

2024

2eme Bac Sciences PC

Cours



PR. FATHI Sara

Introduction :

Les êtres vivants diploïdes sont le fruit d'une fécondation des gamètes haploïdes, ce qui donne un œuf diploïde contenant des paires de chromosomes homologues, d'où chaque gène se trouve sous forme d'une paire d'allèles. Pour comprendre le mécanisme responsable sur la transmission des allèles à travers des générations de ces êtres vivants, des chercheurs ont exécuté plusieurs expériences et effectué plusieurs recherches. Les recherches de Gregor Mendel ont formé les études primitives qui ont permis de poser les lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes.

Après le chercheurs Mendel, d'autres chercheurs ont participé à la compréhension exacte de la méthode de transmission des caractères héréditaires à travers des générations, parmi ces chercheurs on cite Thomas Hunt Morgan.

- Quel sont les résultats des travaux de Mendel ? Quels sont leurs interprétations chromosomiques ?

- Quelles sont les lois statistiques responsables sur la transmission des allèles à travers des générations ?

I- Etude de la transmission d'une paire d'allèles dans le cas de la dominance complète :

1- Expériences de Mendel et leurs interprétations chromosomiques :

a- Données expérimentales :

Figure 1 : Expériences de Mendel.

- Mendel a choisi pour cette étude la plante du pois qui montre des caractères opposés (graines jaunes ou vertes, fleurs blanches ou violettes, graines lisses ou ridées), il a cultivé deux lignées pures de la plante du pois, la première est caractérisée par des graines lisses et la deuxième est caractérisée par des graines ridées. Pour garantir une fécondation croisée chez ces deux lignées, Mendel a découpé les étamines avant leur maturation au niveau des fleurs réceptrices des grains de pollens des autres fleurs (Forme a).

Ce croisement a donné comme fruit des graines lisses formant la première génération à laquelle on attribue le symbole F1.

- Mendel a provoqué un croisement entre les individus de la première génération (F1×F1) de la même façon précédente, et il a obtenu une génération F2 constituée de 75% de graines lisses et de 25% de graines ridées (Voir forme b). Mendel a par la suite cultivé des graines de F2, laissant ses fleurs effectuer une autofécondation. Les résultats obtenus sont les suivants :

- ✓ Les graines ridées F2 donnent des graines 100% ridées.
- ✓ 25% des graines lisses des individus de F2 donnent 100% des graines lisses.
- ✓ 50% des graines lisses des individus de F2 donnent 75% des graines lisses et 25% des graines ridées.

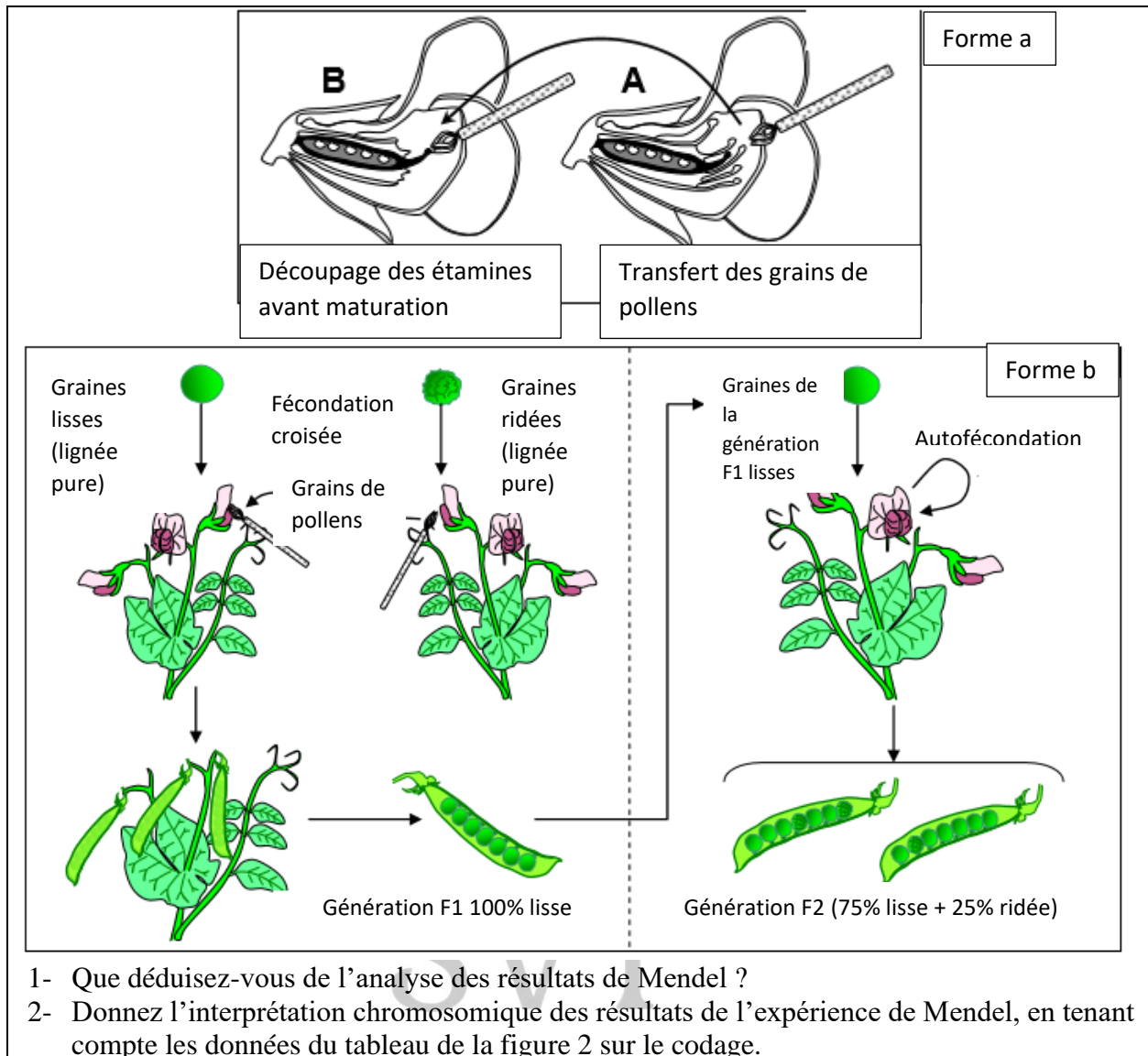


Figure 2 : Données dur le codage.

- On code le phénotype d'un individu par la première lettre latine de l'appellation française du caractère étudié. Cette lettre est écrite entre guillemet et en majuscule si le caractère est dominant, par contre elle est écrite en minuscule si le caractère est récessif.
Exemple : Graines lisses [L] ; Graines ridées [r].
- Les allèles responsables sur un caractère, comme le phénotype, sont codés par la première lettre latine de l'appellation française de ce caractère.
- On code le génotype comme suit : L//L où les deux L correspondent à la paire de chromosomes qui portent les allèles et chaque allèle est codé par sa lettre.
Exemple : le génotype des graines ridées est r//r, alors que le génotype des graines lisses est soit L//L, ou L//r.
- Quelques définitions :
 - ✓ **Lignée pure** : la lignée est pure pour un caractère spécifique, lorsque ce caractère est transmis d'une génération à une autre sans aucun changement.
 - ✓ **Race sauvage** : la race qui montre le caractère le plus répété dans la nature.
 - ✓ **Hybride** : descendant issu du croisement de deux parents de même espèce et différant par un ou plusieurs caractères héréditaires.

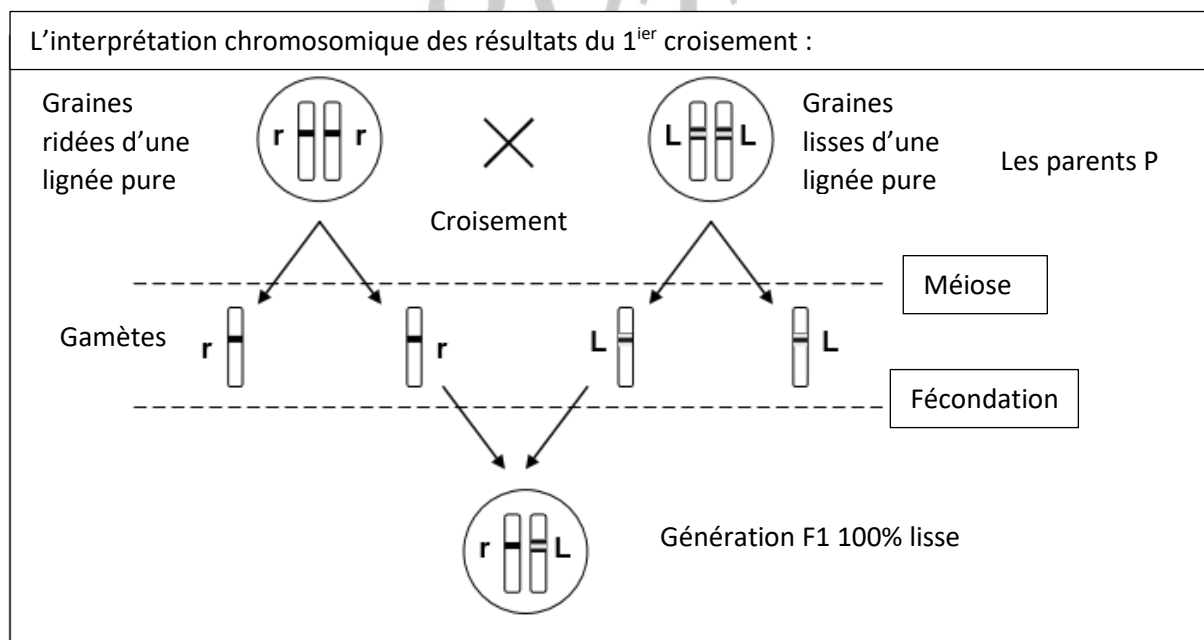
- ✓ **Phénotype** : ensemble des caractères morphologiques et physiologiques visibles d'un individu.
- ✓ **Génotype** : Ensemble des gènes portés par les chromosomes. L'expression du génotype est responsable du phénotype.

b- Analyse des résultats des expériences de Mendel :

1-Le 1^{ier} croisement des deux plantes de lignées pures, la première comportant des graines lisses et la deuxième comportant des graines ridées (Génération des parents P), a donné comme résultat une génération F1 composée d'individus homogènes qui ressemblent dans leur phénotype au père qui a le caractère lisse, avec l'absence du caractère ridée. Puisque les parents sont de lignées pures, le génotype de la plante de graines lisses est L//L, alors que le génotype de la plante de graines ridées est r//r, tandis que la plante issue de ce croisement, bien qu'elle montre le phénotype des graines lisses, son génotype sera L//r, on dit qu'elle est hybride. Malgré que les graines des plantes de pois de la génération F1 comporte un allèle de la forme lisse et un allèle de la forme ridée, elles ne montrent que le caractère lisse. On déduit donc que seul un allèle s'est exprimé en un phénotype, on dit que l'allèle de la forme lisse est **dominant** par rapport à l'allèle de la forme ridée, ce dernier est dit **récessif**.

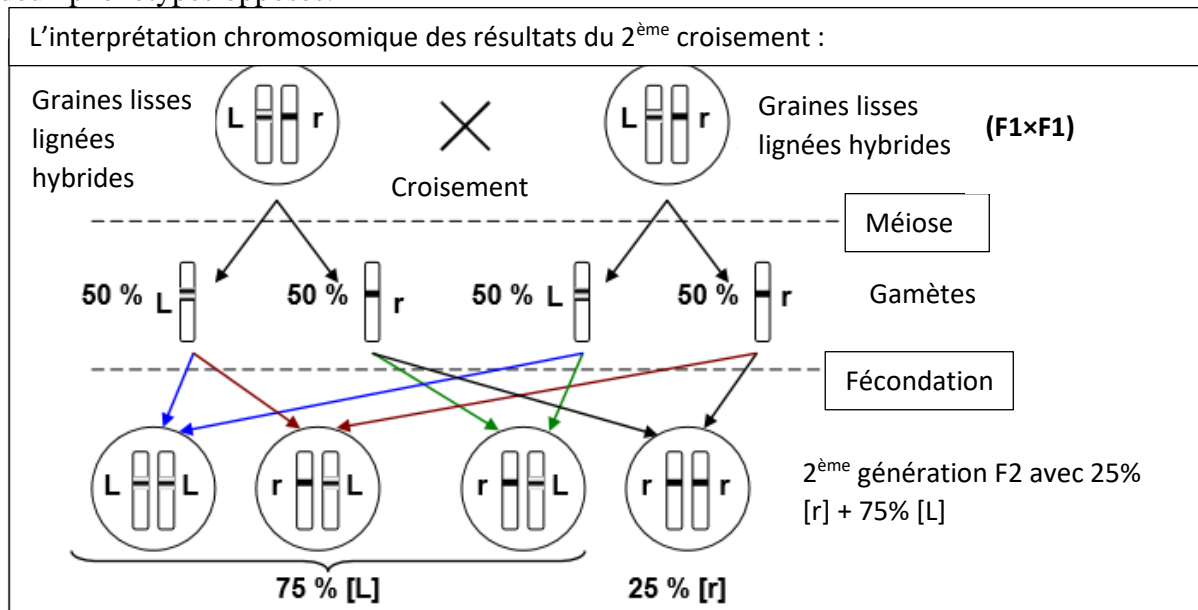
2-Nous avons un allèle responsable sur l'aspect lisse dominant, et un allèle responsable sur l'aspect ridé récessif, c'est pourquoi on codera le phénotype lisse [L], et le phénotype ridé [r]. On peut expliquer les croisements comme suit :

- Le premier croisement des parents P, donne une 1^{ière} génération F1, constituée d'individus homogènes et qui ressemblent phénotypiquement au père qui montre le caractère lisse, avec l'absence du caractère ridé.



- Au cours du 2^{ème} croisement (F1×F1), une 2^{ème} génération F2 apparaît, et qui est constituée d'individus hétérogènes (25% ridées + 75% lisses), ceci signifie que les individus de la première génération F1 portaient l'allèle ridé mais il ne s'est exprimé que dans la 2^{ème}

génération F2. Cela veut dire que l'individu hybride F1 porte deux allèles responsables sur deux phénotypes opposés.



c- Conclusion :

- L'individu hybride F1 porte deux allèles responsables sur deux phénotypes opposés. Le phénotype des hybrides F1 ressemble à l'un des parents qui est dominant, alors que le deuxième phénotype qui n'a pas apparu en F1 et qui a apparu dans la génération F2 est récessif. On déduit de tout ce qui a précédé la 1^{ière} loi de Mendel :

Cette loi est appelée : **loi de l'uniformité de la F1 : La F1 issue du croisement de deux lignées pures différentes par un caractère est uniforme : même phénotype et même génotype (ce sont des hybrides).**

- Les résultats obtenus dans la génération F2 peuvent être expliqués comme suit : on suppose que les deux allèles responsables sur les phénotypes opposés se séparent au cours de la formation des gamètes de la plante hybride (chaque gamète porte uniquement un seul allèle) et se rassemblent d'une façon aléatoire au cours de la fécondation. D'ici on peut déduire la deuxième loi de Mendel :

Cette loi est appelée : **Loi de la pureté des gamètes : Un gamète est haploïde et ne contient qu'un allèle à partir d'un couple d'allèles donné. Chaque allèle garde son expression intacte (non modifiée) au cours de sa transmission à travers les générations, donc il est pur.**

2- Transmission d'un caractère héréditaire (couleur de poil) chez les souris :

a- Données expérimentales :

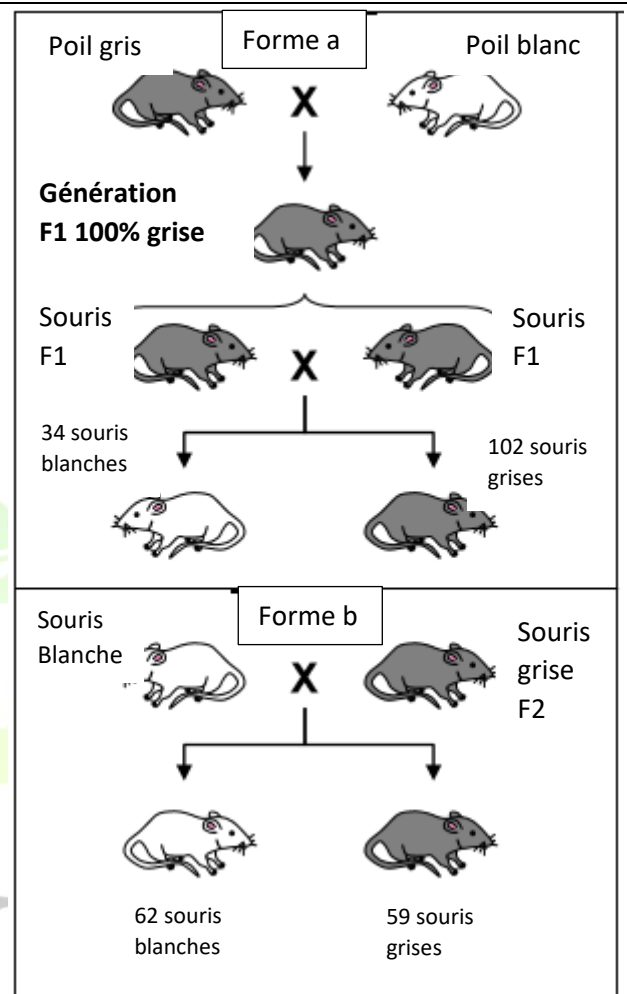
Figure 3 : Etude expérimentale de la transmission du caractère de la couleur du poil chez des souris.

Lors de l'apparition des résultats de Mendel (1866), ce chercheur a essayé d'appliquer ces lois sur des animaux. Pour cela il a étudié le caractère de la couleur du poil chez des souris. Nous avons deux lignées pures de souris qui se différencient par la couleur de leur poil, la première lignée montre un poil blanc, alors que la deuxième montre un poil gris. Le croisement entre ces souris (génération des parents P), donne une génération uniforme composée uniquement de souris grises (génération F1). On effectue par la suite un croisement entre les individus de F1, et on obtient une génération F2 composée de souris grises et des souris blanches (Voir forme a).

- 1- Quel est le type de croisement effectué ?
- 2- Définissez une lignée pure.
- 3- Analysez les résultats obtenus en F1 et en F2.
- 4- Donnez l'explication chromosomique des résultats obtenus en F1 et F2.

Pour s'assurer de la pureté de la lignée des souris grises dans la génération F2, on effectue des croisements entre un individu gris de la génération F2 et un individu blanc, on obtient une génération constituée des souris grises et des souris blanches comme le montre la forme b.

- 5- Qu'appelle-t-on ce type de croisement ?
Que déduisez-vous de l'analyse du résultat de ce croisement ?



b- Analyse des résultats des croisements :

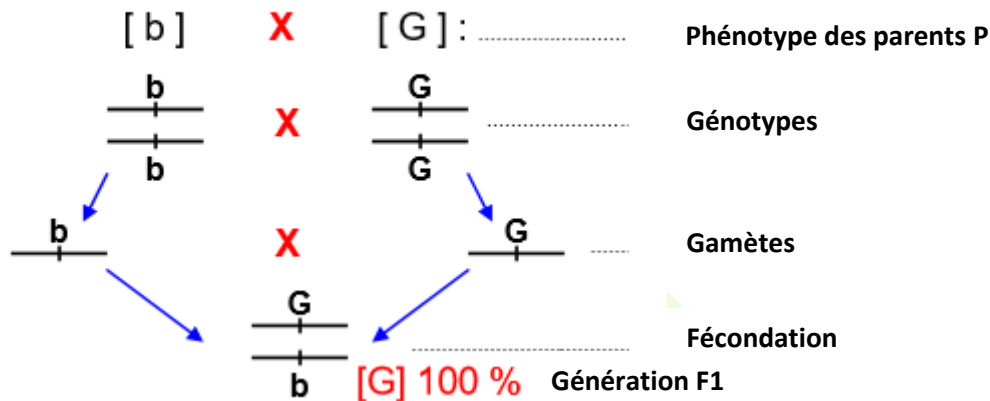
- 1- Le croisement s'effectue entre des individus de la même espèce, appartenant à des lignées pures, qui diffèrent par un seul caractère. Ce type de croisement représente un monohybridisme.
- 2- Une lignée est pure pour un caractère, lorsque ce dernier est transmis à plusieurs générations sans aucun changement. Ceci peut être expliqué par la présence de deux allèles identiques pour le gène responsable sur le caractère étudié (homozygote).
- 3- Tous les individus de la génération F1 sont uniformes, et ressemblent phénotypiquement au père qui a la couleur de poil grise. En se basant sur la première loi de Mendel, on déduit que le caractère couleur grise est dominant, alors que la couleur blanche est un caractère récessif. On observe aussi que le caractère couleur blanche a apparu chez les individus de la génération F2, alors qu'il n'a pas apparu en F1, on déduit que les individus

de la génération F1 sont hétérozygotes car ils portent l'allèle responsable sur le caractère couleur blanche mais il se s'exprime pas chez eux car c'est un allèle récessif.

4- Explication chromosomique des résultats du croisement :

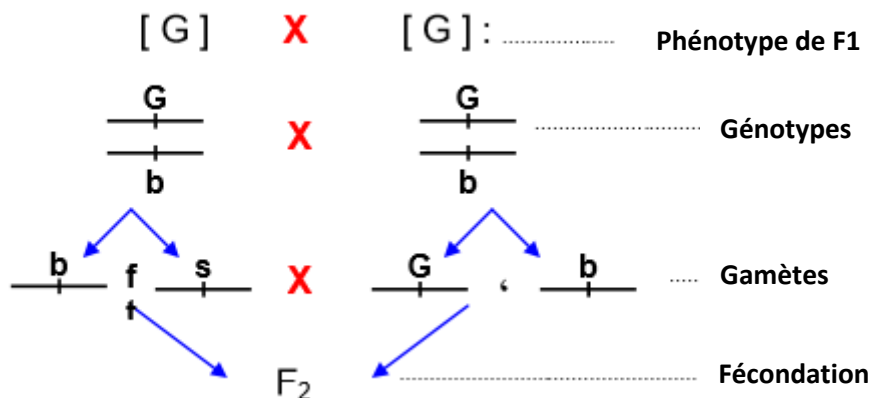
Puisque le phénotype couleur grise est dominant on le codera comme suit [G], alors que le phénotype blanc récessif sera codé [b].

- Le premier croisement : entre les parents P :





Tous les individus de la génération F1 possèdent un génotype G/b, puisque l'allèle G est dominant par rapport à l'allèle b, tous les individus de la génération F1 auront le même phénotype [G].

- Le deuxième croisement : F1 × F1



En F2 on peut résumer les probabilités de la fécondation dans un tableau appelé l'échiquier de croisement et il est représenté comme suit :

 	50% $\frac{b}{+}$	50% $\frac{G}{+}$
$\frac{G}{+}$ 50%	25% $\frac{G}{+}$ $\frac{+}{b}$	25% $\frac{G}{+}$ $\frac{+}{G}$
$\frac{b}{+}$ 50%	25% $\frac{b}{+}$ $\frac{+}{b}$	25% $\frac{G}{+}$ $\frac{+}{b}$

La génération F2 est constituée de :

- Les phénotypes : 25% [b] + 75% [G].

- Les génotypes : 25% b//b

50% G//b

25% G//G

- 5- On appelle ce type de croisement par **croisement-test** ou **test-cross**, c'est un croisement effectué entre un individu qui montre un phénotype dominant et un génotype inconnu, avec un individu qui a un phénotype récessif c'est-à-dire homozygote pour le caractère étudié.

Dans ce croisement, le phénotype de la progéniture dépend du type des gamètes produits par le père qui a le phénotype dominant. On peut trouver deux cas :

- Le 1^{ier} cas : Si le père qui a le phénotype dominant est homozygote G//G, il produira un seul type de gamète G/, d'où on obtiendra une progéniture 100% G//b. Donc des souris grises.
- Le 2^{ème} cas : Si le père qui a le phénotype dominant est hétérozygote G//b, il produira deux types de gamètes G/ et b/, d'où on obtiendra une progéniture qui est 50% G//b + 50% b//b. Donc 50% de souris blanches + 50% de souris grises.

On observe que le résultat de ce croisement-test correspond au 2^{ème} cas. On déduit que la souris grise testée est hétérozygote G//b.

II- Etude de la transmission d'un couple d'allèles dans le cas de la codominance.

1- Transmission de la couleur des fleur chez la belle de nuit :

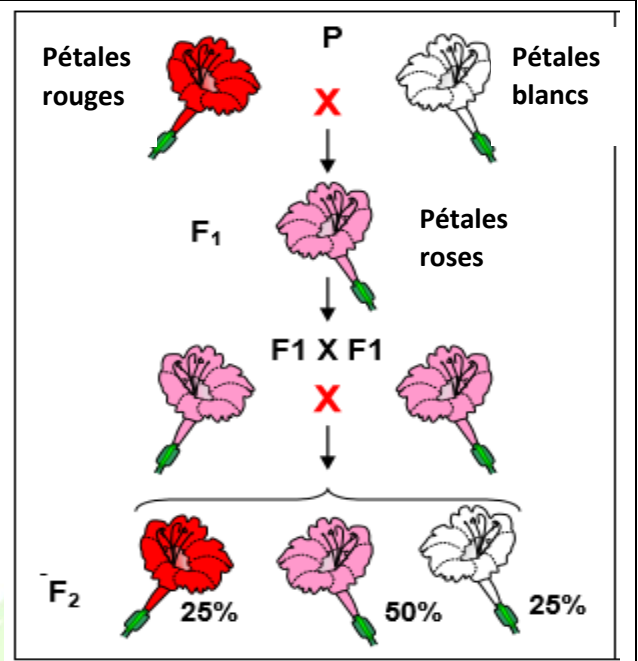
Figure 4 : Mono-hybridisme chez la belle de nuit.

Pour étudier un autre type de la méthode de transmission des caractères héréditaires et leur expression, on a effectué des croisements chez la plante de la belle de nuit. Le croisement a été effectué entre deux lignées pures de ces plantes, la 1^{ière} comporte des pétales rouges alors que la 2^{ème} comporte des pétales blancs. On a obtenu des plantes hybrides avec des pétales roses dans la génération F1,

- 1- Analysez les résultats. Que déduisez-vous ?

Le croisement entre les plantes de la génération F1 donne une génération F2 constituée de 25% de plantes avec des pétales blancs + 25% des plantes avec des pétales rouges + 50% des plantes avec des pétales roses.

- 2- Donnez l'interprétation chromosomique des résultats obtenus en F1 et F2.

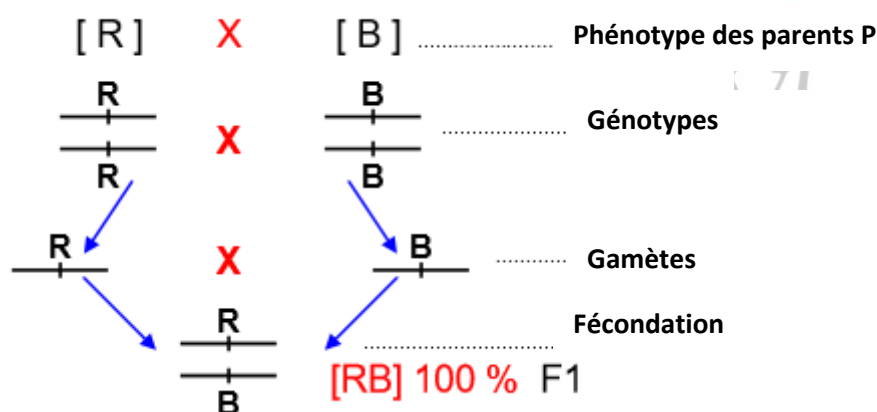


2- Analyse des résultats des croisements :

- 1- Le croisement entre deux lignées pures de la belle de nuit qui diffèrent par un caractère de la couleur des pétales a donné une génération F1 qui ne ressemble à aucun caractère des parents, il s'agit d'un caractère intermédiaire entre les caractères des parents. On déduit qu'il y a absence de la dominance, c'est le cas de la codominance.
- 2- Interprétation chromosomique :

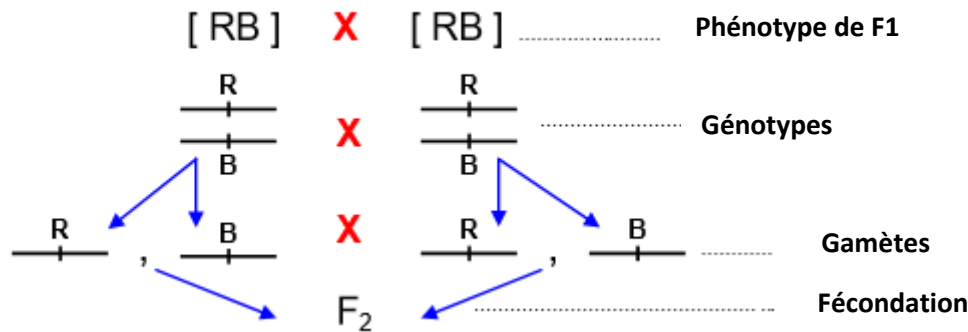
Puisque les allèles sont Co-dominants, on codera les deux par une lettre majuscule, R pour l'allèle responsable sur la couleur rouge, et B pour l'allèle responsable sur la couleur blanche.

- Le 1^{ier} croisement : chez les parents P :



Tous les individus de la génération F1 ont le génotype R/B, et puisqu'il s'agit d'une codominance des allèles, tous les individus de la génération F1 auront le même phénotype [RB].

- Le 2^{ème} croisement : F1 x F1



En F_2 on peut résumer les probabilités de fécondation comme suit :

50% $\frac{B}{-}$	50% $\frac{R}{-}$	$\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$
25% $\frac{R}{-}$ $\frac{B}{-}$	25% $\frac{R}{-}$ $\frac{R}{-}$	$\frac{R}{-}$ 50%
25% $\frac{B}{-}$ $\frac{B}{-}$	25% $\frac{R}{-}$ $\frac{B}{-}$	$\frac{B}{-}$ 50%

La génération F_2 est constituée de :

- Les phénotypes : 25% $[R]$ + 25% $[B]$ + 50% $[RB]$.

- Les génotypes : 25% $R//R$

25% $B//B$

50% $R//B$

III- Etude de la transmission d'une paire d'allèle dans le cas du gène létale :

1- Transmission d'un caractère lié à un gène létale chez les souris :

Figure 5 : Etude d'un caractère lié à un gène létale chez les souris.

On effectue un croisement entre deux lignées de souris jaunes, les descendants obtenus sont hétérogènes comportant : 202 souris jaunes et 98 souris gris.

- 1- Que pouvez-vous déduire à partir des résultats obtenus ? Expliquez pourquoi.
- 2- Calculez le pourcentage des phénotypes obtenus. Que remarquez-vous ?
- 3- Donnez l'interprétation chromosomique des résultats obtenus sachant qu'on a remarqué dans l'utérus de la mère des souris jaunes mortes.

2- Analyse des résultats obtenus :

1- A partir de l'analyse des résultats de ce croisement on déduit que :

- Le croisement a été effectué entre des souris jaunes et nous avons obtenu des descendants F_1 hétérogènes (jaunes et gris), donc la 1^{ière} loi de Mendel n'a pas été réalisée, d'où les parents ne sont pas de lignées pures.

- L'apparition des souris grises chez les descendants signifie que l'allèle responsable sur ce caractère était présent chez les parents alors qu'il ne s'est pas exprimé chez eux. On peut dire que le caractère couleur gris est récessif alors que le caractère couleur jaune est dominant.

- Puisque la génération F1 comporte des souris grises, on déduit que les deux parents comportent l'allèle responsable sur ce caractère, sauf que les deux présentent un phénotype jaune, d'où les parents sont hétérozygotes.

2- Le pourcentage des phénotypes obtenus :

✓ Le pourcentage des souris jaunes est : $(202 / (202 + 98)) \times 100 = 67.33\%$ (2/3)

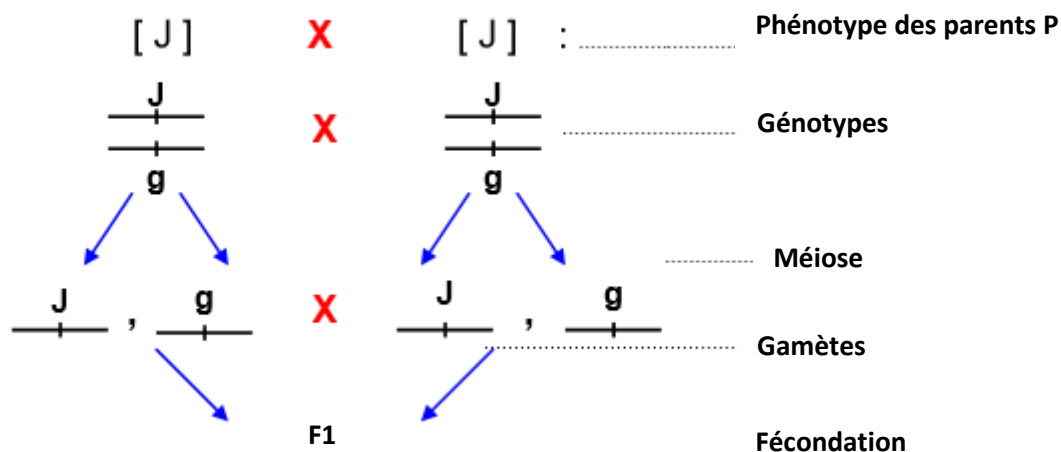
✓ Le pourcentage des souris grises est : $(98 / (202 + 98)) \times 100 = 32.66\%$ (1/3)

Puisqu'il s'agit d'une dominance complète, les pourcentages prévus sont 25% (1/4) pour le phénotype récessif + 75% (3/4) pour le phénotype dominant.

On remarque que les pourcentages calculés diffèrent des pourcentages prévus (F2) dans le cas de la dominance complète.

1- L'interprétation chromosomique :

On effectue l'interprétation chromosomique en utilisant les symboles suivants : L'allèle responsable sur la couleur jaune est dominant, on le codera J, alors que l'allèle responsable sur la couleur gris est récessif, on le codera g.



On peut résumer les résultats obtenus en F1 dans l'échiquier de croisement :

50% $\frac{g}{+}$	50% $\frac{J}{+}$	$\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$
25% $\frac{J}{+}$ g	25% $\frac{J}{+}$ J	$\frac{J}{+}$ 50%
25% $\frac{g}{+}$ g	25% $\frac{g}{+}$ g	$\frac{g}{+}$ 50%

Un génotype homozygote pour l'allèle dominant J//J provoque la mort des souris, ce qui explique la présence des souris jaunes mortes dans l'utérus de la souris mère, et explique aussi le pourcentage (1/3) des souris grises et (2/3) des souris jaunes.

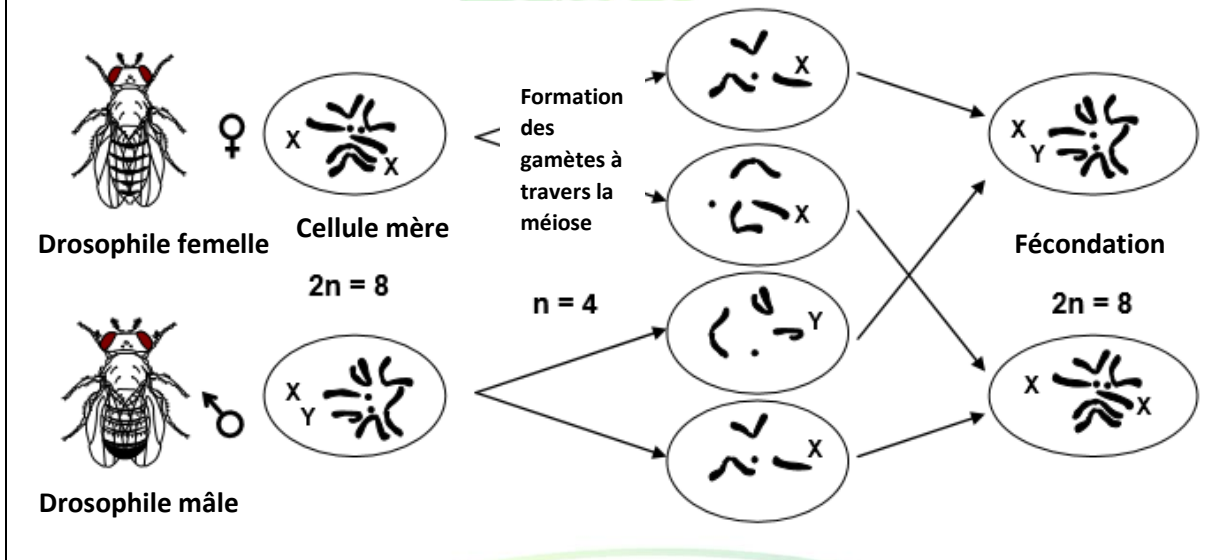
A partir de cette interprétation chromosomique, il est clair que les résultats théoriques sont compatibles avec les résultats expérimentaux d'où on peut dire qu'on est face à un cas de **gène létale**.

IV- Etude de la transmission d'une paire d'allèle dans le cas d'un gène lié au sexe :

1- Le rôle des chromosomes sexuels dans la détermination du sexe :

Figure 6 : Le rôle des chromosomes sexuels dans la définition du sexe.

Morgan a utilisé dans ses expériences sur la transmission des caractères héréditaires le *Drosophile*. Ce choix est dû aux caractéristiques de ce dernier qui peut croître dans des milieux simples, en plus qu'il a un cycle de vie court et peu de chromosomes ($2n = 8$). Au cours des expériences de l'hybridisme chez les *Drosophiles*, Morgan a remarqué une différence dans les résultats obtenus lorsqu'il a fait varier le sexe des individus croisés, ce qui l'a poussé à déduire que les caractères héréditaires ne sont pas tous portés sur des chromosomes non sexuels, certains entre eux sont portés sur des chromosomes sexuels. La forme ci-dessous présente un croquis explicatif du rôle des chromosomes sexuels dans la définition du sexe chez les *Drosophiles*. A partir de l'analyse de ces données de la figure, décrivez le comportement des chromosomes sexuels au cours de la méiose et de la fécondation.



L'observation du caryotype d'un être vivant diploïde montre que le noyau comporte des paires de chromosomes homologues, formant les chromosomes non sexuels, en plus de deux chromosomes sexuels. Chez le mâle, les chromosomes sexuels sont différents, on dit qu'il est hétérogamétique : XY. Chez la femelle, les chromosomes sexuels sont identiques, on dit qu'elle est homogamétique : XX. Sauf qu'il existe des cas particuliers, où le mâle est homogamétique, on symbolise ses chromosomes sexuels par Z, et le génotype dans ce cas est ZZ, alors que la femelle est hétérogamétique, ses chromosomes sexuels sont symbolisés par Z et W, et son génotype dans ce cas est ZW.

Il existe d'autres cas particuliers, où le mâle possède un seul chromosome sexuel X, son génotype dans ce cas est XO, alors que la femelle possède deux chromosomes sexuels X, son génotype est donc XX, comme le cas des sauterelles.

2- Transfert d'un caractère lié au sexe chez les Drosophiles :

a- Données expérimentales :

Figure 7 : Etude de la transmission du caractère couleur des yeux chez les Drosophiles.

On effectue des croisements entre deux lignées pures des Drosophiles qui diffèrent par la couleur des yeux, la 1^{ière} sauvage avec des yeux rouges et la 2^{ème} mutante avec des yeux blancs.

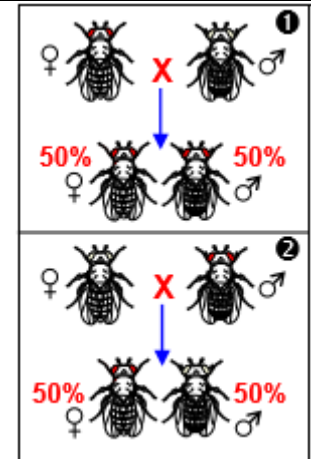
- **1^{ier} croisement** : Entre une femelle avec des yeux rouges et un mâle avec des yeux blancs, il a donné comme résultat une génération F1 dont les individus montrent tous des yeux rouges.

1- Que déduisez-vous des résultats de ce croisement ?

- **2^{ème} croisement** : Croisement inverse effectué entre une femelle avec des yeux blancs et un mâle avec des yeux rouges. Ce croisement a donné comme résultat une génération F1 constituée de 50% de femelles avec des yeux rouges et 50% de mâle avec des yeux blancs.

2- Analysez ces résultats. Que déduisez-vous ?

3- Donnez une explication chromosomique des résultats obtenus.



b- Analyse des résultats du croisement :

- 1- Dans le 1^{ier} croisement, on observe que tous les individus de la génération F1 sont uniformes et montrent le caractère « yeux rouges ». Selon la 1^{ière} loi de Mendel, on déduit que l'allèle responsable sur la couleur rouge des yeux est dominant alors que l'allèle responsable sur la couleur blanche des yeux est récessif.
- 2- Le croisement inverse (changement du caractère entre le mâle et la femelle), a donné une génération F1 composée d'individus hétérogènes, malgré que les parents sont de lignées pures (La 1^{ière} loi de Mendel n'a pas été réalisée), en plus qu'on remarque, dans ce croisement, que les mâles ont montré le caractère de leurs mères, alors que les femelles ont montré le caractère de leurs pères, ce qui nous pousse à supposer que ce gène est porté sur un chromosome sexuel, et exactement sur le chromosome X, car ce caractère apparaît chez les mâles et les femelles.
- 3- Explication chromosomique des résultats obtenus :

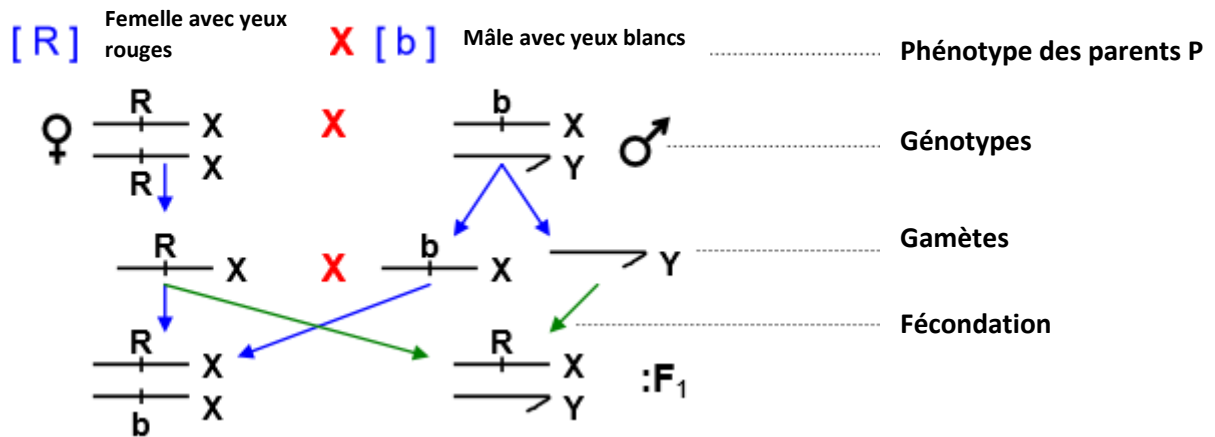
L'allèle responsable sur les yeux rouges est dominant, on lui attribuera le symbole R, tandis que l'allèle responsable sur la couleur blanche est récessif, on lui donnera comme symbole b.

Lorsque le gène est porté sur le chromosome sexuel X, il faut mentionner dans les symboles utilisés pendant l'interprétation chromosomique les chromosomes X chez la femelle et les chromosomes X et Y chez le mâle. En ce qui concerne le phénotype, on utilise la même méthode indiquée dans le cas des chromosomes non sexuels.

Pendant le 1^{ier} croisement, le génotype de la femelle sera $X^R X^R$, avec un phénotype [R], alors que le génotype du mâle sera $X^b Y$ avec un phénotype [b].

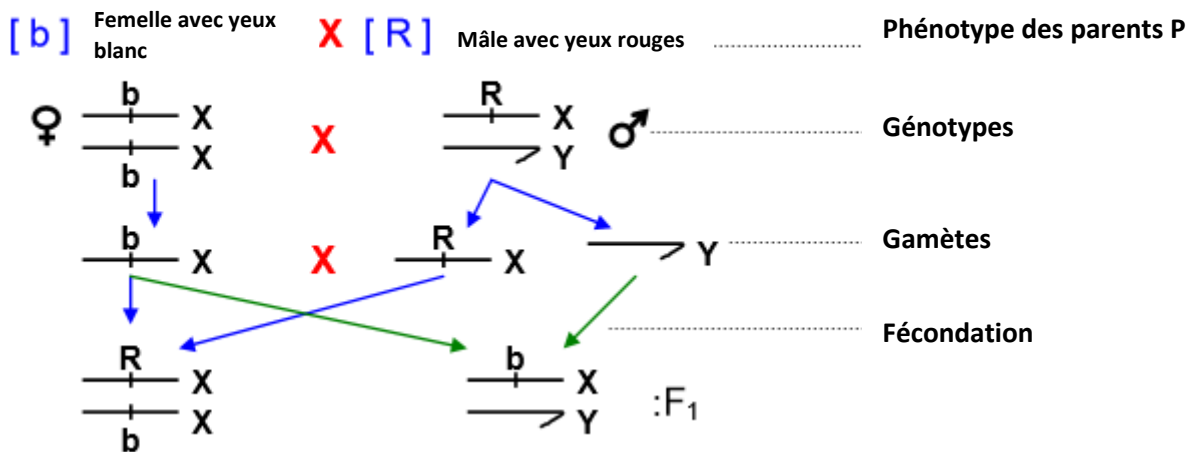
Pendant le 2^{ème} croisement, le génotype de la femelle sera $X^b X^b$, avec un phénotype [b], alors que le génotype du mâle sera $X^R Y$ avec un phénotype [R].

✓ **1^{ier} croisement :**



La génération F1 est 100% [R] composée de 50% des femelles $X^R X^b$ + 50% des mâles $X^R Y$.

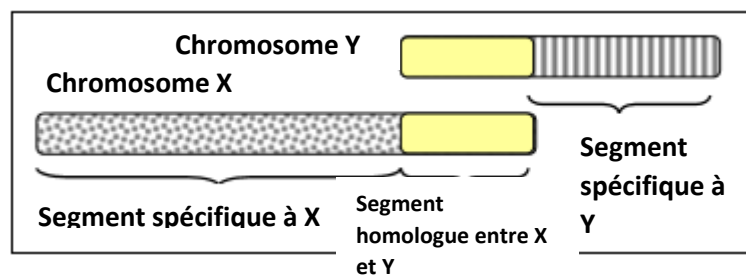
✓ 2^{ème} croisement :



La génération F1 est composée de 50% des femelles [R] + 50% des mâles [b] : 50% de femelle $X^R X^b$ + 50% de mâles $X^b Y$.

Remarque :

On peut expliquer le transfert des caractères héréditaires liés au sexe par le positionnement du gène responsable sur ces caractères au niveau du segment du chromosome sexuel X qui n'a pas d'homologue sur le chromosome Y, ou sur le segment du chromosome Y qui n'a pas d'homologue sur X.

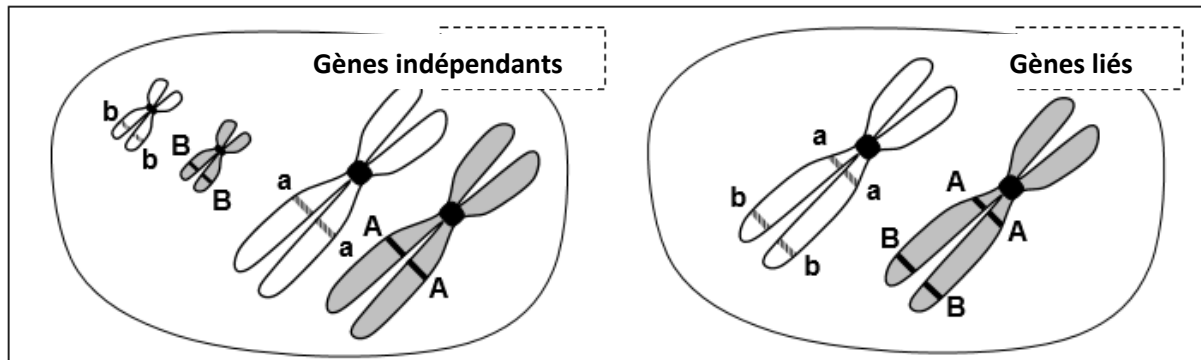


Donc les positions possibles des gènes sur le chromosome sexuel sont :

- Sur le segment caractéristique du chromosome X : le gène est représenté par deux allèles chez la femelle et par un seul allèle chez le mâle.
- Sur le segment du chromosome X qui a son homologue sur le chromosome Y : Le gène est représenté par deux allèles chez la femelle et par deux allèles chez le mâle. Ce cas obéit aux mêmes lois des caractères non liés au sexe.
- Sur le segment caractéristique du chromosome Y : Le gène est présenté par un seul allèle chez le mâle, et n'est pas présenté par aucun allèle chez la femelle. Donc le caractère est spécifique aux mâles.

V- Etude du transfert d'une paire d'allèles : Le dihybridisme.

On parle du dihybridisme lorsque le croisement est effectué entre des individus de lignées pures qui diffèrent par deux caractères. Dans ce cas les gènes responsables sur ces caractères peuvent être soit portés sur le même chromosome, et on parle ainsi des **gènes liés**, soit portés sur des chromosomes différents, at on parle à ce moment de **gènes indépendants**.



1- Cas des gènes indépendants :

a- Le di-hybridisme chez le pois :

Figure 8 : Etude de la transmission de deux caractères opposés chez la plante de pois.

Mendel a effectué un croisement entre deux lignées pures des plantes de pois qui diffèrent par deux caractères, la forme et la couleur de la graine : la 1^{ière} est lisse et jaune et la 2^{ème} est ridée et verte. Il a obtenu une génération F1 qui comporte des graines uniformes lisses et jaunes.

1- Que déduisez-vous de l'analyse des résultats de ce croisement ?

Mendel a cultivé des graines de F1 et il a laissé les fleurs faire une autofécondation, il a obtenu une génération F2 qui comporte 556 graines réparties comme suit :

- 315 graines jaunes et lisses
- 101 graines vertes et lisses
- 108 graines jaunes et ridées
- 32 graines vertes et ridées.

2- Calculez les pourcentages obtenus en F2.

3- Donnez l'interprétation chromosomique des résultats de F1 et F2, en utilisant les symboles suivants : vert (V,v), jaune (J,j), lisse (L,l), ridée (R,r).

1-Le croisement a été effectué entre deux individus de lignées pures qui diffèrent par deux caractères. C'est le cas du di-hybridisme.

-On observe que tous les individus de la génération F1 sont homogènes et ressemblent phénotypiquement au père qui a la forme lisse et la couleur jaune (La 1^{ière} loi de Mendel a été réalisée pour les deux caractères). On déduit que le caractère lisse est dominant par rapport au caractère ridé, et le caractère couleur jaune est dominant par rapport au caractère couleur verte. Et comme ça, on écrit les allèles comme suit : lisse L, jaune J, ridée r et vert v.

-Aucun signe ne montre que les gènes sont portés sur des chromosomes sexuels, donc on suppose qu'ils sont portés sur des chromosomes non sexuels.

2- Calcule du pourcentage des individus de F2 :

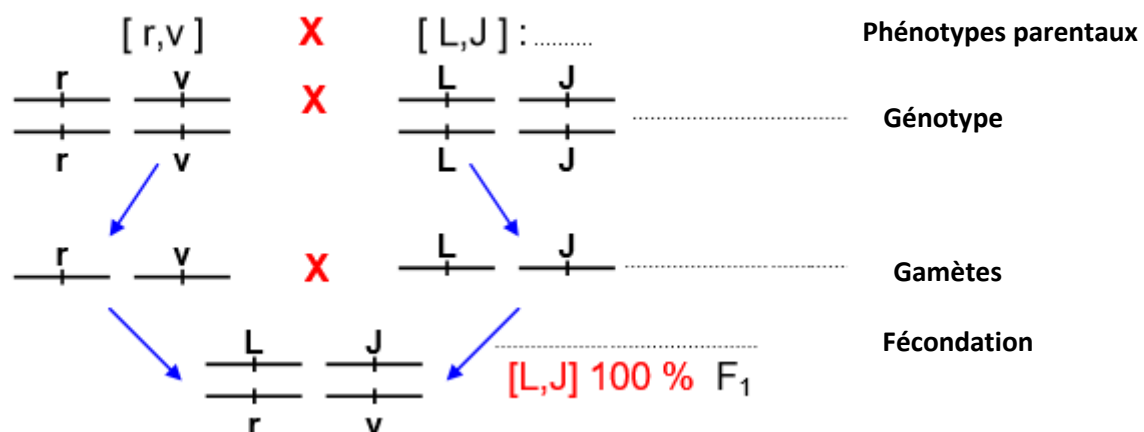
- Pourcentage du phénotype [L,J] : $(315 / 556) \times 100 = 56.6\%$.
- Pourcentage du phénotype [r,v] : $(32 / 556) \times 100 = 5.75\%$.
- Pourcentage du phénotype [L,v] : $(101 / 556) \times 100 = 18.16\%$.
- Pourcentage du phénotype [r,J] : $(108 / 556) \times 100 = 19.4\%$.

- On remarque que la génération F2 est hétérogène et comporte 4 phénotypes, deux parmi eux ressemblent aux phénotypes des parents : [L,J] et [r,v], on les appelle phénotypes parentaux, alors que les deux autres sont nouveaux : [L,v] et [r,J] qu'on appelle des phénotypes recombinés.

- Lorsque les deux gènes sont portés sur deux chromosomes différents (indépendants), le brassage inter-chromosomique participe dans la diversification des gamètes obtenus dans le cas hétérozygote, donc on ne peut pas expliquer l'apparition de nouveaux caractères sauf par la séparation indépendante des allèles au cours de la formation des allèles.

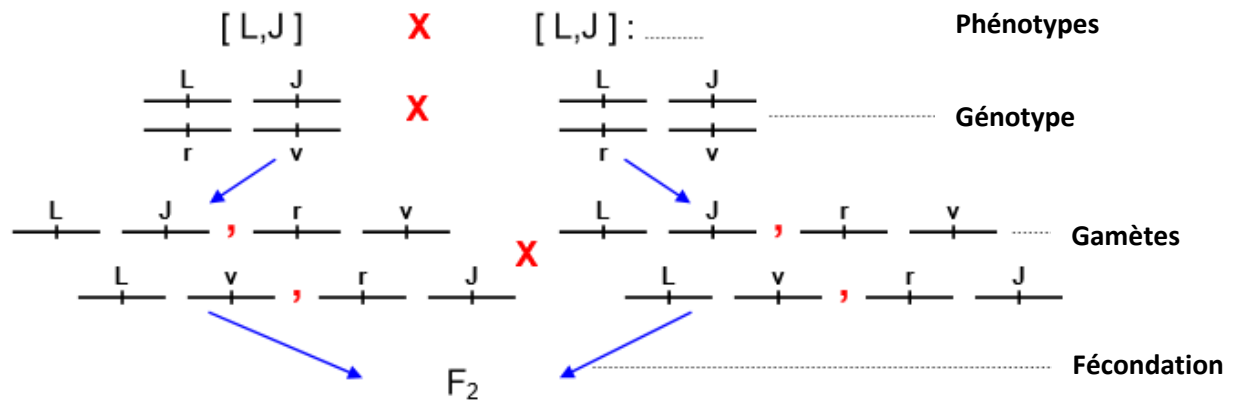
3- Interprétation chromosomique :

- 1^{ier} croisement : chez les parents :



Tous les individus de la génération F1 sont uniformes et possèdent le génotype L/r, J/v, et puisque L et J sont dominants tous les individus de F1 auront le phénotype [L,J].

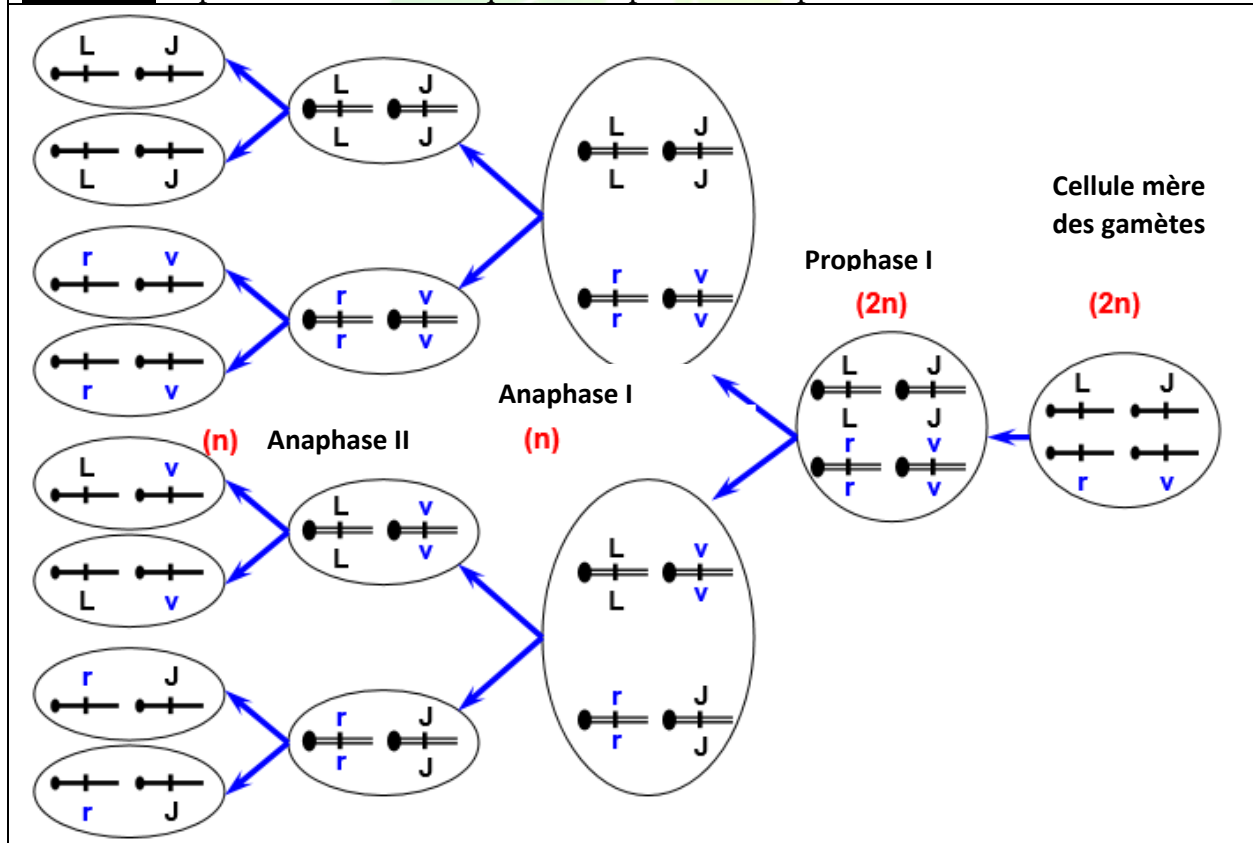
- 2^{ème} croisement : F1 × F1.



Grace au brassage inter-chromosomique, chaque individu hybride de la génération F1, produit 4 types des gamètes avec les mêmes pourcentages : $\frac{1}{4}$ pour chaque type, deux gamètes parentaux avec un pourcentage de 50%, et deux gamètes recombinés avec un pourcentage de 50% (voir figure 9).

Après la détermination des gamètes on effectue l'échiquier de croisement :

Figure 9 : Explication chromosomique de la séparation indépendante des allèles.



L'échiquier de croisement :

$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$	♂ / ♀
$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$
$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$
$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$ [r,J]	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$ [r,J]	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$
$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$ [r,v]	$\frac{r}{+} \frac{J}{+}$ [r,J]	$\frac{L}{+} \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{L}{+} \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \frac{v}{+}$

Dans la génération F2, on obtient les phénotypes suivants :

- Des individus qui ont le phénotypes [L,J], qui présentent 9/16 de F2 c'est-à-dire 56,25%.
- Des individus qui ont le phénotypes [L,v], qui présentent 3/16 de F2 c'est-à-dire 18,75%.
- Des individus qui ont le phénotypes [r,J], qui présentent 3/16 de F2 c'est-à-dire 18,75%.
- Des individus qui ont le phénotypes [r,v], qui présentent 1/16 de F2 c'est-à-dire 6,25%.

L'interprétation chromosomique du 1^{ier} et 2^{ème} croisement montre que les résultats obtenus théoriquement sont compatibles avec les résultats expérimentaux, d'où les gènes sont indépendants.

- La 3^{ème} loi de Mendel : L'indépendance des couples des caractères (Ségrégation des allèles).

Lorsqu'on croise deux lignées pures différant par plusieurs caractères, on voit apparaître, à partir de la seconde génération, des lignées différentes présentant des nouvelles combinaisons de caractères par rapport à celles existant chez les lignées de départ".

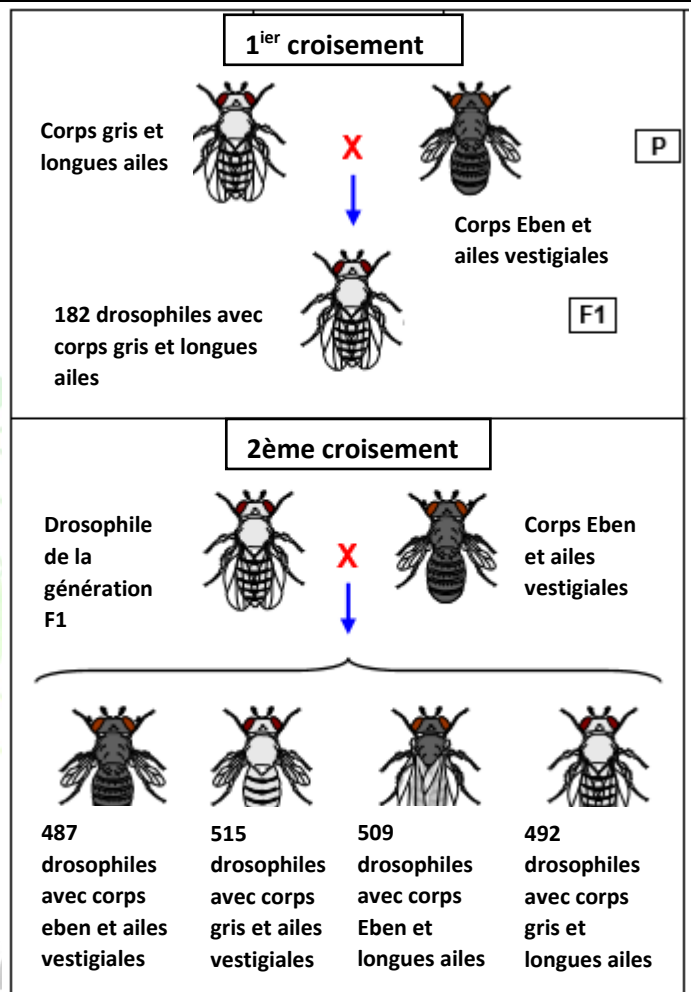
b- Di-hybridisme chez les drosophiles :

Figure 10 : Le di-hybridisme chez les drosophiles.

On effectue un croisement entre deux lignées pures des drosophiles, la 1^{ière} avec un corps gris et des ailes longues, alors que la 2^{ème} a un corps noir foncé (Eben) et des ailes vestigiales. On obtient une génération F1 composée de 182 drosophiles grises avec des ailes longues.

1- Que déduisez-vous de l'analyse des résultats de ces croisements ?
Par la suite, on effectue un deuxième croisement entre une drosophile de F1 et une drosophile avec un corps Eben et des ailes vestigiales. Les résultats obtenus sont présentés par les croquis en face.

- 2- Comment appel-t-on ce type de croisement ? Quel est l'intérêt de ce croisement ?
- 3- Calculez les pourcentages des phénotypes obtenus en F2. Que déduisez-vous ?
- 4- Donnez l'interprétation chromosomique des résultats des deux croisements, en utilisant les symboles suivants : gris (G,g), eben (E,e), long (L,l), vestigiale (V,v).



1-En étudiant chaque caractère indépendamment, on remarque que tous les individus de la génération F1 sont uniformes pour les deux caractères, et ressemblent phénotypiquement au père qui a le corps gris et les ailes longues. Donc la 1^{ière} loi de Mendel a été réalisée, on déduit que :

- L'allèle responsable sur le caractère couleur grise est dominant alors que l'allèle responsable sur la couleur eben est récessif.
- L'allèle responsable sur des longues ailes est dominant alors que celui responsable sur des ailes vestigiales est récessif.
- Aucun indice ne montre qu'il s'agit des gènes portés sur des chromosomes sexuels, d'où on suppose qu'ils sont portés sur des chromosomes non sexuels.

2- Ce type de croisement est appelé croisement-test, car il s'effectue entre un individu hybride de F1 et un père récessif. Le but de ce croisement est de s'assurer de la séparation indépendante des paires d'allèles.

3-Le calcul des pourcentages des phénotypes obtenus en F2 :

➤ Le phénotype [G,L] : $(492 / (487 + 509 + 515 + 492)) \times 100 = 24.56\%$

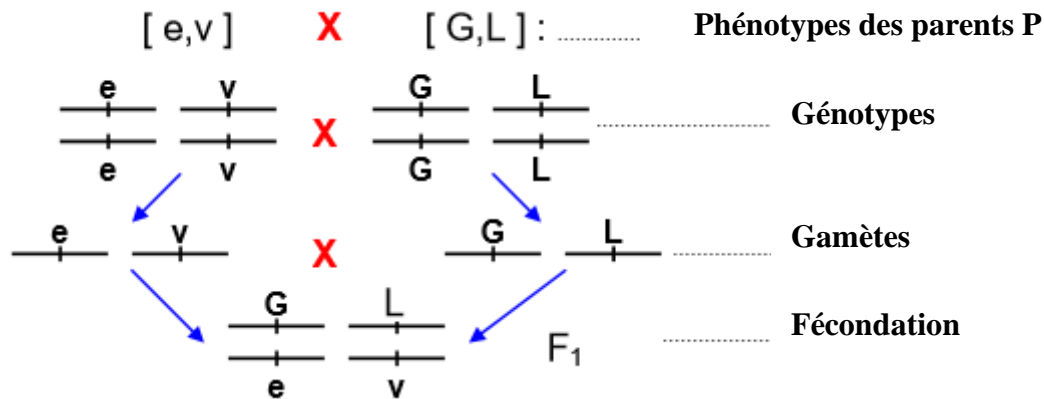
- Le phénotype [e,L] : $(509 / (487 + 509 + 515 + 492)) \times 100 = 25.41\%$
- Le phénotype [G,v] : $(515 / (487 + 509 + 515 + 492)) \times 100 = 25.71\%$
- Le phénotype [e,v] : $(487 / (487 + 509 + 515 + 492)) \times 100 = 24.31\%$

- L'individu récessif pour les deux caractères [e,v] ne produit qu'un seul type de gamète (e,v), donc les phénotypes des individus de F2 refléteront le génotype des gamètes produits par l'individu hybride. A partir des résultats qu'on obtiendra, on va déduire si les gènes sont indépendants ou liés.

- Les pourcentages obtenus en F2 : (25% + 25% + 25% + 25%) montre qu'au cours de la formation des gamètes chez l'individu hybride, la combinaison de chaque allèle d'une paire spécifique s'effectue avec un autre allèle d'une 2^{ème} paire d'allèle d'une façon aléatoire (3^{ème} loi de Mendel). On déduit que les allèles (G,e) et (L,v) sont portés sur des paires de chromosomes différents. Ceci veut dire que les gènes sont indépendants.

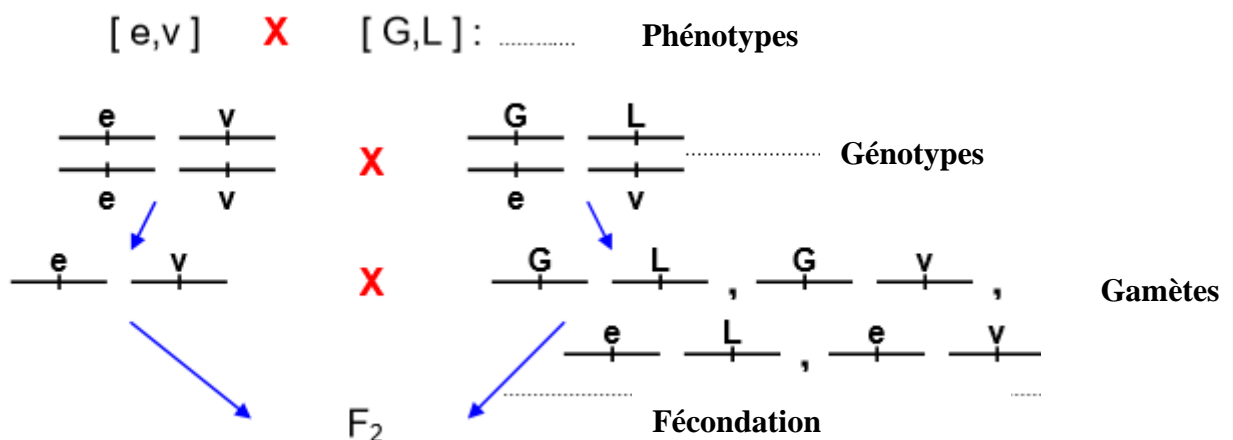
4- L'interprétation chromosomique des résultats des croisements :

- ✓ 1^{ier} croisement : chez les parents.



Ce croisement a donné comme résultat une génération F1 uniforme hybride, le phénotype de ces individus ressemble au père qui possède les allèles dominants [G,L].

- ✓ 2^{ème} croisement : croisement-test.



L'échiquier de croisement :

$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{e}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	♂ / ♀
$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{e}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{v}{-}$ 1/4	$\frac{G}{-} \quad \frac{L}{-}$ 1/4	$\frac{e}{-} \quad \frac{v}{-}$

On obtient en F2, 25% [G,L] + 25% [G,v] + 25% [e,L] + 25% [e,v]. Les résultats théoriques sont compatibles avec les résultats expérimentaux, il s'agit donc du cas des gènes indépendants.

2- Le cas des gènes liés :

a- Le di-hybridisme chez les drosophiles :

Figure 11 : Etude du di-hybridisme chez les drosophiles.

On effectue un croisement entre deux lignées pures des drosophiles qui diffèrent par deux caractères. La 1^{ère} lignée possède des ailes normales et des yeux rouges alors que la 2^{ème} lignée possède des ailes tronquées et des yeux bruns. On obtient une génération F1 uniforme qui présente un phénotype ailes normales et yeux rouges.

1- Que déduisez-vous de l'analyse de ces résultats ?

On effectue un deuxième croisement entre une femelle hybride de F1 et un mâle double récessif, les résultats obtenus en F2 sont comme suit :

- 400 drosophiles avec des ailes tronquées et des yeux bruns.
- 111 drosophiles avec des ailes tronquées et des yeux rouges.
- 109 drosophiles avec des ailes normales et des yeux bruns.
- 410 drosophiles avec des ailes normales et des yeux rouges.

2- Qu'appel-t-on ce type de croisement ? Pour quel raison on l'utilise ?

3- Précisez les pourcentages des phénotypes obtenus en F2. Que déduisez-vous ?

4- Donnez l'interprétation chromosomique de ces résultats.

On effectue un 3^{ème} croisement entre une femelle avec des ailes tronquées et des yeux bruns et un mâle de F1 qui possède des ailes normales et des yeux rouges. Les résultats obtenus pour F2' sont comme suit :

- 170 drosophiles avec des ailes normales et des yeux rouges.
- 175 drosophiles avec des ailes tronquées et des yeux bruns.

5- Précisez les pourcentages obtenus en F2'. Que déduisez-vous ?

6- Comment expliquez-vous ces résultats ?

1- Lorsqu'on étudie chaque caractère indépendamment, on observe que la génération F1 est uniforme pour les deux caractères, et ces individus ressemblent phénotypiquement au père qui possède des ailes normales et des yeux rouges. Selon la 1^{ère} loi de Mendel, on déduit que l'allèle responsable sur les ailes normales est dominant par rapport à l'allèle responsable sur les ailes tronquées, et l'allèle responsable sur les yeux rouges est dominant par rapport à l'allèle responsable sur les yeux bruns.

- Ce croisement a été effectué entre des mâles et des femelles, et il a donné les mêmes résultats, en plus qu'il n'y a aucun indice qui indique que les gènes sont portés sur des

chromosomes sexuels, on suppose donc que les gènes sont portés sur des chromosomes asexuels.

- On codera le phénotype ailes normales et yeux rouges [N,R], et le phénotype ailes tronquées et yeux bruns [t,b].

2- On appelle ce type de croisement le croisement-test, le but de ce croisement est de s'assurer de la séparation indépendante des allèles.

3- Les pourcentages obtenus en F₂ sont :

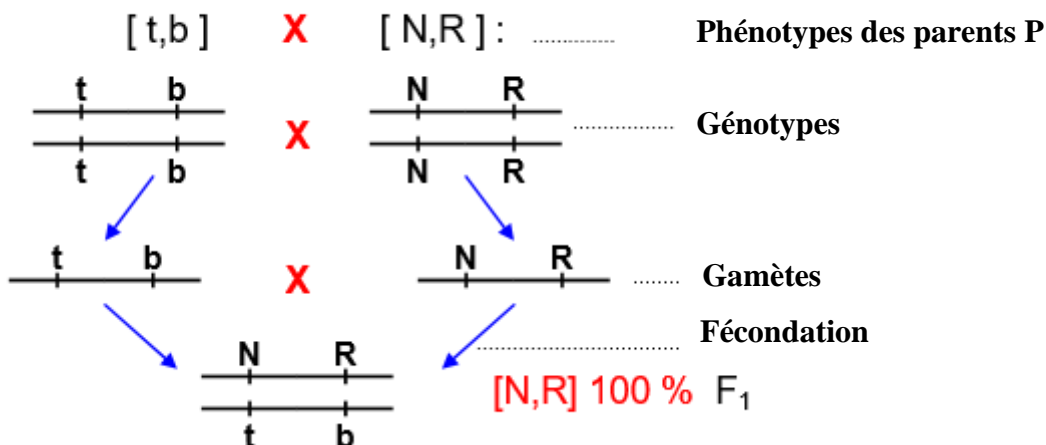
- ✓ Le phénotype [N,R] : $(410 / (410 + 400 + 111 + 109)) \times 100 = 39,81\%$
- ✓ Le phénotype [t,b] : $(400 / (410 + 400 + 111 + 109)) \times 100 = 38,83\%$
- ✓ Le phénotype [N,b] : $(109 / (410 + 400 + 111 + 109)) \times 100 = 10,58\%$
- ✓ Le phénotype [t,R] : $(111 / (410 + 400 + 111 + 109)) \times 100 = 10,78\%$

On remarque que les résultats obtenus ne respectent pas la 3^{ème} loi de Mendel (La loi de la séparation indépendante des allèles), car on obtient pas 4 phénotypes différents avec les mêmes pourcentages (50% parentaux + 50% recombinés), au contraire on obtient deux phénotypes parentaux [N,R] et [t,b] avec un grand pourcentage (78.64%) et des phénotypes recombinés [N,b] et [t,R] avec un faible pourcentage (21.36%).

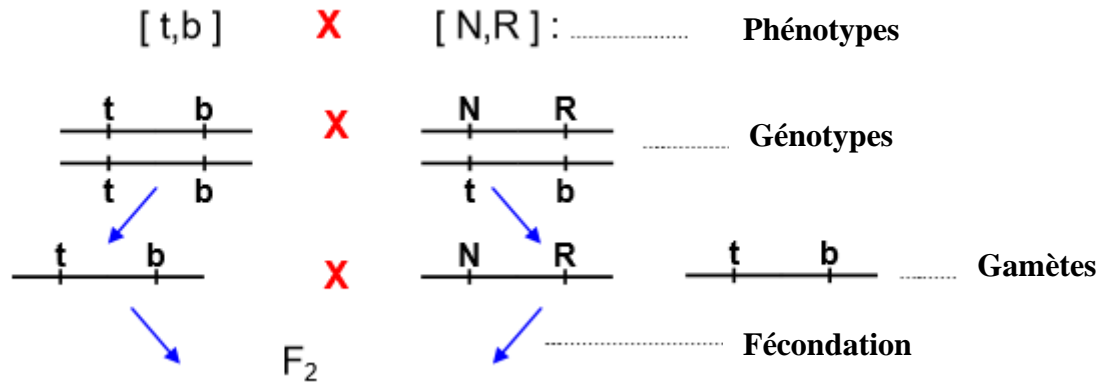
Ces résultats montrent qu'il n'y a pas une séparation indépendante des allèles, ce qui indique que les gènes sont liés.

4- L'interprétation chromosomique.

- 1^{ier} croisement : chez les parents.



- 2^{ème} croisement : croisement-test.

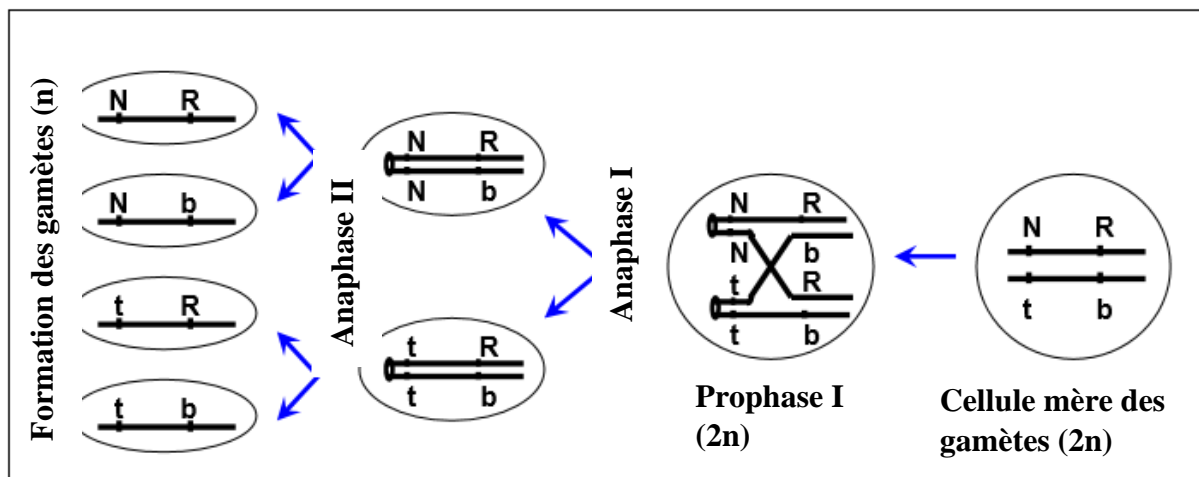


L'échiquier de croisement :

$\begin{array}{c} t \quad b \\ \hline t \quad b \end{array}$ 50 %	$\begin{array}{c} N \quad R \\ \hline N \quad R \end{array}$ 50 %	♀ / ♂
$\begin{array}{c} t \quad b \\ \hline t \quad b \end{array}$ 50 %	$\begin{array}{c} N \quad R \\ \hline t \quad b \end{array}$ 50 %	$\begin{array}{c} t \quad b \\ \hline \end{array}$ 100 %

On remarque que les résultats théoriques diffèrent des résultats expérimentaux obtenus, car en F_2 on obtient uniquement les phénotypes parentaux avec des pourcentages 50% $[N,R]$ et 50% $[t,b]$;

L'apparition des phénotypes recombinés peut être expliquée par la présence de nouvelles combinaisons dans les gamètes de la femelle hybride, et ceci grâce au brassage intra-chromosomique au cours de la méiose.



L'échiquier de croisement :

$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 38.83 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{R}{R}$ 10.78 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{b}{b}$ 10.58 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{R}{R}$ 39.81 %	♀ / ♂
$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ $\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 38.83 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{R}{R}$ $\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 10.78 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{b}{b}$ $\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 10.58 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{R}{R}$ $\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 39.81 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 100 %

5- Le 3^{ème} croisement est un croisement inverse (croisement-test). Les pourcentages des phénotypes en F2' :

- ✓ Le phénotype [N,R] : $(170 / (170 + 175)) \times 100 = 49.27\%$
- ✓ Le phénotype [t,b] : $(175 / (170 + 175)) \times 100 = 50.73\%$

- On remarque que ce croisement donne des phénotypes parentaux uniquement avec un pourcentage de 50% + 50%.

- On observe une différence dans les résultats des deux croisements-test (croisement inverse), mais dans ce cas on ne peut pas dire que les gènes sont portés sur des chromosomes sexuels, car on ne remarque pas une différence de caractère entre les femelles et les mâles obtenus, en plus que la différence est due uniquement à l'apparition de nouveaux caractères recombinés. D'où les gènes sont portés sur des chromosomes non sexuels.

6- Le résultat peut être expliqué par le fait que le mâle hybride a produit uniquement des gamètes parentaux, et il n'a pas produit des gamètes recombinés car il n'y a pas eu un brassage intra-chromosomique au cours de la formation des gamètes. C'est le cas des gènes liés.

b- Le di-hybridisme chez les tomates :

Figure 12 : Etude du di-hybridisme chez les tomates.

On effectue un croisement entre deux lignées pures des tomates, qui diffèrent par deux caractères. La 1^{ère} lignée est facilement récoltée et sensible au stemphyllium par contre la deuxième est difficile à récolter et résistante au stemphyllium. On obtient une génération F1 uniforme composée de tomates difficiles à récolter et résistantes au stemphyllium.

1- Que déduisez-vous de l'analyse de ces résultats ?

On effectue un deuxième croisement entre une tomate double récessive et une tomate hybride de F1. Les résultats obtenus en F2 sont comme suit :

- 39% des tomates faciles à récolter et sensibles au stemphyllium.
- 11% des tomates difficiles à récolter et sensibles au stemphyllium.
- 11% des tomates faciles à récolter et résistantes au stemphyllium.
- 39% des tomates difficiles à récolter et résistantes au stemphyllium.

2- Qu'appel-t-on ce type de croisement et quelle est son utilité ?

3- Que déduisez-vous des pourcentages obtenus dans ce croisement ?

4- Donnez l'interprétation chromosomique de ces résultats.

1- En étudiant chaque caractère indépendamment, on remarque que la génération F1 est uniforme pour les deux caractères, et le phénotype de ses individus ressemble au père

qui présente des tomates difficiles à récolter et résistantes au stemphyllium. Selon la 1^{ière} loi de Mendel on déduit que l'allèle responsable sur des tomates difficiles à récolter est dominant par rapport à l'allèle responsable sur des tomates faciles à récolter et l'allèle responsable sur des tomates résistantes est dominant par rapport à l'allèle responsable sur des tomates sensible au stemphyllium.

- Le croisement a été effectué entre des mâles et des femelles et il a donné les mêmes résultats, en plus qu'aucun indice ne montre qu'il s'agit de gènes portés sur des chromosomes sexuels, d'où les gènes sont portés sur des chromosomes non sexuels.

- On attribue au phénotype tomates difficiles à récolter et résistantes au stemphyllium le symbole [D,R], et le phénotype tomates faciles à récolter et sensibles au stemphyllium le symbole [f,f].

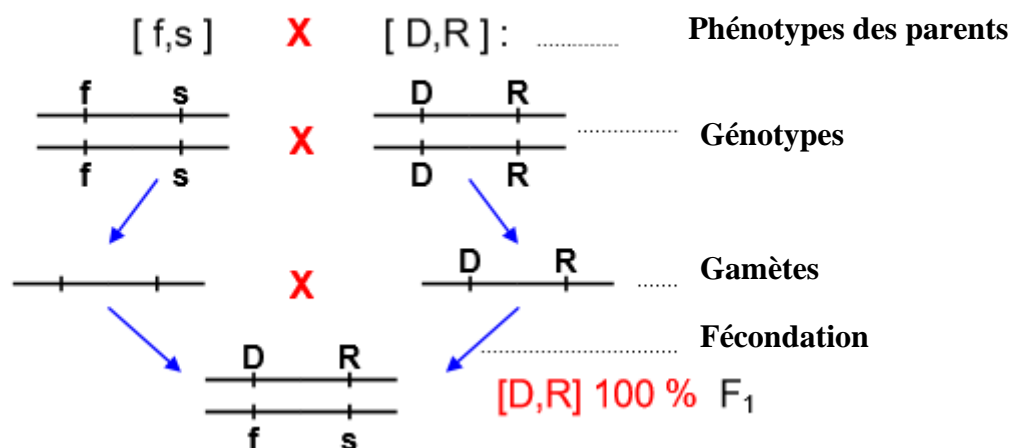
- 2- On appelle ce type de croisement le croisement-test, le but de ce croisement est de s'assurer de la ségrégation indépendante des allèles.
- 3- Les pourcentages obtenus en F₂ :
 - ✓ Le phénotype [D,R] : 39%
 - ✓ Le phénotype [f,s] : 39%
 - ✓ Le phénotype [D,s] : 11%
 - ✓ Le phénotype [f,R] : 11%

On observe que les résultats obtenus ne sont pas compatibles avec la 3^{ème} loi de Mendel, car on n'obtient pas 4 phénotypes avec les mêmes pourcentages (50% phénotypes parentaux + 50% phénotypes recombinés), on obtient deux phénotypes parentaux [D,R] et [f,s] avec un grand pourcentage (78%), et deux phénotypes recombinés [D,s] et [f,R] avec un faible pourcentage (22%).

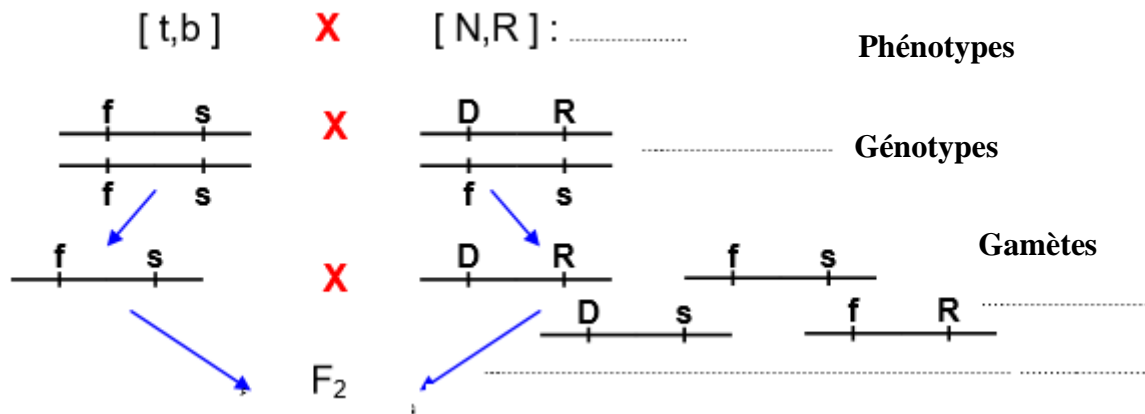
Ces résultats montrent qu'il n'y a pas une ségrégation indépendante des allèles, d'où les gènes sont liés.

4- L'interprétation chromosomique :

- 1^{ier} croisement : Des parents :



- 2^{ème} croisement : Croisement-test :



L'échiquier de croisement :

$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{R}{s}$ 11 %	$\frac{D}{f} \frac{s}{s}$ 11 %	$\frac{D}{f} \frac{R}{s}$ 39 %	♀ / ♂
$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{R}{s}$ 11 %	$\frac{D}{f} \frac{s}{s}$ 10.58 %	$\frac{D}{f} \frac{R}{s}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 100 %

c- Conclusion :

- Lorsqu'on obtient uniquement des phénotypes parentaux suite à un croisement entre des individus de F₁ (F₁ × F₁), les gènes étudiés sont liés d'une façon absolue (absence de brassage intra-chromosomique), alors que si on obtient des phénotypes recombinés avec de faibles pourcentages (moins de 37,5%) les gènes étudiés dans ce cas sont liés d'une façon non absolue (intervention du brassage intra-chromosomique).

- Lorsqu'on obtient après un croisement-test des phénotypes parentaux uniquement, les gènes étudiés sont liés d'une façon absolue (absence de brassage intra-chromosomique), alors que si on obtient des phénotypes recombinés avec des pourcentages beaucoup plus inférieurs à 50%, les gènes étudiés dans ce cas sont liés d'une façon non absolue (brassage intra-chromosomique).

VI- Mesure de la distance entre deux gènes :

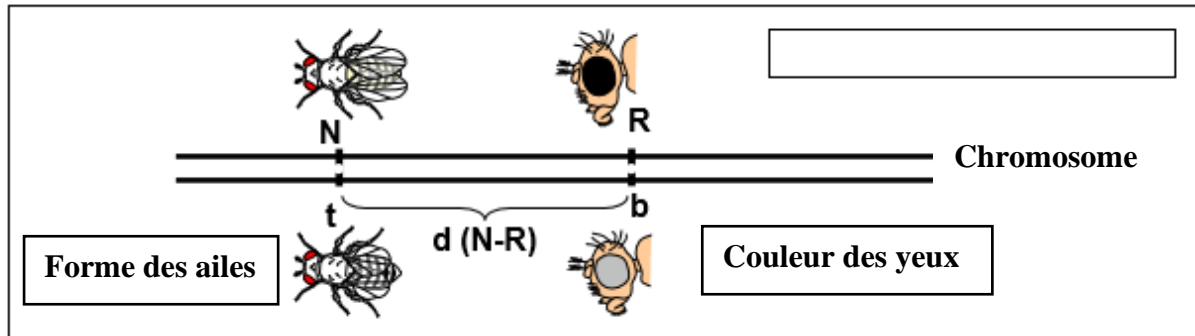
1- La relation entre les nouvelles combinaisons et la distance qui sépare entre deux gènes :

Figure 13 : Mesure de la distance qui sépare entre deux gènes et déposition de la carte factorielle.

Thomas Hunt Morgan a remarqué, dans le cas d'un croisement entre deux lignées pures qui diffèrent par deux caractères, que le pourcentage des nouvelles recombinaisons issues de ce croisement est toujours fixe.

A partir de cette remarque, Morgan a supposé que la position du gène sur le chromosome est toujours fixe. Il a donné la relation entre le pourcentage des nouvelles recombinaisons et le

pourcentage de la probabilité de l'intervention d'un brassage intra-chromosomique. Plus la distance qui sépare entre les deux gènes est grande plus le pourcentage de la probabilité d'avoir un brassage intra-chromosomique augmente aussi d'où l'augmentation du pourcentage des nouvelles combinaisons. D'ici on peut dire que le pourcentage des nouvelles recombinaisons nous permet de préciser la distance qui sépare entre deux gène, et donc de déposer la carte factorielle.



Pour mesurer la distance entre deux gènes, Morgan a utilisé l'unité « Centimorgan = CMg », avec 1 CMg = 1% des nouvelles recombinaisons. Et comme ça la distance entre deux gène a et b est $d_{(a-b)}$.

$$d_{(a-b)} = \left(\frac{\text{Le nombre des individus qui ont de nouvelles recombinaison}}{\text{Le nombre global des individus}} \right) \times 100$$

En se basant sur les données de cette figure ainsi que celle de la figure 11 :

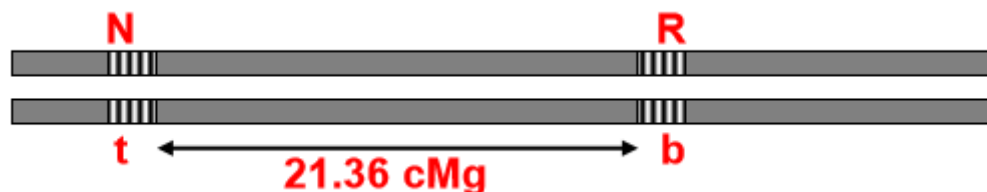
- 1- Calculez la distance entre les gènes de la couleur des yeux et la forme des ailes $d_{(N-R)}$.
- 2- Donnez la carte factorielle.

A partir des données de la figure 11 :

1-On calcule la distance qui sépare entre les deux gènes, couleur des yeux et forme des ailes $d_{(N-R)}$:

$$d_{(R,N)} = \frac{\text{Nombre des nouvelles combinaisons}}{\text{Nombre global}} \times 100 = \frac{109 + 111}{1030} \times 100 = 21.36 \text{ cMg}$$

2-La carte factorielle :



2- Etude de quelques exemples :

a- L'hybridisme chez les tomates :

Figure 14 : Précision de la localisation relative des gènes chez les tomates.

On effectue un croisement entre deux lignées pures de tomates, la 1^{ère} (SM) possède des feuilles vertes, une taille normale et des fruits lisses, avec la 2^{ème} (M) qui possède des feuilles comportant des tâches jaunes, une taille courte et des fruits tendres. On obtient une génération F1 uniforme avec des feuilles vertes, une taille normale et des fruits lisses. Le

croisement-test entre une plante hybride F1 et une plante de la lignée (M) donne les résultats suivants :

- ✓ 417 plantes avec des feuilles vertes, une taille normale et des fruits lisses.
 - ✓ 425 plantes avec des feuilles tachées, une taille courte et des fruits tendres.
 - ✓ 16 plantes avec des feuilles vertes, une taille normale et des fruits tendres.
 - ✓ 3 plantes avec des feuilles vertes, une taille courte et des fruits lisses.
 - ✓ 55 plantes avec des feuilles vertes, une taille courte et des fruits tendres.
 - ✓ 59 plantes avec des feuilles tachées, une taille normale et des fruits lisses.
 - ✓ 5 plantes avec des feuilles tachées, une taille normale et des fruits tendres.
 - ✓ 20 plantes avec des feuilles tachées, une taille courte et des fruits lisses.
- 1- Que déduisez-vous de l'analyse des résultats du 1^{er} croisement ?
 - 2- En utilisant les symboles suivants : taille normale (N,n) ; feuilles verte (V,v) ; fruits lisses (L,l), courte (C,c), feuilles tachées (T,t), fruits tendres (R,r), précisez les phénotypes obtenus dans la génération F2 en calculant le pourcentage de chaque phénotype.
 - 3- Que déduisez-vous des résultats du croisement-test ? Comment expliquez-vous l'apparition de nouvelles combinaisons chez les tomates ?
 - 4- Calculez la distance entre les gènes étudiés.
 - 5- Donnez la carte factorielle pour les trois gènes.

1- Le croisement a été effectué entre deux lignées pures qui diffèrent par trois caractères, on parle donc du tri-hybridisme. On observe que tous les individus de la génération F1 sont uniformes et ressemblent phénotypiquement au père qui a une taille normale, des feuilles vertes et des fruits lisses. Selon la 1^{ère} loi de Mendel, les caractères taille normale, feuilles vertes et fruits lisses sont dominants par rapport aux caractères taille courte, feuilles tachées et fruits tendres.

2- Les phénotypes obtenus en F2 sont :

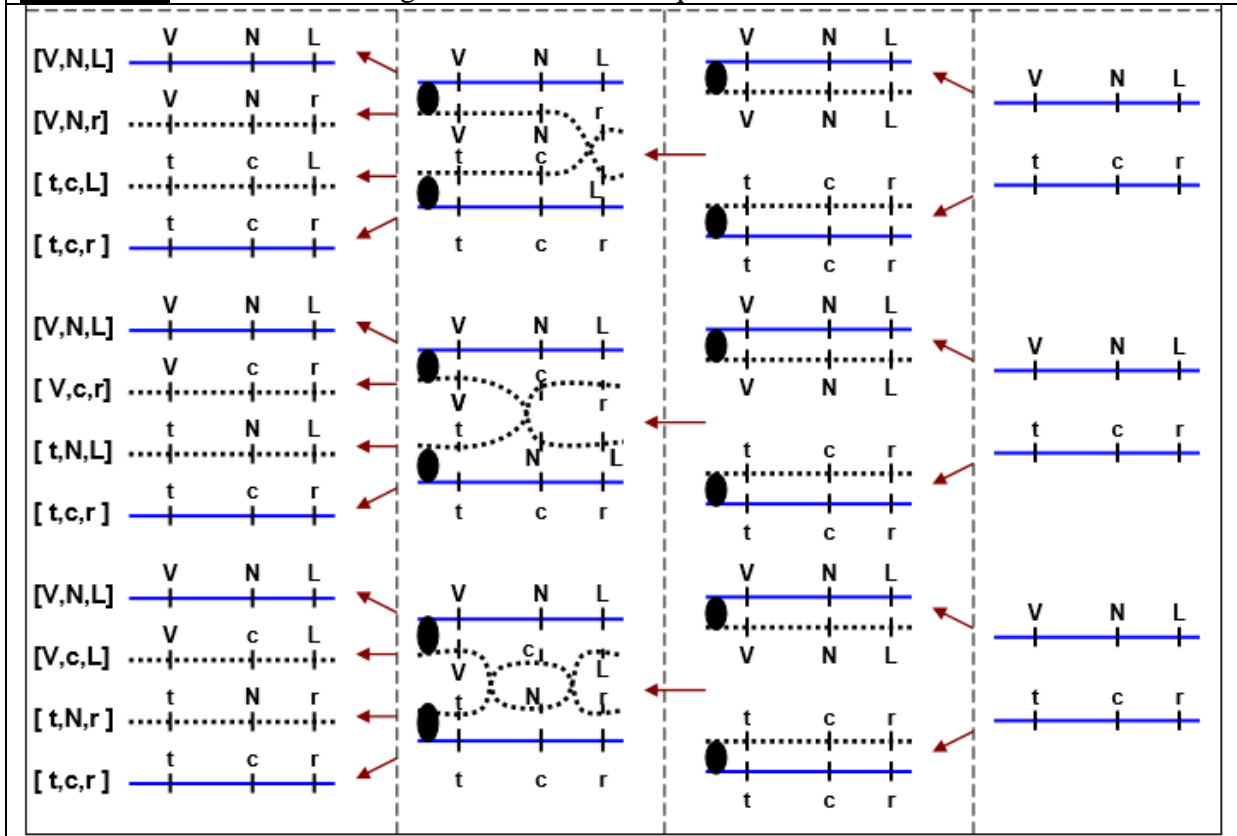
- Le phénotype [V,N,L] : $(417 \times 100) / 1000 = 41.7\%$
- Le phénotype [t,c,r] : $(425 \times 100) / 1000 = 42.5\%$
- Le phénotype [V,N,r] : $(16 \times 100) / 1000 = 1.6\%$
- Le phénotype [V,c,L] : $(3 \times 100) / 1000 = 0.3\%$
- Le phénotype [V,c,r] : $(55 \times 100) / 1000 = 5.5\%$
- Le phénotype [t,N,L] : $(59 \times 100) / 1000 = 5.9\%$
- Le phénotype [t,N,r] : $(5 \times 100) / 1000 = 0.5\%$
- Le phénotype [t,c,L] : $(20 \times 100) / 1000 = 2\%$

Phénotypes parentaux avec 84.2%

Phénotypes recombinés avec 15.8%

3- On observe que le pourcentage des phénotypes parentaux est très élevé par rapport au pourcentage des phénotypes recombinés. On déduit qu'il s'agit de gènes liés. On peut expliquer l'apparition de nouvelles combinaisons par le phénomène du brassage intra-chromosomique au cours de la formation des gamètes chez le père hybride. (Voir figure 15)

Figure 15 : Les cas du brassage intra-chromosomique et les nouvelles recombinaisons.



4- Calcule de la distance entre les gènes :

- La distance entre la taille et la couleur des feuilles :

$$d_{(V-N)} = ((5 + 59 + 55 + 3) / 1000) \times 100 = 12.2 \text{ CMg}$$

- La distance entre la taille et la forme des fruits :

$$d_{(N-L)} = ((16 + 3 + 5 + 20) / 1000) \times 100 = 4.4 \text{ CMg}$$

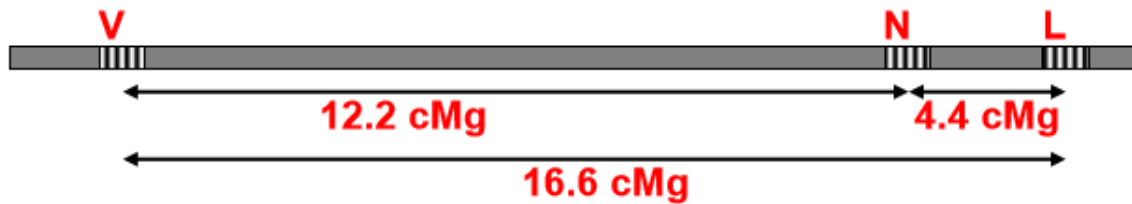
- La distance entre la couleur et la forme des fruits :

$$d_{(V-L)} = ((16 + 55 + 59 + 20) / 1000) \times 100 = 15 \text{ CMg}$$

On remarque que $d_{(V-L)} = d_{(V-N)} + d_{(N-L)}$ on déduit que le gène (N,c) est situé entre les gène (V,t) et (L,r), on observe aussi l'intervention d'un double brassage intra-chromosomique entre v et l, qui n'a pas été pris en considération au cours de la précision de la distance entre les gènes, c'est pourquoi $d_{(V-L)} < d_{(V-N)} + d_{(N-L)}$ il faut donc prendre en considération l'intervention de deux brassages intra-chromosomique en même temps, d'où la distance $d_{(V-L)}$ est :

$$d_{(V-L)} = (((16 + 55 + 59 + 20) + (2 \times (5 + 3))) / 1000) \times 100 = 16.6 \text{ CMg}$$

5- La carte factorielle :



b- L'hybridisme chez les drosophiles :

Figure 16 : L'hybridisme chez les drosophiles.

Un croisement a été effectué entre une femelle de lignée pure des drosophiles qui a un corps gris, des yeux lisses et des ailes complètes et un mâle d'une lignée pure qui a un corps jaune, des yeux rugueux et des ailes tronquées. La génération F1 obtenue comporte des individus uniformes avec un corps gris, des yeux lisses et des ailes complètes.

Un deuxième croisement a été effectué entre une femelle de la génération F1 et un mâle de lignée pure qui a un corps jaune, des yeux rugueux et des ailes tronquées. La génération F2 obtenue comporte 2880 drosophiles répartis en 8 phénotypes :

- 1080 drosophiles avec corps gris, yeux lisses et ailes complètes.
- 78 drosophiles avec corps jaune, yeux lisses et ailes complètes.
- 1071 drosophiles avec un corps jaune, yeux rugueux et ailes tronquées.
- 66 drosophiles avec un corps gris, des yeux rugueux et des ailes tronquées.
- 293 drosophiles avec un corps gris, des yeux lisses et des ailes tronquées.
- 6 drosophiles avec un corps gris, des yeux rugueux et des ailes complètes.
- 282 drosophiles avec un corps jaune, des yeux rugueux et des ailes complètes.
- 4 drosophiles avec un corps jaune, des yeux lisses et des ailes tronquées.

1- Que déduisez-vous de l'analyse de ces croisements ?

2-Que signifie la formation de la génération F2 ?

En utilisant les symboles suivants : corps gris (G,g) , yeux lisses (L,l), ailes complètes (C,c), corps jaune (J,j), yeux rugueux (R,r), ailes tronquées (T,t).

3- Donnez l'explication chromosomique des résultats du 1^{ier} et du 2^{ème} croisement.

4- Calculez la distance qui sépare entre le gène j et r. et entre r et t ; et entre j et t.

5-Déduisez la position relative des trois gènes, puis donnez la carte factorielle pour ces gènes.

1- Analyse et déduction :

- Le croisement a été effectué entre deux lignées pures qui diffèrent par 3 caractères, c'est le tri-hybridisme.

- Tous les individus de la génération F1 sont homogènes et ressemblent phénotypiquement au père qui a un corps gris, des yeux lisses et des ailes complètes. Selon la 1^{ière} loi de Mendel, les caractères corps gris, yeux lisses et ailes complètes sont dominants par rapport aux caractères corps jaune, yeux rugueux et ailes tronquées.

Le 2^{ème} croisement a été effectué entre un individu de F1 hétérozygote, avec un père récessif pour les trois caractères, ce type de croisement est appelé croisement-test (back-cross) dont le but est de s'assurer de la ségrégation indépendante des allèles.

- Le 2^{ème} croisement donne une génération F2 comportant 8 phénotypes :

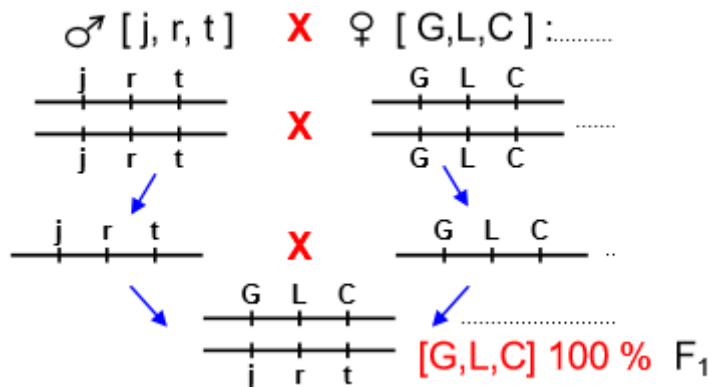
- Le phénotype [G,L,C] : $(1080/2880) \times 100 = 37.50\%$
- Le phénotype [j,r,t] : $(1071/2880) \times 100 = 37.19\%$
- Le phénotype [G,L,t] : $(293/2880) \times 100 = 10.17\%$

- Le phénotype [j,r,C] : $(282/2880) \times 100 = 9.79\%$
- Le phénotype [j,L,C] : $(78/2880) \times 100 = 2.71\%$
- Le phénotype [G,r,t] : $(66/2880) \times 100 = 2.29\%$
- Le phénotype [G,r,C] : $(6/2880) \times 100 = 0.21\%$
- Le phénotype [j,L,t] : $(4/2880) \times 100 = 0.14\%$

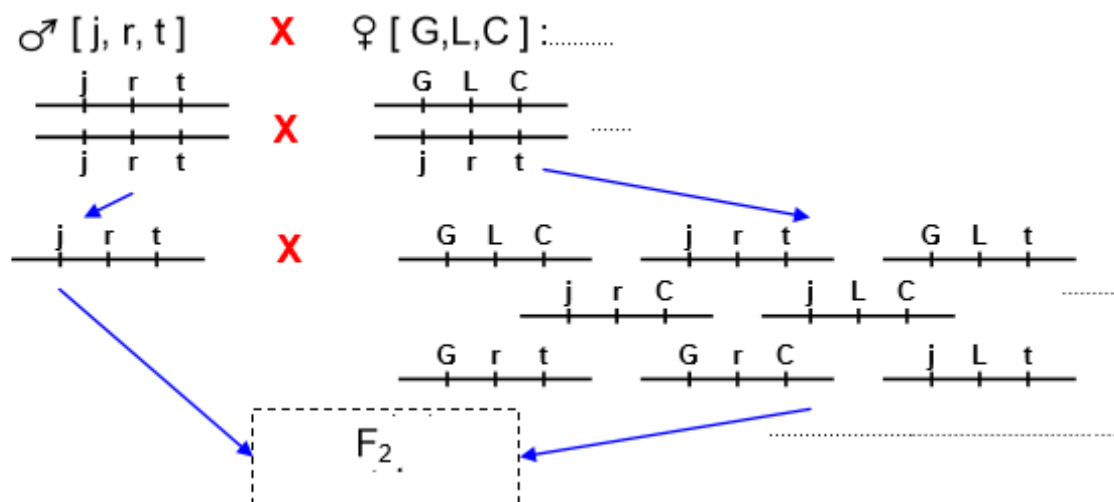
On observe que les phénotypes recombinés représentent des faibles pourcentages (25.31%) par rapport aux phénotypes parentaux (74.69%), on déduit que les gènes sont liés.

- 2- La formation de la génération F2 exprime les types des gamètes synthétisés par la femelle, car le mâle appartient à une lignée pure et récessif pour les trois caractères donc il produit un seul type de gamète.
- 3- L'interprétation chromosomique :

- 1^{ier} croisement : chez les parents.



- 2^{ème} croisement : back-cross.



L'échiquier de croisement :

$\begin{array}{c} j \ L \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ r \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ r \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ L \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ r \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ L \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ r \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ L \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$	♀ / ♂
$\begin{array}{c} j \ L \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ r \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ r \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ L \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ r \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ L \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} j \ r \ t \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ L \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ j \ r \ t \end{array}$	$\begin{array}{c} G \ L \ C \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$
[j,L,t]	[G,r,C]	[G,r,t]	[j,L,C]	[j,r,C]	[G,L,t]	[j,r,t]	[G,L,C]	

4- Calcule de la distance entre les gènes j et r :

$$d(j-r) = ((4+6+66+78)/2880) \times 100 = 5.35 \text{ cMg}$$

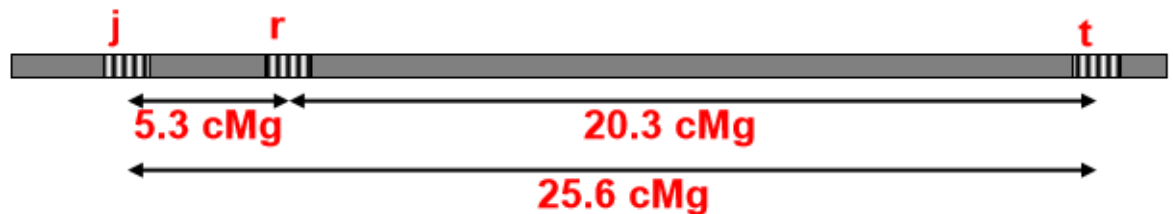
Calcule de la distance entre les gènes t et r :

$$d(t-r) = ((4+6+282+293)/2880) \times 100 = 20.31 \text{ cMg}$$

Calcule de la distance entre les gènes t et j :

$$d(t-j) = ((2 \times (4+6)+66+78+282+293)/2880) \times 100 = 5.66 \text{ cMg}$$

5- Les résultats obtenus montrent que $d(t-j) = d(r-j) + d(r-t)$. On déduit que le gène r est situé entre les gènes j et t, d'où la carte factorielle pour les 3 gènes sera comme suit :



- Conclusion :

Figure 17 : Bilan des lois statistiques pour la transmission des caractères héréditaires.

		Les pourcentages statistiques		Cas exceptionnelle
		Génération F1	Génération F2	
Mono-hybridisme (Les parents sont de lignés pures)	Dominance complète	100% caractère du père qui possède l'allèle dominant	1/4 ; 3/4	Dans le cas d'un gène lié au sexe, le croisement entre un mâle de la lignée A avec une femelle de la lignée B ne donne pas les mêmes résultats pour le croisement inverse, c'est-à-dire entre
	Codominance	100% caractère intermédiaire	1/4 ; 1/4 ; 1/2	
Di-hybridisme (Les parents sont de lignés pures)	Gènes indépendants	Dominance complète pour les deux allèles	100% caractère du père qui possède l'allèle dominant	
		Dominance complète pour une paire d'allèles	Génération uniforme qui présente le caractère	
			1/16 ; 3/16 ; 3/16 ; 9/16	
			1/16 ; 1/16 ; 2/16 ; 3/16 ; 3/16 ; 6/16	

		et codominance pour la 2 ^{ème} paire d'allèles.	dominant pour la 1 ^{ère} paire d'allèles, et un caractère intermédiaire pour la 2 ^{ème} paire d'allèles.		une femelle de la lignée A et un mâle de la lignée B.
		Codominance pour les deux paires d'allèles.	Génération uniforme qui présente deux caractères intermédiaires pour les deux paires d'allèles.	1/16 ; 1/16 ; 1/16 ; 1/16 ; 2/16 ; 2/16 ; 2/16 ; 2/16 ; 4/16	
	Gènes liés	L'un des parents est dominant et l'autre récessif.	100% caractères du père qui possède les allèles dominants.	1/4 ; 3/4	

SVT

FATHI SARA