

# CHAPITRE 3 :

## L'ÉVOLUTION DES GÉNOMES

### **Introduction:**

La diversité des génomes augmente grâce au sexe et aux transferts de gènes, ce qui donne de nouveaux gènes ou de nouvelles versions de gènes (allèles) et rend les êtres vivants plus variés (nouveaux traits). Ensuite, l'environnement et différentes forces comme les mutations (changements dans l'ADN), la sélection naturelle (les plus adaptés survivent et se reproduisent) et la dérive génétique (changements aléatoires dans les gènes) agissent sur ces êtres vivants. Ces forces modifient petit à petit les populations et leurs gènes, ce qui peut mener à la création de nouvelles espèces : c'est la spéciation.

**Problématique:** Comment les forces de l'évolution façonnent-elles les génomes des populations et mènent-elles à la spéciation ?

## I. Le modèle d' Hardy Weinberg

### A. Le modèle de Hardy-Weinberg :

C'est **un outil statistique théorique** qui analyse les fréquences des allèles au sein d'une population (sa structure génétique).

Il s'appuie sur les principes de la méiose et de la fécondation.

**Exemple :** Le croisement de deux individus hétérozygotes ( $A/a$ ) produit trois génotypes : ( $A/A$ ), ( $a/a$ ), et ( $A/a$ ).

Si l'allèle  $A$  a une fréquence " $p$ " et l'allèle  $a$  a une fréquence " $q$ ", des relations mathématiques peuvent être établies pour prédire les fréquences génotypiques à l'équilibre.

### B. Les conditions du modèle de Hardy-Weinberg :

Ce modèle théorique pour un couple d'allèles ( $A$  et  $a$ ) ne s'applique que sous **cinq conditions strictes** :

- **Absence de sélection naturelle** (aucun allèle n'est favorisé ou éliminé).
- **Pas de mutation** (aucun nouvel allèle n'apparaît).
- **Pas de migration** (aucun allèle n'est introduit ou retiré de la population par des individus venant d'ailleurs).
- **Population de grande taille** (pour éviter les effets de la dérive génétique, qui sont plus importants dans les petites populations).
- **Panmixie** (les individus se reproduisent de manière aléatoire, sans préférence pour certains génotypes).

### C. Intérêt du modèle de Hardy-Weinberg :

Il permet de déterminer si une population est à **l'équilibre génétique** et si les **fréquences observées correspondent aux fréquences attendues selon le modèle**.

Tout écart significatif par rapport à cet équilibre suggère la présence de forces évolutives agissant sur la population (comme la sélection naturelle ou la dérive génétique).

## II. Les écarts au modèle théorique

### A. Les écarts associés aux mutations :

Dans la réalité, l'équilibre de Hardy-Weinberg **n'est jamais atteint à cause des forces évolutives et de la complexité/dynamique des écosystèmes**.

Les **mutations** sont une force évolutive qui crée de nouveaux gènes et allèles (par mutation, duplication, transferts de gènes).

Leur impact varie selon le temps de génération (plus fréquent chez les bactéries/virus).

Chez les pluricellulaires, les mutations germinales sont rares ( $10^{-6}$ ), mais leur impact peut être amplifié par la sélection naturelle.

**Exemple :** Modélisation de l'effet d'une mutation avec une probabilité de 0,1%.

## B. Les écarts associés à la sélection naturelle :

La **sélection naturelle** favorise l'augmentation des fréquences des allèles avantageux et la diminution de celles des allèles désavantageux, entraînant des écarts à la loi de Hardy-Weinberg.

L'avantage sélectif se traduit par un meilleur succès reproducteur (survie et reproduction accrues).

### Exemples :

- La phalène du bouleau (formes claire/sombre).
- Les défenses des éléphants.
- Le bec des pinsons de Darwin (tailles différentes).
- Les allèles HbA et HbS (drépanocytose).

La **sélection sexuelle** est une forme de sélection naturelle où l'avantage reproductif prime sur la survie, favorisant la transmission de certains allèles.

### Exemples de sélection sexuelle :

- Le plumage de certains oiseaux mâles (ex: le Paon).
- Les nageoires de certains poissons (Guppy).

## C. Les écarts associés à la dérive génétique :

La **dérive génétique** est une force évolutive importante dans les petites populations.

Elle provoque un biais aléatoire dans la transmission des allèles, où les fréquences alléliques peuvent changer rapidement de manière non prédictible (surtout pour les allèles neutres).

### Exemples de dérive génétique :

- Les éléphants sans défense du Parc Addo.
- Les souris de Madère.

## D. Autres facteurs d'écarts :

Les **migrations** (flux de gènes entre populations) modifient également les fréquences alléliques.

Les **préférences de reproduction** (non-panmixie), comme l'autogamie chez les plantes, peuvent aussi altérer la structure génétique des populations.

### III. La notion d'espèce et la spéciation

#### A. La définition de l'espèce :

Définition classique : ensemble d'individus qui se ressemblent, peuvent se reproduire entre eux (interféconds) et ont une descendance viable et fertile.

Limites de cette définition : existence d'hybrides interspécifiques fertiles, surtout chez les espèces naissantes.

Définition actuelle : groupe d'êtres vivants génétiquement proches (ressemblance et interfécondité) et suffisamment éloignés génétiquement d'autres groupes dans l'espace (niche écologique) et le temps (ancêtre commun ancien).

#### B. Les apports du séquençage des génomes :

Permet de séquencer rapidement de nombreux génomes.

##### Applications :

- **Comparaison de différentes populations d'une même espèce** (ex: populations humaines).
- **Comparaison d'espèces proches pour retracer migrations et séparations** (ex: souris de Madère, Homo sapiens).
- **Étude de l'ADN mitochondrial pour retracer la lignée maternelle et les origines.**
- **Réalisation d'arbres phylogénétiques pour évaluer la proximité entre populations d'une même espèce et entre différentes espèces.**

#### C. Les mécanismes de spéciation (formation de nouvelles espèces) :

Une nouvelle espèce apparaît quand une population isolée devient **génétiquement différente du reste de l'espèce initiale**.

La spéciation nécessite **un arrêt des échanges de matériel génétique** (isolement reproducteur) pendant une période variable.

Deux principaux modes d'isolement reproducteur :

- **Spéciation allopatrique** : séparation géographique des individus (migration, séparation des niches écologiques).
- **Spéciation sympatrique** : isolement au sein du même écosystème, dû à des facteurs biologiques (décalage de reproduction, nutrition, communication) ou génétiques (modification du caryotype, mutations).

#### D. L'histoire évolutive de l'espèce :

Une espèce **apparaît dans de petites populations isolées de l'espèce initiale**.

Elle **évolue** grâce aux **forces évolutives** (mutation, sélection, dérive).

Une espèce peut **disparaître si tous ses individus s'éteignent** (extinction).