

De la diversification à l'évolution de la biodiversité

La diversification des êtres vivants résulte à la fois de modifications de génomes, d'associations entre différents organismes et de la transmission de comportements.

La sélection naturelle et la dérive génétique agissent sur cette diversité.

Comment la biodiversité se modifie-t-elle au cours du temps ?

Qu'est-ce qu'une espèce ?

Comment se forme-t-elle ?

Comment l'Homme a-t-il évolué ?

Programme seconde

La dérive génétique est une modification aléatoire de la diversité des allèles. Elle se produit de façon plus marquée lorsque l'effectif de la population est faible.

La sélection naturelle et la dérive génétique peuvent conduire à l'apparition de nouvelles espèces

Programme 1S

Les mutations sont la source aléatoire de la diversité des allèles, fondement de la biodiversité.

Programme TS

Sous l'effet de la pression du milieu, de la concurrence entre êtres vivants et du hasard, 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 »

« On insistera sur l'existence d'une survie différentielle et sur la diversité de l'effectif des descendants des individus qui conduisent à une modification des **populations**.

Sélection naturelle et dérive génétique sont replacées dans ce cadre global

I- L'évolution des populations au cours du temps.

TP n°9

Une **population** est constituée par un groupe d'individus capables de se reproduire entre eux et de donner des individus féconds mais qui ne possèdent pas les mêmes combinaisons d'allèles des différents gènes constituant leur génome.

La population représente la plus petite unité capable d'évolution.

Ex : variation dans une population d'escargots arboricoles de Cuba (*Polymita picta*). Les coloris et motifs variés sont le résultat de différences génétiques entre individus.

Ex : population humaine

La structure d'une population peut subir une évolution sous l'effet de différents facteurs :

- la pression du milieu

La modification rapide d'une population est fonction de son environnement.

Ex : la phalène

Les formes sombres deviennent majoritaires dans les zones polluées. Les formes claires deviennent des proies faciles des oiseaux. Les prédateurs attaquent préférentiellement les formes claires. La forme sombre augmente ses chances de survie. Cette différence modifie le nombre de descendants des formes *typica* et *carbonaria*.

Les individus ayant une plus forte probabilité de se reproduire auront un avantage dans le temps. Certains caractères seront plus fréquents alors que d'autres seront plus rares.

C'est le principe de la **sélection naturelle** proposé par Darwin.

Par conséquent c'est la population qui évolue et non ses individus.

- la concurrence entre les êtres vivants

La compétition entre les individus concernant l'accès aux ressources ou la probabilité de s'accoupler renforce les effets de la pression du milieu.

Ex : les pinsons des îles des Galápagos

La sécheresse en 2004 a entraîné une diminution des grosses graines, les 2 espèces *fortis* et *magnirostris* sont entrés en compétition pour les graines, et les *fortis* à bec très fins ont été privilégiés.

En 2004, il y avait environ 150 Géospizes à gros bec et 235 Géospizes à bec moyen, qui ont rapidement épuisé les réserves de graines. Près de 137 Géospizes à gros bec furent victimes de la disette, ainsi que 152 Géospizes à bec moyen. Parmi les Géospizes à bec moyen, ceux possédant un gros bec étaient les plus mal lotis et seuls 13% survécurent, ramenant la taille moyenne des becs à sa limite inférieure: avant la sécheresse la longueur moyenne était de 11,2 mm, en 2005 10,6 mm, soit 5% de baisse. La hauteur du bec diminua aussi de 9,4 mm à 8,6 mm en moyenne. La pression de la sélection aurait ainsi favorisé les petits becs, mieux adaptés aux petites graines de cactus.

- le hasard

Le hasard joue un rôle essentiel dans la modification des populations au cours du temps.

La **dérive génétique** est une modification aléatoire (au hasard) de la fréquence des allèles au cours du temps.

Elle se produit de façon plus marquée lorsque l'effectif de la population est faible. Elle conduit à la disparition ou à la fixation de certains allèles.

L'**évolution** est la transformation des populations qui résulte de ces différences de survie et du nombre de descendants.

Une **adaptation** est un caractère (anatomique, processus physiologique, , comportement) qui permet à l'individu d'une population de survivre et de mieux se reproduire.

Lamarck en 1809, propose que les espèces se transforment en d'autres espèces.

Ex : la girafe allonge son cou pour attraper les feuilles les plus hautes.

Les yeux atrophiés de la taupe car elle ne s'en sert pas.

Ex : le cou des girafes

Pour Lamarck la girafe a commencé à étirer son cou, pour manger des feuilles de plus en plus hautes.

Pour Darwin, il existait des girafes avec des cous plus ou moins longs, celles avec un long cou ont été avantagées.

Il s'agit donc d'une adaptation.

Extrait de « La chronique de Jean-Luc Nothias » Figaro 04/03/2008

«Transformisme» contre «sélection naturelle»

La girafe est devenue au XIXe siècle le symbole de l'affrontement entre deux écoles de pensée qui tentaient d'expliquer la diversité animale. Les deux premiers champions de ces théories étaient d'un côté Jean-Baptiste Lamarck avec son «transformisme», et de l'autre Charles Darwin avec sa «sélection naturelle». Mais le point de départ de leurs réflexions est le même : pour eux deux, la girafe avait des ancêtres qui n'avaient pas un si long cou. Mais ensuite, leurs explications divergent. Pour Lamarck, la girafe a commencé à vouloir manger les feuilles en hauteur. Pour cela, elle a étiré son cou de plus en plus. Et, par un mécanisme mystérieux, elle a transmis à ses girafons ce caractère. Et le cou s'est progressivement allongé.

Darwin, lui, part du principe que tout comme il y a naturellement des petits et des grands (bien qu'alors on ne sache pas expliquer pourquoi), il y a des girafes à plus ou moins long cou. Celles qui ont les cous les plus longs vont être avantagées pour se nourrir car elles seront moins soumises à la concurrence des autres espèces. Elles vont donc vivre plus longtemps. Et auront une descendance plus nombreuse. Et cette «sélection naturelle» va se poursuivre. Donc, progressivement, le cou des girafes va s'allonger de générations en générations. On sait maintenant que la diversité biologique repose sur les mutations génétiques naturelles qui vont soit apporter un désavantage, soit un avantage. Dans ce dernier cas, cela peut aider à mieux survivre. L'une des critiques les plus fortes contre Darwin, formulée tout de suite après la publication de sa théorie, était qu'on devait pouvoir trouver des formes de transition rendant compte de cette évolution. C'est-à-dire trouver les traces d'une girafe à petit cou, puis à cou moyen, puis à grand cou. Or, on ne trouvait pas ces formes intermédiaires dans les fossiles. Darwin n'arriva jamais à réfuter cet argument.

II- De l'évolution des populations à l'évolution des espèces.

TP n°10

A- La notion d'espèce.

Linné a classifié la diversité du vivant et a nommé chaque organisme par son genre et son espèce.

Le terme espèce vient du latin « species » qui signifie « type » ou « apparence ».

La définition de l'espèce est délicate et a évolué au cours du temps.

L'**espèce** associait une forme, un nom et des propriétés. De nos jours encore, la paléontologie définit les espèces disparues par leur morphologie et des caractères propres. C'est le **concept paléontologique** de l'espèce.

Ammonites

2 espèces identiques, 2 espèces différentes

Espèces jumelles : même apparence 2 espèces identiques : drosophiles, grimpeaux certhia

Apparence différentes : même espèce dimorphisme sexuel Orgyarecens mâle et femelle

Le **concept biologique** de l'espèce selon Mayr Ernst en 1942, repose sur l'interfécondité. Il définit une espèce comme une population ou un groupe de populations dont les individus sont capables de se reproduire entre eux et d'engendrer une descendance viable et fertile.

Cette définition repose sur le potentiel d'interfécondité et non de ressemblance.

Extrait d'un article Science et avenir publié le 18/08/11

Comment des papillons parviennent-ils à imiter des papillons d'autres espèces en parant leurs ailes des mêmes couleurs et des mêmes dessins ?

Une équipe de chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, en collaboration avec des laboratoires britanniques, a découvert le mécanisme génétique à l'œuvre chez un papillon amazonien, *Heliconiusnumata*. Il s'agit d'un regroupement de gènes, appelé supergène, qui échappe aux habituelles recombinaisons chromosomiques inhérentes à la reproduction sexuée. Le papillon *Heliconiusnumata* peut imiter presque à la perfection des papillons d'une autre famille, les *Melinea*. Dans les deux cas, il s'agit de papillons toxiques ou produisant un mauvais goût destiné à décourager les oiseaux qui les mangent. Pourquoi imiter les couleurs d'une autre espèce dangereuse ? Ce mimétisme dit müllérien (du nom du biologiste qui le théorisa le premier) permet à deux espèces de participer à l'éducation des prédateurs en mutualisant les pertes – puisque les prédateurs doivent bien goûter quelques proies avant d'identifier les couleurs et les motifs à éviter.

Pour comprendre comment ce mimétisme peut évoluer et être transmis, Mathieu Joron (MNHN, CNRS) et ses collègues ont étudié la région de l'ADN de l'*Heliconiusnumata* qui contrôle les motifs de ses ailes. Ils ont découvert un bloc contenant une trentaine de gènes immobilisé par des inversions de séquences génétiques (des parties du génome se trouvent en position inversée chez certains individus). Ce bloc ne peut pas se recombiner au moment de la reproduction. C'est ainsi que trois types chromosomiques différents (avec des arrangements différents des gènes), correspondants à trois formes mimétiques, coexistent chez ce papillon amazonien, expliquent les chercheurs.

Ces travaux sont publiés dans la revue *Nature* (édition AOP 14 août 2011).

Une espèce représente la plus grande unité de populations partageant un pool génétique commun.

La notion d'espèce biologique dépend donc de l'isolement reproductif.

L'isolement reproductif réduit le flux de gènes qui ne circulent qu'au sein de la population.

Il existe des facteurs qui empêchent 2 espèces de produire des hybrides fertiles.

Ces barrières sont de 2 types :

- des barrières prézygotiques (avant le zygote) qui empêchent l'accouplement ou la fécondation

Isolement gamétique : les gamètes des oursins rouges et pourpres ne peuvent pas fusionner à cause d'une protéine la bindine

- des barrières postzygotiques (après le zygote) qui empêchent le zygote de devenir viable

Mais ce concept a des limites. Il est impossible d'évaluer l'isolement reproductif des fossiles ou des organismes asexués (procaryotes).

Ex : tous les humains appartiennent à la même espèce.

Chimpanzés et humains sont deux espèces distinctes car ils ne sont pas interféconds.

Chaque espèce est isolée des autres par des barrières à la reproduction, rendant impossible le mélange des gènes. L'espèce constitue une communauté de procréation.

Un hybride : individu produit par 2 espèces différentes.

Genre = regroupement d'espèces qui se ressemblent

Le chien et le loup renard et lycaons genre = canis. Ils se retrouvent entre eux pour former un taxon ou famille. La famille des canidés.

B-La spéciation avec ou sans isolement géographique

Spéciation allopatrique : isolement géographique

Spéciation sympatrique : sans isolement géographique

2 concepts s'affrontent pour expliquer l'apparition de nouvelles espèces ou **spéciation** :

- le premier se rapporte à l'évolution graduelle d'une espèce qui se transforme progressivement en une autre espèce. (**anagenèse**)
- le deuxième repose sur la séparation d'une lignée en 2 rameaux sous l'effet d'une cause quelconque (**cladogenèse**)

L'origine des espèces = la spéciation = naissance de nouvelles espèces.

Anagenèse = accumulation de changements héréditaires qui modifient les caractères d'une espèce.

Cladogenèse qui consiste à la séparation d'un patrimoine génétique en 2 ou 3 et qui peut donner naissance à de nouvelles espèces. Seule la cladogenèse participe à la biodiversité

Les populations peuvent être séparées par des obstacles géographiques (chaîne de montagne, glacier, cours d'eau, élévation du niveau de la mer,...). Cet isolement géographique de la population favorise l'apparition de caractères qui garantissent l'isolement reproductif.

Les patrimoines génétiques des populations à faible effectif, géographiquement isolées, sont alors modifiés par la dérive génétique et la sélection naturelle.

Ecureuil antilope de Harris (*Ammospermophilus harrisi*) , écureuil antilope à queue blanche (*A leucurus*)

Certaines espèces peuvent apparaître sans qu'il y ait un isolement géographique. Cependant, il faut un mécanisme qui conduise à un isolement reproductif. Une sous population émerge à partir de la population mère.

On compte 2 modalités :

- l'hybridation entre 2 espèces voisine suivi d'une polyploïdie
- les altérations chromosomiques, la différenciation de l'habitat et de l'accouplement peuvent conduire à l'apparition de nouvelles espèces qui chevauchent une même aire géographique

Ex : les palmiers d'une île australienne (*Howeaforsteriana* et *H. belmoreana*) qui ne fleurissent pas en même temps (isolement temporel)

<http://fr.scribd.com/doc/95533489/Sympatric-Speciation-in-Palms>

Ex : cas des cichlidés, 2 poissons du lac du Nicaragua (*Amphilophus citrinellus* et *A. Zaliosus*) qui ont un comportement différent lors de l'accouplement (isolement éthologique)

III- Un regard sur l'évolution de l'Homme.

A- Comparaisons génétiques et acquisition du phénotype des primates.

D'un point de vue génétique, l'Homme et le chimpanzé sont très proches.

L'analyse du caryotype de l'Homme ($2n = 46$) et du Chimpanzé ($2n = 48$) montre de nombreuses ressemblances :

- des groupes de chromosomes de taille voisine
- des chromosomes avec une alternance de bandes claires et sombres relativement proche.

On peut marquer les chromosomes mitotiques avec des colorants fluorescents. On distingue ainsi sur les chromosomes des régions de l'ADN riches en paires de bases AT (bandes G) et riche en paires de bases GC (bandes R). La distribution de ces bandes est unique le long d'un chromosome. Colorants spécifiques des bandes G (Giemsa et Hoescht 33258), colorants spécifiques des bandes R (olivomycine)

- 13 paires de chromosomes identiques
- 7 paires présentent des remaniements divers : inversion de portions ou insertion de segments en diverses positions soit chez l'homme, soit chez le chimpanzé
- le chromosome 2 de l'homme se présente comme le résultat de la fusion entre les chromosomes 2p et 2q du chimpanzé.

L'analyse du caryotype de l'Homme avec les grands primates montrent la présence de quelques chromosomes identiques.

Les chromosomes 6, 19, 21, 22 et X sont identiques chez l'orang-outan, le gorille et le chimpanzé et l'homme, ils sont la marque des ancêtres primates archaïques du tertiaire.
Les différences observées seraient dues à de simples réarrangements comme des fusions, translocations ou inversions de bandes.

La comparaison des génomes entre l'Homme et le Chimpanzé montre 99 % de similitudes (15 millions de pb différentes sur 3 milliards de pb). Donc un grand nombre de protéines sont communes aux 2 espèces (*la myoglobine, le cytochrome oxydase, l'hémoglobine (chaînes bêta et gamma)*).

Il existe cependant des régions géniques qui présentent de fortes variations entre l'Homme et le Chimpanzé. Ces régions, il y a 6 Ma ont subi une accélération des mutations et sont appelées HAR1 (Human accelerated region1).

HAR1 est constitué de 2 gènes HAR1F et HAR1R qui se chevauchent, ne synthétise pas de protéines mais un ARN régulateur. il est actif dans de nombreux neurones du cortex.

Une mutation conduit à un cerveau lisse et une à l'apparition d'une schizophrénie chez l'Homme adulte.

La mutation d'un autre gène ASPM conduit à une réduction du volume crânien.

Pr la science aout 2009

Le **phénotype humain**, comme celui des grands singes proches s'acquiert au cours du développement pré et post natal. Il dépend de la durée et de l'intensité de l'expression des gènes homéotiques.

Chez l'Homme, l'allongement de la durée des différentes phases de développement est la conséquence de la modification de l'expression des gènes du développement. Ces modifications expliquent principalement les différences anatomiques :

- un faible développement osseux du crane qui conserve des caractères juvéniles : trou occipital centré, face plate, mâchoire réduite...
- une maturation lente du cerveau : augmentation du volume, du nombre de neurones, complexification
- une modification du squelette adapté à la bipédie : bassin court et large, membres inférieurs très développée, fémurs inclinés...

L'acquisition du phénotype humain est sous la dépendance de l'environnement et des relations établis par les individus entre eux.

B-La place de l'Homme parmi les primates.

Les **primates** sont des **mammifères placentaires** (*Placenta : structure permettant les échanges nutritifs entre l'embryon et l'organisme maternel*) caractérisés par :

- un **tronc vertical** en position assise
- des pieds et des mains préhensibles
- des doigts pourvus **d'ongles plats**
- une **face réduite** par rapport au **crâne cérébral**

- des **yeux frontaux** qui permettent une vision en relief
- des pieds et des mains présentant une structure primitive à cinq doigts.

Les premiers fossiles datent de -65 à -55 Ma. Ils sont variés et ne correspondent ni à l'Homme actuel, ni aux autres singes actuels.

*Les premiers primates sont apparus il y a 58 millions d'années, dans une période pas très éloignée de la disparition des dinosaures. Le plus ancien fossile connu est **Altiaatlasius**, identifié uniquement par une douzaine de dents (c'est le seul élément du squelette qui ait résisté au temps !). Ce petit mammifère du continent africain (Maroc) devait peser environs 120 grammes.*

La grande diversité des grands primates connue par les fossiles (40 genres différents il y a 30 millions d'années contre 4 genres seulement aujourd'hui) est aujourd'hui réduite. Les animaux communément appelés « **grands singes** » (gibbons, orangs-outans, gorilles et chimpanzés) se limitent aujourd'hui à quelques espèces. Qui plus est, les effectifs actuels de ces populations et leurs territoires sont aujourd'hui réduits : beaucoup d'espèces sont menacées d'extinction.

Homme et chimpanzé partagent un ancêtre commun récent. Cet ancêtre commun n'est ni un Chimpanzé, ni un Homme.

Les phylogénies moléculaires situent la divergence hominines paninées à 4 Ma (selon les auteurs chimpanzés seulement ou chimpanzé et gorille) mais les données paléontologiques (Toumaï) situent cette divergence à 7 Ma.

C- **La définition du genre Homo.**

Le genre Homo regroupe l'Homme actuel et quelques fossiles qui se caractérisent :

- par une face réduite
- un volume crânien important
- un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette
- une bipédie
- un trou occipital avancé
- une aptitude à la course à pied
- une mandibule parabolique.

Le genre Homo produit des outils complexes et est associé à des pratiques culturelles mais de façon non exclusive.

La comparaison de caractères morphologiques, anatomiques, embryologiques et moléculaires permet d'établir une phylogénie (des relations de parentés). Elle se traduit sous la forme d'un arbre.

Rappel : on considère que des espèces qui partagent un même caractère l'ont hérité d'un ancêtre commun hypothétique.

La construction de l'arbre phylogénétique du genre Homo est très controversée.

Bilan

L'évolution est à l'origine de la transformation des populations sous l'effet de la sélection naturelle due à la pression du milieu, de la concurrence entre les êtres vivants, du hasard, des mutations et de la dérive génétique

La diversité du vivant est en partie décrite comme une diversité d'espèces

L'Homme est un primate. Le genre Homo regroupe l'Homme actuel et quelques fossiles. Il partage avec le Chimpanzé un ancêtre commun récent.

La mise en place du phénotype de l'Homme et des grands singes se déroule durant le développement pré et post natal.