

## CHAPITRE 4 : LES LOIS STATISTIQUES DE LA TRANSMISSION DES CARACTERES HEREDITAIRES CHEZ LES DIPLOIDES

### I. Introduction

#### 1. « Les cobayes » des généticiens

##### 1- Argumenter le choix de ces espèces.

L'étude de la transmission des caractères héréditaires est fondée sur la réalisation des de croisements expérimentaux, et les espèces utilisées par les généticiens dans leurs expériences, doivent présenter quelques critères bien spécifique :

- Un taux de fécondité élevé.
- Biodiversité importante au sein de la population.
- Cycle de développement court
- Nombre de descendants élevé pour permettre une étude statistique.

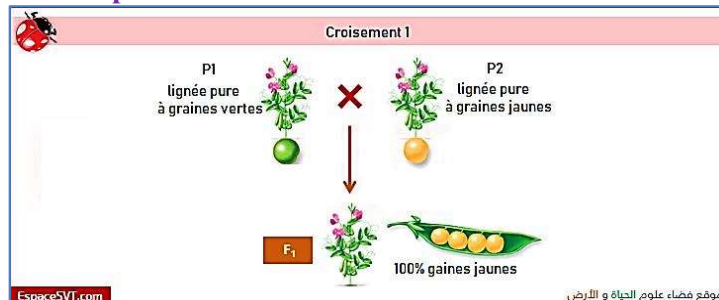
#### 2. La démarche de Mendel

- Pour chaque croisement réalisé, Mendel choisi pour chaque caractère étudié, deux versions (traits) différentes
- Le croisement entre des lignées pures, (transmission du caractère sans modification d'une génération à une autre) pour obtenir des hybrides.
- Empêcher l'autofécondation des lignées pures (ne donne pas des hybrides).

### II. Le Monohybridisme : la transmission d'un couple d'allèle

#### 1. Cas d'un gène non lié au sexe

##### a) La Dominance complète



##### 1- Analyser les résultats obtenus.

Le croisement de deux lignées pures, différents par un seul caractère (la couleur des graines)

- Cas de monohybridisme : étude de la transmission d'un seul caractère héréditaire.

La descendance du premier Génération (F1) est constituée de 100% d'hybrides à graines jaunes

- F1 est homogène
- Parents de lignées pures : ils sont homozygotes pour le caractère étudié

##### 2- Déterminer le mode de transmission du caractère héréditaire étudié.

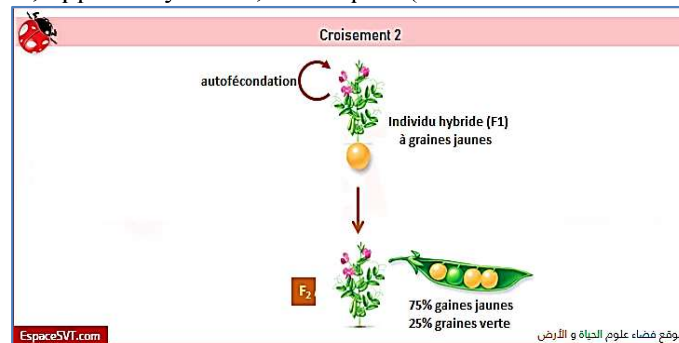
Une dominance de l'allèle responsable de la couleur jaune J sur l'allèle responsable de la couleur verte v qui récessif.

##### 3- Donner l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement

|             |                             |   |         |
|-------------|-----------------------------|---|---------|
| Parents :   | P1                          | × | P2      |
| Phénotype : | [J]                         |   | [v]     |
| Génotype :  | J//J                        |   | v//v    |
| Gamètes :   | 100% J/                     |   | 100% v/ |
| F1 :        | 100 % hybrides : J//v ; [J] |   |         |

#### 4- Conclure la première loi de Mendel : la loi d'uniformité des hybrides de la première génération :

Le croisement deux lignées pures différentes par un seul caractère, donne des descendants dans la première génération F1, appelés hybrides, identiques (ressemblant à l'un des deux parents).



#### 1- Analyser les résultats obtenus.

Le croisement des hybrides entre eux, donne des descendants de deuxième Génération (F2) avec 75% sont à gaines jaunes et 25% à graines vertes.

#### 2- Que peut-on déduire des résultats du deuxième croisement ?

- L'allèle responsable de la couleur verte est récessif. Il ne s'exprime dans le phénotype qu'à l'état homozygote.
- Donc 25% des descendants sont homozygote pour l'allèle récessif. Leur génotype est forcément  $v/v$ .

#### 3- donner l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement en vous aidant d'un échiquier de croisement.

|             |                 |   |                 |
|-------------|-----------------|---|-----------------|
| Parents :   | F1              | × | F1              |
| Phénotype : | [J]             |   | [J]             |
| Génotype :  | $J/v$           |   | $J/v$           |
| Gamètes :   | 50% J/ ; 50% v/ |   | 50% J/ ; 50% v/ |

Echiquier de croisement :

| Gamètes   | J/<br>50% | v/<br>50% |
|-----------|-----------|-----------|
| J/<br>50% | $J/J$ [J] | $J/v$ [J] |
| v/<br>50% | $J/v$ [J] | $v/v$ [v] |

On obtient  $3/4$  [J] et  $1/4$  [v]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

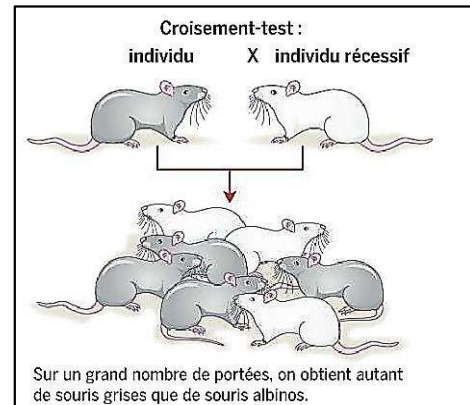
#### 4- Conclure la deuxième loi de Mendel : loi de la pureté des gamètes :

Les proportions  $3/4$  et  $1/4$  ne s'explique que par, la séparation des deux allèles hérités par les hybrides au cours de la formation des gamètes ; chaque gamète reçoit donc un seul allèle des deux : il est pur.

### b) le croisement-test

#### 1- Analyser les résultats obtenus.

- Cas de monohybridisme : étude de la transmission d'un seul caractère héréditaire.
- La souris albinos est récessif : donc l'allèle responsable du caractère gris G est dominant sur l'allèle responsable du caractère albinos b qui récessif.
- Le croisement d'un individu à génotype inconnu avec un Individu récessif donne des descendants avec 50% sont grises et 50% sont albinos.



#### 2- Déterminer le génotype de l'individu à phénotype gris

Individu récessif → homozygote pour le caractère récessif → génotype (b/b) → produit un seul type de gamète (b/)

Puisque les descendants sont hétérogènes → l'individu à phénotype gris est forcément hétérozygote → génotype (G/b) → produit deux types de gamètes.

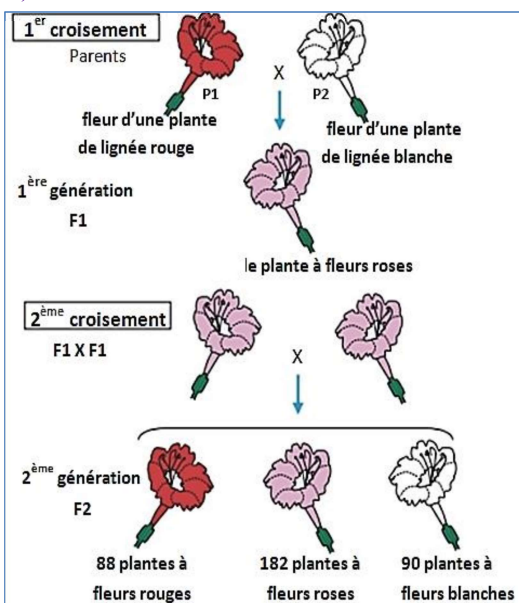
#### 3- donner l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement en vous aidant d'un échiquier de croisement.

|             |                 |   |                     |
|-------------|-----------------|---|---------------------|
| Parents :   | F1              | × | homozygote récessif |
| Phénotype : | [G]             |   | [b]                 |
| Génotype :  | G/b             |   | b/b                 |
| Gamètes :   | 50% G/ ; 50% b/ |   | 100% b/             |

| Gamètes   | b/<br>100% |     |
|-----------|------------|-----|
| G/<br>50% | G//b       | [G] |
| b/<br>50% | b//b       | [b] |

On obtient 1/2 [G] et 1/2 [b]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

### c) La codominance



#### 1- Analyser les résultats obtenus.

Le croisement entre deux fleurs, une rouge et l'autre blanche, donne des descendants de première génération (F1) avec 100% des fleurs sont roses.

- F1 est homogène
- Selon la 1<sup>ère</sup> loi de Mendel : les parents sont de lignées pures : donc homozygote pour le caractère considéré.

#### 2- Déterminer le mode de transmission du caractère héréditaire étudié.

Les hybrides de F1 présentent un caractère intermédiaire.

Une codominance entre l'allèle responsable de la couleur rouge R et l'allèle responsable de la couleur blanche B.

### 3- Donner l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement

Croisement 1

|                        |                  |   |         |
|------------------------|------------------|---|---------|
| Parents :              | P1               | × | P2      |
| Phénotype :            | [R]              |   | [B]     |
| Génotype :             | R//R             |   | B//B    |
| Gamètes :              | 100% R/          |   | 100% B/ |
| Génération filiale 1 : | R//B ; 100% [RB] |   |         |

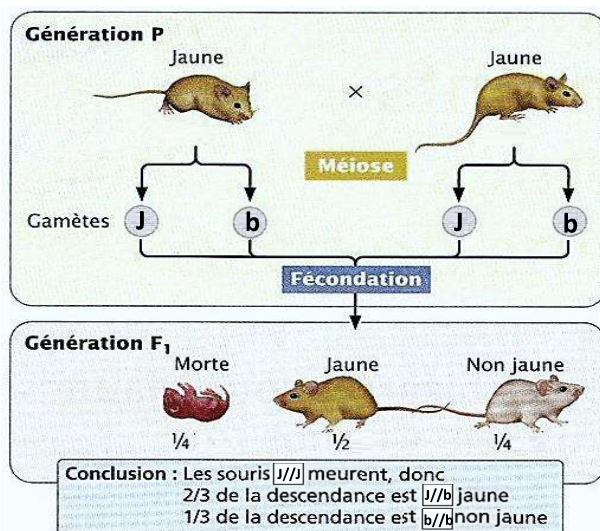
Croisement 2

|                        |                 |          |                 |
|------------------------|-----------------|----------|-----------------|
| Parents :              | F1              | ×        | F1              |
| Phénotype :            | [RB]            |          | [RB]            |
| Génotype :             | R//B            |          | R//B            |
| Gamètes :              | 50% R/ ; 50% B/ |          | 50% R/ ; 50% B/ |
| Génération filiale 2 : | 25% R//R        | 25% R//B | 25% R//B        |
|                        | 25% [R]         | 50% [RB] | 25% [B]         |

### 4- Conclure la première exception des proportions Mendélienne

En cas de codominance les rapports phénotypiques  $\frac{1}{4}$  ;  $\frac{3}{4}$  de F2 sont remplacé par  $\frac{1}{4}$  ;  $\frac{1}{2}$  ;  $\frac{1}{4}$ .

#### d) Le gène létal



#### 1- Analyser les résultats obtenus.

\*Cas de monohybridisme : étude de la transmission d'un seul caractère héréditaire.

\*Le croisement de deux souris jaunes, donne des descendants de première génération (F1) avec 25% sont morts, 50% sont jaune et 25% sont non jaune

\*F1 est hétérogène

➤ les parents ne sont pas de lignées pures.

#### 2- Déterminer le génotype des parents et des descendants ?

\*Le caractère non jaune b est non exprimé chez les parents, donc il est récessif.

\*Le caractère jaune J est dominant

\*L'expression d'un caractère récessif se fait uniquement lorsque l'individu est homozygote pour l'allèle récessif (b//b)

\*Chaque allèle récessif est hérité des parents par les gamètes. Puisque ils sont jaunes, donc hétérozygote pour l'allèle dominant (J//b)

\*Les génotypes :

Parents : (J//b)

F1 :  $\frac{1}{4}$  (J//J) ;  $\frac{1}{2}$  (J//b) ;  $\frac{1}{4}$  (b//b)

#### 3- Déterminer le mode de transmission du caractère héréditaire étudié.

\*La descendance du premier croisement est constituée de 2/3 d'individus jaunes et 1/3 d'individus non jaunes.

\*Il s'agit d'un gène létal.

**4- donner l'interprétation des proportions obtenues de ce croisement en vous aidant d'un échiquier de croisement.**

Parents : P1 × P2  
 Phénotype : [J] [J]  
 Génotype : J//b J//b  
 Gamètes : 50% J/ ; 50% b/ 50% J/ ; 50% b/

Echiquier de croisement :

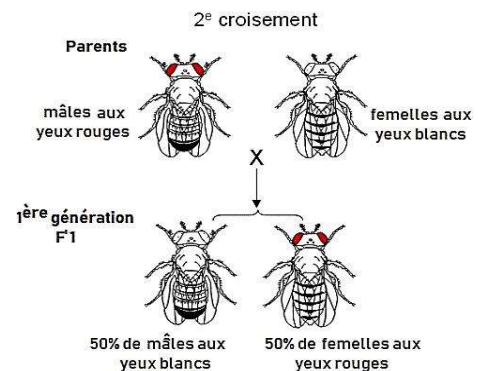
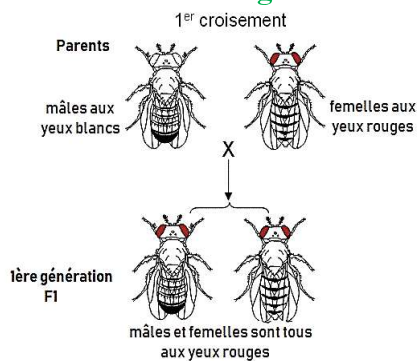
| Gamètes   | J/<br>50%     | b/<br>50% |
|-----------|---------------|-----------|
| J/<br>50% | J//J (léthal) | J//b [J]  |
| b/<br>50% | J//b [J]      | b//b [b]  |

On obtient 2/3 [J] et 1/3 [b]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux

**5- Conclure la deuxième exception des proportions Mendélienne :**

En cas de létalité les rapports phénotypiques  $\frac{1}{4}$  ;  $\frac{3}{4}$  sont remplacé par  $\frac{1}{3}$  ;  $\frac{2}{3}$ .

**2. Cas d'un gène lié au sexe**



**1- Analyser les résultats obtenus.**

\*Le croisement d'un mâle aux yeux blancs avec une femelle aux yeux rouges, donne des descendants aux yeux rouges.

\*F1 est homogène

➤ Selon la 1<sup>ère</sup> loi de Mendel : les parents sont de lignées pures : donc homozygote pour le caractère considéré.

\*Le croisement d'un mâle aux yeux rouges avec une femelle aux yeux blancs, donne des descendants avec 50% de mâles aux yeux blancs et 50% de femelles aux yeux rouges.

➤ Le croisement réciproque ne donne pas les mêmes résultats

**2- Déterminer le mode de transmission du caractère héréditaire étudié.**

\*Une dominance de l'allèle responsable des yeux rouges R sur l'allèle responsable des yeux blancs b qui récessif.

\*Le croisement réciproque ne donne pas les mêmes résultats, donc l'hérédité étudiée est liée au sexe

\*Puisque les mâles de F1 sont différents de leur père, donc le gène étudié est n'est pas porté sur le chromosome sexuel Y, mais plutôt sur X.



### 3-Donner l'interprétation chromosomique des résultats de ces croisements en vous aidant des échiquiers de croisement.

Croisement 1

Parents : mâle × femelle  
Phénotype : [b] [R]  
Génotype :  $X_b Y$   $X_R X_R$   
Gamètes : 50%  $X_b$  ; 50% Y 100%  $X_R$

| Gamètes       | $X_b$<br>50%     | Y<br>50%       |
|---------------|------------------|----------------|
| $X_R$<br>100% | $X_R X_b$<br>[R] | $X_R Y$<br>[R] |

On obtient 100% [R]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux

Croisement 2

Parents : mâle × femelle  
Phénotype : [R] [b]  
Génotype :  $X_R Y$   $X_b X_b$   
Gamètes : 50%  $X_R$  ; 50% Y 100%  $X_b$

| Gamètes       | $X_R$<br>50%     | Y<br>50%       |
|---------------|------------------|----------------|
| $X_b$<br>100% | $X_R X_b$<br>[R] | $X_b Y$<br>[b] |

On obtient 50% [R] et 50% [b]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux

## III. Le Dihybridisme : la transmission de deux couples d'allèles

### 1. Cas de deux gènes indépendants



### 1- En exploitant les résultats de ce croisement, déterminer le mode de transmission des deux caractères héréditaires étudiés.

\*Cas de Dihybridisme : étude de la transmission de deux caractères héréditaires (la couleur et la forme des graines)

\*le croisement de deux souches une à graines ridées et vertes et l'autre à graine lisses et jaunes, donne des descendants de F1, tous à graines lisses et jaunes.

➤ F1 est homogène, la première loi de Mendel est vérifiée, donc les parents sont de lignées pures et l'hérédité étudiée est non liée au sexe.

\*Dominance de l'allèle couleur jaune J par rapport à l'allèle couleur verte j ; et dominance de l'allèle responsable de la forme lisse L par rapport à l'allèle responsable de la forme ridée l.

\*La descendance du deuxième croisement est constituée de quatre phénotypes (parentaux et recombinés) répartis comme suit :

[J ; L] 56,25% (environ 9/16) ; [j ; l] 6,25% (environ 1/16)

[J ; l] 18,75% (environ 3/16) ; [j ; L] 18,75% (environ 3/16)

➤ Il s'agit de deux gènes indépendants (porté par deux paires de chromosomes homologues)

## 2- Donner l'interprétation chromosomique du deuxième croisement en établissant l'échiquier de croisement.

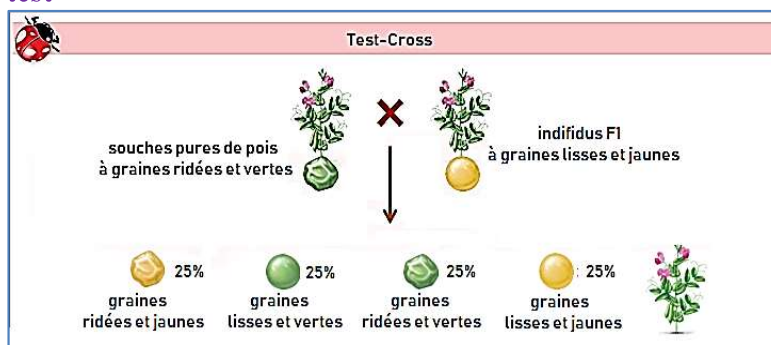
|             |                                              |   |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|---|----------------------------------------------|
| Parents :   | P1                                           | × | P2                                           |
| Phénotype : | [J ; L]                                      |   | [j ; l]                                      |
| Génotype :  | J//J,L//L                                    |   | j//j,ℓ//ℓ                                    |
| Gamètes :   | 100% J,L/                                    |   | 100% j,ℓ/                                    |
| F1 :        | 100 % hybrides : J//j,L//ℓ : [J ; L]         |   |                                              |
| Parents :   | F1                                           | × | F1                                           |
| Phénotype : | [J ; L]                                      |   | [J ; L]                                      |
| Génotype :  | J//j,L//ℓ                                    |   | J//j,L//ℓ                                    |
| Gamètes :   | 25% J,L/<br>25% J,ℓ/<br>25% j,L/<br>25% j,ℓ/ |   | 25% J,L/<br>25% J,ℓ/<br>25% j,L/<br>25% j,ℓ/ |

Echiquier de croisement :

| Gamètes   | J,L/<br>¼              | J,ℓ/<br>¼              | j,L/<br>¼              | j,ℓ/<br>¼              |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| J,L/<br>¼ | J//J,L//L<br>[J ; L] ¼ | J//J,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ | J//j,L//L<br>[J ; L] ¼ | J//j,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ |
| J,ℓ/<br>¼ | J//J,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ | J//J,ℓ//ℓ<br>[J ; ℓ] ¼ | J//j,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ | J//j,ℓ//ℓ<br>[J ; ℓ] ¼ |
| j,L/<br>¼ | J//j,L//L<br>[J ; L] ¼ | J//j,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ | j//j,L//L<br>[j ; L] ¼ | j//j,L//ℓ<br>[j ; L] ¼ |
| j,ℓ/<br>¼ | J//j,L//ℓ<br>[J ; L] ¼ | J//j,ℓ//ℓ<br>[J ; ℓ] ¼ | j//j,L//ℓ<br>[j ; L] ¼ | j//j,ℓ//ℓ<br>[j ; ℓ] ¼ |

On obtient 9/16 [J ; L] et 3/16 [J ; l] et 3/16 [j ; L] et 1/16 [j ; l]. Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

### ✚ Croisement-test



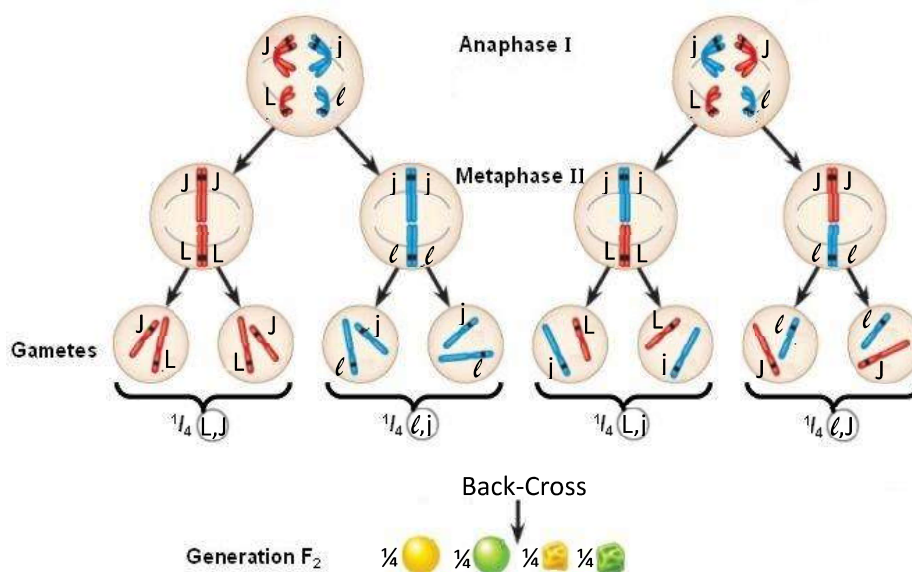
**1- En exploitant les résultats du croisement-test, montrer, en justifiant votre réponse, que les deux gènes étudiés sont indépendants.**

\*Il s'agit d'un Test-Cross (Back-Cross), car on a croisé un individu de F<sub>1</sub> avec le parent double récessif.

\*F<sub>2</sub> est composée de quatre phénotypes avec des pourcentages égaux : 50% phénotypes parentaux et 50% phénotypes recombinés → les deux gènes étudiés sont indépendants.

**2- Déterminer le phénomène responsable de l'apparition des phénotypes non parentaux, expliquer ce phénomène par un schéma.**

\*La présence dans la génération F<sub>2</sub> des plantes à graines lisses et vertes et des graines à ridées et jaunes, est due au brassage interchromosomique (séparation indépendante et aléatoire des chromosomes homologues)



**3- Conclure la troisième loi de Mendel : loi de la ségrégation indépendante des allèles:**

Dans un croisement dihybride, les allèles de chaque gène se distribuent indépendamment les uns des autres lors de la formation des gamètes.

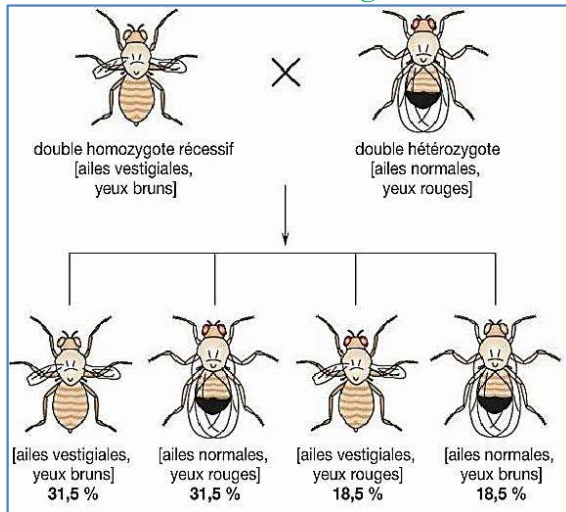
**Signification de cette loi :** dans le cas de deux paires de gènes hétérozygotes A/a et B/b, l'allèle b a une probabilité égale de se retrouver dans un gamète avec un allèle a ou avec un allèle A ; il en est de même pour l'allèle B.

Cette loi s'applique exclusivement à des gènes situés sur des chromosomes différents.

Les gènes présents sur le même chromosome ne sont pas répartis de façon indépendante car ils sont maintenus ensemble sur ce chromosome.



## 2. Cas de deux gènes liés



### 1- Déterminer le mode de transmission des deux caractères héréditaires étudiés.

\*les individus de F1 ressemblent à l'un des parents.

\*Il s'agit de la dominance de l'allèle responsable des yeux rouges  $br^+$  sur l'allèle responsable des yeux bruns  $br$ , et la dominance de l'allèle responsable des ailes normales  $vg^+$  sur l'allèle responsable des ailes vestigiales  $vg$

### 2- En exploitant les résultats du croisement-test, montrer, en justifiant votre réponse, que les deux gènes étudiés sont liés.

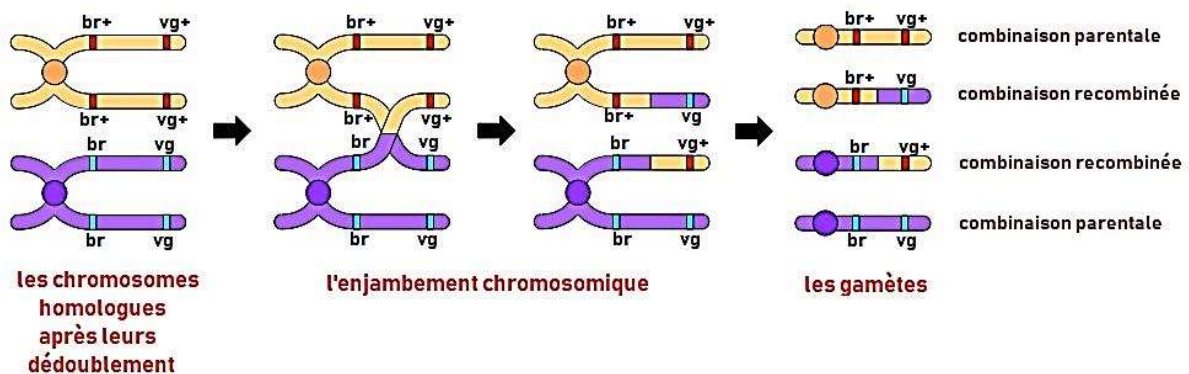
\*il s'agit d'un Back-Cross (Test-Cross), car on a croisé un individu de F1 avec le parent double récessif

\* F2 est composée de quatre phénotypes avec des pourcentages différents : 63% des phénotypes parentaux et 37% des phénotypes recombinés.

\* les deux gènes étudiés sont liés, la liaison est partielle ce qui permet l'enjambement chromosomique.

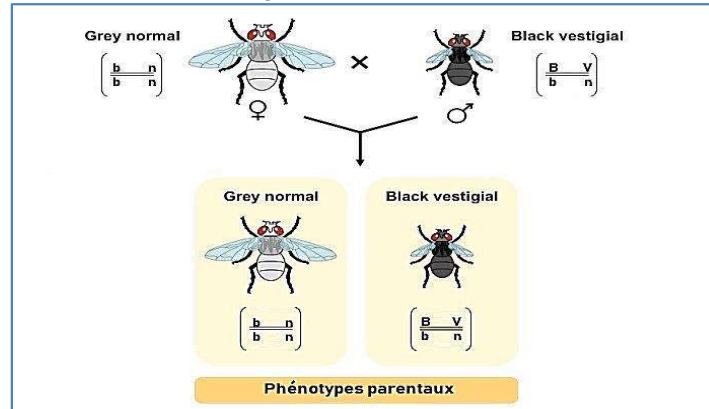
### 3- Déterminer le phénomène responsable de l'apparition des phénotypes non parentaux, expliquer ce phénomène par un schéma

\*La présence dans la génération F2 des individus à phénotypes non parentaux, est due au brassage intrachromosomique (échange de fragments chromosomiques entre les chromatides non-sœurs des chromosomes homologues)



### ✚ Liaison absolue entre deux gènes liés

Le croisement entre un mâle à corps noir et ailes vestigiales et une femelle double récessif à corps gris et ailes normales donne le résultat figurant ci-dessous :



#### 1- En exploitant les données et les résultats obtenus, interpréter ce croisement :

- \* Il s'agit d'un Test-Cross, car on a croisé un individu hétérozygote avec un autre double récessif
- \* Cas de Dihybridisme avec deux gènes liés
- \* On aurait de trouver dans un tel cas 4 phénotypes (deux parentaux et deux recombinés)
- \* Les deux gènes étudiés sont liés, la liaison est absolue ce qui ne permet pas l'enjambement chromosomique.

## Bilan

Dans le cas de deux gènes liés, la liaison peut être absolue ou partielle :

- \* Si les deux gènes sont liés avec une liaison absolue, ils se comportent alors comme un seul et l'enjambement chromosomique ne se produit pas.
- \* Si les deux gènes sont liés avec une liaison partielle, l'enjambement chromosomique donne quatre phénotypes dans la descendance.
- \* Le mâle de drosophile présente une liaison absolue de ses gènes, alors que la femelle présente une liaison partielle.

### 3. La Carte factorielle

#### 1. En exploitant les résultats des deux croisements, déterminez le mode de transmission des deux caractères héréditaires étudiés.

##### Exploitation des résultats du premier croisement :

- \* Cas de dihybridisme : étude de la transmission de deux caractères héréditaires.
- \* les individus de  $F_1$  ressemblent à l'un des parents : dominance de l'allèle responsable des yeux rouges (R) sur l'allèle responsable des yeux pourpres (r), et dominance de l'allèle responsable des ailes droites (D) sur l'allèle responsable des ailes courbés (d).
- \*  $F_1$  est homogène → parents de lignées pures selon la 1<sup>ère</sup> loi de Mendel.
- \* le croisement réciproque donne les mêmes résultats : hérédité non liée au sexe.

##### Exploitation des résultats du deuxième croisement :

- \* il s'agit d'un Back-Cross, car on a croisé un individu de  $F_1$  avec le parent double récessif.
- \*  $F_2$  est composée de quatre phénotypes avec des pourcentages différents : 77.2% phénotypes parentaux et 22.8% phénotypes recombinés → les deux gènes étudiés sont liés (liaison partielle, enjambement chromosomique).

2. Donnez l'interprétation chromosomique du deuxième croisement en se basant sur l'échiquier de croisement.

|              |                           |   |                           |
|--------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Parents :    | mâle (P <sub>2</sub> )    | × | femelle (F <sub>1</sub> ) |
| Phénotypes : | [r, d]                    |   | [R, D]                    |
| Génotypes :  | $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ |   | $\frac{R}{r} \frac{D}{d}$ |
|              | $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ |   | $\frac{R}{r} \frac{D}{d}$ |
|              | 100%                      |   | 39% 12% 11% 38%           |

Echiquier de croisement :

| σP \ σF1                  | $\frac{R}{r} \frac{D}{d}$<br>39%        | $\frac{R}{r} \frac{d}{d}$<br>12%        | $\frac{r}{r} \frac{D}{d}$<br>11%        | $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$<br>38%        |
|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ | $\frac{R}{r} \frac{D}{d}$<br>39% [R, D] | $\frac{R}{r} \frac{d}{d}$<br>12% [R, d] | $\frac{r}{r} \frac{D}{d}$<br>11% [r, D] | $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$<br>38% [r, d] |

les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

3. Etablissez la carte factorielle des deux gènes étudiés en montrant les étapes suivies dans cette réalisation.

$$D(R-D) = \frac{\text{Nombre d'individus recombinés}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

$$D(R-D) = \frac{230}{1000} \times 100 = 23\%$$

La distance séparant les deux gènes est 23cMg

La représentation de la carte factorielle :

