

L'INELUCTABLE EVOLUTION DES GENOMES AU SEIN DES POPULATIONS

Fiche objectif n°8 :

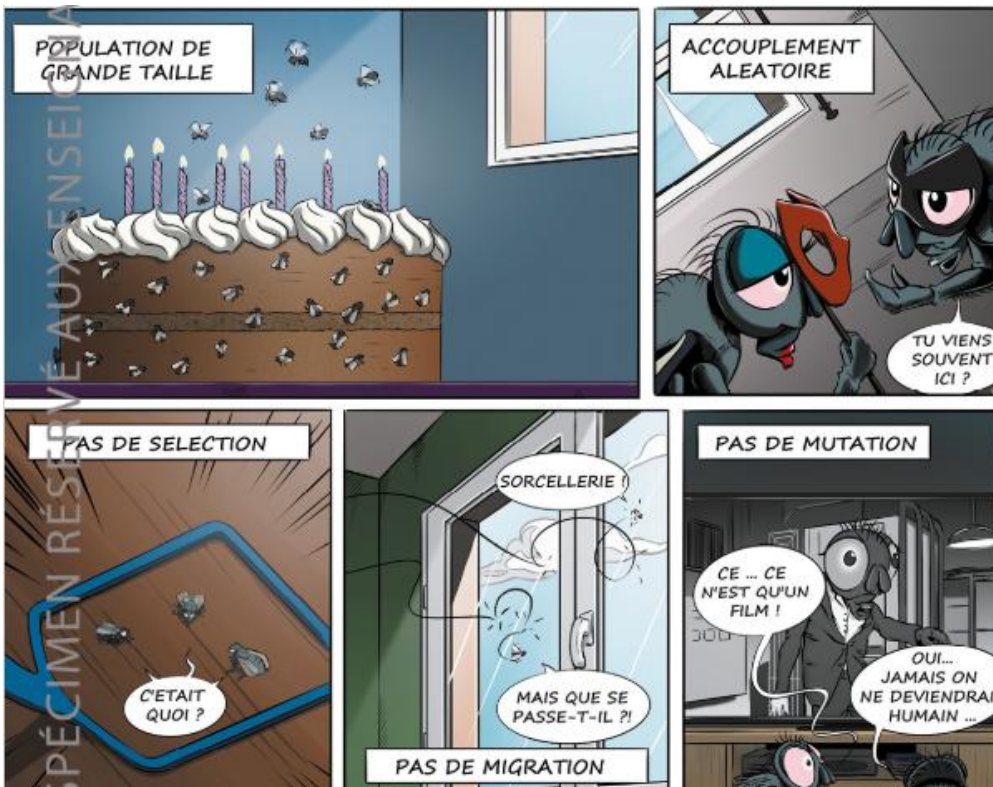
Mots clés	Modèle de Hardy-Weinberg, fréquence allélique, fréquence génotypique, sélection naturelle, dérive génétique, migration, environnement biotique et abiotique, spéciation, espèce, séquençage.	NA	EA	A
Objectifs	Comprendre le modèle de Hardy-Weinberg et démontrer qu'il s'applique dans les exemples donnés (activité n°1)			
	Analyser et interpréter des données pour expliquer des faits (activité n°2)			
	Comprendre et identifier un facteur éloignant de l'équilibre de Hardy-Weinberg (activité n°2)			
	Communiquer à l'oral (activité n°2)			
	Utiliser un logiciel (Geniegen, Audacity, Phylogène) (TP n°11 & 12)			
	Utiliser un logiciel de simulation pour montrer les effets de la dérive génétique (activité n°3)			
	Interpréter des résultats et en tirer des conclusions (activité n°3)			
	Extraire, organiser et exploiter des informations sur l'évolution de la fréquence allélique dans des populations (activité n°4)			
	Extraire, organiser et exploiter des informations sur les conséquences de la dérive génétique (activité n°5)			
	Questionner la notion d'espèces en s'appuyant sur les apports modernes du séquençage de l'ADN (TP n°12)			

Au sein d'une espèce, dans les différentes populations, les allèles des gènes sont transmis de génération en génération selon les processus de méiose et fécondation. Mais au fil du temps, inexorablement, des différences génétiques apparaissent d'une population à l'autre car ces populations connaissent des histoires différentes, au point parfois de devenir très différentes les unes des autres.

Problème : Quels mécanismes permettent l'évolution des génomes au sein des populations, et avec quelles conséquences ?

I. Le modèle de Hardy-Weinberg : un modèle mathématique :

Au début du XXème siècle, le mathématicien Godfrey Hardy et le médecin Wilhem Weinberg ont découvert un principe qui permet de prévoir, dans certaines conditions, l'évolution des fréquences alléliques au sein des populations.



Problème : Qu'est-ce que le modèle de Hardy Weinberg ?

A. Le modèle de Hardy-Weinberg :

Activité n 1: L'équilibre de Hardy-Weinberg.

Bilan : La génétique des populations suit l'évolution des fréquences alléliques dans une population. Pour un gène donné, le modèle de Hardy-Weinberg prévoit un équilibre des fréquences génotypiques et alléliques d'une génération à une autre, dans une population de taille infinie, où les individus se reproduisent au hasard (panmixie), en l'absence de migration, de mutation et de sélection. La proportion d'hétérozygotes, stable dans le temps, est un indicateur fiable de la situation d'équilibre.

Fréquence allélique : proportion d'un allèle dans une population. La somme des fréquences alléliques de tous les allèles d'un gène dans une population est égale à 1.

Fréquence génotypique : proportion d'un génotype, dépendant d'une combinaison de deux allèles pour les diploïdes, dans une population.

Dans les populations naturelles, de nombreux facteurs peuvent perturber la structure ou l'équilibre de Hardy-Weinberg. En effet, les conditions de l'équilibre d'Hardy-Weinberg sont rarement respectées.

Problème: Quels facteurs peuvent modifier la structure ou l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

B. Les écarts à l'équilibre de Hardy-Weinberg :

Quelles sont les conséquences de la sélection naturelle sur l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

a. La sélection naturelle :

Activité n°2 : Modifications des populations par sélection naturelle.

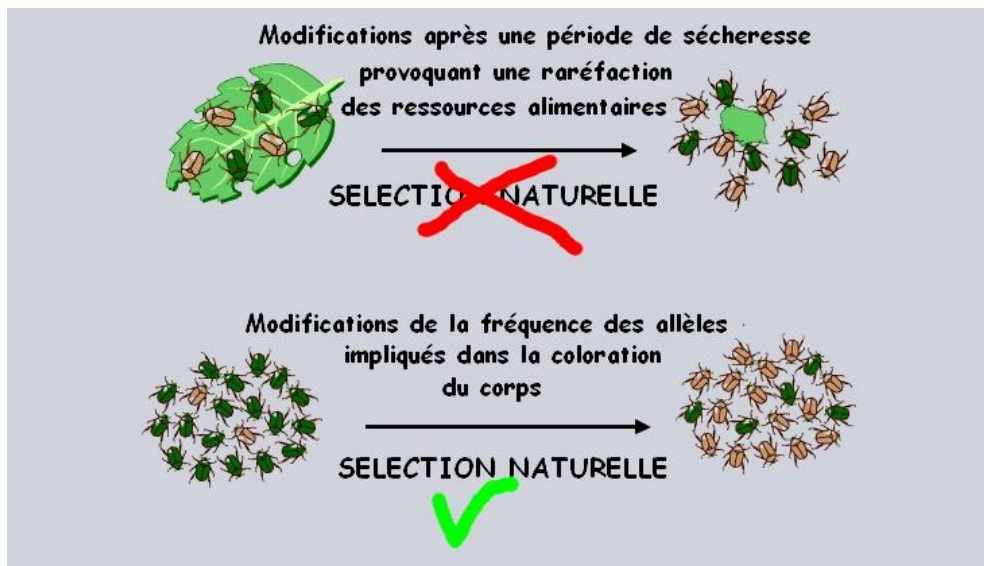
<http://philippe.cosentino.free.fr/productions/phalenes/>

<http://www.universcience.tv/video-s-comme-selection-2827.html>

Les mutations sont source de variabilité génétique et allélique. C'est ainsi que peut apparaître, par exemple chez la Phalène du Bouleau, un individu de type carbonaria (forme sombre) dans une population d'individus constitués uniquement de forme typica (forme claire). Dans la situation initiale, la forme sombre est très nettement visible sur les troncs, ce qui augmente sa probabilité d'être repérée par un prédateur (oiseau). La forme claire est donc favorisée. Lors de la révolution industrielle, on observe un changement, les formes sombres deviennent majoritaires dans les bois fortement pollués au voisinage des régions industrialisées, où les bouleaux sont noircis par les suies et par la destruction des lichens. Ces changements environnementaux entraînent une modification de la pression du milieu sur la population de Phalène du Bouleau. En effet, le changement de l'environnement rend les formes claires très nettement visibles dans les régions polluées. Ainsi, les prédateurs attaquent plutôt cette forme. La forme sombre a donc plus de chance de survivre longtemps et possède donc une probabilité plus grande de se reproduire puisqu'il en aura davantage le temps. Cette différence de survie va donc modifier le nombre de descendants des formes typica et carbonaria. C'est ce qu'on appelle la sélection naturelle : Sous la pression du milieu (oiseaux - pollution), les individus les mieux adaptés ont plus de chance de survie et de transmettre leurs allèles. Au fil du temps, la fréquence de certains allèles varie ce qui modifie le phénotype de la population.

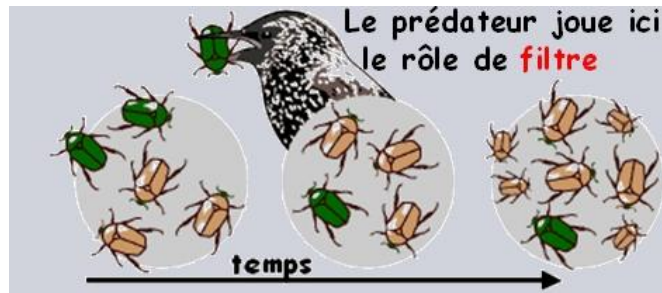
C'est un concept central pour rendre compte de l'évolution. Ce mécanisme évolutif repose sur trois conditions:

- les organismes doivent présenter une variabilité;
- cette variabilité est en partie d'origine génétique;
- cette variabilité conduit à une descendance plus nombreuse de certains individus.



La sélection naturelle est un mécanisme sans intention par rapport au résultat produit : il n'y a **pas de déterminisme**. (mécanisme « aveugle »)

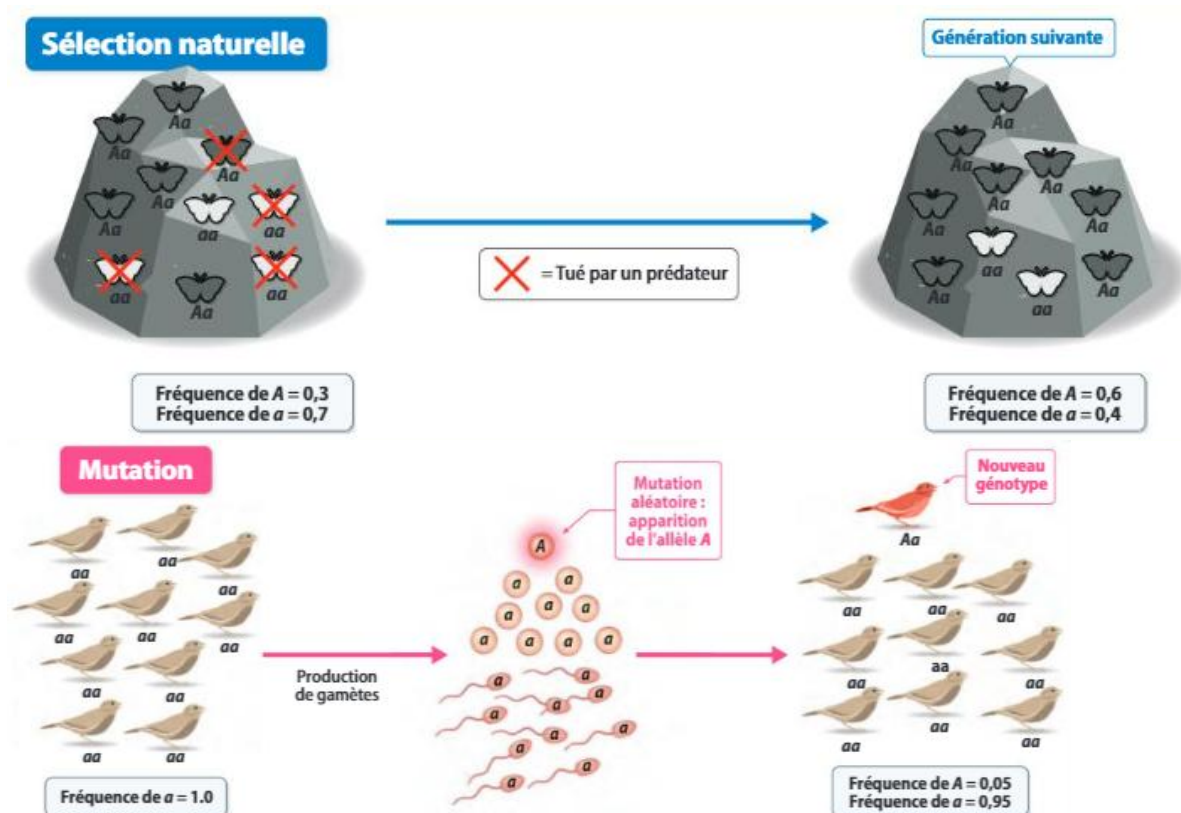
La sélection naturelle agit comme un **filtre** en retenant les combinaisons alléliques favorables c'est-à-dire celles portées par les formes qui survivent le mieux et qui ont potentiellement plus de descendants.



Un ensemble de caractères qui permet à un individu de survivre et de se reproduire mieux que s'il en était dépourvu est ce qu'on appelle une **adaptation**; la sélection naturelle se traduit donc par une adaptation des espèces à leur milieu et à leurs conditions de vie.

Bilan : Les mutations, sont à l'origine de nouveaux allèles. Cependant, du fait de leur rareté, leur impact sur l'évolution des fréquences alléliques est modeste. Lorsque certains allèles sont favorables ou défavorables dans un environnement donné, la sélection naturelle tend à favoriser les allèles favorables aux dépens des allèles défavorables.

Sélection naturelle : variation non aléatoire de la fréquence des allèles au sein d'une population. Dans un milieu donné, certains allèles confèrent un avantage à ceux qui les portent, qui ont donc plus de chances de vivre et de se reproduire. La fréquence de ces allèles augmente ainsi dans la population.



Quelles sont les conséquences de la sélection sexuelle sur l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

b. La sélection sexuelle :

TP n°11: La sélection sexuelle.

Dans un environnement donné, certains allèles confèrent un avantage sélectif aux individus qui les possèdent en leur conférant un avantage reproducteur, c'est-à-dire en augmentant le nombre de descendants.

viables et fertiles à la génération suivante. La fréquence des allèles possédés par ces individus va donc augmenter progressivement au fil des générations.

Le succès reproducteur dépend souvent de caractères identifiables par les individus de sexe opposé (son, parade nuptial, couleur...) : c'est la sélection sexuelle.

Bilan : Dans une population réelle, les préférences sexuelles entraînent une augmentation de la fréquence des allèles des individus choisis pour la reproduction au sein de la population.

L'équilibre de Hardy-Weinberg est-il atteint dans les populations d'effectif limité ?

c. L'impact de l'effectif des populations :

Activité n°3 : L'impact de l'effectif des populations.

Dans une population de petite taille (à cause de l'effet fondateur à partir d'un petit groupe de migrants ou à cause d'un évènement diminuant drastiquement l'effectif d'une population), il est statistiquement inévitable que certains allèles ne soient transmis par aucuns adultes à leur descendance. De plus, certains individus n'ont pas de descendance du tout. Le nombre des allèles (la variabilité génétique) se réduit donc. Parmi les allèles « survivants », certains vont voir leur fréquence originelle diminuer ou au contraire augmenter. La perte ou le gain d'un allèle se faisant au hasard, la dérive génétique est d'autant plus forte que la population est petite.

Bilan : dans une population à effectif limité, les gènes sont soumis de façon importante à la dérive génétique : la fréquence des allèles dans la population varie aléatoirement et peut conduire à la disparition ou à la fixation de certains allèles en un petit nombre de générations. La dérive génétique touche tous les allèles, avantageux, neutres ou défavorables.

Dérive génétique : évolution de la composition génétique d'une population sous l'effet du hasard. La fréquence des allèles non soumis à la sélection naturelle évolue sous le seul effet de la dérive génétique.



L'équilibre de Hardy-Weinberg est-il atteint dans les populations connaissant les flux migratoires ?

d. L'impact de migrations :

Activité n°4 : L'impact des flux migratoires.

Dans les populations actuelles, 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 : Lors de la migration d'individus, une diversité allélique de la population migrante est exportée. Les migrations participent donc à l'évolution des fréquences alléliques des populations.

Migration : déplacement d'individus entre sous-populations, à l'origine d'une modification potentielle de leurs fréquences alléliques.