

Chapitre 3 : L'évolution des génomes à l'échelle des populations

À partir du début du XX^e siècle, une nouvelle branche de la génétique voit le jour : il s'agit de la **génétique des populations**. C'est un domaine de la biologie qui étudie la structure génétique des populations, c'est-à-dire la fréquence des allèles présents et son évolution au cours du temps, dans ces populations.

Pour rappel, une population est un ensemble d'individus de la même espèce qui vit dans un même milieu et qui se reproduit entre eux.

Comment l'étude de la structure génétique d'une population permet-elle d'expliquer l'apparition de nouvelles espèces ?

I. Le modèle théorique de Hardy-Weinberg (HW)

Au début du XX^e siècle, le médecin Weinberg et le mathématicien Hardy travaillent de façon totalement indépendante sur les premiers modèles de génétique des populations. Leur modèle s'appuie sur une population théorique d'organismes diploïdes ayant recours à la reproduction sexuée et sur plusieurs hypothèses simplificatrices :

- L'effectif de la population est INFINI
- Il n'y a AUCUNE MIGRATION dans cette population : il n'y a donc pas d'arrivée d'individus extérieurs qui entrent, ni de départ d'une fraction de la population.
- L'environnement n'exerce AUCUNE PRESSION, il n'y a donc pas de sélection naturelle
- Il n'y a pas de MUTATIONS, il n'y a donc pas de nouvel allèle qui apparaît dans la population.
- Les croisements entre individus se font AU HASARD, c'est-à-dire que le choix du partenaire sexuel n'est pas en rapport avec un caractère particulier porté par un gène. Il n'y a pas de PREFERENCE SEXUELLE.

TD : Le modèle théorique de Hardy-Weinberg

Selon ce modèle, lorsqu'une population présente les caractéristiques précédentes, la fréquence relative de ses allèles reste stable de génération en génération.

II. La situation des populations réelles, éloignée du modèle théorique

La majorité des populations n'évolue pas selon le modèle théorique de HW car les conditions théoriques ne s'appliquent pas. En effet, les populations sont très majoritairement soumises à différentes forces évolutives.

TD : La modification d'une population naturelle

A. Des populations qui évoluent sous l'effet de la sélection naturelle

Dans un environnement donné, certains **allèles sont qualifiés de favorables** car ils confèrent un avantage aux individus qui les portent. Si les conditions de cet environnement sont stables, la survie et la reproduction de ces individus seront favorisées ce qui va conduire à une augmentation de la fréquence des allèles favorables dans la population (ex : *allèle Xi- des éléphants sans trompe dans un environnement avec braconniers*; *allèle Carbonaria des phalènes noirs du bouleau dans un environnement pollué* ; *allèle AceR des moustiques résistants aux insecticides*).

Il existe également des allèles défavorables qui vont pénaliser les individus qui en sont porteurs.

Ainsi, sous l'effet de la sélection naturelle, déterminée par les caractéristiques d'un environnement, le génome des populations évolue et conduit à la mise en place de populations adaptées à leurs conditions environnementales. Si ces dernières changent (ex : *modification des insecticides pulvérisés sur les moustiques, diminution de la pollution sur les arbres, disparition du braconnage*), l'évolution du génome des populations peut également changer.

B. Des populations qui évoluent sous l'effet de la dérive génétique

Au sein d'une population de petit effectif (c'est-à-dire constitué d'un petit nombre d'individus), la fréquence de certains allèles varie de manière aléatoire (ex : *allèles Xi et Xi- des éléphants dans un environnement dépourvu de braconnage* ; *allèles A, B et O dans les populations humaines*). Cette situation concerne des allèles qui ne confèrent **aucun** avantage dans l'environnement considéré.

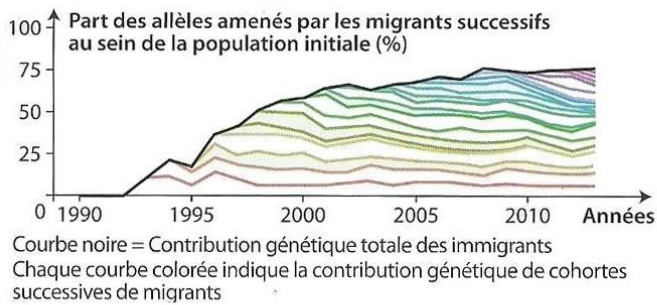
C. Des populations qui évoluent sous l'effet d'autres mécanismes

D'autres événements peuvent modifier naturellement le génome d'une population et son évolution :

– **phénomène de migration** : Présenter le phénomène de migrations et expliquer en quoi il peut modifier les fréquences alléliques d'une population. *Appuyez-vous sur l'exemple suivant*

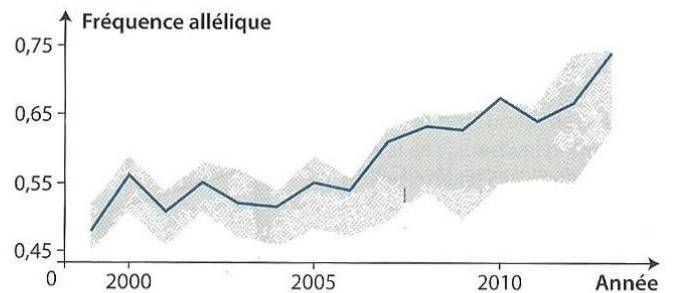
(Hachette p 67)

La structure génétique d'une population naturelle de Geais à gorge blanche (*Aphelocoma coerulescens*) a été étudiée pendant plus de 20 ans en Floride. Cette population a connu des niveaux élevés d'immigration : les individus immigrants représentent 32 à 55 % des adultes reproducteurs sur une année. Ces individus, en se reproduisant avec la population existante, intègrent leurs allèles dans cette population : on parle de flux génétique.



a Contribution génétique des immigrants sur la population de Geais étudiée

Chaque courbe colorée indique la contribution génétique de cohortes successives de migrants. La courbe noire correspond à la contribution génétique totale des immigrants.

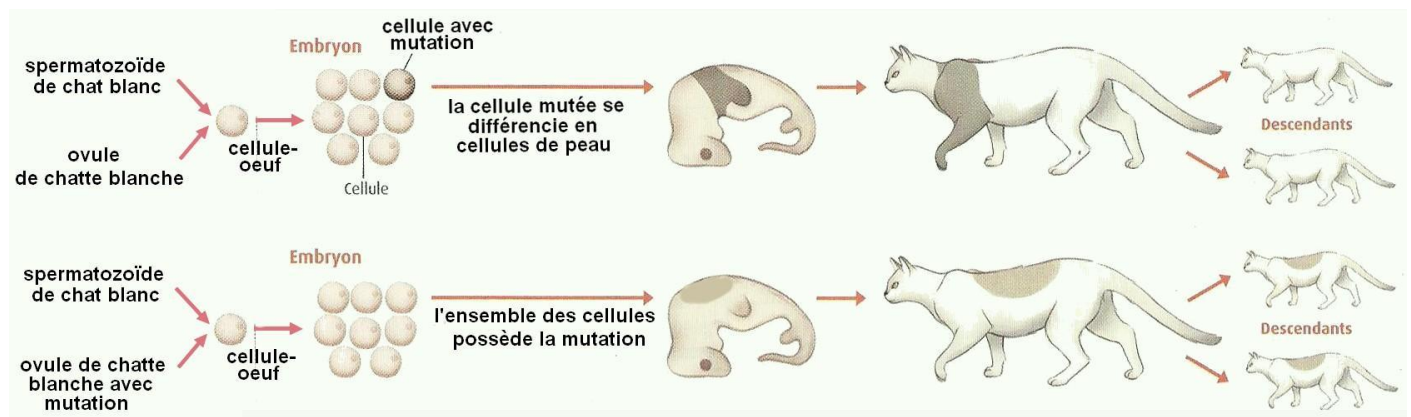


b Évolution des fréquences alléliques d'un SNP suite aux immigrations successives

Les SNP (Single Nucleotide Polymorphism) sont des séquences d'ADN qui présentent des variations ponctuelles de l'ADN très fréquentes entre individus, à l'origine de nombreux allèles. Leur analyse est riche pour évaluer la diversité génétique d'une population.

→ Des individus extérieurs peuvent intégrer une population et apporter ainsi des allèles nouveaux. Ce flux de gènes est un phénomène fréquent car les populations naturelles sont rarement isolées.

– **phénomène de mutation** : Présenter ce que sont des mutations (1^{ère}...) et les conditions requises pour qu'elles introduisent de nouveaux allèles dans une population. Votre oral devra comprendre l'analyse du document suivant (qui est une aide).



→ Des mutations peuvent affecter certains gènes et introduire ainsi de nouveaux allèles dans la population, modifiant le génome initial. Ce phénomène reste cependant rare.

– **phénomène de sélection sexuelle** :Présenter le phénomène de sélection sexuelle et expliquer en quoi il peut modifier les fréquences alléliques d’une population. Appuyez-vous sur l’exemple suivant



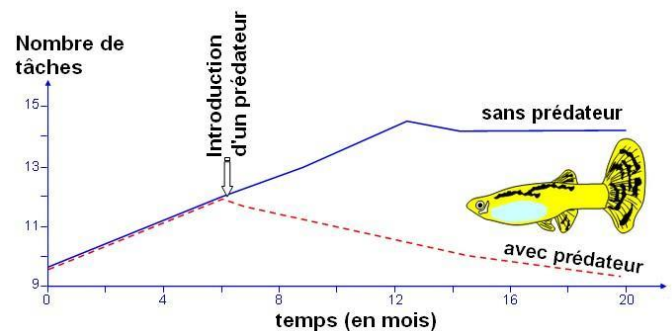
Les Guppies sont des petits poissons prisés des aquariophiles. Les mâles portent des tâches vivement colorées, de nombre variables. ►

Des chercheurs ont compté le nombre de tâches sur des Guppies mâles dans différents milieux naturels contenant plus ou moins de prédateurs. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Nombre de prédateurs par hectare	Nombre moyen de tâches sur le corps
Milieu 1	354	9,8
Milieu 2	467	8,5
Milieu 3	185	11,2

Nombre moyen de tâches sur les Guppies en fonction du milieu

Une expérience a été réalisée. On a introduit dans un milieu naturel reconstitué sans aucun prédateur des Guppies (temps zéro sur le graphique). Au 6^{ème} mois, la moitié des Guppies est transférée dans un milieu avec des prédateurs, et l’autre moitié reste sans prédateur. Le nombre de tâches sur les Guppies nouveau-nés est dénombré pendant 20 mois. Les résultats sont reportés dans le graphique suivant.



(D’après Francine Brondex, Évolution synthèse des faits et théories, p 92)

Des informations sur les Guppies :

- Les femelles sont plus attirées par les mâles qui arborent beaucoup de tâches sur leur corps. Elles choisissent préférentiellement ces mâles-là pour se reproduire, au détriment des mâles avec peu de tâches.
- Un Guppy se reproduit en moyenne tous les mois. En 20 mois, il y a donc 20 générations qui se sont succédées.
- Le nombre de tâches est un caractère génétiquement déterminé : il est donc héréditaire.

→ La reproduction sexuée ne se produit pas toujours de manière aléatoire (comme le stipule le modèle d’HW). En effet, dans certaines espèces, les individus d’un sexe choisissent leur(s) partenaire(s) du sexe opposé (ex : sélection sexuelle des Guppys). Il s’agit d’une sélection sexuelle qui peut également contribuer à l’évolution du génome de la population puisque la transmission des allèles à la descendance sera hétérogène.

Video : [une affaire de séduction](#) :

https://www.youtube.com/watch?v=PQUyQrlk5G8&ab_channel=Leblob%2C%E2%80%99extra-m%C3%A9dia

III. Evolution des populations et spéciation

Donc au cours du temps, de nombreux facteurs induisent l’évolution génétique des populations. Ces dernières étant souvent génétiquement hétérogènes, elles évoluent conduisant à une différenciation génétique et donc à la formation de populations qui se distinguent entre elles par leurs caractéristiques génétiques (ex : populations d’éléphants en Afrique).

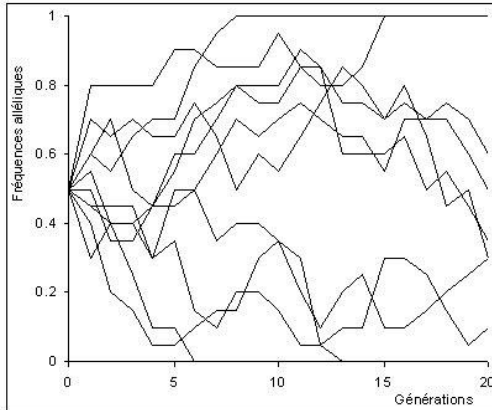
Lorsque cette différenciation génétique s’accroît, elle peut conduire à limiter les échanges réguliers de gènes entre les populations, voire à les empêcher. Dans ce cas, des populations vont être génétiquement isolées entre elles, ce qui va conduire à la formation d’une nouvelle espèce (ex : Pouillot; Processionnaire du Pin).

Ainsi, toutes les espèces apparaissent donc comme des ensembles hétérogènes de populations, évoluant continuellement dans le temps.

Une population est constituée d'individus de la même espèce. Il existe une diversité génétique ou non à l'intérieur des populations (cf chap 1.A.2).

A un instant donné, les individus d'une population ont une survie et/ou une fertilité différente selon les conditions du milieu (accès aux ressources alimentaires, compétition avec les autres espèces,...). Ceux dont le phénotype est favorisé à un instant t , auront un plus grand nombre de descendants : la fréquence des allèles qu'ils portent augmentera à la génération suivante. Ce mécanisme est appelé : **sélection naturelle**.

La fréquence des allèles dont la présence est sans conséquence sur la fertilité et la survie des individus varie d'une génération à l'autre sous le seul effet du hasard. C'est la **dérive génétique**.



Variation de la fréquence des allèles dans une population au cours du temps sous le seul effet du hasard.

Lors d'une migration, le hasard joue aussi un rôle dans la modification des populations : les émigrants emportent avec eux un échantillon d'allèles aléatoire de la population initiale. Donc la fréquence des allèles dans la nouvelle population ne sera pas la même que dans la population de départ. Cette forme particulière de dérive génétique est appelée : **effet de fondation ou effet fondateur**.

Hasard et sélection naturelle agissent simultanément sur la transformation des populations. Ils sont à l'origine de modifications de la diversité génétique et phénotypique des populations au cours du temps. Ces modifications des populations au cours du temps sont qualifiées d'**EVOLUTION BIOLOGIQUE**.

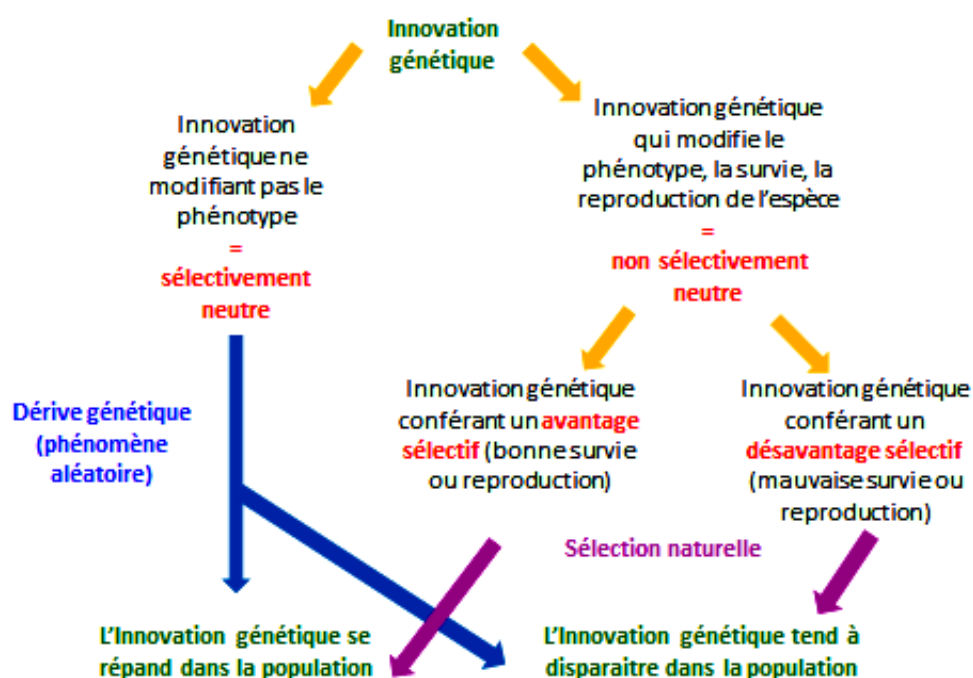


Schéma bilan des actions de la dérive génétique et de la sélection naturelle.