

Activités 6 et 7: L'évolution des génomes au sein des populations

Une population est un ensemble d'individus de la même espèce, peuplant une même zone géographique et ayant davantage tendance à se reproduire entre eux plutôt qu'avec les individus de la même espèce issus des autres populations. Les populations comprennent des individus qui diffèrent par leur patrimoine génétique et par leurs caractères. Cette diversité observée ne représente qu'une infime partie de la diversité créée par les mécanismes évoqués précédemment.

Comment évoluent les fréquences alléliques et génotypiques au sein des populations ?

Activité 6: L'équilibre de Hardy et Weinberg.

UNITÉ 1

Pratiquer des langages

L'équilibre de Hardy-Weinberg

Au début du 20^e siècle, le mathématicien Godfrey Hardy et le médecin Wilhelm Weinberg ont découvert un principe qui permet de prévoir, dans certaines conditions, l'évolution des fréquences alléliques au sein des populations.

Comment évoluent les fréquences alléliques dans une population selon le principe de Hardy-Weinberg ?

On considère un gène dont les deux allèles R et B déterminent la couleur des pétales de la belle de nuit. La fréquence f_R de l'allèle R est égale à p et la fréquence f_B de l'allèle B est égale à q. Comme il n'y a que 2 allèles, on a $f_R + f_B = 1$, donc $p + q = 1$ (a). À l'issue de la fécondation, s'il y a panmixie, c'est-à-dire si les différents individus se croisent au hasard, la fréquence des différents génotypes des zygotes sera :

Génotype	R/R	B/B	R/B
Fréquence	p^2	q^2	$2pq$

On peut donc calculer les fréquences f_R et f_B des allèles R et B dans les zygotes :

- $f_R =$ fréquence (R/R) + $\frac{1}{2}$ fréquence (R/B) = $p^2 + pq$
- $f_B =$ fréquence (B/B) + $\frac{1}{2}$ fréquence (R/B) = $q^2 + pq$

D'après (a), $q = 1 - p$ et $p = 1 - q$. Donc :

- $f_R = p^2 + pq = p^2 + p(1 - p) = p^2 + p - p^2 = p$
- $f_B = q^2 + pq = q^2 + (1 - q)q = q^2 + q - q^2 = q$

Donc, la fréquence de l'allèle R dans les zygotes est identique à la fréquence de l'allèle R chez les parents et la fréquence de l'allèle B dans les zygotes est identique à la fréquence de l'allèle B chez les parents. Si aucune force évolutive n'agit sur ces zygotes et sur les individus qui seront issus de leur développement, la fréquence des allèles et des génotypes sera constante dans la population considérée.

1 La transmission des allèles d'une génération à l'autre chez la belle de nuit.

2 Loi et équilibre de Hardy-Weinberg.

Histoire des sciences

- La loi de Hardy-Weinberg énonce que, dans une population où il y a panmixie et pour un gène donné, la fréquence des génotypes des zygotes issus de la fécondation est prévisible si l'on connaît la fréquence des allèles chez les parents. On dit alors que la **structure génétique** de la population suit la loi de Hardy-Weinberg.
- De plus, si les conditions ci-dessous sont respectées, alors les fréquences alléliques et génotypiques chez les individus sont stables dans le temps : c'est ce qu'on appelle l'**équilibre de Hardy-Weinberg**.

Conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg

- Les croisements entre individus s'effectuent au hasard (panmixie).
- Il y a absence de mutation à l'origine de nouveaux allèles.
- Il n'y a pas de sélection naturelle agissant sur les allèles.
- Il n'y a pas de flux génétique, c'est-à-dire pas de migration.
- La population est de grande taille.

THÈME 1 - CHAPITRE 3 L'INÉLUCTABLE ÉVOLUTION DES GÉNOMES AU SEIN DES POPULATIONS

	Fréquence génotypique			Fréquence allélique	
	AA	Aa	aa	p	q
0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
1	0	1	0	0,5	0,5
2	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5
3	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5
4	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5

Évolution des fréquences génotypiques

Je manipule

- Ouvrir le fichier Excel fourni.
- Fixer la fréquence des 3 génotypes possibles (A/A; A/a; a/a). Attention, la somme des fréquences doit être égale à 1.
- Déterminer la fréquence des allèles A et a pour la première génération.
- Calculer, pour la génération suivante, les fréquences génotypiques et alléliques dans les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg.
- Renouveler cette étape pour une dizaine de générations.
- Tracer une courbe représentant l'évolution des fréquences alléliques et l'évolution des fréquences génotypiques.

3 Évolution des fréquences alléliques et génotypiques à l'équilibre de Hardy-Weinberg

Les globules rouges portent à leurs surfaces des molécules qui peuvent être reconnues par des anticorps. Les plus connues sont celles qui déterminent les groupes sanguins ABO. Il existe beaucoup d'autres molécules permettant d'établir des groupes sanguins, comme les molécules M et N. Elles sont codées par un gène possédant deux allèles M et N. Dans les années 1950, le génotype pour ce gène d'un échantillon de 1416 habitants d'une ville japonaise a été déterminé.

Groupe M

Groupe N

Groupe MN

Génotype	Résultats		
	M/M (groupe M)	M/N (groupe MN)	N/N (groupe N)
Nombre d'individus	406	744	332

4 Études des groupes sanguins M et N dans une ville japonaise.

PARCOURS PAS-À-PAS

- En considérant que $p = 0,7$ et qu'il y a panmixie, déterminer les fréquences génotypiques à la génération 2 (**doc. 1 et 2**).
- En considérant que les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg sont réunies, modéliser l'évolution de la fréquence génotypique et allélique sur plusieurs générations en utilisant les valeurs de la question précédente (**doc. 1 à 3**).
- D'après vous, les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg sont-elles fréquemment réunies dans la nature ? Justifiez.
- Montrer que la structure génétique de la population est en accord avec la loi de Hardy-Weinberg. Peut-on conclure quant à la stabilité des fréquences alléliques à la vue de ces seules données (**doc. 4**) ?

Activité 7: Les écarts à l'équilibre de Hardy et Weinberg.

UNITÉ 2

Pratiquer des démarches scientifiques

Les écarts à l'équilibre ou à la structure de Hardy-Weinberg

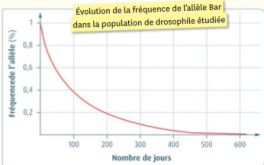
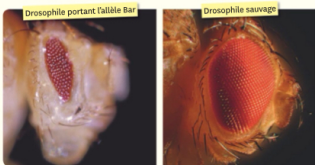
Dans les populations naturelles, de nombreux facteurs peuvent perturber la structure ou l'équilibre de Hardy-Weinberg.

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

Histoire des sciences

Au milieu des années 1930, Georges Tessier et Philippe L'Héritier étudient une population de drosophiles enfermées dans une cage. Elles portent l'allèle Bar, qui perturbe la structure et la fonction de l'œil. Mais quelques mouches de type

sauvage sont par erreur introduites dans la cage. Ils décident alors de suivre cette population mixte durant cinq mois. Une fois par mois, ils prélèvent les nouvelles drosophiles écloses, analysent leur génotype puis les rendent à la population.

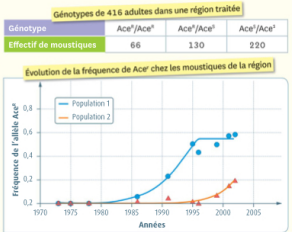
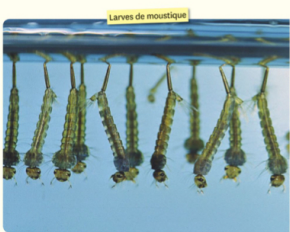


1 L'étude d'une population de drosophiles.



Depuis 1968, la population de moustiques *Culex pipiens L.* est contrôlée dans le Languedoc-Roussillon par l'épandage d'insecticides sur les étendues d'eau dans lesquelles les larves se développent. Les insecticides utilisés sont essentiellement des organophosphorés comme le chlorpyrifos, qui tuent les larves en perturbant le fonctionnement

de certaines synapses (voir p. 42). Dans les populations de moustiques, il existe deux allèles du gène *Ace* : *Ace^R* et *Ace^S*. L'allèle *Ace^R* confère une résistance aux insecticides organophosphorés, mais il induit aussi un développement plus lent des moustiques. Dans les années 1990, les quantités d'insecticides utilisés annuellement ont été fortement diminuées et un autre insecticide (le temephos) a été employé.



2 L'étude d'une population de moustiques en Languedoc-Roussillon.

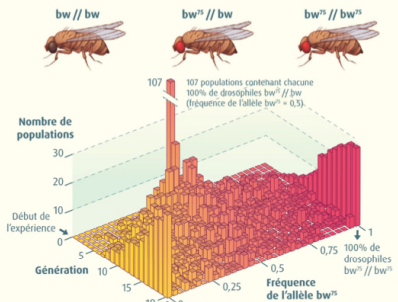


3 L'étude d'une population de lamier amplexicaule.

Le lamier amplexicaule est une plante herbacée annuelle. Cette espèce présente des fleurs hermaphrodites. Certaines d'entre elles ne s'ouvrent pas à maturité. Des scientifiques ont étudié un site chromosomique ne codant pas de protéine (*Tri02*) et pouvant présenter deux allèles : *Tri02¹⁰⁰* et *Tri02¹⁰¹*. La présence de ces allèles a été testée sur un échantillon de 39 individus prélevés dans une population beaucoup plus large de lamiers amplexicaules.

Génotypes	<i>Tri02¹⁰⁰/Tri02¹⁰⁰</i>	<i>Tri02¹⁰⁰/Tri02¹⁰¹</i>	<i>Tri02¹⁰¹/Tri02¹⁰¹</i>
Effectifs observés dans l'échantillon	4	1	34

Ces résultats expérimentaux ont été publiés en 1956 par Peter Buri. Les allèles *bw⁷⁵* et *bw* du gène *Bw* déterminent la couleur des yeux des drosophiles. Des chercheurs ont obtenu 107 populations de 16 drosophiles hétérozygotes *bw⁷⁵/bw*, pour moitié mâles et pour moitié femelles. Ils ont suivi ces populations sur 19 générations en ne conservant à chaque génération que 8 mâles et 8 femelles choisis de manière aléatoire. À chaque génération, la fréquence de l'allèle *bw⁷⁵* de chacune des 107 populations a été mesurée. Les mouches de chacun des trois génotypes ont le même succès reproducteur et le même taux de survie.



4 Évolution de la fréquence de l'allèle bw⁷⁵ des populations de drosophiles.

PARCOURS PAS-À-PAS

1. Montrez que l'équilibre de Hardy-Weinberg n'est pas atteint pour l'allèle Bar (doc. 1), pour l'allèle *Ace^R* (doc. 2) et pour l'allèle *bw⁷⁵* (doc. 4). Dans chacun des trois cas, proposez une explication.
2. Montrez par le calcul que les populations de moustiques (doc. 2) et la population de lamiers (doc. 3) ne possèdent pas la structure génotypique de Hardy-Weinberg. Dans les deux cas, proposez une explication.
3. Récapitulez les résultats obtenus sous la forme d'un tableau montrant, dans chaque cas, quelle condition d'application de la structure ou de l'équilibre de Hardy-Weinberg n'est pas remplie.