TD 3, 4 et 5 Corrigés

Génétique des populations

Corrigé TD 4
Fréquences génotypiques et alléliques

Exercice 1 :

Soit les phénotypes	[A1]	[A1A2]	[A2]	
les génotypes	A1A1	A1A2	A22	
les effectifs	167	280	109	total 556

Calculer les fréquences suivantes : F (P : phénotypes), F(G : génotypes), F(A: allèles),

Solution

Calculer les fréquences suivantes :
F(P : phénotypes) , F(G : génotypes), F(A: allèles) :

F(P) = F(G)	F(A1A1)=F([A1]=167/556	F(A1A2)=F([A1A2]=280/556	F(A2A2)=F([A2]=109/556
Soit :	D= F(A1A1)=0.300	H=F(A1A2)=0.504	R= F(A2A2)=0.196

D+H+R =1

F(P) = F(G), car les allèles sont co-dominants

F(A : allèles)	F(A1)=p = D+H/2 = (167+280/2)/ 556 soit 0.300+0.504/2 = 0.552	
	F(A2)=q = R+H/2 = (109+280/2)/ 556 soit 0.196 + 0.504/2 = 0.448	
		p+q=1

Exercice 2:

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 blancs.

a- Quelle est la fréquence génotypique de chaque type de couleur ?
b- Quelle est la fréquence de chacun des deux allèles ?

Solution:

a- F(RR)= 900/(900+450+150)=0.60 ou 60%

De la même manière f(RB)= 450/1500=0.30 ou 30% f(BB)=150/1500= 0.10 ou 10%

b- F(R)= (2x900 +450/2(900+450+150)=0,75

Ou plus simplement f(R)= f(RR) + 1/2f(RB)=0.60+1/20.30=0.75

F(B)=1-0.75=0.25

Exercice 3:

Une étude du polymorphisme de l'alcool déshydrogénase chez un petit mammifère a révélé la présence de deux formes alléliques S et F. La population étudiée présentait les fréquences génotypiques suivantes :

- Fq $_{(SS)}$=0.16 Fq $_{(Sf)}$=0.48 Fq $_{(FF)}$=0.36

- Calculer les fréquences des deux allèles S et F.

Solution :

- 116 FF
- 68 FS
- 16 SS

Calcul des fréquences p et q

F(F) = p = 2x116 + 68 / 2x200 = 300/200= 0.75

F(S) q = 1-p= 1- 0.75=0.25

Exercice 4

Soit un locus A/a situé sur le chromosome X. Dans une population on dénombre 90males X^AY et 10 males X^aY, 77 $X^AX^{A,}$, 21 femelles X^AX^a, 2 femelles X^aX^a.

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

Solution

- **Fréquence allélique chez les femelles :**

On applique les formules respectives pour A et a :

- **F(A) f = (2F1 + F2)/2NF= (2x77 + 21)/2x100= 0.875**
- **F(a)f= (2F3+ F2)/2NF= (2x2 + 21)/2x100=0.125**

Ou bien et sachant que la somme des fréquences de A et a est églale à 1, on peut déduire la fréquence **F(a) f** si on connait la fréquence de l'allèle a, c'est-à-dire **F(A) f**, et donc :

- **F(A) f+ F(a) f=1 F(a)= 1-F(A)= 1-0.876=0.125**

- **Fréquence allélique chez les males :**

On applique les formules respectives pour A et a :

- **F(A) m= m1/Nm=90/100=0.9**
- **F(a)m= m2/100= 10/100=0.1**

- Fréquences alléliques dans une population globale:

On applique la formule :

- $F(A)= 2/3\ F(A)f+1/3\ F(A)m=2/3 \times 0.875 + 1/3\ 0.9=0.883$
- $F(a)= 1-F(A)= 1- 0.883=0.117$

Exercice 5:

Chez la drosophile, la forme des yeux est contrôlée par un locus polymorphe à deux allèles codominants A et B, situés sur le chromosome X. Le caractère "Bar" est gouverné par l'allèle B et l'hétérozygote présente un oeil "réniforme". Une population est constituée de:

748 ♀ [œil normal]

452 ♀ [œil réniforme]

104 ♀ [œil bar]

983 ♂ [œil normal]

301 ♂ [œil bar]

Calculer les fréquences de B :

- parmi les femelles
- parmi les mâles
- dans l'ensemble de la population.

Solution :

Total femelles : 1304

Total mâles : 1284

Fréquences alléliques chez la femelle :

- $F(A)\ f= 2x\ X_A\ X_A + X_A\ X_B/ 2Nf$ → $2x748 +452/1304=0.75$
- $F(A)m= X_A\ Y/Nm$ → $983/1284=0.77$

Fréquences alléliques chez la femelle :

- $F(B)\ f= 2x\ X_B\ X_B + X_A\ X_B / 2Nf$ → $104x2 +452/2608=0.25$
- $F(B)m= X_B\ Y/Nm$ → $301/1284=0.23$

Fréquences alléliques dans la population entière :

Le nombre de femelles est égale au nombre de males, nous appliquons la formule suivante :

$$\boxed{F(A)= 2/3\ F(A)f + 1/3\ F(A)m}$$

Et donc :

$F(A)t= 2/3\ F(A)f + 1/3\ F(A)\ m= 0.5+0.26=0.77$

$F(B)t= 2/3\ F(B)f + 1/3\ F(B)\ m= 0.16+0.07=0.23$

Exercice 1 :

Chez le chat, l'étude du polymorphisme d'un gène codant pour la phosphoglucomutase a révélé la présence de deux allèles *F* et *S*. Dans une population de 200 chats étudiés, on a dénombré 116 *FF*, 68 *FS* et 16 *SS*.

Cette population est-elle à l'équilibre de Hardy Weinberg ?

Corriger durant la séance de TD

Exercice 2 :

Dans une population humaine, l'étude d'un échantillon de 1200 personnes a révélé l'existence de trois formes alléliques au locus Pgm1 (allèles 1,2 et 3). Les effectifs de chaque classe de génotype sont les suivantes :

1/1=44 ; 2/2=110 ; 3/3=308 : 1/2 = 154 ; 1/3=238 ; 2/3 = 346

Sachant que 1=2=3 :

1- Calculer les fréquences génotypiques et alléliques
2- Calculer le taux d'hétérozygotes réel et attendus pour ce locus

Calcul des fréquences : p, q et r

F(1)= p = 2*44 + 154 +238/2*1200 = 0.2

F(2)= q = 2*110+154+346/2*1200=0.3

F (3)= r = 2*308+238+346/2*300=0.5

	1 p	2 q	3 r
1 p	1/1 (p^2)	1/2 (pq)	1/3 (pr)
2 q	1/2 (pq)	2/2 (q^2)	2/3 (qr)
3 r	1/3 (pr)	2/3 (qr)	3/3 (r^2)

	1/1	**1/2**	**1/3**	**2/2**	**2/3**	**3/3**
Fréquences génotypiques réelles	44/1200=0.035	154/1200=0.12	238/1200=0.2	110/1200=0.09	346/1200=0.29	308/1200=0.25
Taux d'hétérozygotes réels		12%	20%		28%	
Fréquences génotypiques attendus	p^2	2pq	2pr	q^2	2qr	r^2
	0.04	0.12	0.2	0.09	0.3	0.25
Taux d'hétérozygotes attendus		12 %	20%		30%	

Exercice 3:

Dans une population d'invertébrés marins, la phosphatase acide présente trois allèles A1, A2 et A3. Les proportions des cinq phénotypes observés sont de **25 A1A1, 106 A2A2, 113 A1A2, 9 A1A3 et 15 A2A3, 00 A_3 A_3**. Sachant que A1=A2=A3, Cette population est-elle à l'équilibre de HW ?

Solution

3 allèles A, B, C

A^1A^1	A^2A^2	A^1A^2	A^1A^3	A^2A^3	A^3A^3	
25	106	113	9	15	**0**	**/ 268**

$$f(A1) = \frac{2x25+113+9}{2x268} = 0,32 = p$$

$$f(A2) = \frac{2x106+113+15}{2x268} = 0,63 = q \qquad f(A^3) = \frac{9+15}{2x268} = 0.05 = r$$

La population est à l'équilibre d'HW

	A^1A^1	A^2A^2	A^1A^2	A^1A^3	A^2A^3	$\mathbf{A^3A^3}$
Fr génotypiques théoriques	$p2$	$q2$	2pq	2pr	2qr	$r2$
Effectifs théoriques	p^2N	q^2N	2pqN	2prN	2qrN	r^2N
Effectifs théoriques	27.44	106.37	108.06	8.58	16.88	0.67
Effectifs observés	25	106	113	9	15	**0**

ddl = 3
α=5%

$\chi^2_c = 1.35 \quad < \quad \chi2 \quad = 7,81$

La population à l'équilibre d'HW

Exercice 4 :

Chez le chat, l'abondance et la forme des rayures du pelage sont déterminés par un gène t autosomique à trois allèles. L'allèle ***t+*** est responsable de la forme sauvage "tigré fin" (présence, sur tout le corps, de fines rayures transversales et parallèles) ; l'allèle ***ta*** détermine le type "abyssin" (présence de rayures uniquement sur la queue, les pattes et la face) et l'allèle ***tb*** le type "rayé large" (robe à larges bandes noires, peu nombreuses et souvent interrompues). L'allèle ***ta*** est dominant sur l'allèle ***t+*** lui même dominant sur l'allèle **tb** (ta > t+ > tb). Les allèles ta, t+ et tb seront appelés respectivement r, s et t.

Dans une île au large de Madagascar, on a dénombré :

- 72 chats abyssins [ta],
- 110 chats tigrés fins [t+]
- et 18 rayés larges [tb].

1- Quels sont les différents génotypes associés à chacun des phénotypes du pelage ?
2- Calculez les fréquences alléliques et génotypiques ?

Solution

1- Génotypes et phénotypes

Génotypes	***tata***	***tat+***	***tatb***	***tbtb***	***tbt+***	***t+t+***
Fréquences génotypiques	$\mathbf{r^2}$	**2rs**	**2rt**	$\mathbf{t^2}$	**2ts**	s^2
Phénotypes	**[ta]**			**[tb]**		**[t+]**

2- Fréquences géniques et génotypiques

2-1- Fréquences géniques

ta : Allèle le plus dominant
t+ > ***tb :*** $\mathbf{a^x}$

Soit r la fréquence de *ta* et q^x la fréquence de a^x (***t+*** et ***tb)***
q^x= Racine carrée de $(q^x)^2$ $p=1-q^x$
$(q^x)^2$ =128/200=0.64 q^x=Racine carré de 0.64=0.8

$r=1-q^x=1-0.8=0.2$ **r= 0.2**

F(t)= Racine carré de 18/200= Racine carré de 0.09=0.3 **t= 0.3**
Donc la F(***t+***)**= 1- (r+ t^+)= 1- 0.5=0.5**

s=0.5

2-1- Fréquences génotypiques

Génotypes	***tata***	***tat+***	***tatb***	***tbtb***	***tbt+***	***t+t+***

Fréquences génotypiques	r^2	2rs	2rt	t^2	2ts	s^2
	0.04	**0.2**	**0.12**	**0.09**	**0.3**	***0.25***

Exercice 5 :

Le gène du daltonisme d, récessif, est porté par le chromosome sexuel X. Dans l'espèce humaine, 10% des hommes sont daltoniens $X^d Y$, 90% sont normaux $X^D Y$, sachant que p est la fréquence de D et q la fréquence de d. Sachant que les conditions d'équilibre de HW sont réunies :

- Calculez les fréquences des deux allèles p et q
- Déterminez le pourcentage des femmes daltoniennes auquel on peut s'attendre ?
- Quel est la proportion des femmes normales hétérozygotes $X^D X^d$ parmi l'ensemble des femmes normales?

Solution :

- Calculez les fréquences des deux allèles p et q

Fréquence s alléliques :

F(D) = 0.9 ; F(d)= 0.1

- Déterminez le pourcentage des femmes daltoniennes auquel on peut s'attendre ?

$X^d X^d = q^2 = 0.01$ 1%

- Quel est la proportion des femmes normales hétérozygotes $X^D X^d$ parmi l'ensemble des femmes normales?

$X^D X^d = 2pq = 0,18$ soit 18%

Tableau de synthèse

Femme	Homme
$X^D X^D = p^2 = 81\%$	**$X^D Y = p = 1\text{-}01 = 0.9$**
$X^D X^d = 2pq = 18\%$	
$X^d X^d = q^2 = 0.01$ donc 1%	**$X^d Y = q = 10\% = 0.1$**

Exercice 1:

En considérant un taux de mutation de 10^{-5} par gamète et par génération, quel sera le changement de fréquence observé:

1- au terme de 1000 générations, pour une fréquence initiale de A1 de 1
2- au terme de 2000 générations, pour une fréquence initiale de A1 de 0,5
3- au terme de 10000 générations, pour une fréquence initiale de A1 de 0,1.
   Qu'en concluez-vous ?

Solution

On applique la formule que vous avez dans le cours : $\mathbf{p_{n+x} = p_n (1-u)^x}$

- $p_n = 1$; x=1000

- $p_{n+x} = 1 (1-10^{-5})^{1000} = 0{,}99$
   - $p_n = 0{,}5$; x=2000

- $p_{n+x} = 0{,}5 (1-10^{-5})^{2000} = 0{,}49$

   - $p_n = 0{,}1$; x=10 000

- $p_{n+x} = 0{,}1 (1-10^{-5})^{10\,000} = 0{,}099$

Conséquences :

La mutation seule aura un faible impact sur les populations car il faut un grand nombre de générations pour que les changements soient détectables !

Cependant, les mutations sont un facteur important car elles créent de la variabilité

Exercice 2 :

Soit un locus polymorphe à deux allèles A et B. En considérant des taux de mutation de A →B de l'ordre de 10^{-5} et de B→A de l'ordre de 10^{-6} (mutation réverse), quelles seront les fréquences d'équilibre de ces deux allèles ?

Solution

$u=10^{-5}$ et $v=10^{-6}$.

Quelles seront les fréquences d'équilibres des deux allèles de fréquence p et q ?.

Nous appliquons les formules du cours :

P'= ν/(μ +ν) = 10^{-6}**/(**10^{-5} +10^{-6}) =0.000001 / 0.000011=0.0909090909…………091

et

q'=μ/ (μ + ν)= 10^{-5}/(10^{-5} +10^{-6})=0.90909090909…………………091

Exercice 3 :

Une population renferme 4% d'individus homozygotes pour l'allèle récessif B. Sachant que le taux de mutation directe de A → B est $u=2x10^{-5}$ et de celui de la mutation reverse B→A est $v= 1.2\ 10^{-4}$.

Estimer l'évolution de la fréquence de ces deux allèles.

Solution :

Fréquence initiales p et q

$q^2=4\%=0.04$ → $q=\sqrt{0.04}= 0.2$ $p=1-q= 1-0.2= 0.8$

Fréquences à la génération suivante :

- $= \nu/(\mu +\nu)= 1.2\ 10^{-4}/2x10^{-5}+1.2\ 10^{-4}=0.00012/0.00014=0.86$
- $q_{1=}\ q_n= \mu /(\mu +\nu)= 2x10^{-5}/2x10^{-5}+1.2\ 10^{-4}=0.00002\ /0.00014=0.14$

  Conclusion :

La fréquence de p a augmenté de 0.06 alors que la fréquence de q a diminué de 0.06

Exercice 4:

Un allèle récessif de fréquence q=0.5 a un coefficient de sélection s= 0.53.

1- Calculer la fréquence de q à la génération suivante ($q^{'}$).
2- Estimer les variations de la fréquence de cet allèle après une génération de sélection.

Solution

$q^{'}=(1-s)q^2$ ½ $2pq / 1-sq^2=$ $\mathbf{(1-s)q^2 +pq / 1-sq^2}$

$\mathbf{= (1-0.53)\ 0.5^2 + 0.5x0.5 / 1-0.53.0.5^2 = 0.3675 /0.8675= 0.42}$

et

$\Delta q= q^{'}-q=$ $\mathbf{-sq^2(1-q) / 1-sq^2}$ **ou** **0.42-0.5=- 0.08**

Exercice 5 :

Sous l'influence d'un coefficient de sélection s=0.9 contre les hétérozygotes.

1- Calculer le changement de fréquence q d'une génération à la suivante d'un allèle récessif B à partir d'une fréquence initial de 0.6.
2- Calculer la fréquence de B à la génération suivante.

Solution

Génotypes	AA	AB	BB	Total
Fq génot. Avant la sélection	P^2	2pq	q^2	1
w	1	1-s	1	/
W	$\mathbf{p^2 + (1-s)\,2pq + q^2} = p^2 + 2pq - s2pq + q^2 =$ $\underbrace{p^2 + 2pq + q2}_{1} - s2pq = 1\text{-}s2pq$			**W= 1-s2pq= 1-0.9x2x0.4x0.6= 0.568**
Fq génot. Après la sélection	p^2/W	(1-s) 2pq/W	q^2 /W	1

F(B)=q ; F(A)+P

p' est la fréquence de A à la génération suivante alors que q' est la fréquence de B à la génération suivante

- q'= q-spq / 1-s2pq ou q(1-sp) /1-s2pq= 0.6 (1-0.9x0.4) /0.568= 0.384/0.568= 0.67

  Variation de fréquence Δq = q'-q= 0.67-0.6= +0.07

  Ou bien par la formule développée :

- **Δq= s 2pq (q-1/2) / 1-s2pq= +0.07**

- **Δp = spq (2p -1) /1-s2pq= -0.07**

<u>Conclusion</u> : f(A)=p diminuera à la génération suivante et la fréquence de l'allèle B va donc augmenter

---

Exercice 6:

Dans une population, un gène est représenté par deux allèles A et B de fréquences respectives p=0.6 et q= 0.4. Une sélection est exercée contre les homozygotes avec un coefficient de sélection de s_A=0.5 contre le génotype AA et s_B= 0.3 contre le génotype BB.

- Estimer la variation de la fréquence de l'allèle B après une génération de sélection.
- Que pouvez-vous conclure sur Δq et Δp ?

Solution :

p=0.6 et q= 0.4

s_A=0.5 et s_B= 0.3

On applique la formule spécifique à ce cas, c'est-à-dire la sélection contre les homozygotes

- **q'= q(1- s_Bq) /1– s_A p^2 - S_B q^2**

$1-0.5x0.6^2 - 0.3x0.4^2= 0.82 -0.048= 0.772$

- **$q' = 0.4\ (1-0.3x0.4/ 1-0.5x0.6^2 - 0.3x0.4^2= 0.82 -0.04=0.352/0.772=0.456$**

$\Delta p= \Delta q= pq\ (s_A p - s_B q)/ 1– s_A\ p^2 - S_B\ q^2= 0.6x0.4\ (0.5x0.6 – 0.3x0.4) / 1-0.5x0.6^2 - 0.3x0.4^2$

$= 0.0432/ 0.772=$ **0.056**

$\Delta q= q'-q= 0.456-0.4=+ 0.056$

Δq augmente donc q' augmente