

## CHAPITRE I : CONSTITUTION GENETIQUE ET LOI DE HARDY-WEINBERG

### I. CONSTITUTION GENETIQUE DES POPULATIONS

#### 1. Génétique des populations: Introduction et objectifs

La génétique des populations est une branche de la génétique née en 1920 et élaborée dans les années 30 par des mathématiciens et des biologistes (Wright, Fisher....) qui ont appliqué des bases mathématiques à l'hérédité mendélienne.

Contrairement à la génétique mendélienne qui étudie les mécanismes de transmission des caractères entre parents et descendants connus; la génétique des populations étudie le devenir des gènes au sein d'une population définie issue de croisements non contrôlés entre de nombreux parents.

L'étude du devenir d'un gène au sein d'une population, a pour but de connaître la fréquence de ses différents allèles; les mécanismes de leur transmission d'une génération à une autre; ainsi que les facteurs qui modifient ou limitent cette transmission au fil des générations.

Ainsi, l'étude des bases de cette science est nécessaire à tout améliorateur qui cherche à modifier génétiquement un caractère pour augmenter le potentiel génétique de ses animaux.

#### 2. Notion de population

L'espèce est le groupe le plus général au sein duquel les individus sont susceptibles d'échanger des gènes entre eux (on dit qu'ils sont interféconds).

Une espèce est protégée par des barrières interspécifiques qui préviennent et empêchent les échanges de gènes entre individus appartenant à des espèces différentes.

L'espèce se décompose en sous unités appelées populations. On appelle population mendélienne le groupe d'individus appartenant à une même espèce ayant une reproduction sexuée (alternance de méiose fécondation) et résidant dans des limites géographiques définies dans lesquels des croisements ont lieu (inter fécondation).

Le stock génétique total de cette population est son pool de gène c'est-à-dire tous les gènes contenus dans chacun des génotypes individuels.

#### 3. Constitution génétique d'une population

Pour définir la constitution génétique d'une population plusieurs niveaux sont utilisés

- Constitution phénotypique: elle décrit les différents caractères et leurs fréquences dans une population.
- Constitution génotypique : elle précise pour un caractère donné les différents génotypes possibles et leurs fréquences

- Constitution allélique: elle fournit pour un gène considéré les allèles présents dans la population et leurs fréquences.

### 3.1. Calcul des fréquences génotypiques

La fréquence d'un génotype dans une population est égale à :

Nombre d'individus porteurs de ce génotype/Nombre total d'individus

Soit un gène A se présentant sous deux formes alléliques A et a ce gène fournit 3 formes génotypiques différentes AA ; Aa ; aa.

Dans un système de codominance les trois génotypes correspondent à trois phénotypes différents Ainsi, si notre population renferme N individus, on peut dénombrer les différents génotypes rencontrés, qui se répartissent en :

-X individus de génotype AA

-Y individus de génotype Aa

- Z individus de génotype aa

$$X+Y+Z=N$$

La fréquence du génotype AA est  $f(AA) = X/N$

La fréquence du génotype Aa est  $f(Aa) = Y/N$

La fréquence du génotype aa est  $f(aa) = Z/N$

A noter que la somme des trois fréquences  $f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$  (ou 100%). En effet toute la population bien été dénombrée.

### 3.2. Calcule des fréquences alléliques ou géniques

La fréquence d'un allèle dans une population est égale à

Nombre d'allèles de ce type/Nombre total d'allèles

- Nombre total d'allèles

Dans une population diploïde chaque individu est porteur de deux allèles soit différents (hétérozygote) soit, deux fois le même allèle (homozygote).

Le nombre total d'allèle présent dans une population est donc  $2N = 2(X+Y+Z)$

- Nombre de chaque type d'allèle

Soit  $f(A)$  la fréquence de l'allèle A

- Chaque individu homozygote AA est porteur de deux allèles A.
- Chaque individu hétérozygote Aa est porteur d'un seul allèle A.
- Chaque individu homozygote aa ne porte aucun allèle A.

La fréquence de l'allèle A est donc :

$$F(A) = (2X + Y + 0)/2N = (X/N) + (1/2) (Y/N)$$

Il en résulte que la fréquence d'un allèle est la somme de la fréquence génotypique des homozygotes pour cet allèle et de la moitié de celle des hétérozygotes porteurs de l'allèle en un seul exemplaire

$$\rightarrow f(A) = f(AA) + 1/2 f(Aa) \text{ et } f(a) = f(aa) + 1/2 f(Aa)$$

Remarque:

- la somme des fréquences alléliques d'un même gène est égale à 1 [ $f(A) + f(a) = 1$ ]
- Les fréquences alléliques dans une population prennent un ensemble de valeurs possibles comprises entre 0 (-> gène perdu) et 1 (-> gène fixé).
- Les fréquences alléliques peuvent être directement déduites à partir des fréquences génotypiques. Cependant, connaître les fréquences alléliques ne permet pas toujours de préciser les fréquences génotypiques.

Exemple : Soit une population renfermant un gène dont les deux allèles présentent une fréquence égale  $f(A) = f(a) = 1/2 = 0.5$  Pour cette fréquence on peut avoir plusieurs fréquences génotypiques correspondantes :

$$F(A) = f(AA) + 1/2 f(Aa)$$

$$F(Aa) = [f(A) - f(AA)] * 2$$

$$F(Aa) = [0.5 - \dots] * 2$$

| F(AA) | F(Aa) | F(aa) |
|-------|-------|-------|
| 0     | 1     | 0     |
| 0.5   | 0     | 0.5   |
| 0.1   | 0.8   | 0.1   |

Application

La coloration de la robe des bovins de boucherie de la race Shorthorn est due à un gène dont les deux allèles R et B sont codominants.

Les bovins RR sont rouges, les bovins RB sont rouans, et les bovins BB sont blancs. Dans une population d'animaux de cette race on dénombre: - 900 rouges, 450 rouans et 150 blanc.

a) Quelle est la fréquence génotypique de chaque type de couleur ?

b) Quelle est la fréquence de chacun des deux allèles B et R ?

Solution

$$a) f(RR) = 900 / (900 + 450 + 150) = 0.60 \rightarrow 60\%$$

$$\text{De la même manière } f(RB) = 0.30 \rightarrow 30\% \text{ et } f(BB) = 0.10 \rightarrow 10\%$$

$$b) f(R) = (2 \times 900) + 450 / 2 (900 + 450 + 150) = 0.75$$

$$\text{Ou plus simple } \rightarrow f(R) = f(RR) + 1/2 (RB) = 0.60 + 1/2 \times 0.30 = 0.75$$

$$f(B) = 1 - 0.75 = 0.25.$$

### 3.2.1. Calcul des fréquences alléliques» d'un gène lié au sexe:

Pour les caractères portés par les chromosomes sexuels, les deux sexes ont des constitutions génétiques différentes et il faut distinguer :

- le sexe homogamétique qui porte les deux mêmes chromosomes sexuels  $\rightarrow$  femelle

- le sexe hétérogamétique, qui porte deux chromosomes sexuels différents (ou un seul)  $\rightarrow$  mâle

Ainsi pour un locus A/a, le sexe homogamétique présente 3 génotypes possibles

$$X^A X^A, X^A X^a, X^a X^a$$

Le sexe hétérogamétique présente deux génotypes seulement  $X^A Y$  et  $X^a Y$ . Les deux sexes ont donc des contributions génétiques différentes et s'ils sont en fréquence égale (sex-ratio équilibrée), le sexe homogamétique détient pour les gènes concernés les 2/3 du pool génétique de la population, et le sexe hétérogamétique 1/3 seulement. Le calcul des fréquences alléliques s'effectue donc séparément entre mâle et femelle

#### \* Démonstration

Soit A et a des allèles d'un même gène situé sur le chromosome X. Dans une population où l'on dénombre  $N_f$  individus de sexe homogamétique et  $N_m$  de sexe hétérogamétique. (Avec  $N_f = N_m$ ) Le nombre total d'allèles N est de  $2N_f + N_m$ .

Notons :

-  $f_1, f_2, f_3$ , les effectifs des génotypes  $X^A X^A, X^A X^a, X^a X^a$  chez les femelles

-m1, m2 ceux des géotypes X<sup>A</sup>Y, X<sup>a</sup>Y chez les mâles.

En considérant chaque groupe sexuel comme un échantillon indépendant, on peut estimer la fréquence de l'allèle A pour chacun des sexes et pour l'ensemble de la population.

-femelle →  $f(A)_f = (2f_1 + f_2) / 2N_f$ .

-male →  $f(A)_m = m_1 / N_m$ .

La fréquence allélique dans la population globale  $f(A) = (2f_1 + f_2 + m_1) / 2N_f + N_m$

2 x fem homozygotes X<sup>A</sup>X<sup>A</sup> + fem hétérozygotes X<sup>A</sup>X<sup>a</sup> + male porteur de l'allèle A X<sup>A</sup>Y

2 x (nombre total des fem) + nombre total des male

Soit on utilisant la formule:

$$F(A) = 2/3 f(A)_f + 1/3 f(A)_m$$

En effet, dans l'ensemble de la population, les fréquences alléliques globales des allèles A et a sont les moyennes de la fréquence de ces allèles dans les deux sexes pondérées par leurs contributions relatives, soit les coefficients 1/3 et 2/3 lorsqu'il y a autant de mâles que de femelles dans la population

**Remarque :** Si la proportion des sexes est inégale, la pondération tient compte des effectifs N<sub>m</sub> des mâles et N<sub>f</sub> des femelles :

$$f(A) = (2 \times f(A)_f \times N_f + f(A)_m \times N_m) / (2N_f + N_m)$$

**Application :**

Soit un locus A/a situé sur le chromosome X. Dans une population on dénombre 90 mâles XY et 10 mâles X<sup>a</sup>Y, 77 femelles X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>, 21 femelles X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>, 2 femelles X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>.

-Calculer les fréquences alléliques chez les femelles et chez les mâles, puis dans la population globale.

**Solution :**

- Fréquences alléliques chez les femelles:

$$f(A) = (2 \times 77 + 21) / 200 = 0.875.$$

$$f(a) = (2 \times 2 + 21) / 200 = 0.125. \rightarrow f(a) = 1 - 0.875$$

- Fréquences alléliques chez les mâles:

$$f(A) = 90 / 100 = 0.9$$

$$f(a) = 10 / 100 = 0.1 \rightarrow f(a) = 1 - 0.9$$

- Fréquences alléliques dans la population globale:

$$f(A) = 2/3 \times 0.875 + 1/3 \times 0.9 = 0.883$$

$$f(a) = 1 - f(A) = 1 - 0.883 = 0.117$$

## II. ÉQUILIBRE DE HARDY-WEINBERG

### 1. Introduction

La connaissance des fréquences génotypiques et par voie de conséquence, des fréquences alléliques, nous permet de complètement décrire la structure génétique d'une population. Mais, cette dernière n'est pas statique. En général, une population animale se reproduit pour donner une nouvelle génération. Il faut donc étudier le devenir de sa constitution génétique au cours des générations.

Cette étude est très difficile à réaliser à cause des très nombreux facteurs qui peuvent modifier la fréquence des allèles (mutations, migrations, différence de survie ou fécondité entre individus...).

### 2. Notion de population théorique idéale :

Une première étape pour contourner les difficultés liées aux différents facteurs susceptibles de modifier la structure génétique d'une population, est d'aborder la transmission des caractères dans un cas simple, appelé *population théorique idéale*, qui se définit par les caractéristiques suivantes :

- 1) Population d'effectif infiniment grand → pour minimiser les variations d'échantillonnage.
- 2) Population d'organismes diploïdes à reproduction sexuée et à méiose normale → un individu Aa produira toujours 50% de gamètes A et 50% de gamètes a).
- 3) Population à générations non chevauchantes → aucun croisement entre individus de générations différentes)
- 4) Absence de migration → population close génétiquement.
- 5) Absence de sélection → tous les individus, quel que soit leur génotype, ont la même capacité à se reproduire et à engendrer une descendance viable.
- 6) Absence de mutation → pas de changement d'un état allélique vers un autre (A ↔ a)
- 7) Population à système de reproduction panmictique → cette hypothèse suppose deux notions fondamentales :

-la panmixie les individus ne choisissent pas leur partenaire sexuel ni en fonction de leur génotype, ni en fonction de leur phénotype = croisement au hasard des individus.

-la pangamie la rencontre des gamètes se fait au hasard.

### 3. Loi de Hardy-Weinberg

Dans une population théorique idéale, les fréquences des allèles et des génotypes au cours des générations suivent une loi simple appelée loi de Hardy-Weinberg qui constitue le modèle de référence en génétique des populations. Cette loi doit son nom à Hardy, mathématicien anglais et Weinberg, médecin allemand, qui l'ont établie indépendamment en 1908.

La loi de Hardy-Weinberg stipule que les fréquences alléliques et les fréquences génotypiques (c'est-à-dire la structure génétique des populations) reste stable de génération en génération. On dit alors que la population est à l'équilibre.

#### 4. démonstration de la loi par la transmission d'un gène a 2 allèles

Soit une population, théorique idéale renfermant un gène à deux allèles A et a dont les fréquences sont appelées respectivement p et q.

Ces fréquences seront également les fréquences des différentes catégories de gamètes produits par les individus de cette population (méiose normale)

Ainsi les mâles de cette génération n produisent p spermatozoïdes porteurs de A et q spermatozoïdes porteurs de a.

Les femelles produisent p ovules porteurs de a et q ovules porteurs de a.

Le résultat des croisements qui déterminent la composition génétique de la génération suivante n + 1 peut être obtenue par un échiquier de croisement dont les différents génotypes obtenus représentent le développement du binôme  $(p + q)^2 = p^2 + 2 pq + q^2$

La génération n+1 sera donc constituée de:

- $p^2$  zygotes AA

- 2pq zygotes Aa

- $q^2$  zygotes aa

|         | Male | p      | q      |
|---------|------|--------|--------|
| Femelle |      | A      | a      |
| p       |      | $p^2$  | Pq     |
| A       |      | AA (A) | Aa (A) |
| q       |      | pq     | $q^2$  |
| a       |      | Aa (A) | aa (a) |

Fréquences génotypiques :  $AA=p^2$ ,  $Aa=2pq$ ,  $aa=q^2$ .

Fréquence phénotypiques (A)= $p^2+2pq$ , (a)= $q^2$ .

Dans une population théorique idéale, ces fréquences seront également celles des adultes reproducteurs de la génération n+1 (absence de sélection), pour lesquels la fréquence de chacun des deux allèles sera égale à la fréquence génotypique des homozygotes pour cet allèle + la moitié de la fréquence des hétérozygotes.

$$\text{Pour A} \rightarrow p^2 + (1/2) 2pq = p^2 + pq = p(p+q) = p \quad (p+q = 1)$$

$$\text{Pour a} \rightarrow q^2 + (1/2) 2pq = q^2 + pq = q(p+q) = q$$

Les fréquences alléliques n'ont donc pas changé, ce qui donne encore à la génération suivante n+2 les mêmes fréquences génotypiques qu'à la génération précédente soit  $p^2$  AA,  $2pq$  Aa, et  $q^2$  aa. Le système est donc stable aussi bien en ce qui concerne les fréquences alléliques que les fréquences génotypiques. On dit qu'on est à l'équilibre de Hardy-Weinberg.

## 5. Application et utilisation du modèle de Hardy-Weinberg

### 5.1. Test de l'équilibre = test de conformité d'une population

Le test d'équilibre permet de savoir si une population donnée obéit à la loi de Hardy-Weinberg. Le principe du test est simple et peut être résumé en 3 étapes:

1- échantillonnage d'une population  $\rightarrow$  dénombrement des effectifs génotypiques réels (possible en cas de codominance) et calcul des fréquences alléliques réelle parmi les N individus échantillonnés soit  $p = f(A)$  et  $q = f(a)$ .

2- calcul des effectifs génotypiques attendus dans une population théorique idéale qui aurait le même effectif et les mêmes fréquences alléliques que la population étudiée soit :

$$AA = p^2 \times N \quad Aa = 2pq \times N \quad aa = q^2 \times N$$

3-comparaison des effectifs observés et des effectifs attendus par un test statistique du chi deux :

$$\chi^2 = \frac{\sum (\text{effectifs observés} - \text{effectifs théoriques})^2}{\text{effectifs théoriques}}$$

La valeur  $\chi^2$  est comparée à une valeur seuil, lue dans une table, en fonction d'un nombre de degrés de liberté (ddl) égale à la différence entre le nombre de génotypes et le nombre d'allèles du système génétique étudié :

$\chi^2 < \text{la valeur seuil} \rightarrow$  la population est à l'équilibre.

$\chi^2 > \text{la valeur seuil} \rightarrow$  la population n'est pas à l'équilibre.

#### Application :

Chez l'homme le groupe sanguin MN est déterminé par un gène à deux allèles codominants M et N. une étude portant sur 730 aborigènes australiens a donnée les résultats suivants :

$$22MM \quad 216MN \quad 492NN$$

Cette population est elle en équilibre ?

#### Solution :

1-calcul des fréquences p et q des allèles M et N :

$$p = \frac{22 + 1/2 \times 216}{730} = 0.178 \text{ pour l'allèle M}$$

$$q = \frac{492 + 1/2 \times 216}{730} = 0.822 \text{ pour l'allèle N}$$

2-calcul des effets théoriques attendus des différentes catégories génotypiques :



$$MM=p^2 \times 730 = (0.178)^2 \times 730 = 23.1$$

$$MN=2pq \times 730 = (2 \times 0.178 \times 0.822) \times 730 = 213.6$$

$$NN=q^2 \times 730 = (0.822)^2 \times 730 = 493.2$$

3-test du chi deux

$$\chi^2 = \frac{(22-23.1)^2}{23.1} + \frac{(216-213.6)^2}{213.6} + \frac{(492-493.2)^2}{493} = 0.083$$

Degrés de liberté  $\rightarrow 3-2=1$

Pour 1 comme degré de liberté, la valeur de notre  $\chi^2$  étant très inférieure à la valeur seuil ( $\chi^2 < 3.8$ ), on conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre les effectifs observés et les effectifs théoriques. On admet donc que la population d'aborigènes australiens est à l'équilibre de Hardy-Weinberg.

**Remarque :** Le fait qu'une population soit considérée à l'équilibre de Hardy-Weinberg après un test statistique n'implique pas que toutes les conditions d'application de cette loi soient respectées, (effectif infini, absence de mutation, absence de sélection, etc...). L'hypothèse la plus importante qui doit être respectée est la panmixie. On en conclut que le fonctionnement génétique global est "proche" du fonctionnement théorique. En revanche, le fait qu'un échantillon soit trouvé non conforme à la loi implique que le fonctionnement génétique réel de la population est très éloigné du fonctionnement théorique, en particulier au niveau du système de croisement (= système de reproduction non panmictique).

## 5.2. Estimation des fréquences alléliques

Lorsque un caractère est due à un gène à 2 allèles A et a avec A totalement dominante sur a seuls deux phénotypes peuvent être distingués dans la population :

- le phénotype [A] correspondant à la somme des génotypes AA et Aa
- le phénotype [a] correspondant aux génotypes aa.

Contrairement à un système codominant, il n'est pas possible de calculer les fréquences alléliques dans la population car les proportions respectives des génotypes AA et Aa ne sont pas connues.

Le modèle de Hardy-Weinberg va permettre de donner une estimation de ces fréquences à partir de la fréquence du phénotype homozygote récessif qui est égal à  $q^2$  si la population est à l'équilibre:

- la racine carrée de la fréquence des homozygotes récessifs  $q^2$  donne la fréquence  $q$  de l'allèle récessif
- La fréquence  $p$  de l'allèle dominant est obtenue par différence à 1 ( $1 - q = p$ )
- Parmi les individus de phénotype (A)

La fréquence des homozygotes AA  $p^2$

$$f(AA) = \frac{p^2 + 2pq}{2}$$

La fréquence des hétérozygotes Aa  $2pq$

$$f(Aa) = \sqrt{p^2 - 2pq}$$

Application

Chez l'homme, une étude portant sur le système Rhésus a recensé 14% d'individus rhésus négatif. Sachant que l'allèle Rh+ est dominant sur l'allèle Rh-.

Sous l'hypothèse que la population suit la loi de Hardy-Weinberg.

- Parmi les individus à Rhésus positif, quelle est la fréquence des individus Rh+Rh+ et celle des individus Rh+Rh- ?

Solution

- Fréquence de l'allèle récessif Rh-

$$q^2 = f(Rh-) = 14/100 = 0.14 \rightarrow q = \sqrt{0.14} = 0.37$$

Fréquence de l'allèle dominant Rh+

$$P = 1 - 0.37 = 0.63$$

- Fréquence des individus Rh+Rh+

$$P^2 / (p^2 + 2pq) = 0.45$$

- Fréquence des individus Rh +Rh-

$$2pq/(p^2+2pq) = 0.55 \rightarrow 1-0.45 = 0.55$$

## 6. Généralisation de la loi

### 6.1. Transmission d'un gène à plusieurs allèles (systèmes multi alléliques)

La loi de Hardy-Weinberg s'applique également à des gènes qui existent sous plus de 2 états alléliques. L'équilibre correspond alors à l'association aléatoire des différents allèles pour former les génotypes dont la fréquence reste stable de génération en génération.

#### Démonstration

Dans une population diploïde à reproduction sexuée. On considère 3 allèles à dominance hiérarchique

$A > a' > a$  tel que leur fréquence alléliques respectives soient  $p, q, r$  avec  $p+q+r=1$

Les croisements aléatoires donneront naissance à 3 phénotypes correspondants à 6 génotypes différents. ces derniers résultent du développement du trinôme  $(p+q+r)^2$ .

$$(p+q+r)^2 = p^2 + 2pq + 2pr + q^2 + 2qr + r^2$$

Génotypes AA Aa' Aa a'a' a'a aa

Phénotypes (A) (a') (a)

Les fréquences alléliques à la génération suivante sont :

$$p' = p^2 + pq + pr = p(p+q+r) = p$$

$$q' = q^2 + pq + pr = q(p+q+r) = q$$

$$r' = r^2 + pr + qr = r(p+q+r) = r$$

Les fréquences alléliques ne changent pas au cours des générations comme dans le cas de diallélisme. L'équilibre est réalisé en un seul cycle de production.

\*Calcul des fréquences alléliques → dans une série pluri-allélique  $A > a' > a$

On peut calculer la fréquence de l'allèle le plus dominant A en considération d'une part le phénotype du a cet allèle et d'autre part les autres phénotypes. ces derniers peuvent être considérés comme étant dus à un allèle hypothétique  $a^x$  récessif par rapport à A.

Soit  $p$  la fréquence de A et  $q^x$  la fréquence de  $a^x$

$q^2$  = fréquence des phénotypes autre que A  $\rightarrow q = \sqrt{q^2}$

$p = 1 - q$  = fréquence de l'allèle A

Application :

Une série pluriallélique gouverne la coloration du pelage chez le lapin : C = entièrement coloré.

C<sup>h</sup> = himalayen et c albinos avec la relation de dominance  $C > C^h > c$  et les fréquences respectives p, q, r.

Un échantillon d'une population de lapin (à l'équilibre) contient 168 individus entièrement colorés 30 himalayen et 2 albinos.

Calculer les fréquences p, q et r.

Solution :

Soit  $q^2$  la fréquence des phénotypes autres que C

$$q^2 = (30 + 2) / 200 = 0.16 \rightarrow q = 0.4$$

$$p = 1 - 0.4 = 0.6$$

Fréquence de l'allèle C :  $p = 0.6$

Fréquence de l'allèle c :  $r = \sqrt{2/200} = 0.1$

Fréquence de l'allèle C<sup>h</sup> :  $q = 1 - 0.6 - 0.1 = 0.3$  ou simplement  $q = q^2 - r = 0.4 - 0.1 = 0.3$

6.2. Transmission d'un gène lié au sexe :

Dans une population à l'équilibre les fréquences alléliques sont les mêmes dans les deux sexes et dans la population globale. Ainsi on peut bien utiliser les résultats obtenus chez les femelles que chez les males.

En pratique pour obtenir la fréquence allélique de la population d'un locus A/a il suffit de calculer les fréquences chez le sexe hétérogamétique du fait de la simplicité des calculs. En effet :

La fréquence des individus X<sup>A</sup>Y correspond à la fréquence p de A

La fréquence des individus X<sup>a</sup>Y correspond à la fréquence q de a

Les fréquences génotypiques dans chacun des deux sexes pour une population à l'équilibre sont représentées.

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Homogamétique (XX) | Hétérogamétique (XY) |
|--------------------|----------------------|

|              |          |
|--------------|----------|
| $X^AX^A=p^2$ | $X^AY=p$ |
| $X^AX^a=2pq$ | $X^aY=q$ |
| $X^aX^a=q^2$ |          |

Application

Chez la drosophile, le gène récessif  $w$  lié au sexe est responsable de la couleur blanche "white" des yeux. L'allèle dominant  $w^+$  conduit au type sauvage à yeux rouges.

Dans une population de laboratoire à l'équilibre, on compte 170 mâles à yeux rouges et 30 mâles à yeux blancs.

- Quelle est la fréquence de ces deux allèles dans cette population ?
- Quel pourcentage de femelles dans cette population devrait avoir les yeux blancs ?

Solution

a) pour les mâles, et pour un gène porté par X

Les fréquences phénotypiques = fréquences génotypiques = fréquence alléliques.

$$q = 30 / 200 = 0.15 \text{ ou } 15\% \text{ d'allèles}$$

$$p = 1 - q = 1 - 0.15 = 0.85 \text{ ou } 85\% \text{ d'allèles}$$

b) Puisque la population est à l'équilibre les fréquences alléliques sont les même dans les deux populations mâles et femelles. Les femelles à yeux blancs sont de génotype récessif  $X^w X^w$  leur fréquence est  $q^2$

$$q^2 = (0.15)^2 = 0.0225 \text{ soit } 2,255\% \rightarrow 2.25\% \text{ de femelle auront les yeux blancs.}$$

| Phénotype   | génotype  |                           |
|-------------|-----------|---------------------------|
|             | Males     | femelles                  |
| Yeux blancs | $X^w Y$   | $X^w X^w$                 |
| Yeux rouges | $X^w + Y$ | $X^w + X^w + ; X^w + X^w$ |

Veto-constantine.com