

# THEME I – Génétique et évolution / Chapitre 3 - L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations

## Activité 9 – L'équilibre de Hardy Weinberg

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** – Comment évolue les fréquences alléliques dans une population selon l'équilibre de Hardy-Weinberg et comment peut-on modifier cet équilibre ?

<b>C1 - Pratiquer des démarches scientifiques</b>	Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.
<b>C3 - Utiliser des outils et mobiliser des méthodes pour apprendre</b>	Recenser, extraire, organiser et exploiter des informations à partir de documents.
<b>C4 - Pratiquer des langages</b>	Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique.

### LIEN – PROGRAMME ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE TERMINALE : THEME III – Une histoire du vivant – l'équilibre 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 :

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

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

**Méthode-clé**  
**Tester si une population suit la structure génétique de Hardy-Weinberg**

- Partir de effectifs de chaque génotype dans l'échantillon d'effectif N :  $n_{(M)}$ ,  $n_{(MN)}$  et  $n_{(N)}$
- Calculer la fréquence de chaque allèle dans l'échantillon :  
 $f_M = (n_{(M)} + \frac{1}{2} n_{(MN)}) / N$   
 $f_N = (n_{(N)} + \frac{1}{2} n_{(MN)}) / N$
- Calculer les effectifs attendus sous l'hypothèse de Hardy-Weinberg :  
 $n_{(MM)} = f_M^2 \times N$   
 $n_{(MN)} = 2 \times f_M \times f_N \times N$   
 $n_{(NN)} = f_N^2 \times N$
- Comparer effectifs attendus et effectifs observés.

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

**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.

**2 Loi et équilibre de Hardy-Weinberg.**

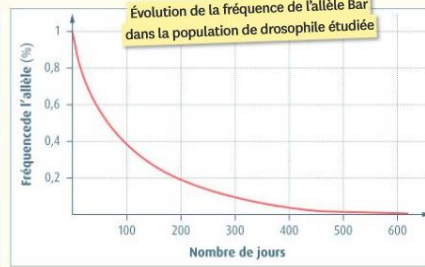
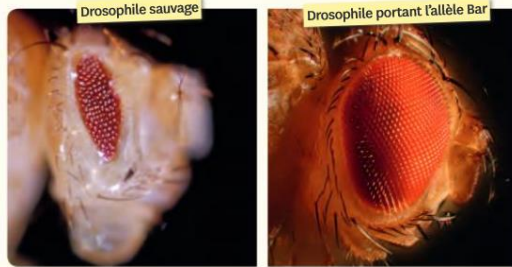
- 1-En considérant que  $p=0,7$  et qu'il y a panmixie, déterminer les fréquences génotypiques à la génération 2 (Doc 1)
- 2-En considérant que les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg sont réunies, modélisez l'évolution de la fréquence génotypique et allélique sur plusieurs générations en utilisant les valeurs de la questions précédente
- 3-D'après vous, les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg sont-elles fréquemment réunies dans la nature ? Justifiez
- 4-Montrez que la structure génétique de la population est en accord avec la loi de Hardy-Weinberg (Méthode clé – Doc 4)

# THEME I – Génétique et évolution / Chapitre 3 - L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations

## 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.



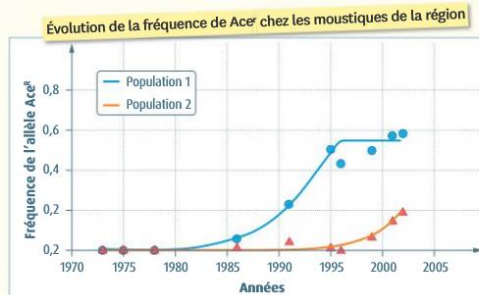
Depuis 1968, la population de moustiques *Culex pipiens L.* est contrôlée dans le Languedoc-Roussillon par l'épandage d'insecticides sur les étendues d'eau dans lesquelles les larves se développent. Les insecticides utilisés sont essentiellement des organophosphorés comme le chlorpyrifos, qui tuent les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

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



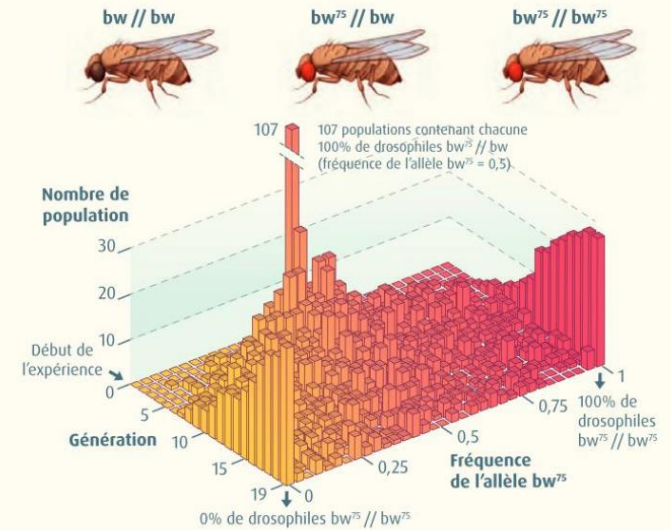
Génotypes de 416 adultes dans une région traitée

Génotype	<i>Ace<sup>R</sup>/Ace<sup>R</sup></i>	<i>Ace<sup>R</sup>/Ace<sup>S</sup></i>	<i>Ace<sup>S</sup>/Ace<sup>S</sup></i>
Effectif de moustiques	66	130	220



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

Ces résultats expérimentaux ont été publiés en 1956 par Peter Buri. Les allèles *bw<sup>75</sup>* et *bw* du gène *Bw* déterminent la couleur des yeux des drosophiles. Des chercheurs ont obtenus 107 populations de 16 drosophiles hétérozygotes *bw<sup>75</sup>//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 *bw<sup>75</sup>* 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 *bw<sup>75</sup>* des populations de drosophiles.

5-A partir des 3 exemples précédents (les drosophiles avec l'allèle Bar, les moustiques avec l'allèle ACEr et les drosophiles avec l'allèle *bw<sup>75</sup>*), montrez quelle condition d'application de la structure ou de l'équilibre de Hardy-Weinberg n'est pas rempli.

Vous présenterez votre réponse sous la forme d'un tableau. Vous prouverez que l'équilibre de Hardy-Weinberg n'est pas atteint, grâce à des calculs, et vous proposerez une explication à ce déséquilibre.