

# THÈME : GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

## Chapitre : L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations

La diversification des génomes, due à la reproduction sexuée et aux transferts de gènes, contribue à l'acquisition de nouveaux gènes ou allèles et à la diversification des êtres vivants (nouveaux caractères). Les êtres vivants subissent ensuite les contraintes du milieu et les forces évolutives. Ces forces transforment alors lentement les populations et leurs génomes, ce qui contribue à former de nouvelles espèces.

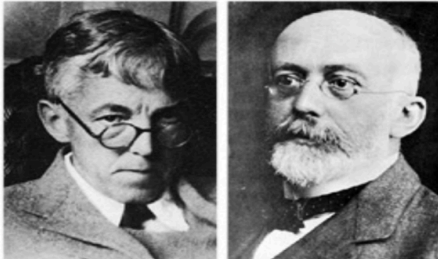
### Problématique : Quels sont les mécanismes expliquant l'évolution des génomes dans les populations ?

#### I. Le modèle d'Hardy-Weinberg, un équilibre démographique théorique

##### A) Le modèle d'Hardy-Weinberg

Au début du XXe siècle, biologistes et mathématiciens élaborent les premiers modèles de génétique des populations. 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, sans arrivée ou départ d'individus.
- Aucun allèle et donc aucun phénotype ne donne un avantage au niveau de la survie dans l'environnement.
- Le principe de panmixie s'exerce, donc reproduction aléatoire des partenaires sexuelles.
- Les mutations ne sont pas prises en compte.



Si dans une population, il y a seulement 2 allèles pour un caractère donné, alors :

$$P^2 + 2PQ + Q^2 = 1$$

Fréquence du génotype homozygote dominant	Fréquence du génotype hétérozygote	Fréquence du génotype homozygote récessif
--	--	--

**Document 1** : Le modèle mathématique d'Hardy-Weinberg

Si toutes ces hypothèses sont respectées, ce modèle théorique prévoit que les fréquences des allèles portés par les individus de cette population sont stables de génération en génération. La population est dite alors à l'équilibre d'Hardy-Weinberg.

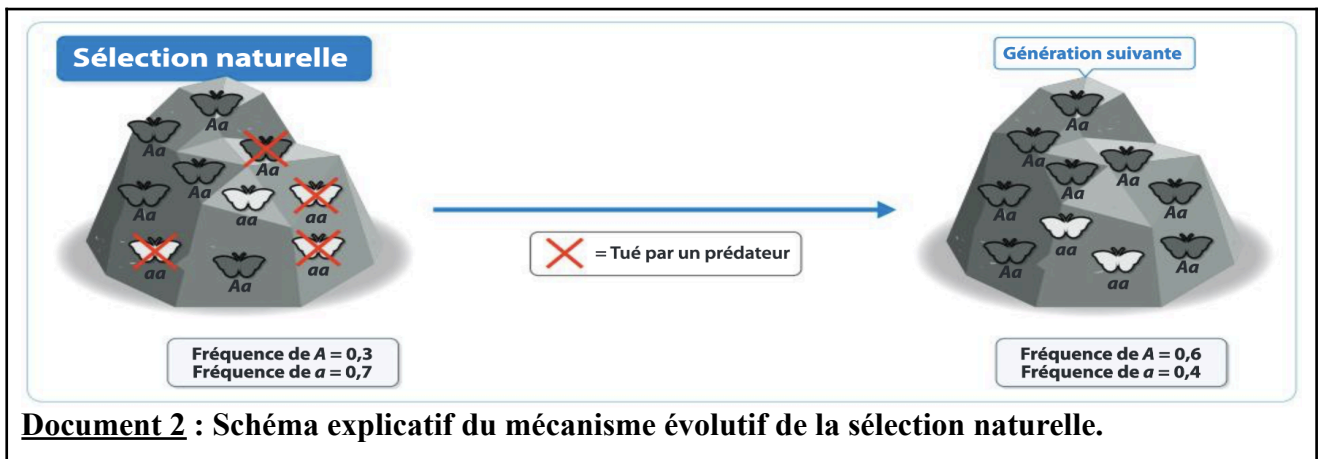
##### B) Un modèle mathématique ne pouvant pas exprimer la complexité du monde vivant

L'intérêt du modèle d'Hardy-Weinberg est d'identifier si la population est à l'équilibre et correspond aux fréquences attendues. Tout écart à l'équilibre indique la présence de phénomènes évolutifs. Néanmoins, 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.

**Bilan** : Le modèle théorique de Hardy-Weinberg postule que, dans une population d'organismes diploïdes ayant recours à reproduction sexuée, la fréquence des allèles est stable d'une génération à la suivante, sous certaines conditions. Dans les conditions réelles, cet équilibre théorique n'est jamais parfaitement atteint.

## II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

### A) La sélection 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 naturelle.

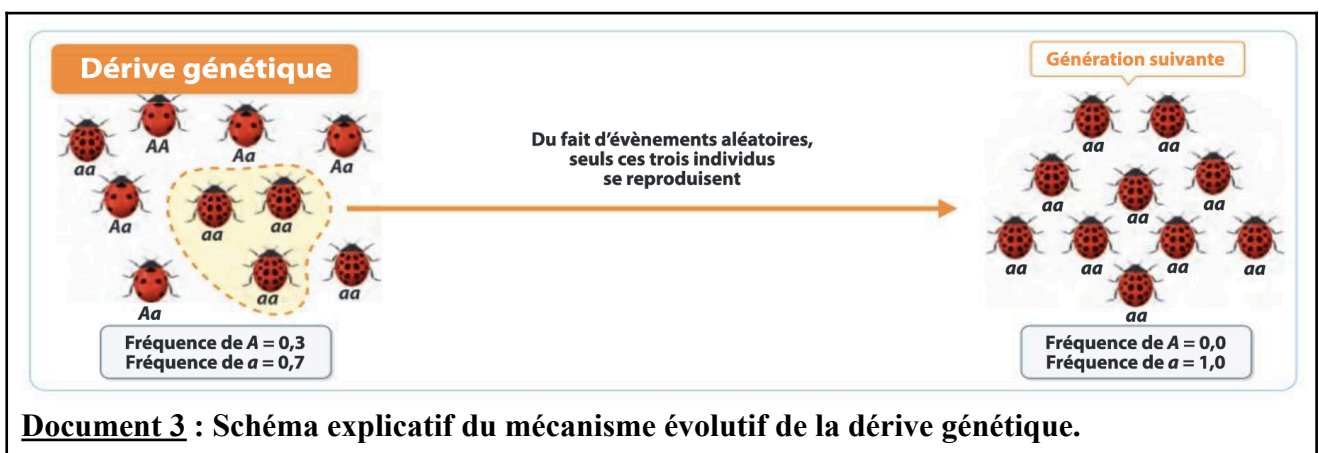
Dans un environnement donné, certains allèles confèrent un avantage sélectif aux individus qui les possèdent en augmentant leur succès reproducteur, c'est-à-dire le nombre de descendants viables et fertiles qu'ils laissent à la génération suivante : ce sont donc des allèles favorables.

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, leur fréquence a tendance à diminuer et ces allèles peuvent même disparaître.

Chez certaines espèces, l'accès à la reproduction dépend de caractères identifiables par les individus de sexe opposé : c'est la sélection sexuelle. Néanmoins, 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 sa survie dans le milieu avec un allèle désavantageux.

Les préférences sexuelles sont également à l'origine d'écarts à l'équilibre de Hardy-Weinberg dans les populations réelles.

### B) La dérive génétique

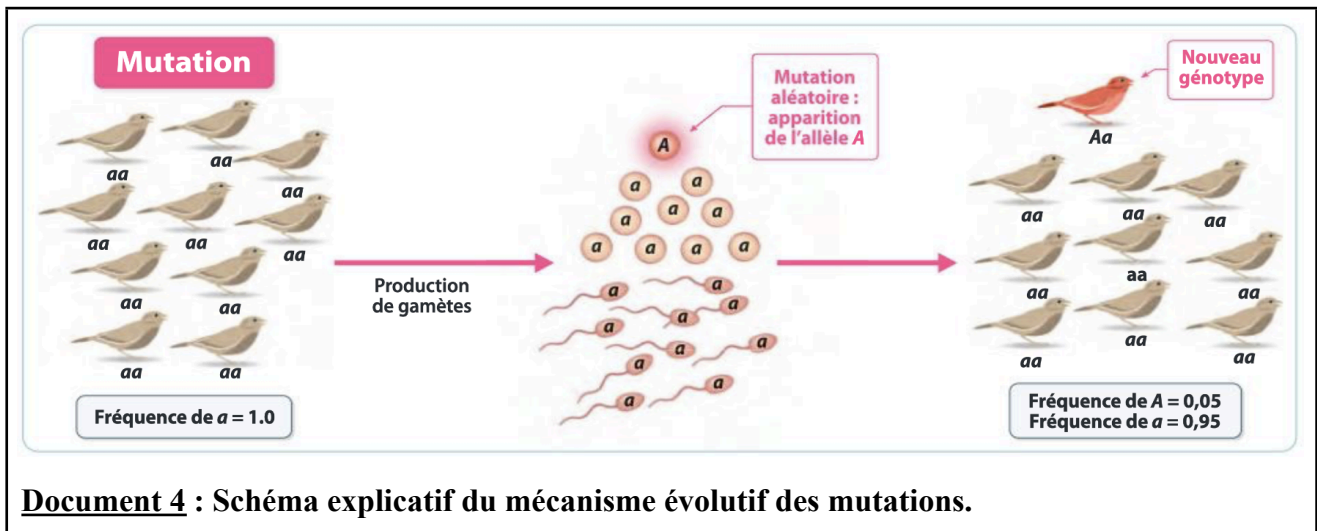


Les populations réelles ne sont pas de taille infinie. Même en l'absence de sélection, la fréquence des allèles dans une population varie sous l'effet du hasard : c'est la dérive génétique.

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.

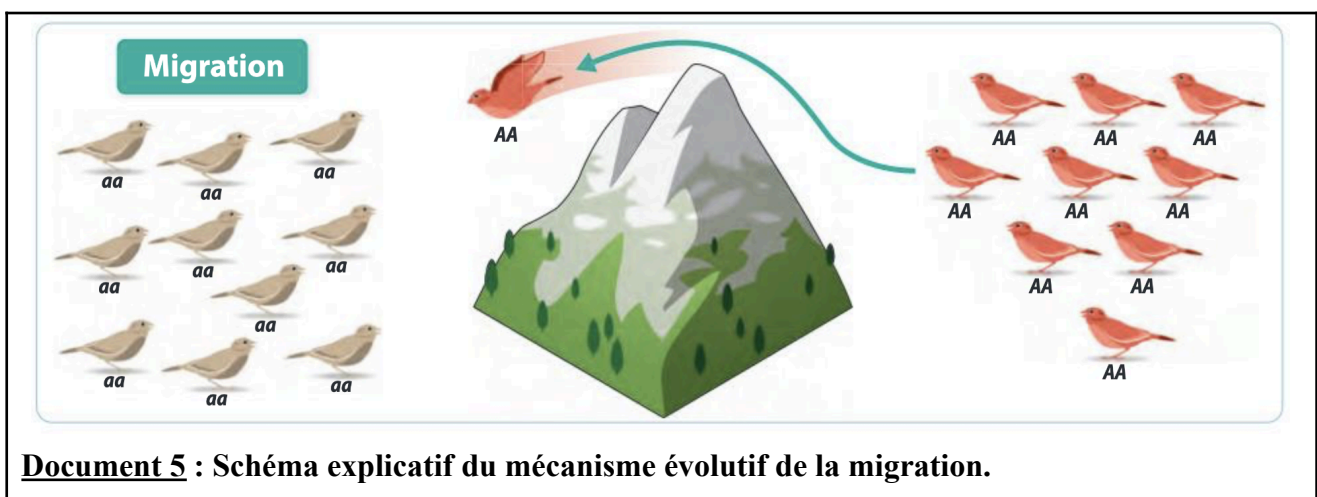
Elle est d'autant plus marquée que les populations sont de petite taille. Dans les petites populations isolées (du fait d'un effet fondateur à partir d'un petit groupe de migrants, ou à cause d'un évènement diminuant drastiquement l'effectif d'une population) la dérive génétique peut jouer un rôle prépondérant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

### C) 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.

### D) 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.

**Bilan : L'évolution des populations résulte de la modification des fréquences alléliques. Elle est due à la sélection naturelle et sexuelle, à la dérive génétique, aux mutations et aux migrations, qui ensemble expliquent la différenciation et l'adaptation des populations.**

### III. Le concept biologique de l'espèce

#### A) Un nouveau regard sur la notion d'espèce

Dans sa définition la plus courante, l'espèce est un groupe d'individus qui se ressemblent, interféconds et capables de donner naissance à une descendance fertile dans des conditions naturelles.

Cette définition s'appuie sur le principe de l'isolement reproducteur : deux populations constituent deux espèces différentes lorsqu'elles n'échangent plus ou très peu de gènes par reproduction.

Cet isolement peut être géographique (éloignement, apparition d'une barrière empêchant la reproduction), comportemental (sélection sexuelle), écologique (sélection naturelle).

Ainsi, dans l'histoire de la biologie, les critères utilisés pour définir l'espèce sont :

- Le critère phénotypique : des individus font partie de la même espèce si ils se ressemblent.
- Le critère d'interfécondité : des individus font partie de la même espèce si ils peuvent se reproduire et avoir une descendance fertile.
- Le critère moléculaire : des individus font partie de la même espèce si ils présentent des similitudes génétiques.

Ce dernier critère, avec les progrès du séquençage génétique a permis d'établir des phylogénies plus précises des populations.

Il apparaît donc que l'espèce n'est pas une catégorie naturelle, mais un concept construit par l'espèce humaine pour décrire le monde vivant et pouvant être sujet à débat.

#### B) Le mécanisme de spéciation

La spéciation est le mécanisme par lequel de nouvelles espèces apparaissent ou plutôt par lequel on forme deux sous-populations à partir d'une population ancestrale.

La spéciation se fait en différents temps :

- Isolement géographique, comportemental ou écologique : il empêche les contacts reproducteurs entre les populations récemment séparées.
- Isolement génétique : les populations isolées évoluent indépendamment par les mécanismes de mutation, sélection naturelle et dérive génétique. Elles accumulent les différences génétiques.
- Isolement reproducteur : lorsque les différences génétiques, la reproduction entre les individus des populations séparées n'est plus possible, on considère qu'elle forme des espèces différentes.

**Bilan : Les populations subissent continuellement les effets des forces évolutives. Des populations placées dans des environnements différents évoluent ainsi de manière différente. Peu à peu, elles peuvent ne plus être capables de se reproduire entre elles, ce qui limite les échanges de gènes et accentue les différences. Cet isolement reproducteur a conduit à la formation de nouvelles espèces : il y a une spéciation. Les espèces apparaissent donc comme un ensemble hétérogène de populations qui évoluent continuellement dans le temps et dans l'espace, où chaque population est génétiquement isolée des autres.**

## Schéma bilan

