

CHAPITRE 2

LES LOIS STATISTIQUES DE LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES HEREDITAIRES CHEZ LES DIPLOÏDES

Mise en situation

Chaque être vivant, animal ou végétal présente des caractères d'origine paternelle et maternelle, mais parfois il présente des caractères de l'un des parents et parfois des caractères différents des caractères parentaux.

Au cours de la reproduction sexuée, deux parents, mâle et femelle, transmettent par leurs gamètes, à leurs descendants, une partie de gènes paternels et une partie de gènes maternels. Ces deux parties de gènes réunies dans l'œuf déterminent le sexe et les caractères de chaque descendant.

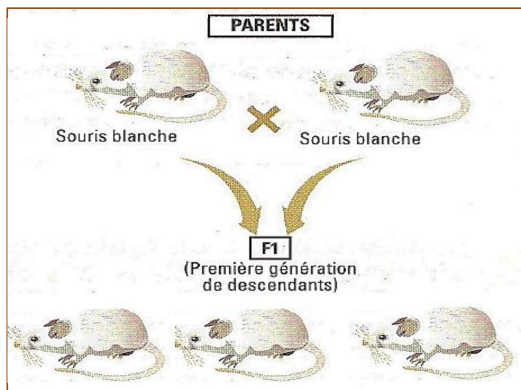


Fig 1 : Chez l'espèce souris, deux parents à pelage blanc donnent toujours des descendants à pelage blanc

Fig 2 : Deux parents à pelage gris donnent des descendants tous à pelage gris ou des descendants à pelage gris et des descendants à pelage blanc.

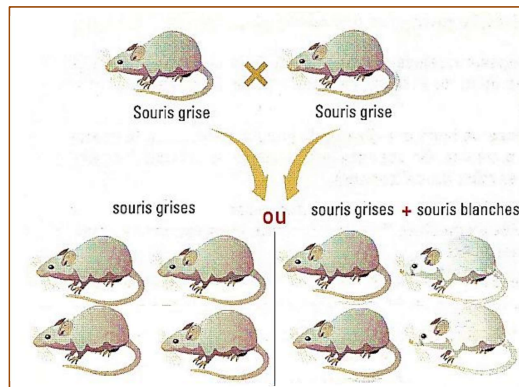


Fig 3 : Chez la belle de nuit, lorsqu'on sème une graine issue d'une fleur rose on obtient une plante sur laquelle poussent des fleurs de couleurs différentes : roses, blanches et rouges.

Activité 1 : Les travaux de Mandel

L'étude de la transmission des caractères entre les générations doit s'effectuer avec beaucoup de rigueur et de logique. Pour cela, il est nécessaire d'adopter des conventions de notation et de méthode.

Comment étudier la transmission des caractères héréditaires ?

Doc 1 : les fondateurs de la génétique

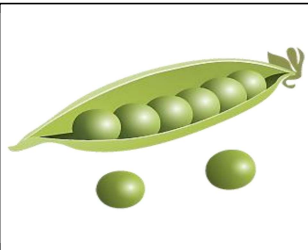


Gregor Mendel (1822 – 1884), peut être considéré comme le père de la génétique expérimentale. Ses expériences sur le croisement du petit pois lui ont permis d'établir des lois universelles avant même la découverte des chromosomes.



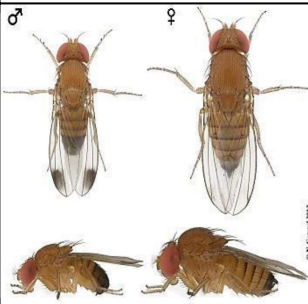
Thomas Morgan a établi en 1910, à partir d'expériences sur les croisements de la Drosophile, la théorie chromosomique de l'hérédité. Il a déterminé la position des gènes sur les chromosomes, chez la Drosophile.

Doc 2 : Les cobayes des généticiens



Petit pois : C'est une légumineuse choisie par Mendel pour ses expériences. Cette espèce est facile à cultiver et son cycle de développement est assez court. Il existe plusieurs variétés de petit pois

Un croisement entre deux plants peut donner une centaine de graines : produit, après fécondation, de nombreux fruits appelés gousses. Chaque gousse contient de nombreuses graines.



Drosophile : C'est une petite mouche de 3 à 4 mm.

La drosophile est un insecte qui se caractérise par :

- la facilité de son élevage.
- la facilité de l'identification des mâles et des femelles et donc de leur séparation pour contrôler les croisements.

La brièveté de son cycle de développement : après 12 jours de leur éclosion, les larves deviennent des adultes et se reproduisent.

L'existence d'un grand nombre de lignées mutantes présentant des caractères héréditaires très variés

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.















1- La démarche de Mendel

Doc 3 : Les caractères étudiés par Mendel

Mendel adopte comme modèle expérimental le petit pois, caractérisé par une production rapide d'un grand nombre de descendants.

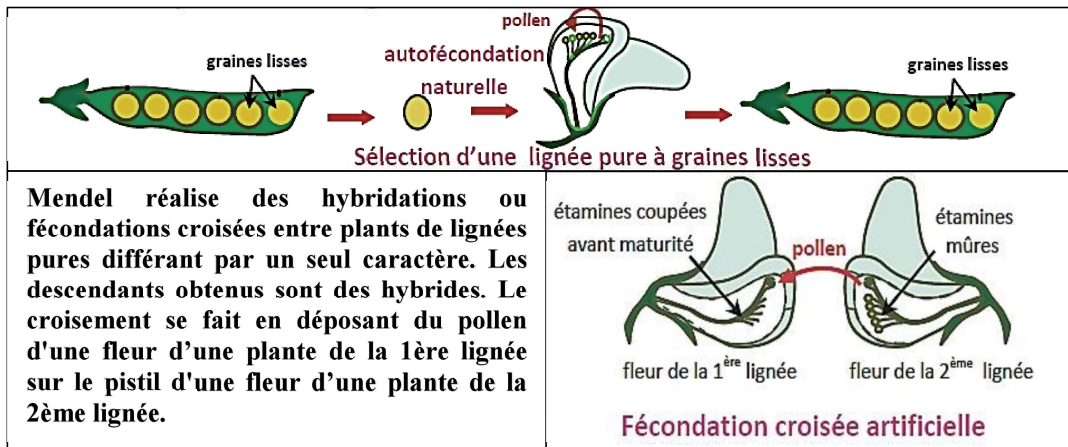
Il choisit d'étudier la transmission de sept caractères dont chacun peut se retrouver sous deux formes possibles, facilement identifiables : forme et couleur de la graine, couleur de l'enveloppe, forme et couleur de la gousse, position des fleurs et longueur de la tige.

Exemple : le caractère, forme des pois existe sous deux aspects que Mendel appelle traits : trait lisse ou trait ridé.

Graine		Fleur	Cosse		Tige	
Forme	Cotylédons	Couleur	Forme	Couleur	Emplacement	Taille
						
Gris & lisse	Jaune	Blanc	Plein	Jaune	Cosse axiale Fleur tout du long	Long (~3m)
						
Blanc & Ridé	Vert	Violet	Étroit	Vert	Cosse terminales Fleurs en haut	Court (~30 cm)
1	2	3	4	5	6	7

Doc 4 : La démarche de Mendel

Mendel sélectionne des lignées pures pour chaque caractère grâce à l'autofécondation. Une lignée pure étant un ensemble d'individus ayant en commun un caractère qui est transmis de façon stable d'une génération à la suivante.

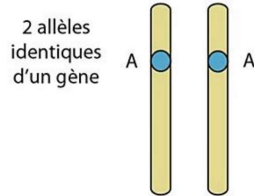


1- Décrire la démarche de Mendel pour étudier la transmission des caractères héréditaires.

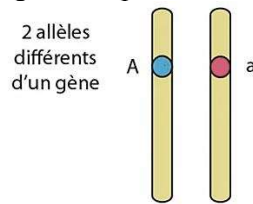
- Pour chaque croisement réalisé, Mendel choisit pour chaque caractère étudié, deux versions différentes de ce même caractère.
- Le croisement entre des lignées pures, (transmission du caractère sans modification d'une génération à une autre) pour obtenir des hybrides.
- Empêcher l'autofécondation des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

Vocabulaire génétique

- **Le génotype** d'un individu pour un caractère est la combinaison des allèles qu'il possède pour le gène contrôlant ce caractère; ce génotype détermine **le phénotype**
- Un individu est dit **homozygote** pour un gène s'il possède 2 allèles identiques.



- Un individu est dit **hétérozygote** pour un gène s'il possède 2 allèles différents.



- Un allèle est dit **récessif** s'il ne s'exprime pas dans le phénotype quand il est en présence de l'allèle dominant dans le génotype. Par conséquent, il ne s'exprime dans le phénotype que s'il se trouve en double exemplaire dans le génotype (à l'état homozygote).
- Un allèle est dit **dominant** quand il s'exprime dans le phénotype en présence de l'allèle récessif.
- Deux allèles sont dits **codominants** lorsqu'ils s'expriment simultanément dans le phénotype.
- Conventions d'écriture
 - Allèle dominant : lettre majuscule A
 - Allèle récessif : lettre minuscule a
 - Codominance : les deux allèles sont représentés par des lettres majuscules.
 - Phénotype : lettre(s) entre crochets. Exemples : [A], [AB], [B],
 - Génotype : le couple d'allèles est placé de part et d'autre d'un double trait symbolisant la paire de chromosomes homologues. Exemples : A//A ; A//a ; a//a. ou lettre(s) entre parenthèses. Exemples : (A), (AB), (B),

Activité 2 : Le Monohybridisme : la transmission d'un couple d'allèle

Afin de déterminer comment se transmet un caractère, Mendel réalise des fécondations croisées entre des plantes de lignées différant par seul caractère.

Il réalise des hybridations de parents ayant 2 traits différents pour un seul caractère.

Quels résultats obtient-il ?

Quelle interprétation propose-t-il pour expliquer les résultats de la transmission d'un couple d'allèles ?

1- Cas d'un gène non lié au sexe :

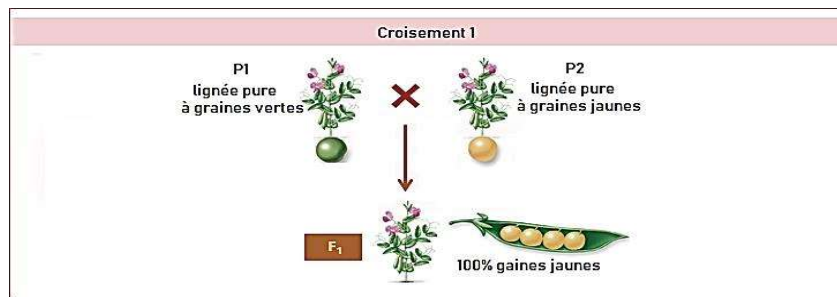
a- La Dominance complète

Doc 5 : Cas d'un gène non lié au sexe : Dominance

Croisement 1

Mendel considère deux lignées pures : une lignée parentale à graines vertes (appelée P1) et l'autre à graines jaunes (appelée P2). Il prend aussi le soin de réaliser des fécondations réciproques (pollen de P2 sur pistil de P1) et il trouve des résultats identiques.

Les descendants obtenus par croisement de P1 et de P2 constituent une première génération notée F1. Cette génération est homogène comportant des graines toutes jaunes. La figure suivante représente les résultats obtenus de ce croisement :



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

Utilisez les symboles suivants :

« V » et « v » pour les allèles responsable de la couleur verte.

« J » et « j » pour les allèles responsable de la couleur jaune.

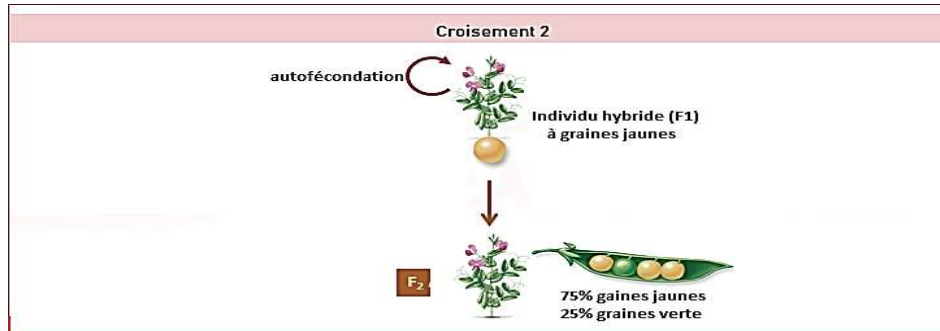
Parents :	P1	×	P2
Phénotype :	[J]		[v]
Génotype :	J/J		v/v
Gamètes :	100% J/		100% v/
F1 :	100 % hybrides : J/v ; [J]		

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).

Croisement 2

En croisant entre eux des individus de la F1 (autofécondation), Mendel obtient une deuxième génération F2 hétérogène comportant des graines jaunes et des graines vertes. La figure suivante représente les résultats obtenus de ce croisement :



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/ 50%	v/ 50%
J/ 50%	J/J [J]	J/v [J]
v/ 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.

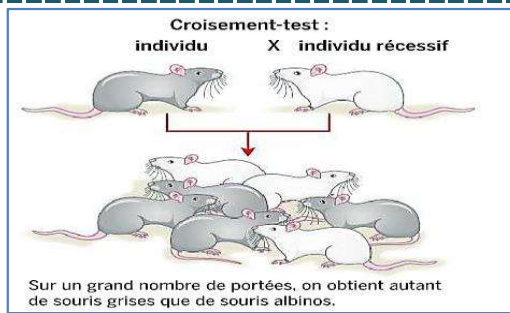
Les proportions $3/4$ et $1/4$ ne s'expliquent que par, la séparation des deux allèles hérités par les hybrides au cours de la formation des gamètes ; chaque gamète reçoit donc un seul allèle des deux : il est pur.

b- le croisement-test :

Doc 6 : le croisement-test (Test-Cross)

Chez la souris, la couleur du pelage est gouvernée par un couple d'allèle. Le croisement d'un individu F1 de génotype inconnu avec un Individu de phénotype récessif est appelé croisement-test (ou test-cross). L'intérêt d'un tel croisement est que le phénotype des descendants est directement à l'image des allèles transmis par l'individu F1 (puisque les allèles de l'autre parent sont récessifs). L'étude d'un croisement-test révèle donc directement le génotype des gamètes issus de la méiose de l'individu F1.

La figure suivante représente les résultats d'un Test-Cross



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.

Pour ce gène de la couleur du pelage, on appelle :

G l'allèle induisant le phénotype gris

b l'allèle induisant le phénotype blanc

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

Gamètes	b/ 100%	
G/ 50%	G//b	[G]
b/ 50%	b//b	[b]

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

c- La codominance :

Doc 7 : cas d'un gène non lié au sexe : Codominance

Un horticulteur a réussi à sélectionner deux lignées pures de belle de nuit qui diffèrent par la couleur des fleurs, l'une possède des fleurs rouges (phénotype sauvage), l'autre des fleurs blanches (phénotype mutant). Il effectue les croisements suivants :

Le premier croisement

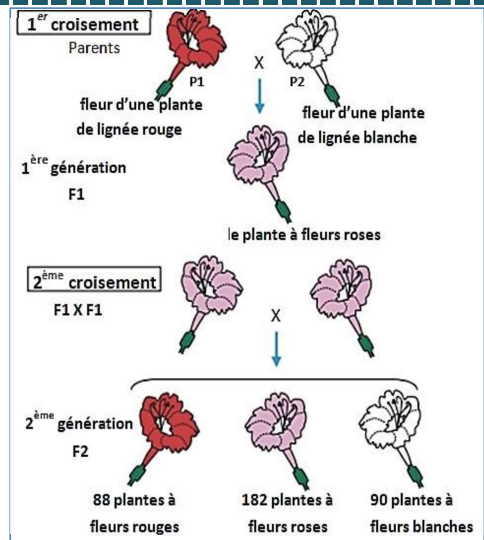
Entre les 2 lignées différentes donne une première génération F1 formée de plantes à fleurs roses.

Le deuxième croisement

Entre les individus de F1 donne une génération F2 composée de :

- 88 plantes à fleurs rouges
- 182 plantes à fleurs roses
- 90 plantes à fleurs blanches.

La figure ci-contre représente les résultats obtenus :



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^{ère} 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

Utilisez les symboles suivants :

« R » et « r » pour les allèles responsable de la couleur rouge.

« B » et « b » pour les allèles responsable de la couleur blanche.

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 $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$.

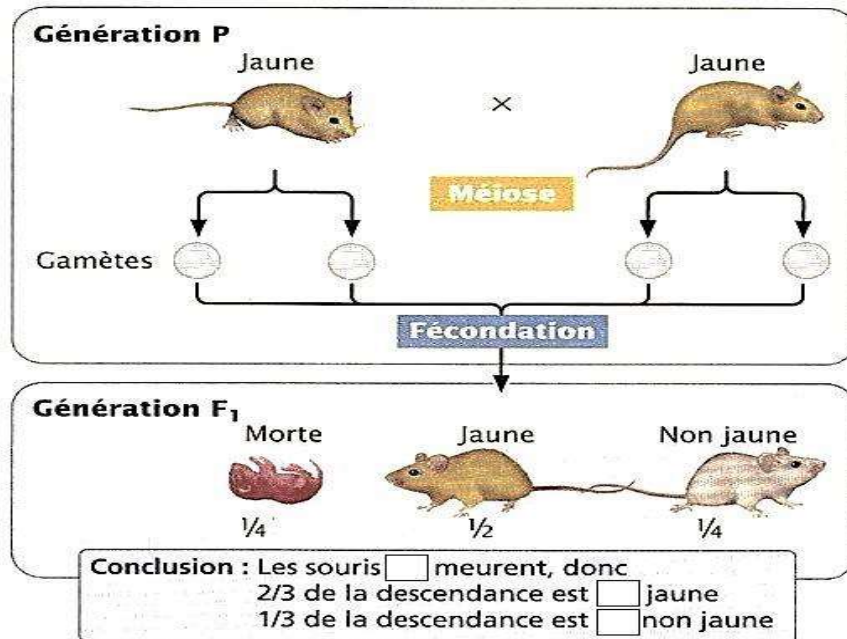
d- Le gène létal:

Doc 8 : cas d'un gène non lié au sexe : Le gène létal

Un allèle létal provoque la mort à un stade précoce du développement de sorte que certains génotypes n'apparaissent pas dans la descendance.

Le premier cas d'allèle létal rapporté est celui de la couleur jaune du pelage de la souris, décrit par Lucien Cuénot.

Dans son étude sur la transmission de la couleur jaune du pelage de la souris, un caractère dominant, le généticien Lucien Cuénot fut incapable d'obtenir une lignée pure de couleur jaune en croisant entre elles des souris jaunes. Les individus homozygotes pour l'allèle jaune mouraient parce que cet allèle déterminait la couleur jaune du pelage, mais aussi une déficience létale du développement



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.

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

Utilisez les symboles suivants :

« J » et « j » pour les allèles responsable de la couleur jaune.
 « B » et « b » pour les allèles responsable de la couleur non jaune.

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/ 50%	b/ 50%
J/ 50%	J//J (léthal) [J]	J//b [J]
b/ 50%	J//b [J]	b//b [b]

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

4- 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 :

Doc 9 : cas d'un gène lié au sexe

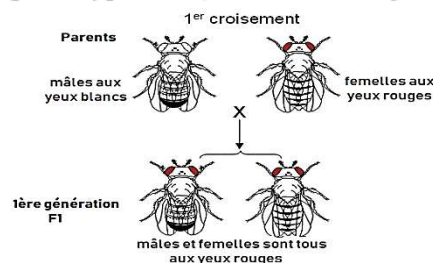
Dès 1906, on obtient chez plusieurs animaux, des résultats de croisements différents de ce qu'avaient montré Mendel, les hybrides F1 dans ce cas n'ont pas tous le même phénotype, par exemple, les femelles peuvent avoir le phénotype du père et les mâles celui de la mère.

Thomas Morgan propose une explication grâce à des travaux sur la drosophile.

Le caractère « couleur des yeux » se présente dans une population de drosophiles sous deux phénotypes : des yeux rouges (phénotype sauvage) et des yeux blancs (phénotype muté). Thomas Morgan réalise les deux croisements suivants :

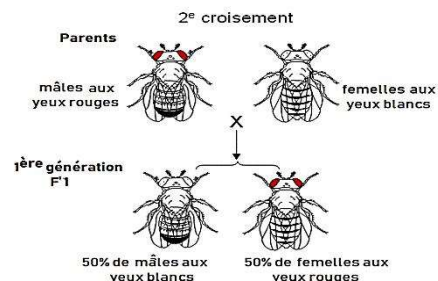
Premier croisement :

Il croise des drosophiles mâles aux yeux blancs avec des femelles aux yeux rouges ; il obtient une première génération F1 comportant des descendants aux yeux rouges.



Deuxième croisement, croisement réciproque :

Il croise des drosophiles mâles aux yeux rouges avec des femelles aux yeux blancs ; il obtient une génération F1 comportant 50% de femelles aux yeux rouges et 50% de mâles aux yeux blancs.



Remarque : Lorsque dans une descendance, les phénotypes des mâles et des femelles sont différents pour le caractère étudié, on parle d'hérédité liée 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^{ère} 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.

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 50%	Y 50%
X_R 100%	$X_R X_b$ [R]	$X_R Y$ [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 50%	Y 50%
X_b 100%	$X_R X_b$ [R]	$X_b Y$ [b]

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

Activité 3 : Le Dihybridisme : la transmission de deux couples d'allèles

Lorsque Mendel effectua ses croisements monohybrides sur les plantes de pois, ses études portaient alors sur un seul caractère héréditaire. Mais les organismes ont plusieurs caractères : la couleur, la forme, la taille ...

Voilà la question à laquelle Mendel a tenté de répondre en effectuant une nouvelle série d'expériences.

Comment se produit-elle la transmission de deux caractères ?

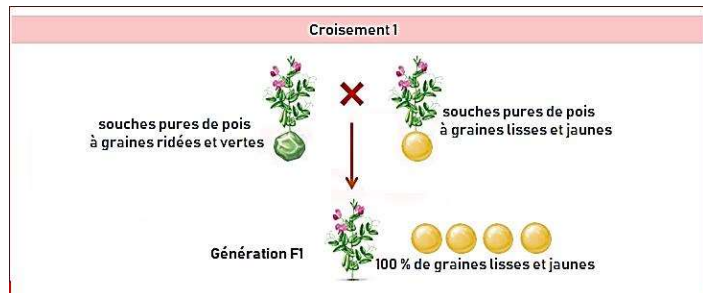
1- Cas de deux gènes indépendants :

Doc 10 : cas de deux gènes indépendants

Mendel étudie la descendance issue du croisement entre deux souches pures de pois, qui diffèrent par deux caractères : la couleur et l'aspect de la graine.

Premier croisement :

Il croise une variété à graines lisses et jaunes avec une variété à graines ridées et vertes ; il obtient une génération F1 dont toutes les graines sont lisses et jaunes. La figure suivante représente les résultats obtenus de ce croisement :



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)

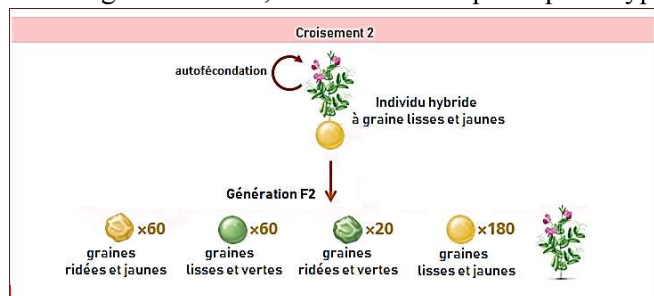
Deuxième croisement :

Mendel pratique une autofécondation chez les pois de la génération F1, il obtient en F2 quatre phénotypes :

Des combinaisons de caractères identiques à celle des parents.

Des combinaisons de caractères différents à celle des parents. Ces deux nouvelles combinaisons sont présentes chez un nombre de graines équivalent alors que les deux combinaisons parentales, elles, sont en nombres très différents.

La figure suivante représente les résultats obtenus de ce croisement :



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

Utiliser les symboles J et j pour le caractère « la couleur de la graine » et les symboles L et l pour le caractère « l'aspect de la graine »

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/ 25% J/,ℓ/ 25% j/,L/ 25% j/,ℓ/		25% J/,L/ 25% J/,ℓ/ 25% j/,L/ 25% j/,ℓ/

Echiquier de croisement :

Gamètes	J/,L/ 1/4	J/,ℓ/ 1/4	j/,L/ 1/4	j/,ℓ/ 1/4
J/,L/ 1/4	J//J,L//L [J ; L] 1/16	J//J,L//ℓ [J ; L] 1/16	J//j,L//L [J ; L] 1/16	J//j,L//ℓ [J ; L] 1/16
J/,ℓ/ 1/4	J//J,L//ℓ [J ; L] 1/16	J//J,ℓ//ℓ [J ; ℓ] 1/16	J//j,L//ℓ [J ; L] 1/16	J//j,ℓ//ℓ [J ; ℓ] 1/16
j/,L/ 1/4	J//j,L//L [J ; L] 1/16	J//j,L//ℓ [J ; L] 1/16	j//j,L//L [j ; L] 1/16	j//j,L//ℓ [j ; L] 1/16
j/,ℓ/ 1/4	J//j,L//ℓ [J ; L] 1/16	J//j,ℓ//ℓ [J ; ℓ] 1/16	j//j,L//ℓ [j ; L] 1/16	j//j,ℓ//ℓ [j ; ℓ] 1/16

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.

a- Croisement-test

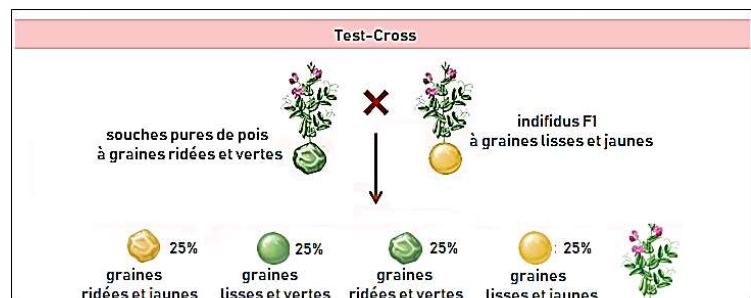
Doc 11 : Croisement-Test

Le croisement-test entre un hybrides F1 et le parent double récessif donne les résultats montré dans la figure suivante :

L'origine des combinaisons de caractères non parentales.

L'analyse statistique des résultats d'un croisement-test permet d'identifier les mécanismes chromosomiques du brassage génétique ainsi de savoir si les gènes sont portés par des chromosomes différents ou par un même chromosome.

Si les résultats du test-cross engendrent quatre phénotypes en quantités égales, cela montre que les gènes sont indépendants, portés par des chromosomes différents : les individus F1 ont produit 4 types de gamètes différents avec une probabilité égale lors du brassage interchromosomique.



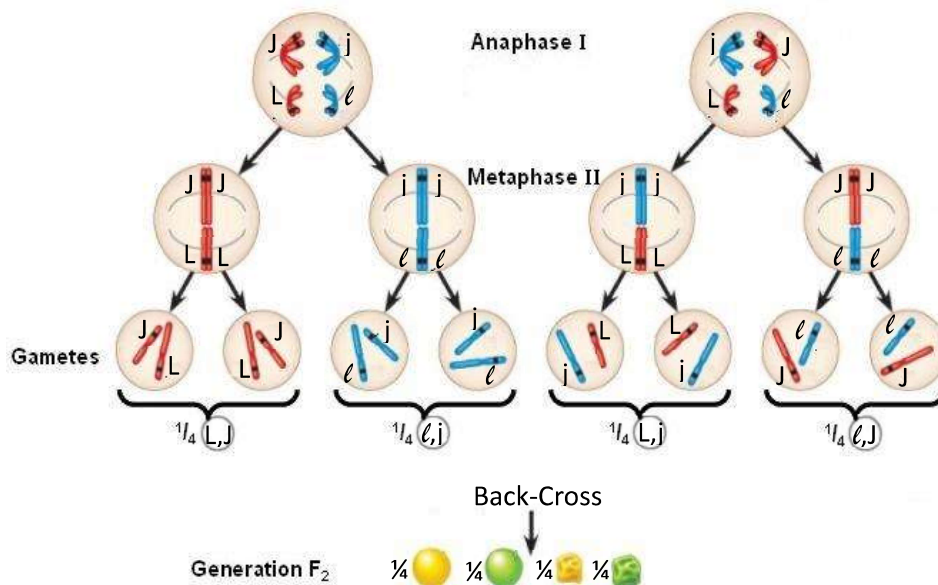
1- En exploitant les résultats du croisement-test, montrer, en justifiant votre réponse, que les deux gènes étudiés sont indépendants.

*Il s'agit d'un Test-Cross (Back-Cross), car on a croisé un individu de F_1 avec le parent double récessif.

* F_2 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_2 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.

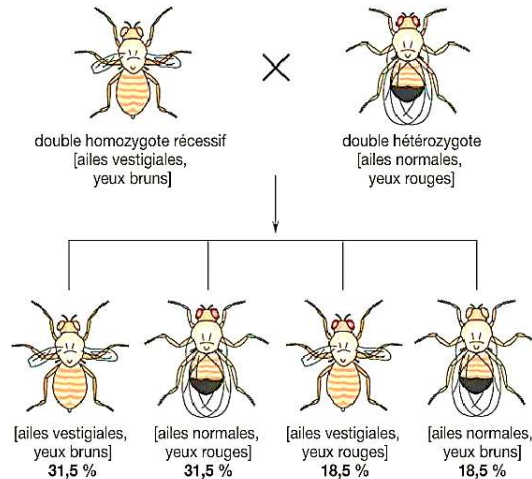
2- Cas de deux gènes liés

Doc 12 : cas de deux gènes liés

On réalise un croisement-test tout à fait comparable à celui comme avant. On s'intéresse cette fois-ci à deux caractères, l'un portant sur la longueur des ailes, l'autre sur la couleur des yeux :

- longueur des ailes : vestigiales (vg) ou normales (vg+)
- couleur des yeux : brun (br) ou rouge (br+)

Le croisement entre deux souches pures, l'une sauvage, l'autre mutante pour les deux caractères, donne des individus hétérozygotes F1 qui présentent tous un phénotype sauvage (ailes normales, yeux rouge). La figure ci-contre montre les résultats obtenus :



L'origine des combinaisons de caractères non parentales.

L'analyse statistique des résultats d'un croisement-test permet d'identifier les mécanismes chromosomiques du brassage génétique ainsi de savoir si les gènes sont portés par des chromosomes différents ou par un même chromosome.

*Si les résultats du test-cross donnent beaucoup plus de phénotypes parentaux que de phénotypes recombinés, cela montre que les gènes sont liés, portés par la même paire de chromosomes.

*Les phénotypes recombinés s'expliquent par le crossing-over en début de méiose, lors de la formation des gamètes des individus F1.

*Le faible nombre de phénotypes recombinés s'explique par le fait que le brassage intrachromosomique n'est pas systématique à chaque méiose pour les allèles considérés.

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.

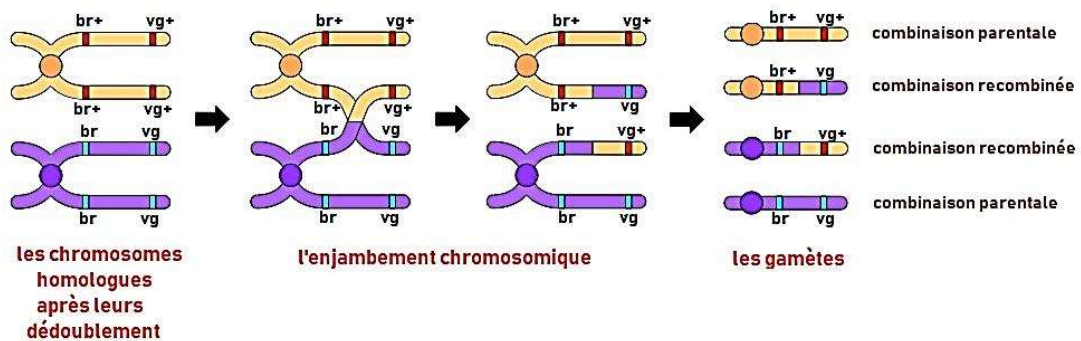
*il s'agit d'un Back-Cross (Test-Cross), car on a croisé un individu de F1 avec le parent double récessif

*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.

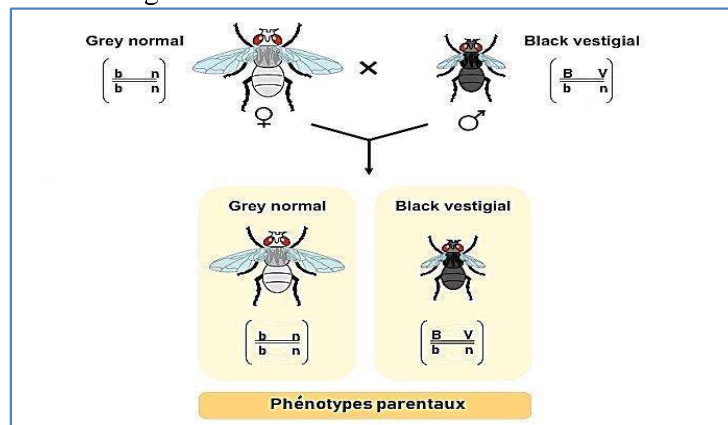
3- Déterminer le phénomène responsable de l'apparition des phénotypes non parentaux, expliquer ce phénomène par un schéma.

*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

Doc 13 : la distance entre les gènes

La carte factorielle d'un chromosome est établie à partir de l'analyse des résultats du brassage intrachromosomique. L'établissement de carte factorielle consiste à définir le nombre et la position des gènes sur les différents chromosomes.

Une étude statistique révèle que la proportion des recombinés est constante pour deux gènes liés. Elle varie selon les gènes considérés.

On interprète ces faits en admettant que :

-La probabilité pour qu'un crossing-over entraîne une recombinaison entre 2 gènes est d'autant plus grande que les loci de ces gènes sont éloignés. (loci = pluriel de locus = place occupée par un gène sur le chromosome)

-Le pourcentage de recombinaison (P) entre 2 gènes donnés est statistiquement constant, il mesure indirectement la distance entre les 2 loci.

-P (% de recombinaison) = distance entre les 2 loci (exprimée en centimorgan cM).

C'est l'un des étudiants de Morgan, A.H.Sturtevant qui a défini une unité de distance :

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

Doc 14 : Application

Afin d'étudier le mode de la transmission de deux caractères héréditaires chez la Drosophile, on réalise les deux croisements suivants :

Premier croisement : entre des femelles aux yeux rouges et ailes droites (P1) et des mâles aux yeux pourpres et ailes courbées (P2). La première génération obtenue F1 est constituée uniquement d'individus avec des yeux rouges et des ailes droites.

Remarque : le croisement inverse du premier croisement donne les mêmes résultats.

Deuxième croisement : entre des mâles aux yeux pourpres et ailes courbées et des femelles de F1, la génération F2 obtenue compte :

- 390 drosophiles aux yeux rouges et ailes droites.
- 380 drosophiles aux yeux pourpres et ailes courbées.
- 120 drosophiles aux yeux rouges et ailes courbées.
- 110 drosophiles aux yeux pourpres et ailes droites.

Utiliser les symboles *R* où *r* pour le caractère "couleur des yeux" et les symboles *D* où *d* pour le caractère "forme des ailes".

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 F1 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 courbées (d).

*F1 est homogène → parents de lignées pures selon la 1^{ère} 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 F1 avec le parent double récessif.

*F2 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 ₂)	×	femelle (F ₁)
Phénotypes :	[r, d]		[R, D]
Génotypes :	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$		$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$
	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ 100%		$\frac{R}{R} \frac{D}{D}$; $\frac{R}{R} \frac{d}{d}$; $\frac{r}{r} \frac{D}{D}$; $\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ 39% 12% 11% 38%

Echiquier de croisement :

σ P \ σ F1	$\frac{R}{R} \frac{D}{D}$ 39%	$\frac{R}{R} \frac{d}{d}$ 12%	$\frac{r}{r} \frac{D}{D}$ 11%	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ 38%
$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$	$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$ 39% [R, D]	$\frac{R}{r} \frac{d}{d}$ 12% [R, d]	$\frac{r}{r} \frac{D}{d}$ 11% [r, D]	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ 38% [r, d]

les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

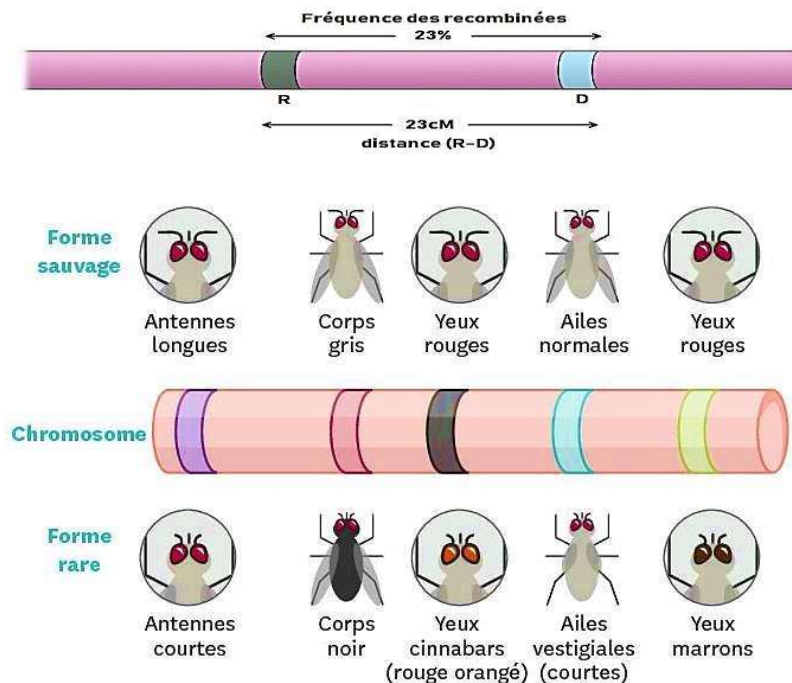
3. **Etablissez** la carte factorielle des deux gènes étudiés en montrant les étapes suivies dans cette réalisation.

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

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

La distance séparant les deux gènes est 23cMg

La représentation de la carte factorielle :



doc : une carte factorielle simplifiée chez la drosophile.

Apprendre.SVT.Efficacement ©