

L'inéluctable évolution des génomes au sein d'une population :

(Bordas, Ed.2020, p.94-95, Nathan p.88, Hachette p.74)

I/ L'équilibre théorique de Hardy-Weinberg :

Au début du XX^e siècle, biologistes et mathématiciens élaborent les premiers modèles de génétique des populations. Il s'agit d'un domaine de la biologie qui étudie la structure génétique d'une population, c'est-à-dire la fréquence des allèles présents et son évolution au cours du temps.

Le premier de ces modèles, établi par G. H. Hardy et W. Weinberg, 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 ;
- la population est fermée (elle n'est pas l'objet de migrations) ;
- ni la sélection naturelle, ni la sélection sexuelle ne s'y exercent ;
- les mutations ne sont pas prises en compte.

Si toutes ces hypothèses sont respectées, ce modèle théorique prévoit que les fréquences des allèles portés par les organismes de cette population sont stables de génération en génération.

Dans les populations eucaryotes à reproduction sexuée, le modèle théorique de Hardy-Weinberg prévoit la stabilité des fréquences relatives des allèles dans une population (mais ceci sous certaines conditions relatives à la reproduction, à la sélection naturelle et aux mouvements de populations). Dans les populations naturelles, les fréquences alléliques observées ne correspondent pas à celles de la prédiction du modèle théorique de Hardy-Weinberg.

II/ Les forces évolutives à l'œuvre :

Dans les conditions réelles, cet équilibre théorique n'est jamais atteint car les hypothèses sur lesquelles repose le modèle de Hardy-Weinberg ne sont pratiquement jamais vérifiées. Quatre forces évolutives font varier les fréquences alléliques au cours du temps.

1°) Les mutations :

Certaines mutations, touchant les cellules sexuelles, peuvent introduire de nouveaux allèles dans la population, modifiant ainsi leurs fréquences relatives. Ces mutations sont cependant rares (de l'ordre de 0,0001 % pour un gène donné), ce qui fait que leur impact est très limité sur l'évolution des fréquences alléliques dans les populations, surtout si ces dernières présentent un effectif important.

2°) Sélections naturelle et sexuelle :

Dans la plupart des populations, la fréquence des allèles varie au cours du temps sous l'effet de différents facteurs de l'environnement : c'est la sélection.

Dans un environnement donné, certains allèles confèrent un avantage sélectif aux individus qui les possèdent en augmentant leur succès reproducteur, c'est-à-dire le nombre de descendants viables et fertiles qu'ils laissent à la génération suivante : ce sont des allèles favorables. Si l'environnement reste stable, la fréquence de ces allèles a tendance à augmenter de génération en génération, ce qui explique l'adaptation des populations à leur environnement. À l'inverse, certains allèles sont défavorables et leur fréquence a tendance à diminuer et ces allèles peuvent même disparaître.

Le succès reproducteur dépend de deux composantes : la probabilité de survie de l'individu jusqu'à l'âge adulte (donc l'adaptation de l'individu à son environnement) et sa fécondité (sa capacité à se reproduire et le nombre de descendants qu'il produit). Chez certaines espèces, l'accès à la reproduction dépend de caractères identifiables par les individus de sexe opposé : c'est la sélection sexuelle. Mais certains de ces caractères peuvent parfois diminuer les chances de survie de leur porteur. La sélection sexuelle résulte alors d'un compromis entre l'avantage que procure un caractère pour l'accès aux partenaires sexuels, et l'inconvénient qu'ils entraînent pour la survie. Les préférences sexuelles sont également à l'origine d'écarts à l'équilibre de Hardy-Weinberg dans les populations réelles.

3°) La dérive génétique :

Les populations réelles ne sont pas de taille infinie. Même en l'absence de sélection, la fréquence des allèles dans une population varie sous l'effet du hasard : c'est la dérive génétique. Celle-ci s'exerce sur les traits neutres c'est-à-dire qui ne confèrent aucun avantage ou désavantage sélectif, mais aussi sur les traits non neutres.

La dérive conduit à terme à la fixation ou à la disparition d'un allèle et donc à un appauvrissement génétique de la population. Elle est d'autant plus marquée que les populations sont de petite taille. Dans les petites populations isolées (du fait d'un effet fondateur à partir d'un petit groupe de migrants, ou à cause d'un évènement diminuant drastiquement l'effectif d'une population) la dérive génétique peut jouer un rôle prépondérant dans l'évolution, parfois même à l'encontre de la sélection.

4°) Les migrations :

L'équilibre de Hardy-Weinberg suppose une population fermée sur elle-même, sans arrivée ni départ d'individus. Or, dans la plupart des situations réelles, la migration d'individus peut faire entrer de nouveaux allèles au sein d'une population, de façon bien plus significative que les mutations.

Ces migrations constituent des flux de gènes entre les différentes populations et tendent à homogénéiser leurs fréquences alléliques, donc à limiter leur différenciation. Les migrations peuvent parfois aller à l'encontre de la sélection en diminuant l'adaptation d'une population à son environnement.

Mais elles permettent en revanche de limiter les effets délétères de la consanguinité dans des petites populations, phénomène qui peut mettre en péril une population à long terme.

Différents facteurs empêchent d'atteindre l'équilibre théorique, en particulier, le non-respect des conditions fixées par Hardy et Weinberg. Il s'agit des mutations, du caractère favorable ou défavorable qu'elles confèrent (effet de la sélection naturelle), de la taille limitée de la population (effets de la dérive génétique), des migrations et des préférences sexuelles.

III/ Un nouveau regard sur la notion d'espèce :

Dans sa définition la plus courante, l'espèce est un groupe d'individus interféconds capables de donner naissance à une descendance fertile dans des conditions naturelles. Cette définition s'appuie sur l'isolement reproducteur : deux populations constituent deux espèces différentes lorsqu'elles n'échangent plus ou très peu de gènes (spéciation).

Cet isolement peut être géographique (éloignement, apparition d'une barrière empêchant la reproduction), comportemental (sélection sexuelle), écologique (sélection naturelle) ou lié à une survie faible voire nulle des hybrides issus d'une fécondation entre des individus de deux groupes éloignés.

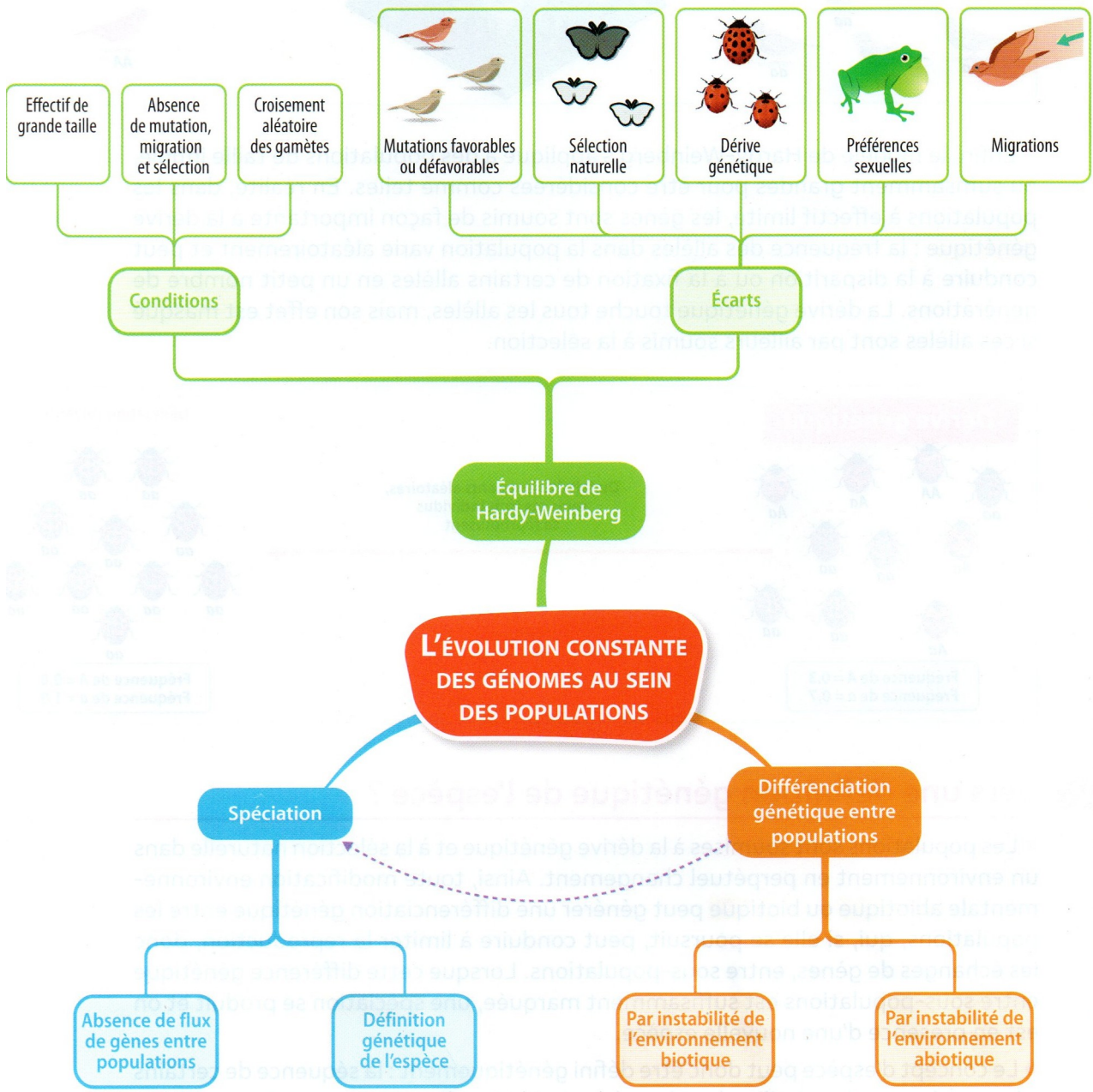
Depuis quelques dizaines d'années, la baisse importante du coût du séquençage génétique permet de mesurer avec plus de précision les flux de gènes entre différentes populations. Dans certains cas, le séquençage remet en cause des conceptions pourtant bien ancrées. Par exemple, certaines populations que les scientifiques pensaient homogènes sont en réalité constituées de sous-populations isolées depuis plusieurs centaines de milliers d'années, et ne constituent donc pas une mais plusieurs espèces (ainsi, on sait désormais qu'il existe deux espèces distinctes d'éléphants d'Afrique).

Au contraire, les analyses génétiques révèlent parfois des hybridations plus fréquentes entre des individus appartenant à des groupes considérés comme des espèces différentes. Ainsi, les flux de gènes entre les populations humaines de Néandertaliens et de Sapiens montrent que les limites entre deux espèces sont difficiles à définir et sont finalement assez arbitraires.

Les analyses génétiques sont donc une avancée majeure pour mieux comprendre l'histoire des populations et leur évolution.

L'environnement biotique et abiotique des populations est instable. La sélection naturelle et la dérive génétique s'exercent en permanence, si bien qu'une différenciation génétique se produit obligatoirement au cours du temps.

Cette différenciation peut conduire à la restriction des échanges réguliers de gènes entre les différentes populations de l'espèce. Toute espèce peut donc être considérée comme un ensemble hétérogène de populations qui évoluent continuellement dans le temps.



Carte mentale
 (Hachette, Ed.2020, p.74)