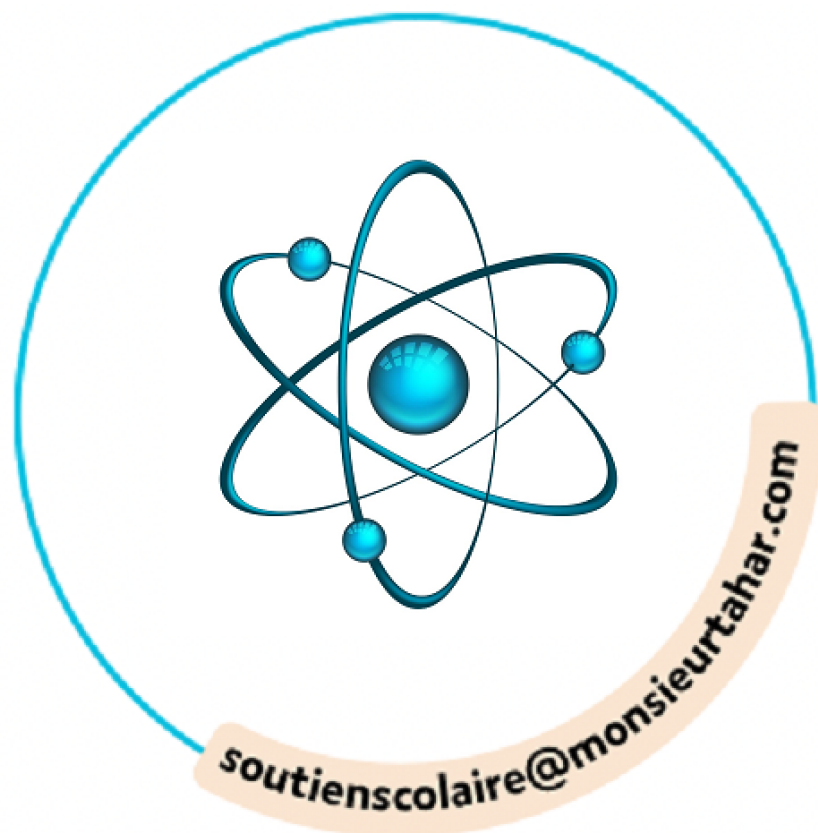
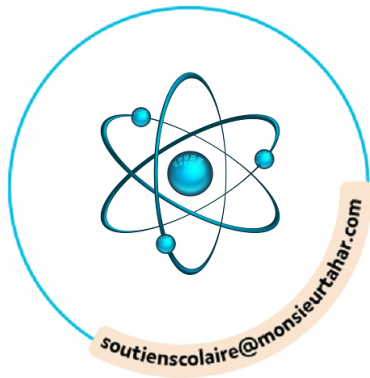


ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



SVT

CHAPITRE 4



Exercices

Tester ses connaissances

QCM

1. b., c. ET d. / 2. a., b., c. ET d. / 3. a. ET d.

4 Image à commenter

L'analyse de l'**ADN environnemental** extrait de l'échantillon permet d'estimer la **richesse spécifique**, une composante de la **biodiversité**.

5 Définitions inversées

- a. Fréquence allélique
- b. Biodiversité
- c. Équilibre de Hardy-Weinberg
- d. Intervalle de confiance
- e. Fluctuation d'échantillonnage

6 Limites de validité de la méthode capture-marquage-recapture

1. Pour une fiabilité de 95 %, l'intervalle de confiance est :

$$\left[f - \frac{1}{\sqrt{n}} ; f + \frac{1}{\sqrt{n}} \right] \text{ où } f = \frac{3}{9} = \frac{1}{3} \text{ et } n = 9, \text{ soit } \left[0 ; \frac{2}{3} \right].$$

Ce résultat est pour $n = 9$. C'est vraiment très petit pour avoir une justesse mathématique du raisonnement. Cet intervalle est faux dans le cas de petit effectif, où on ne converge pas vers une loi normale mais de Poisson.

2. Il faut s'assurer que :

- le temps entre les deux captures soit suffisant pour obtenir une ré-homogénéisation des individus marqués dans la population ;
- il n'y ait ni immigration, ni émigration, ni natalité, ni mortalité pendant le temps de l'expérience ;
- l'échantillon capturé soit représentatif de la population (pas les individus les plus faibles par exemple) ;
- la deuxième capture soit réalisée avec le même effort de capture (pour garder la même représentativité) ;
- le marquage n'influence pas la probabilité de recapture.

7 Calculs de fréquences alléliques à partir des fréquences génotypiques

1. Les individus porteurs des deux allèles A et B représentent la moitié des individus de la population :

$f(A//B) = 0,5$ donc $2pq = 0,5$. En multipliant par 2, on a $4pq = 1$ donc $4p(1 - p) = 1$. C'est-à-dire que $4p^2 - 4p + 1 = 0$.

On reconnaît alors une identité remarquable : $(2p - 1)^2$, donc $p = \frac{1}{2}$ et donc $q = \frac{1}{2}$.

Autre façon de résoudre :

$$p = 1 - q \text{ et } p = \frac{1}{4q}$$

En utilisant deux fonctions telles que $g(x) = 1 - x$ et $h(x) = \frac{1}{4x}$

alors p est l'intersection entre la courbe de g et de h ,

soit graphiquement le point $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$.

2. Les individus ($A//A$) sont deux fois plus nombreux que les individus porteurs des deux allèles A et B :

$$f(A//A) = 2f(A//B)$$

$$q^2 = 2 \times 2pq = 4pq = 4q(1 - q) = 4q - 4q^2$$

$5q^2 = 4q$ donc, en simplifiant par q qui est non nul : $5q = 4$ d'où $q = \frac{4}{5}$ et donc $p = \frac{1}{5}$.

8 Affirmations à corriger

- a. Au cours de l'évolution, la composition génétique **des populations** change de génération en génération.
- b. La structure génétique d'une population reste stable quand l'effectif est **élevé**.
- c. La méthode dite de capture-marquage-recapture permet une estimation de l'**abondance**.

Exercices

Développer ses compétences

10 Représentation mathématique du modèle de Hardy-Weinberg

- Pour recevoir l'allèle A de son parent femelle :
 - soit le parent femelle possède le génotype (A//A), ce qui a pour probabilité p^2 : il transmet alors l'allèle A de manière certaine ;
 - soit le parent femelle est de génotype (A//B), ce qui a pour probabilité $2pq$ et il a une chance sur deux de transmettre l'allèle A.

Au final, la probabilité de recevoir l'allèle A du parent femelle est :

$$p^2 + \frac{1}{2} 2pq = p^2 + pq = p(p + q) = p \text{ car } p + q = 1$$

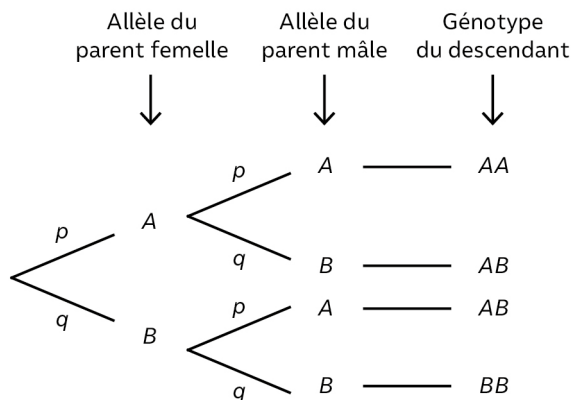
De même pour recevoir l'allèle B :

- soit le parent femelle est de génotype (B//B) avec probabilité q^2 et transmet alors l'allèle B ;
- soit le parent femelle est de génotype (A//B) et le transmet alors avec une probabilité de $\frac{1}{2}$.

Donc la probabilité de recevoir l'allèle B du parent femelle est :

$$q^2 + \frac{1}{2} 2pq = q^2 + pq = q(p + q) = q$$

- Pour l'allèle transmis par le parent mâle les calculs de probabilités sont les mêmes que ci-dessus, ce qui donne l'arbre suivant :



- D'après cet arbre pondéré, la probabilité pour un descendant d'avoir le génotype (A//A) est $p \times p = p^2$. La probabilité d'avoir le génotype (B//B) est $q \times q = q^2$ et celle d'avoir le génotype (A//B) est $p \times q + q \times p = 2pq$.

On retrouve ainsi dans la population des descendants la même répartition génotypique que dans la population des parents, ce qui redémontre la stabilité du modèle de Hardy-Weinberg.

11 Modèle de Hardy-Weinberg

1. Programme informatique complété :

```
from random import *

def tirageindividu():
    r=random()
    if r<0.16: return ['A','A']
    elif 0.16<r<0.52: return ['B','B']
    else: return ['A','B']

def proportionAA():
    compteurAA=0
    for i in range(1000):
        femelle,male=tirageindividu(),tirageindividu()
        descendant=[choice(femelle),choice(male)]
        if descendant==['A','A']: compteurAA=compteurAA+1
    return("la proportion de AA est",compteurAA/1000)
```

2. Programme informatique adapté pour les génotypes (A//B) :

```
def proportionAB():
    compteurAB=0
    for i in range(1000):
        femelle,male=tirageindividu(),tirageindividu()
        descendant=[choice(femelle),choice(male)]
        if descendant==['A','B'] or descendant==['B','A']: compteurAB=compteurAB+1
    return("la proportion de AB est",compteurAB/1000)
```

Programme informatique adapté pour les trois génotypes (A//A), (B//B) et (A//B) :

```
def proportiontrois():
    compteurAA,compteurBB,compteurAB=0,0,0
    for i in range(1000):
        femelle,male=tirageindividu(),tirageindividu()
        descendant=[choice(femelle),choice(male)]
        if descendant==['A','A']: compteurAA=compteurAA+1
        elif descendant==['B','B']: compteurBB=compteurBB+1
        else: compteurAB=compteurAB+1
    return("les proportions de AA, de BB et de AB sont",compteurAA/1000,compteurBB/1000,compteurAB/1000)
```

```
def tirageindividu(p,q):
    r=random()
    if r<p**2: return ['A','A']
    elif p**2<r<p**2+q**2: return ['B','B']
    else: return ['A','B']
```

```
def proportiontrois(p,q,n):
    compteurAA,compteurBB,compteurAB=0,0,0
    for i in range(n):
        femelle,male=tirageindividu(p,q),tirageindividu(p,q)
        descendant=[choice(femelle),choice(male)]
        if descendant==['A','A']: compteurAA=compteurAA+1
        elif descendant==['B','B']: compteurBB=compteurBB+1
        else: compteurAB=compteurAB+1
    return("les proportions de AA, de BB et de AB sont",compteurAA/n,compteurBB/n,compteurAB/n)
```

14 Deux populations de grenouilles sur deux îles voisines

1. Sur la première île :

La fréquence de l'allèle A est :

$$p = f(A//A) + \frac{1}{2} f(A//B) = \frac{128}{200} + \frac{1}{2} \times \frac{64}{200} = \frac{160}{200} = 0,8$$

et la fréquence de l'allèle B est donc $q = 1 - p = 0,2$.

On obtient ainsi les fréquences théoriques des génotypes : $p^2 = 0,64$; $q^2 = 0,04$ et $2pq = 0,32$.

$$\text{Or } f(A//A) = \frac{128}{200} = 0,64 ; f(B//B) = \frac{8}{200} = 0,04$$

$$\text{et } f(A//B) = \frac{64}{200} = 0,32.$$

Ainsi, cette population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg pour ce caractère.

Sur la deuxième île :

La fréquence de l'allèle A est :

$$p = f(A//A) + \frac{1}{2} f(A//B) = \frac{60}{200} + \frac{1}{2} \times \frac{100}{200} = \frac{110}{200} = 0,55$$

et la fréquence de l'allèle B est donc $q = 1 - p = 0,45$.

On obtient ainsi les fréquences théoriques des génotypes : $p^2 = 0,3$; $q^2 = 0,2$ et $2pq = 0,5$.

$$\text{Or } f(A//A) = \frac{60}{200} = 0,3 ; f(B//B) = \frac{40}{200} = 0,2 \text{ et } f(A//B) = \frac{100}{200} = 0,5.$$

Ainsi, cette population est aussi à l'équilibre de Hardy-Weinberg pour ce caractère.

2. Les deux populations sont chacune à l'équilibre mais ne présentent pas les mêmes fréquences alléliques. Ceci traduit une évolution indépendante des populations isolées l'une de l'autre, par dérive ou sélection naturelle différente.

Si l'on considère les deux sous-populations comme une seule de 400 individus, on peut à nouveau tester l'équilibre de Hardy-Weinberg.

La fréquence de l'allèle A est :

$$p = f(A//A) + \frac{1}{2} f(A//B) = \frac{188}{400} + \frac{1}{2} \times \frac{164}{400} = \frac{270}{400} = 0,675$$

et la fréquence de l'allèle B est donc $q = 1 - p = 0,325$.

On obtient ainsi les fréquences théoriques des génotypes : $p^2 = 0,45$; $q^2 = 0,11$ et $2pq = 0,44$.

$$\text{Or } f(A//A) = \frac{188}{400} = 0,47 ; f(B//B) = \frac{40}{200} = 0,12$$

$$\text{et } f(A//B) = \frac{164}{400} = 0,41.$$

Les valeurs théoriques et observées sont très proches : cette population serait aussi à l'équilibre de Hardy-Weinberg pour ce caractère.

15 Polymorphisme chez un Papillon

1.
$$f(a//a) = \frac{260}{1600} = 0,16.$$

Si on suppose que la population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg, $f(a//a) = q^2$ d'où $q = 0,4$.

On en déduit $p = 1 - q = 0,6$.

2. Il n'est pas possible d'estimer, au sein des papillons foncés,

ceux qui sont hétérozygotes ($A//a$) et homozygotes ($A//A$), car ils ont le même phénotype. Le modèle de Hardy-Weinberg ne peut donc pas être testé.

3. L'électrophorèse permet de distinguer les hétérozygotes ($A//a$) des homozygotes ($A//A$) : les papillons analysés dans la première piste sont homozygotes pour l'allèle A, ceux dans la deuxième piste sont hétérozygotes ($A//a$) et ceux dans la troisième piste sont de génotype ($a//a$).

On vérifie qu'avec ces données

$$f(A) = p = f(A//A) + \frac{1}{2} f(A//a) = \frac{38}{100} + \frac{1}{2} \times \frac{47}{100} = 0,6$$

et $f(a) = q = 1 - p = 0,4$.

La fréquence de papillons foncés ($A//A$) attendue selon le modèle de Hardy-Weinberg est $p^2 = 0,36$.

La fréquence de papillons foncés ($A//a$) attendue selon le modèle de Hardy-Weinberg est $2pq = 0,48$.

La fréquence de papillons clairs ($a//a$) attendue selon le modèle de Hardy-Weinberg est $q^2 = 0,16$.

Les valeurs observées sont proches des valeurs attendues et on peut conclure que la population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg.

16 Dérive génétique dans des populations à faible effectif

1. Programme informatique modifié :

```
from random import *
n=0
L=6*[['A','B']] + 3*[['A','A']] + 3*[['B','B']]
comptA,comptB=12,12
```

```
while comptA>0 and comptB>0:
    L=Nouvelle_generation(L)
    n=n+1
    comptA,comptB=comptage_allèles(L)
    print("Génération:",n)
    print("Fréq allèle A:",comptA/24)
    print("Fréq allèle B:",comptB/24)
```

```
from random import *
n=0
L=20*[['A','B']] + 10*[['A','A']] + 10*[['B','B']]
comptA,comptB=40,40
```

```
while comptA>0 and comptB>0:
    L=Nouvelle_generation(L)
    n=n+1
    comptA,comptB=comptage_allèles(L)
    print("Génération:",n)
    print("Fréq allèle A:",comptA/80)
    print("Fréq allèle B:",comptB/80)
```

17 EXERCER SON ESPRIT CRITIQUE

Le Chat, un ami encombrant...

Les données montrent que les Chats harets sont une menace pour la biodiversité d'espèces animales qui n'existent qu'en Australie. Plusieurs espèces se sont déjà éteintes, et si rien n'est fait plusieurs autres disparaîtront. Cela s'explique par le fait que la faune australienne n'est pas adaptée à ce prédateur qui a été introduit par l'Homme à une époque où il n'avait pas conscience des enjeux de préservation de la biodiversité.

Par ailleurs, les Chats harets sont issus de Chats domestiques, auxquels de nombreux Humains sont affectivement très attachés. Même si leur comportement est modifié suite à un retour à la vie sauvage, l'espèce est la même et les tuer paraît cruel.

Bien que l'objectif commun soit celui de la sauvegarde de la vie animale, il y a divergence sur les moyens de l'atteindre car les partis en présence ne considèrent pas le vivant à la même échelle :

- Le gouvernement australien raisonne à l'échelle des espèces. Ce qui importe c'est la préservation de leur variété, c'est-à-dire de la biodiversité. Tuer des chats paraît dès lors acceptable.
- Les défenseurs de la cause animale raisonnent à l'échelle des individus. Ce qui importe c'est que l'Homme ne tue pas d'animaux, ou le moins possible. Laisser les chats tuer des animaux de la faune australienne paraît dès lors naturel. Il y a ici conflit entre une attitude écologique rationnelle tentant de réparer les erreurs du passé, et une attitude écologique affective négligeant les conséquences de la présence du Chat haret. Cette deuxième attitude est soumise à un biais émotionnel : la perspective des tueries de chats peut conduire à nier les effets que ceux-ci ont sur la biodiversité.

➤ Erratum

Exercice 14. Les chiffres de (A//B) et (B//B) sont à échanger dans les deux cas :

Dans la première île, sur 200 individus, 128 sont (A//A), 64 sont (A//B) et 8 sont (B//B).

Dans la seconde île, sur 200 individus, 60 sont (A//A), 100 sont (A//B) et 40 sont (B//B).

Il faut modifier la question 2 : Comparer les fréquences alléliques entre les deux populations. Conclure.

Ces modifications ont été effectuées dans le manuel élève.

