

**Exo 18.**

On dispose de deux lignées pures de rats qui diffèrent par un seul caractère : l'une est constituée de rats blancs, l'autre de rats noirs.

1 – Le croisement d'un rat blanc avec un rat noir donne en F1 100% de rats noirs. Expliquez ce résultat.

Les rats de départ appartiennent à des lignées pures, ils sont donc homozygotes pour le caractère étudié.

Le croisement des deux lignées entre elles a abouti à 100% de rats noirs : on peut donc en déduire que : le caractère noir est dominant (on le symbolise par N), le caractère blanc est récessif (on le symbolise par n) et que leur transmission est conforme à la première loi de Mendel. Par conséquent, tous les rats obtenus en F1 seront hétérozygotes. P : Génotype (N/N) x (n/n)

F1 → Génotype (N/n) Phénotype [Noir]

2 – Quels seront les résultats statistiques de la F2 résultant du croisement des rats obtenus en F1 ?

Le croisement des rats obtenus en F1 suivra la deuxième loi de Mendel et donnera 75% de rats noirs et 25% de rats blancs. On peut le vérifier à l'aide de l'échiquier de croisement suivant.

	Gamètes	(N/)	(n/)
Gamètes			
(N/)		(N//N)	(N//n)
(n/)		(N//n)	(n//n)

Soit 75% [Noir] et 25% [blanc]

3 – Doit-on s'assurer de la pureté des rats blancs obtenus ?

Le caractère blanc est récessif donc tous les rats blancs seront obligatoirement homozygotes (n/n).

4 – Qu'obtiendrait-on en croisant : a) un rat blanc de lignée pure avec un rat obtenu en F1 ? b) un rat noir de lignée pure avec un rat obtenu en F1.

a) (n/n) x (N/n)

	Gamètes	(N/)	(n/)
Gamètes			
(n/)		(N//n)	(n//n)

Soit 50% de rats blancs et 50% de rats noirs.

b) (N/N) x (N/n)

	Gamètes	(N/)	(n/)
Gamètes			
(N/)		(N//N)	(N//n)

Soit 100% de rats noirs.

### Exo 19.

À partir de trois pois à graines jaunes et lisses pris au hasard, on effectue pour chacun d'entre eux un croisement avec un pois à graines vertes et ridées. Les résultats, rapportés à la centaine, sont les suivants :

- croisement N 1 → 51 graines jaunes et lisses, 49 graines vertes et lisses ;
- croisement N 2 → 100 graines jaunes et lisses ;
- croisement N 3 → 24 graines jaunes et lisses, 26 graines jaunes et ridées, 25 graines vertes et lisses, 25 graines vertes et ridées.

1 – Quels sont, de ces quatre caractères, ceux qui sont dominants et ceux qui sont récessifs ?

Le croisement N 2 nous apprend qu'en croisant un pois à graines jaunes et lisses avec un pois à graines vertes et ridées, ces deux derniers caractères disparaissent en F1. Nous pouvons donc en déduire que le caractère « graine jaune » domine sur le caractère « graine verte » et que le caractère « graine lisse » domine sur le caractère « graine ridée ». Nous allons considérer alors les allèles :

- J pour « graine jaune »,
- j pour « graine verte »,
- L pour « graine lisse »,
- l pour « graine ridée ».

2 – À l'aide de symboles appropriés, établissez le génotype des quatre pois de départ et construisez pour chaque cas l'échiquier de croisement. Comparez avec la descendance observée.

Les caractères « graine verte » et « graine ridée » étant récessifs, le pois à graines vertes et ridées sera obligatoirement homozygote pour les deux caractères, présentera donc le génotype (j/j ; l/l) et ne pourra former qu'un seul type de gamète. En revanche, les trois pois à graines jaunes et lisses étant de phénotypes dominants, il est impossible de déterminer leur génotype sans étudier la descendance de chacun d'entre eux.

Le croisement N°1 faisant apparaître deux phénotypes distincts prouve que le premier pois n'est pas homozygote pour les deux caractères. On peut proposer comme hypothèse qu'il est de génotype (J/j ; L/L) et qu'il a formé deux types de gamètes :

	Gamètes	(J / ; L/)	(j / ; L/)
Gamètes	(j / ; l/)	(J//j ; L//l)	(j//j ;L//l)

Nous obtenons donc 50% de pois à graines jaunes et lisses et 50% de pois à graines vertes et lisses, valeurs très proches de celles observées (51 et 49).

Le croisement N°2 abouti à 100% de graines jaunes et lisses, on peut donc penser que le pois à graines jaunes et lisses est homozygote pour les deux caractères (J//J ; L//L).

	Gamètes	(J/ ; L/)
Gamètes	(j/ ; l/)	(J//j ; L//l)

Le croisement N°3 fait apparaître quatre phénotypes distincts dans la descendance, on peut donc penser que le pois à graines jaunes et lisses était hétérozygote pour les deux caractères (J//j ; L//l) et qu'il a formé quatre types de gamètes.

	Gamètes	(J/ ; L/)	(J/ ; l/)	(j/ ; L/)	(j/ ; l/)
Gamètes	(j/ ; l/)	(J//j ; L//l)	(J//j ; l//l)	(j//j ; L//l)	(j//j ; l//l)

Nous obtenons donc 25% de graines jaunes et lisses, 25% de graines jaunes et ridées, 25% de graines vertes et lisses et 25% de graines vertes et ridées, soit des proportions conformes aux valeurs obtenues (24, 26, 25 et 25).

### Exo 20.

Le croisement d'un lapin gris à poils longs avec une lapine blanche à poils courts donne à la première génération F1 des lapereaux tachetés à poils longs.

1 - a) Que peut-on dire sur la dominance des caractères ?

Les allèles gris G et blanc B sont codominants -L'allèle long L est dominant et l'allèle court c est récessif.

b) Donner les génotypes des parents et de la première génération F1

Parents : [gris, poils longs] : (G//G ; L//L)

[blanc, poils courts] : (B//B ; c//c)

F1 : [tacheté, poils longs] : (G//B ; L//c)

c) La première loi de Mendel est-elle applicable à ce type de croisement ? Si oui, énoncer cette loi.

Uniformité des individus de la première génération F1

2 - On croise ensuite les individus de la première génération entre eux, et on obtient une deuxième génération F2. Établir l'échiquier de ce croisement, et en tirer les phénotypes avec leurs proportions respectives.

F1 x F1 :

	Gamètes	(G/ ; L/)	(B/ ; L/)	(G/ ; c/)	(B/ ; c/)
Gamètes	(G/ ; L/)	(G//G ; L//L)	(G//B ; L//L)	(G//G ; L//c)	(G//B ; L//c)
	(B/ ; L/)	(G//B ; L//L)	(B//B ; L//L)	(G//B ; L//c)	(B//B ; L//c)
	(G/ ; c/)	(G//G ; L//c)	(G//B ; L//c)	(G//G ; c//c)	(G//B ; c//c)
	(B/ ; c/)	(G//B ; L//c)	(B//B ; L//c)	(G//B ; c//c)	(B//B ; c//c)

En F2 : il y a 6 phénotypes différents :

-[Tacheté, long] : 6/16

-[gris, long] : 3/16

-[blanc, long] : 3/16

-[tacheté, court] : 2/ 16

-[gris, court] : 1/16

-[blanc, court] : 1/16

3 - Quels individus de F2 doit-on croiser si on veut obtenir :

- 25% de petits gris à poils longs.
- 25% de petits tachetés à poils longs.
- 25% de petits tachetés à poils courts.
- 25% de petits gris à poils courts.

On doit croiser [tacheté, long] : (G//B ; L//c) avec [gris, court] : (G//G ; c//c)

Gamètes	(G/ ; L/)	(G/ ; c/)	(B/ ; L/)	(B/ ; c/)	
Gamètes	(G/ ; c/)	(G//G ; L//c)	(G//G ; c//c)	(B//G ; L//c)	(B//G ; c//c)

### Exo 21.

On croise deux Drosophiles à yeux rouges et à ailes longues. En 1ère génération, on observe que :

\* toutes les femelles (3650) ont les yeux rouges et que 2712 ont des ailes longues, 938 des ailes vestigiales (atrophées).

\* parmi les mâles : 1406 ont des yeux rouges et des ailes longues, 1430 des yeux blancs et des ailes longues, 464 des yeux rouges et des ailes vestigiales, 480 des yeux blancs et des ailes vestigiales.

On rappelle qu'œil rouge et ailes longues sont des caractères dominants.

Quel serait le génotype des parents ? Vérifier votre hypothèse avec le test du  $\chi^2$  :

#### Rappel :

Le test de conformité en génétique des populations consiste à tester la conformité d'une série d'observations à une loi théorique posée a priori.

On essaie de formuler l'hypothèse qui nous paraît la plus vraisemblable, cette hypothèse sera appelée l'hypothèse nulle et notée (Ho).

On souhaite vérifier si (Ho) est acceptable en s'accordant un risque d'erreur ( $\alpha$ ).

En Biologie on accorde le plus souvent pour ( $\alpha$ ) les valeurs 0.05 ou 0.01.

Sur un échantillon de taille n, les effectifs observés (Oi) sont O1, O2, O3, ..., On.

Pour comparer les valeurs observées et un modèle théorique, on calcule les effectifs théoriques, appelés aussi effectifs calculés (Ci).

#### Hypothèse nulle :

On formule toujours la même hypothèse (Ho) : **La distribution observée dans l'échantillon est conforme à la distribution théorique choisie.**

Sous cette hypothèse (Ho), la variable aléatoire doit suivre une loi du  $\chi^2$  à un nombre de degré de liberté ( $\gamma$ ).

$$\chi^2 \text{ calculé} = \sum_{i=1}^{K=n} \frac{(o_i - c_i)^2}{c_i}$$

Soit :

Avec :

- Oi = effectifs observés dans l'échantillon à tester,
- Ci = effectifs théoriques ou calculés sous l'hypothèse (Ho) formulée,

- $(\gamma) =$  nombre de degré de liberté = nombre de comparaisons effectuées pour le calcul du  $\chi^2$  diminué du nombre de paramètres expérimentaux nécessaires pour le calcul des valeurs théoriques ;

ou

- $(\gamma) =$  nombre de classes moins le nombre de relations indépendantes liant ces classes entre elles.

Le domaine de validité du test exige que l'on ait, quel que soit  $i$ ,  $C_i > 5$ .

Pour un risque d'erreur ( $\alpha$ ) choisi et un  $(\gamma)$  calculé, on estime un  $\chi^2$ . Dans la table de distribution du  $\chi^2$  :

- **Si  $\chi^2$  calculé  $>$   $\chi^2$  de la table, on écarte l'hypothèse ( $H_0$ ) avec une probabilité ( $\alpha$ ) de se tromper (risque d'erreur).**
- **Si  $\chi^2$  calculé  $<$   $\chi^2$  de la table, on ne peut écarter l'hypothèse ( $H_0$ ) avec une probabilité ( $\alpha$ ) de se tromper (risque d'erreur).**

Il faut noter que ce test statistique n'est que décisionnel. Il ne permet pas de dire si une hypothèse est juste ou fautive ; il permet seulement de prendre la décision d'accepter ou de rejeter cette hypothèse, en prenant un risque d'erreur associé à cette décision.

TABLE DU KHI2

P	0,999	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
1	0,000002		0,0002		0,004	3,84	5,02	6,63	7,88	10,8
2	0,002	0,01	0,02	0,05	0,10	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8
3	0,02	0,07	0,12	0,22	0,35	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3
4	0,09	0,21	0,30	0,48	0,71	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5
5	0,21	0,41	0,55	0,83	1,15	11,1	12,8	15,1	16,8	20,5
6	0,38	0,68	0,87	1,24	1,64	12,6	14,5	16,8	18,6	22,5
7	0,60	0,99	1,24	1,69	2,17	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3
8	0,86	1,34	1,65	2,18	2,73	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1
9	1,15	1,73	2,09	2,70	3,33	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9
10	1,48	2,16	2,56	3,25	3,94	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6
11	1,83	2,60	3,05	3,82	4,57	19,7	21,9	24,7	26,8	31,3
12	2,21	3,07	3,57	4,40	5,23	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9
13	2,62	3,57	4,11	5,01	5,89	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5
14	3,04	4,07	4,66	5,63	6,57	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1
15	3,48	4,60	5,23	6,27	7,26	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7
16	3,94	5,14	5,81	6,91	7,96	26,3	28,9	32,0	34,3	39,3
17	4,42	5,70	6,41	7,56	8,67	27,6	30,2	33,4	35,7	40,8
18	4,90	6,26	7,01	8,23	9,39	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3
19	5,41	6,84	7,63	8,91	10,1	30,1	32,9	36,2	38,6	43,8
20	5,92	7,43	8,26	9,59	10,9	31,4	34,2	37,6	40,0	45,3
21	6,45	8,03	8,90	10,3	11,6	32,7	35,5	38,9	41,4	46,8
22	6,98	8,64	9,54	11,0	12,3	33,9	36,8	40,3	42,8	48,3
23	7,53	9,26	10,2	11,7	13,1	35,2	38,1	41,6	44,2	49,7
24	8,08	9,89	10,9	12,4	13,8	36,4	39,4	43,0	45,6	51,2
25	8,65	10,5	11,5	13,1	14,6	37,7	40,7	44,3	46,9	52,6
26	9,22	11,2	12,2	13,8	15,4	38,9	41,9	45,6	48,3	54,1
27	9,80	11,8	12,9	14,6	16,2	40,1	43,2	47,0	49,6	55,5
28	10,4	12,5	13,6	15,3	16,9	41,3	44,5	48,3	51,0	56,9
29	11,0	13,1	14,3	16,1	17,7	42,6	45,7	49,6	52,3	58,3
30	11,6	13,8	15,0	16,8	18,5	43,8	47,0	50,9	53,7	59,7

On prend comme hypothèse que les gènes sont indépendants :

Soit les phénotypes suivants avec œil rouge et ailes longues qui sont des caractères dominants :

Femelle [Œil rouge] et [Ailes longues]

Male		[Œil rouge] et	[Ailes longues]
F1	Femelle	[R, L]	2712
	Femelle	[R, v]	938
	Mâle	[R, L]	1406
	Mâle	[b, L]	1430
	Mâle	[R, v]	464
	Mâle	[b, v]	480
		Total	7430

		Femelle				
		(XR L/)	(XR v/)	(Xb L/)	(Xb v/)	
Mâle	0	(XR L/)	[R, L]	[R, L]	[R, L]	[R, L]
		(XR v/)	[R, L]	[R, v]	[R, L]	[R, v]
		(0 L/)	[R, L]	[R, L]	[b, L]	[b, L]
		(0 v/)	[R, L]	[R, v]	[b, L]	[b, v]

	Phénotype	Obs.	Calc.	(O-C) <sup>2</sup> /C
Femelle	[R, L]	2712	7430 x 0.5 x 0.75 = 2786,25	1,98
Femelle	[R, v]	938	7430 x 0.5 x 0.25 = 928,75	0,09
Mâle	[R, L]	1406	7430 x 0.5 x 3/8 = 1393,125	0,12
Mâle	[b, L]	1430	7430 x 0.5 x 3/8 = 1393,125	0,98
Mâle	[R, v]	464	7430 x 0.5 x 1/8 = 464,375	0,00
Mâle	[b, v]	480	7430 x 0.5 x 1/8 = 464,375	0,53
		7430	7430	$\chi^2 = 3,69$

Pour 5 degrés de libertés,  $\gamma = 0.05$ ,  $\chi^2 = \mathbf{11,1}$  (voir la table).

$\chi^2$  **calc** = **3,69** < **11,1**, la distribution est en accord avec la distribution théorique, les fréquences phénotypiques observées sont encore avec les fréquences estimées en faisant l'hypothèse que le génotype de la femelle était (XR//Xb ; L//v) et celui du male (XR//Y0 ; L//v). Il s'agit d'un cas classique d'une ségrégation de deux caractères indépendants.

### Exo 22.

On croise entre elles deux races pures de Lapins différant par deux couples de caractères :

- l'un au pelage angora et de couleur uniforme,
- l'autre à poils courts et dont la robe est panachée de blanc.

Les hybrides de première génération ont tous les poils courts et la robe panachée. Ces hybrides se fécondent entre eux et donnent naissance à une 2ème génération ainsi répartie :

- panachés, poils courts : 502
- uniformes, angoras : 166,
- panachés, angora : 16
- uniformes, poils courts : 18

Interpréter ces résultats en retrouvant le génotype des parents. Justifier votre réponse avec le test du  $\chi^2$ .

On prend comme hypothèse que les gènes sont indépendants :

Lapin 1 : [a] et [u]

Lapin 2 : [C] et [P]

F1 100% [C] et [P]

F2	[C, P]	502
	[a, u]	166
	[a, P]	16
	[C, u]	18
	Total	702

F2		F1			
		(CP/)	(Cu/)	(aP/)	(au/)
F1	(CP/)	[C, P]	[C, P]	[C, P]	[C, P]
	(Cu/)	[C, P]	[C, u]	[C, P]	[C, u]
	(aP/)	[C, P]	[C, P]	[a, P]	[a, P]
	(au/)	[C, P]	[C, u]	[a, P]	[a, u]

Phénotype	Obs.	Fréq. théorique	Calc.	(O-C) <sup>2</sup> /C
[C, P]	502	9/16	702 x 9/16 = 394,875	29,06
[a, u]	166	1/16	702 x 1/16 = 43,875	339,93
[a, P]	16	3/16	702 x 3/16 = 131,625	101,57
[C, u]	18	3/16	702 x 3/16 = 131,625	98,09
Total	702		702	$\chi^2 = 568,65$

Pour 3 degrés de liberté,  $\gamma = 0.05$ ,  $\chi^2 = 7,81$  (voir la table).

$\chi^2 \text{ calc} = 568,65 \gg 7,81$ , la distribution est en désaccord avec la distribution théorique. Certains phénotypes sont sur-représentés et d'autres sous-représentés. Les proportions obtenues sont clairement différentes de celles qu'on attend sous l'hypothèse de gènes indépendants. Par conséquent les gènes ne sont pas indépendants.