réplication). Dans son schéma général, elle produit quatre cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde. De manière générale, dans les exemples étudiés, les cellules haploïdes produites se différencient en gamètes.



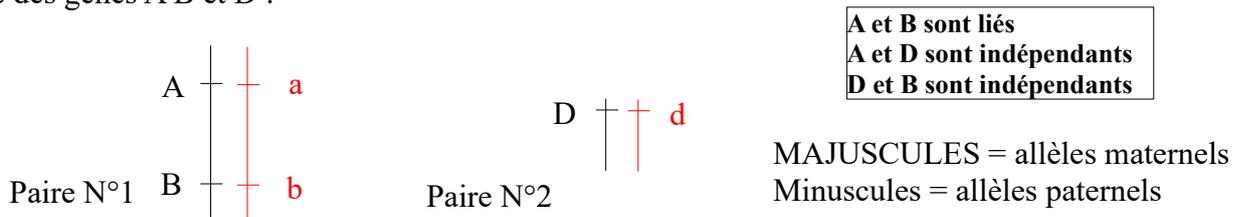
**Les principales étapes de la méiose**

Lors de la première division, les chromosomes se regroupent par paires de chromosomes **homologues** (même taille, même forme, portant les mêmes gènes). Un chromosome de chaque paire se déplace en direction de chacune des 2 cellules produites. Chaque cellule obtenue comporte donc la moitié des chromosomes de départ, 1 de chaque paire. La cellule de départ, diploïde donne donc 2 cellules haploïdes.

Lors de la deuxième division, les 2 chromatides de chaque chromosome se séparent et se déplacent en direction de chacune des 2 cellules produites. Le nombre de chromosomes par cellule reste donc le même entre le début et la fin de la division (n chromosomes, 1 de chaque paire). La méiose produit des cellules haploïdes variées selon la répartition des chromosomes homologues en anaphase.

Pour la suite, nous raisonnerons en suivant 2 gènes en même temps. Ces 2 gènes peuvent être **liés** (fixés sur le même chromosome) ou **indépendants** (fixés sur 2 chromosomes différents).

Exemple des gènes A B et D :

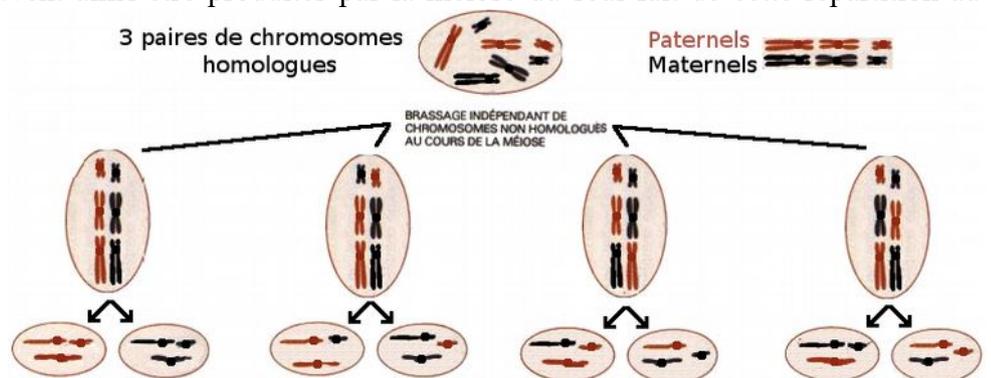


**Liaison indépendance des gènes**

**2.3.2 Production de gamètes variés par brassage de gènes indépendants (interchromosomique)**

En anaphase de 1ère division de méiose, les **chromosomes homologues** (éventuellement remaniés par un enjambement) se répartissent au hasard. Si l'on considère que les chromosomes de chaque paire ne sont pas identiques, différentes cellules peuvent ainsi être produites par la méiose du seul fait de cette répartition au **hasard**.

**Production de gamètes différents lors du brassage interchromosomique (répartition au hasard)**



**Tableau du nombre de cellules haploïdes différentes produites en fonction du nombre de paires de chromosomes en raison de la répartition aléatoire des chromosomes.**

paires (n)	Chromosomes (2n)	gamètes différents	
		nombre	exprimé en puissance
1	2	2	2 <sup>1</sup>
2	4	4	2 <sup>2</sup>
3	6	8	2 <sup>3</sup>
n	2n		2 <sup>n</sup> ↓
23	46	8388608	← 2 <sup>23</sup>

Si l'on ne prend en compte que la répartition au hasard, un être humain peut produire 2<sup>23</sup> gamètes différents (plus de 8 millions de possibilités). Le brassage issu de cette répartition au hasard des chromosomes est qualifié de **brassage interchromosomique**.

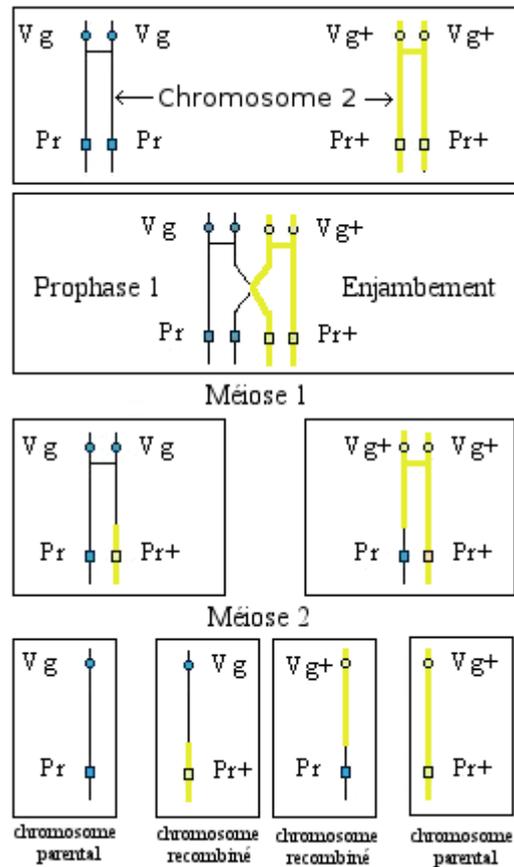
**2.3.3 Production de gamètes variés par brassage de gènes liés, (intrachromosomique)**

Au cours de la prophase de première division de méiose, des échanges de fragments d'ADN se produisent entre **chromosomes homologues** (d'une même paire), on parle d'**enjambement** (crossing-over).

Lorsque l'enjambement coupe une chromatide entre 2 gènes, les allèles portés par cette chromatide sont séparés. Si la chromatide paternelle ne portait pas les mêmes allèles que la chromatide maternelle, deux chromatides nouvelles sont créées (chromatides recombinées). Elles combinent des caractéristiques paternelles et des caractéristiques maternelles. Un gamète présentant une de ces chromatides est qualifié de **gamète recombiné**. Ce processus a lieu de manière aléatoire et rare, d'autant plus rare que la distance entre les gènes est proche.

En cas d'enjambement, il y a donc brassage du matériel chromosomique. Ce brassage est qualifié de **brassage intrachromosomique** (à l'intérieur du chromosome).

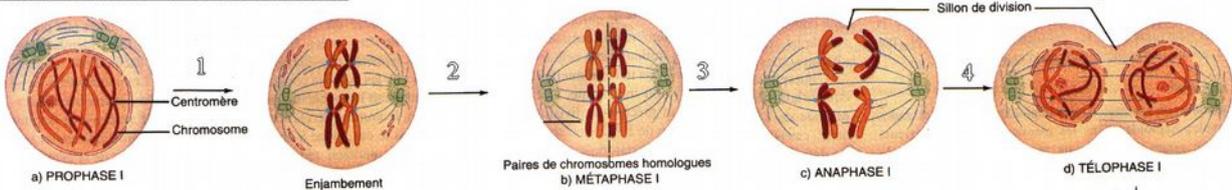
Schéma illustrant le brassage intrachromosomique et ses conséquences sur les chromosomes.



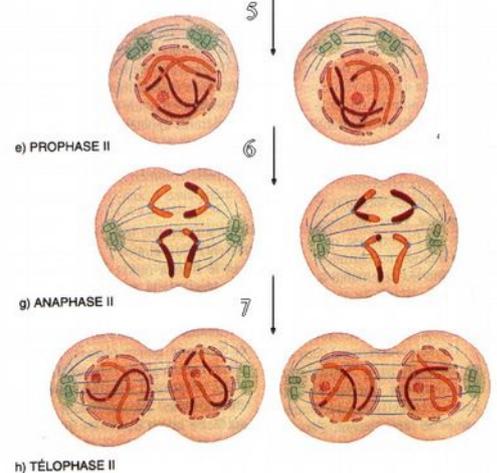
En combinant les brassages intrachromosomique et interchromosomique, une diversité potentiellement infinie de gamètes (et donc de zygotes) est ainsi produite. Chaque zygote contient une combinaison unique et nouvelle d'allèles résultant des brassages ayant lieu lors de la méiose et de la fécondation. Méiose et fécondation favorisent donc la **biodiversité intraspécifique** (à l'intérieur de l'espèce) en créant une grande diversité de **génotypes**. Noter que seule une fraction de ces zygotes est viable et se développe.

**SCHÉMATISATION DES PRINCIPALES ETAPES DE LA MEIOSE** Principes d'anatomie et de physiologie, Tortora De Boeck éditeur

1ère division de la meiose = division réductionnelle:



2ème division de la meiose = division équationnelle:



## 2.4 Mécanismes génétiques de création de nouvelles espèces (spéciation)

La **biodiversité** est à la fois le produit de l'évolution et une étape de l'évolution. Elle peut être observée à différentes échelles et en particulier au niveau des espèces. Une espèce est classiquement présentée comme un ensemble d'individus qui présentent des caractéristiques communes, interféconds et pouvant évoluer et disparaître.



**Différentes espèces**

L'association des **mutations** 📖, du **brassage génétique** au cours de la méiose et de la fécondation vus jusqu'à maintenant ne suffit pas à expliquer la totalité de la diversification génétique des êtres vivants. D'autres mécanismes doivent intervenir lors de la **spéciation** (création de nouvelles espèces). Ces mécanismes impliquent des modifications quantitativement plus ou moins importantes du bagage génétique de l'espèce, depuis une modification très légère du génotype jusqu'à des modifications plus ou moins importantes du génome.

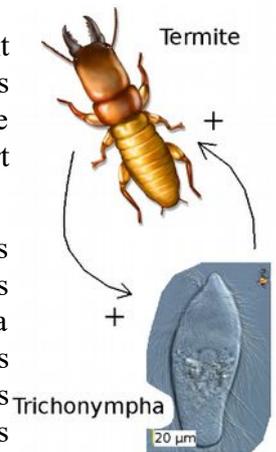
### 2.4.1 Mécanismes de spéciation sans modification préalable du bagage génétique

La diversification est possible sans modification initiale des génomes : associations d'êtres vivants et développement de comportements nouveaux peuvent ainsi conduire à la spéciation (formation d'une nouvelle espèce) :

#### 2.4.1.1 Par association d'êtres vivants, exemple des symbioses : 🦠

Certains êtres vivants d'espèces différentes vivent en une association globalement bénéfique aux deux êtres vivants, on parle de **symbiose**. Dans certains cas, un des êtres vivants est contenu dans les cellules de l'autre, on parle d'endosymbiose. Une symbiose peut aboutir à la création d'un nouveau type d'être vivant non fonctionnel sans l'apport des deux symbiotes.

Les termites possèdent un système digestif très intéressant, il est en effet très efficace grâce à une symbiose mise en place avec des micro-organismes situés dans leurs intestins et qui leurs permettent de se nourrir de bois. Les termites ne possèdent pas la capacité de digérer le bois mais seulement de le réduire en fragments, ils hébergent des protozoaires (*Trichonympha*) qui vont dégrader la cellulose en glucose et des bactéries (*Spirochètes*) qui vont fermenter les sucres en acides gras, en acétate et en ions ammonium. Les bactéries sont aussi capables de transformer des déchets azotés en azote assimilable ; en contrepartie, les termites leur fournissent un abri et de la nourriture en quantité. <http://pinkava.asu.edu>



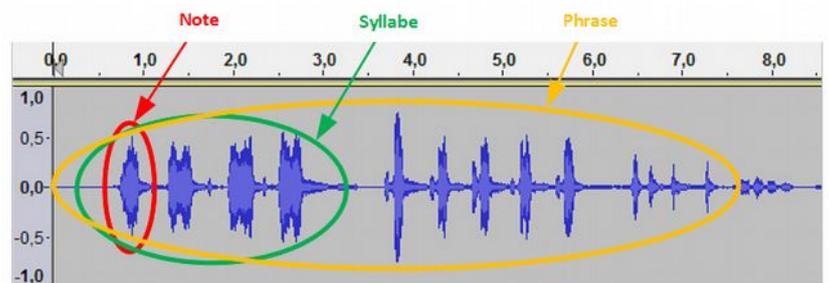
Des mécanismes de coévolution peuvent ensuite se produire avec modification du génome des 2 espèces.

#### 2.4.1.2 Par la transmission de comportements nouveaux, exemple des oiseaux :

Le **comportement** d'un animal peut être décrit comme l'ensemble des actions et réactions (mouvements, modifications physiologiques, expression verbale, etc.) d'un individu dans une situation donnée. Les interactions peuvent être corporelles, visuelles, vocales ... elles jouent un rôle clé dans les différentes phases de la vie des êtres vivants (recherche de nourriture, rapprochement des partenaires pour la reproduction).

Des processus **d'apprentissage** peuvent être mis en jeu pendant le développement des jeunes produisant une modification durable d'un comportement, on parle d'« empreinte ». Cette empreinte peut être héritable, bien qu'elle ne soit pas génétique, dans le cas où elle affecte positivement la valeur sélective.

Des processus de cette nature sont ainsi en jeu au niveau des chants des oiseaux, et peuvent avoir des conséquences dans l'isolement des populations (du fait de chants différents) et donc sur la formation de nouvelles espèces (voir partie 213).



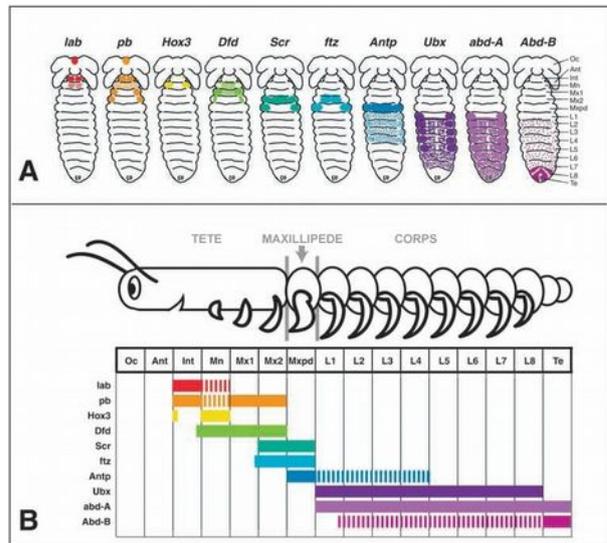
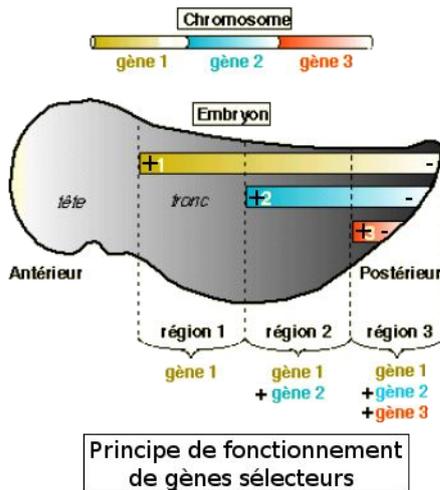
Exemple d'un extrait de chant de Grive musicienne, visualisé par le logiciel Audacity - fichier chant n°A1 V Palomares

### 2.4.2 Mécanismes de spéciation par modification du génotype, mutation de gènes de développement:

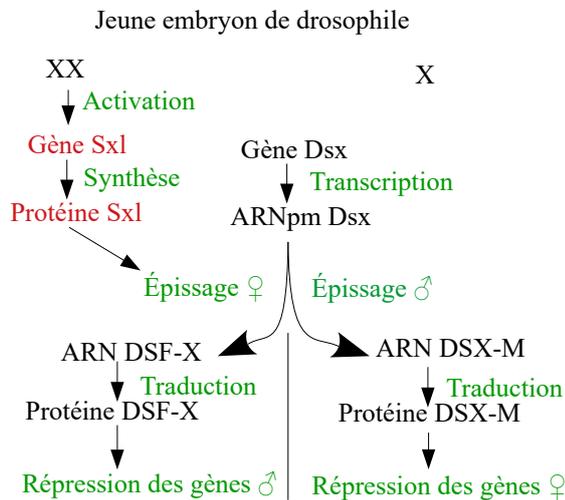
Certains gènes ont un rôle particulier dans le développement et se retrouvent dans des espèces très différentes. Ainsi, le rôle des gènes sélecteurs est d'informer les cellules de leur position au cours de l'embryogenèse et de préciser leur positionnement définitif dans l'embryon au cours de la formation des organes par rapport aux axes antéro-postérieur et dorso-ventral. Leur activité peut ainsi provoquer le développement de certains organes à certains endroits bien précis.

Selon les situations, on peut trouver la formulation :

- **gène de développement** (formulation centrée sur le rôle de ces gènes) = **gènes architectes**
- **gènes sélecteurs** (formulation centrée sur le mode d'action de ces gènes = sélection de gènes à activer) = catégorie particulière de gènes régulateurs (sous-entendu régulateurs d'autres gènes)



### L'expression des gènes sélecteurs chez les Arthropodes



### Mécanismes génétiques de contrôle du sexe chez la drosophile

Concernant ces gènes, des formes vivantes très différentes peuvent résulter plus de variations dans la **chronologie**, le **lieu** (voir arthropodes ci-dessus) et l'**intensité** (voir arthropodes et contrôle du sexe chez la drosophile ci-dessus) de leur expression, que d'une différence dans la séquence codante du gène. Cela s'explique, car ces gènes sont eux mêmes contrôlés par le fonctionnement d'autres gènes.

Compte tenu de l'importance des gènes de développement, une modification d'un de ces gènes régulateurs de leur fonctionnement peut induire de grandes modifications phénotypiques.



Phénotype sauvage

Phénotype mutation  
ultrabithoraxMutation ultrabithorax

On observe sur cette drosophile 2 paires d'ailes, les balanciers ayant été transformés en ailes. L'inactivation du gène ultrabithorax ne permet pas le développement des balanciers, des ailes se développent à la place.



Le gène Hoxa11 est actif chez les poissons où il contrôle le développement de nombreux rayons au niveau des nageoires. Inactif chez la souris, son activation aboutit au développement de 7 doigts.

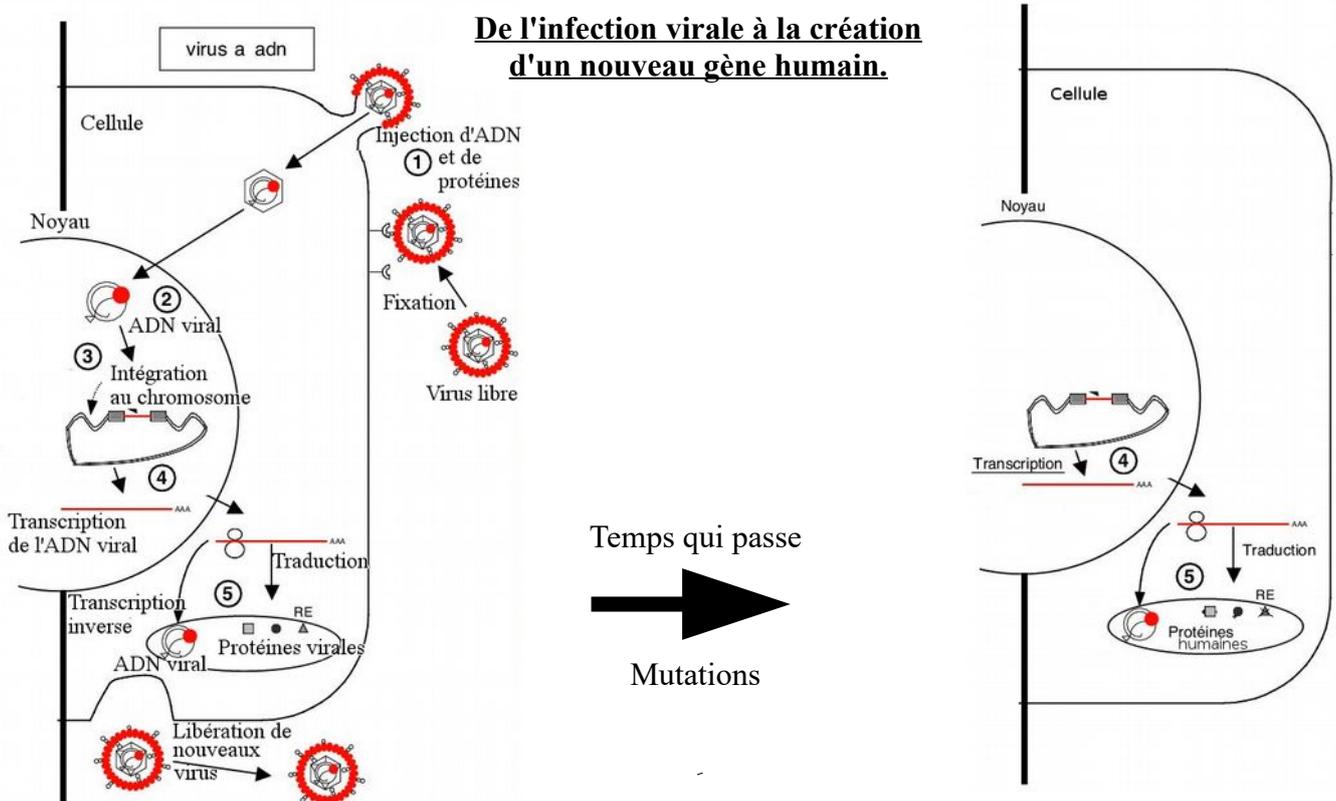
Le nombre de doigts habituel est donc lié à l'inactivité de ce gène. (science et vie Décembre 2016)

**2.4.3 Mécanismes de spéciation suite à une modification du génome**

Ces modifications peuvent être plus ou moins importantes depuis l'ajout de quelques gènes, en passant par l'ajout d'un chromosome, de plusieurs, voir de tous les chromosomes.

**2.4.3.1 Échange de gènes entre espèces : exemple de transfert de gènes viraux**

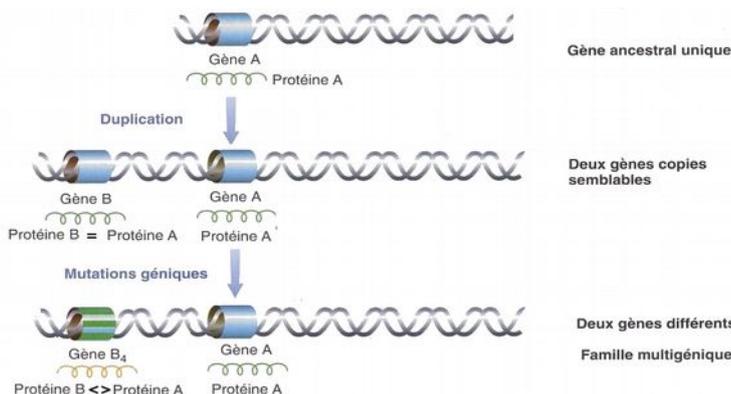
On estime que 8 % de l'ADN humain est d'origine virale, plus précisément d'origine rétrovirale (Virus à ARN capable de rétrotranscrire leur ARN en ADN et de l'intégrer au génome de leur hôte). Dans le génome humain, on connaît ainsi deux gènes codant pour des protéines appelées syncytines, s'exprimant dans le placenta embryonnaire et indispensables à la réalisation de l'architecture du placenta.



En outre, une diversification des êtres vivants n'est pas toujours initialement liée à une diversification génétique comme le montrent les exemples suivants.

**2.4.3.2 Ajout de quelques gènes de l'espèce : anomalie de structure d'un chromosome**

Un enjambement inégal (crossing-over inégal), c'est-à-dire avec accrochage des 2 chromatides à des hauteurs différentes, peut aboutir à une **duplication** de gène.



**Création d'une nouvelle fonction suite à une duplication**

Cette duplication, souvent sources de troubles (échelle de l'individu), est aussi parfois source de diversification du vivant en permettant la création d'un **nouveau gène** et d'une nouvelle fonction.

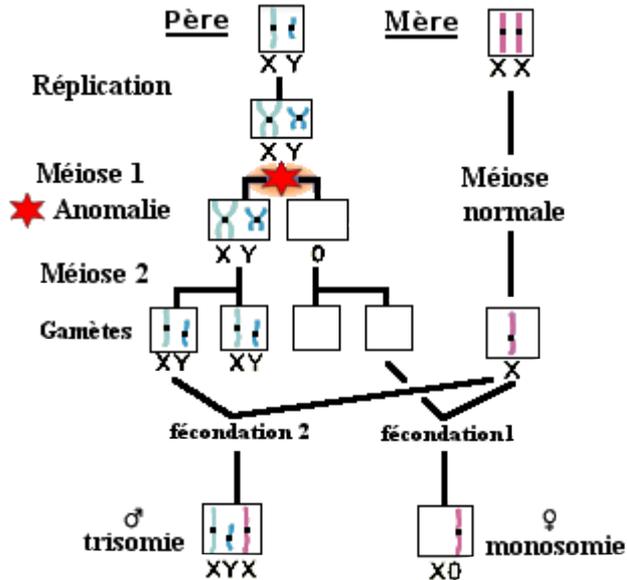
Les gènes issus d'un même gène ancestral font partie d'une même famille de gène, on parle de **famille multigénique**. Ils présentent une **homologie** de séquence (fortes ressemblances qui ne peuvent être dues au hasard) .

**2.4.3.3 Ajout d'un chromosome, Anomalie du nombre de chromosomes :**

Des anomalies peuvent survenir lors de la méiose.

Un **mouvement anormal** de chromosomes peut produire une cellule présentant un nombre inhabituel de chromosomes.

**Un exemple de mouvement anormal de chromosome, cause d'une anomalie du nombre de chromosome**

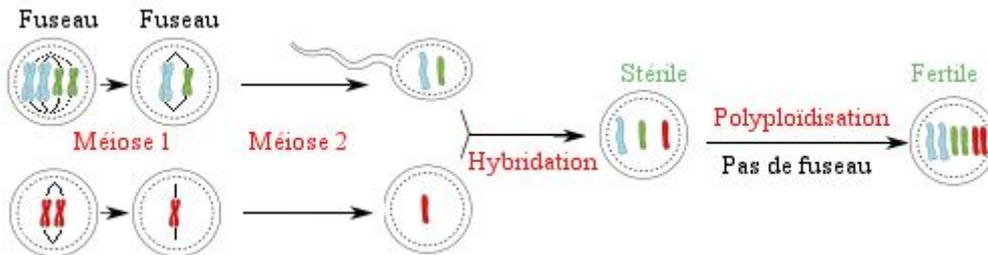
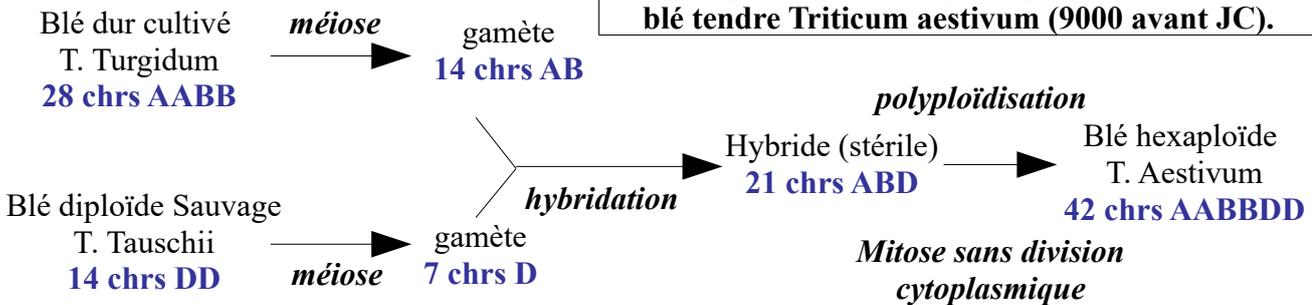


**2.4.3.4 Association de génomes d'espèces différentes : Hybridation polyploïdisation**

Des phénomènes d'**hybridation** (fusion de gamètes d'espèces différentes) suivis de **polyploïdisation** (augmentation du nombre de copies de chaque chromosome) peuvent conduire à l'apparition de nouvelles espèces.



**Origine génétique de la principale espèce de blé, le blé tendre Triticum aestivum (9000 avant JC).**

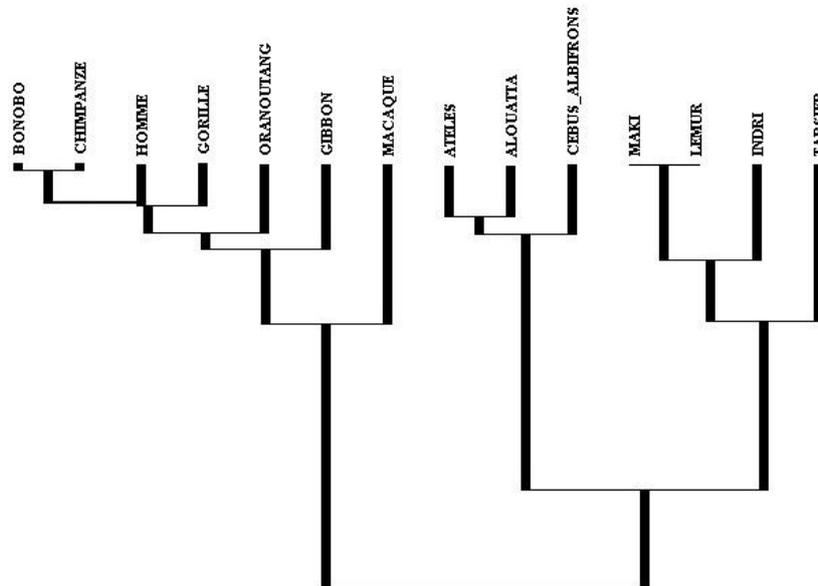


Ainsi, les anomalies pouvant survenir lors du déroulement de la méiose peuvent avoir des conséquences pour l'individu (trisomies ... ) , mais aussi pour l'espèce (source de diversification du vivant). Le **génom**e présente ainsi une grande **variabilité** et une réelle **plasticité** qui est à la base de l'évolution du vivant (voir partie 21).

## 2.5 Homo sapiens, une espèce parmi d'autres dans la dynamique évolutive des Primates

**Homo sapiens** peut-être regardé, sur le plan évolutif, comme toute autre espèce. Il a une histoire évolutive et est en perpétuelle évolution. Cette histoire fait partie de celle, plus générale, des **primates**. Les premiers primates fossiles datent de – 65 à -50 millions d'années. Ils sont variés et ne sont identiques ni à l'Homme actuel ni aux autres singes actuels.

La diversité des grands primates connue par les fossiles, et qui a été grande, est aujourd'hui réduite. L'espèce la plus proche de l'espèce humaine semble être le chimpanzé (Pan).



### 2.5.1 Diversité génétique chez les grands primates actuels : exemple des genres Homo et Pan

#### 2.5.1.1 Les caractères du genre Homo

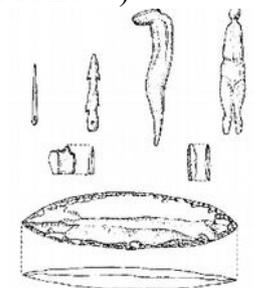
Le phénotype d'*Homo sapiens* en particulier (et celui du genre *Homo* en général) se caractérise par l'association de particularités retrouvées par ailleurs, mais jamais toutes ensemble.

Des particularités physiques dont :

- une **bipédie** (avec trou occipital avancé, colonne à plusieurs courbures, bassin large et court ...)
- un **grand volume crânien** (lié à un grand cerveau) 1500 cm<sup>3</sup> pour *Homo sapiens*
- une structure permettant le langage articulé

Des particularités comportementales :

- Production d'outils complexes
- variété des pratiques culturelles (peintures, rites funéraires)



#### 2.5.1.2 Le chimpanzé, parent proche de l'Homme.

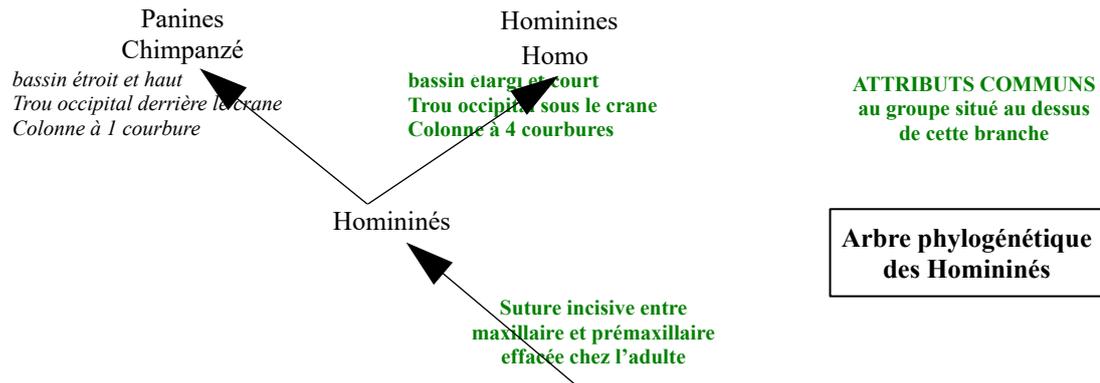
Pour les critères évoqués précédemment, le chimpanzé quant à lui :

- est quadrupède à l'âge adulte (avec trou occipital reculé, colonne à une courbure, bassin étroit et long ...)
- a un faible volume crânien (450 cm<sup>3</sup>)

Il utilise des outils simples, mais ne produit pas d'outils complexes et ne présente pas d'activités culturelles.

Néanmoins, la ressemblance entre les espèces *Homo sapiens* et *Pan troglodytes* est très grande et le chimpanzé est généralement considéré comme l'espèce qui a le plus d'attributs communs avec la lignée humaine. Cela amène donc à considérer que leur dernier ancêtre commun (DAC) est le plus récent parmi les primates et que le chimpanzé est l'espèce de primates la plus proche de la lignée humaine.

Les différences constatées entre les 2 espèces combinées avec l'action du milieu doivent pouvoir expliquer l'évolution divergente des 2 espèces.



### 2.5.2 Les mécanismes génétiques de la diversification homme chimpanzé

Lorsqu'on recherche l'origine génétique des différences constatées, on peut remarquer :

- une divergence génétique globale de l'ordre de 0,5 à 1,5 % (selon le type de séquence observé), ce qui est très faible.
- des différences souvent présentes au niveau des gènes contrôlant le développement (gènes régulateurs d'autres gènes).

Les quelques différences observées au niveau des **gènes de développement** pourraient suffire à expliquer les différences constatées en contrôlant de manière différentes des gènes identiques chez les 2 espèces. Cette mise en œuvre différentes pourrait concerner en particulier des différences dans la **chronologie** de mise en œuvre des gènes (moment et durée de fonctionnement).

Phase du développement	Événement important de cette phase	Différences au niveau gène de développement	
		Durée chez un grand singe et particularités	Durée chez l'Homme et particularités
Embryonnaire :	multiplication des cellules nerveuses.	Semaines 1 et 2.	Les 8 première semaines.
Fœtale	importante croissance cérébrale.	Semaine 2 à 8 mois (naissance).	De 8 semaines à 9 mois (naissance).
Lactéale	Le cerveau continue à se développer durant cette phase. s'achève avec l'apparition de la première molaire supérieure.	De 8 mois à 3 ans remontée du trou occipital vers l'arrière du crâne.	De 9 mois à 6 ans. Apparition du menton et du langage articulé.
De substitution :	Remplacement des dents de lait par les dents d'adulte, s'achève avec l'acquisition de la maturité sexuelle.	De 3 ans à 7 ans. période d'apprentissage.	De 6 ans à 14 ans Longue période d'apprentissage.
Adulte		Canines très développées Bourrelet sus-orbitaire Muscle masticateur puissant.	Pas d'apparition de ces caractères.

D'un point de vue génétique, l'Homme et le chimpanzé, très proches, se distinguent surtout par la position et la chronologie d'expression de certains gènes. Le phénotype humain, comme celui des grands singes proches, s'acquiert au cours du développement pré et postnatal, sous l'effet de l'interaction entre l'expression de l'information génétique et de l'environnement (dont la relation aux autres individus).

### 2.5.3 Influence du milieu sur les populations diversifiées du DAC

L'apparition du groupe Homo pourrait être liée à des modifications de climat dans la région Est Africaine ayant entraîné le remplacement de la forêt par la savane (hautes herbes). Il y aurait eu **sélection** des individus bipèdes mieux adaptés à la savane.

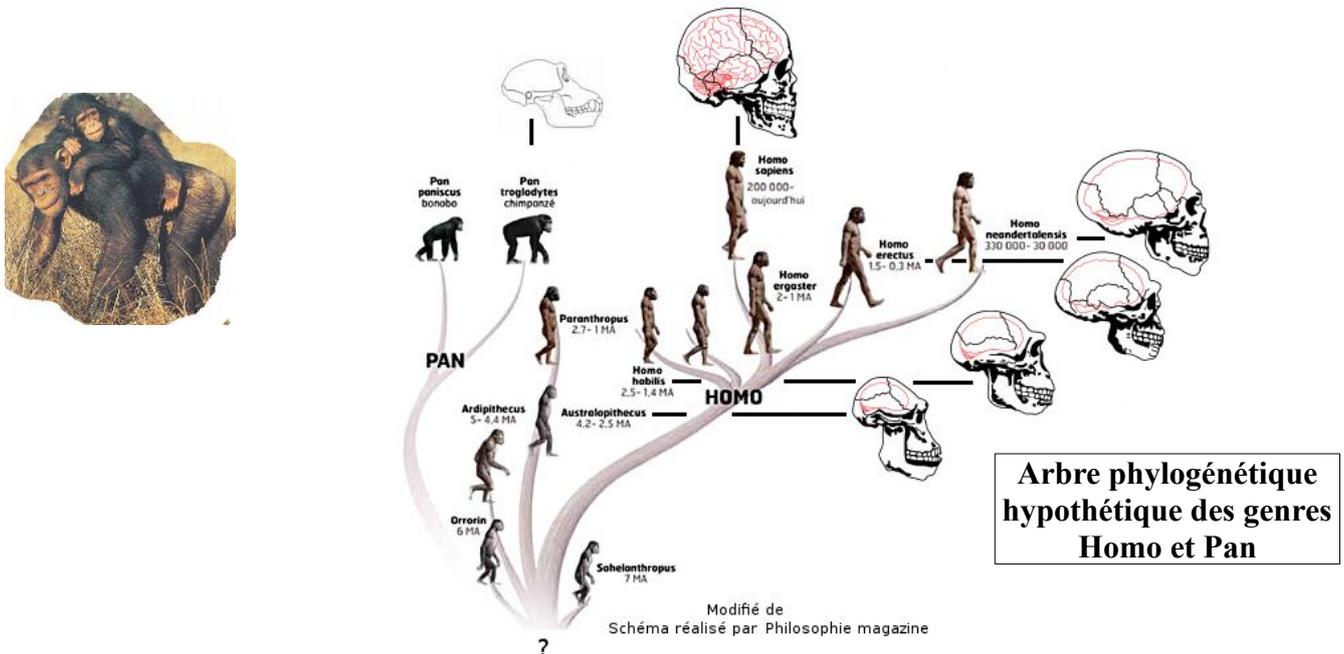
Cette sélection aurait pu être liée :

- à la **prédation** exercée sur ce groupe, la station bipède permettant une meilleure anticipation des risques liés aux prédateurs.
- à la **compétition pour la nourriture**, la station bipède favorisant les capacités de course et donc l'accès aux sources de nourriture lointaines (si on admet une alimentation de type charognard).

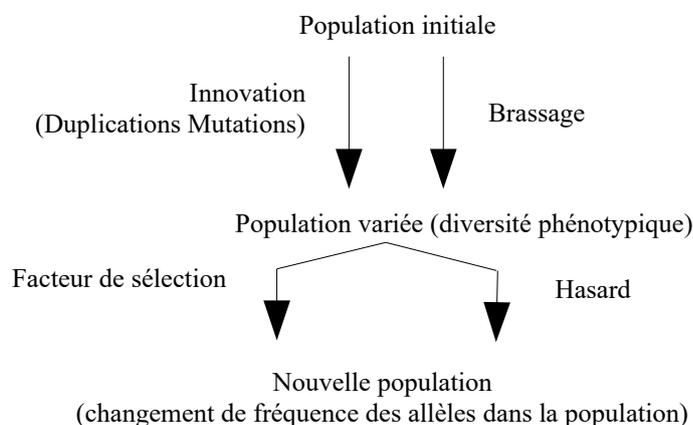
Comme pour d'autres groupes, l'apparition du groupe Homo a été suivie par une phase de diversification se traduisant par un arbre phylogénétique buissonnant. Cette phase a été suivie par une réduction de la diversité conduisant au seul Homo sapiens actuel.

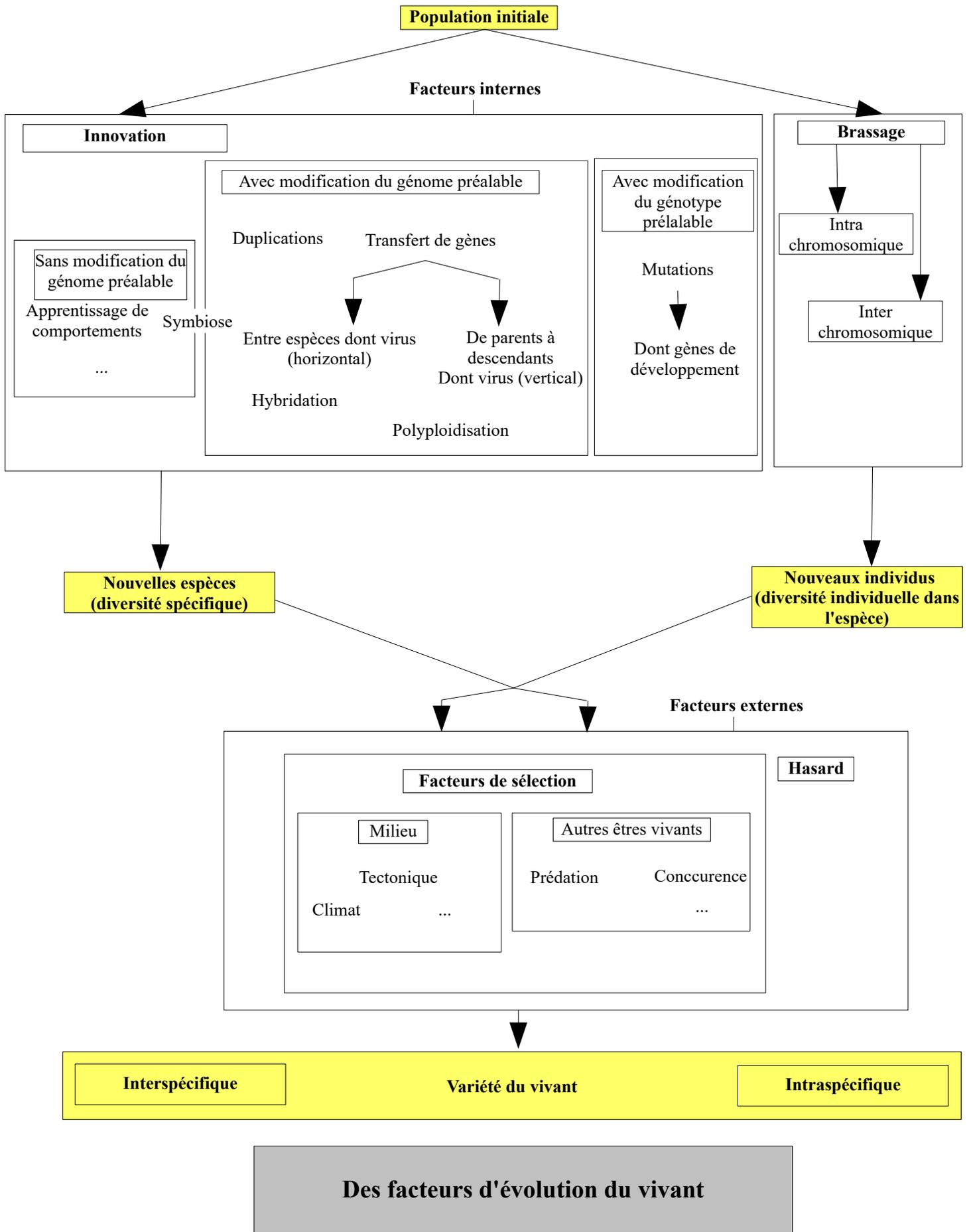
### 2.5.4 Le dernier ancêtre commun (DAC) aux genres Homo et Pan

La construction d'un arbre évolutif chez les primates est difficile. Les arbres restent très controversés en particulier dans la lignée humaine 🧠.



Homme et chimpanzé partagent un ancêtre commun récent, mais aucun fossile ne peut être à coup sûr considéré comme un ancêtre de l'homme ou du chimpanzé.





# Table des matières

<b>CHAPITRE 2 GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Pour mémoire, des arguments en faveur de l'idée d'évolution.....</b>	<b>1</b>
<b>2.2 Les mécanismes de l'évolution (hors production de diversité).....</b>	<b>2</b>
2.2.1 Évolution par une pression de sélection négative du milieu sur certains individus.....	2
2.2.2 Évolution par une pression de sélection positive du milieu sur certains individus.....	2
2.2.3 Évolution par l'intervention du hasard.....	2
2.2.4 Une définition génétique de l'espèce.....	3
<b>2.3 Mécanismes génétiques de formation de nouveaux individus à l'intérieur d'une espèce.....</b>	<b>5</b>
2.3.1 La méiose , étape essentielle du brassage génétique.....	5
2.3.2 Production de gamètes variés par brassage de gènes indépendants (interchromosomique).....	6
2.3.3 Production de gamètes variés par brassage de gènes liés, (intrachromosomique).....	6
<b>2.4 Mécanismes génétiques de création de nouvelles espèces (spéciation).....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Mécanismes de spéciation sans modification préalable du bagage génétique.....	8
2.4.2 Mécanismes de spéciation par modification du génotype, mutation de gènes de développement.....	9
2.4.3 Mécanismes de spéciation suite à une modification du génome.....	11
<b>2.5 Homo sapiens, une espèce parmi d'autres dans la dynamique évolutive des Primates .....</b>	<b>13</b>
2.5.1 Diversité génétique chez les grands primates actuels : exemple des genres Homo et Pan.....	13
2.5.2 Les mécanismes génétiques de la diversification homme chimpanzé.....	14
2.5.3 Influence du milieu sur les populations diversifiées du DAC.....	15
2.5.4 Le dernier ancêtre commun (DAC) aux genres Homo et Pan.....	15