

Génétique mendélienne : Lois statistiques et lois de Mendel.

Prérequis :

- .. Information génétique ; cycle cellulaire ; duplication de l'ADN
- .. Expression de l'information génétique : Du gène à la protéine
- .. Les mutations et la diversité allélique
- .. La reproduction sexuée : Cycle monogénétique diplophasique
- .. La méiose, la fécondation et le brassage génétique

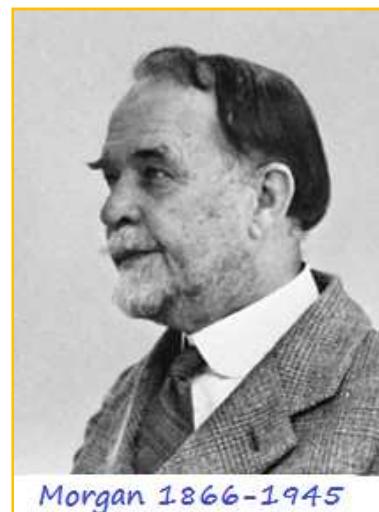
À partir de ses travaux, Mendel a déduit que les caractères héréditaires sont liés à des éléments indépendants que l'on hérite des parents. À présent, on sait que ces éléments sont les gènes.

À partir des croisements effectués sur des lignées de pois, Mendel a proposé des lois statistiques simples pour expliquer la transmission des caractères héréditaires à travers la reproduction sexuée. Mendel a élaboré aussi trois lois qu'on appelle « Lois de Mendel ».

Morgan quand a lui, a effectué des croisements sur des races de drosophile. Ces travaux ont été couronnés par la théorie chromosomique de l'hérédité qui stipule que les gènes occupent des emplacements précis et spécifiques sur les chromosomes. Ces emplacements sont dits « locus ».



Mendel 1822 - 1884



Morgan 1866-1945

- .. Quel est le contenu des lois statistiques et des lois de Mendel ?
- .. Comment Morgan a-t-il pu déterminer l'emplacement des gènes sur les chromosomes ?
- .. Comment les travaux de Mendel et Morgan ont-ils précisé le rôle de la reproduction sexuée ?

Unité 1 : Monohybridisme : Cas d'un allèle dominant et d'un allèle récessif ; Transmission autosomale.

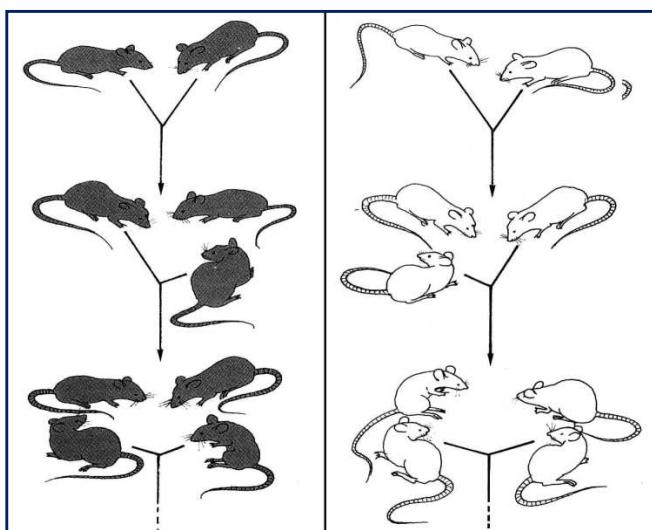
Lorsqu'on croise deux races qui diffèrent par un caractère héréditaire étudié, on parle de monohybridisme. Puisqu'il s'agit d'organismes diploïdes, on parle aussi de la transmission de deux couples d'allèles à travers la reproduction sexuée.

- Que veut dire « races pures », et quel est l'intérêt de leur utilisation dans les croisements expérimentaux ?
- Comment interpréter les résultats statistiques issus d'un croisement de races pures dans le cas du monohybridisme ?

A- Importance des lignées pures.

Au sein d'une population expérimentale, pour obtenir une lignée pure (race pure), on effectue des croisements pour plusieurs générations, et à chaque fois on élimine les individus qui portent le phénotype non désiré et on utilise les individus qui portent le phénotype recherché dans le croisement suivant. Lorsqu'on obtient une génération homogène, on dit que l'on a affaire à une lignée pure.

Le point de départ (parenté « P ») des études de Morgane et de Mendel, consiste à croiser deux lignées pures qui portent respectivement les phénotypes opposés correspondant au(x) caractère(s) étudié(s). Lorsqu'on s'intéresse à l'étude d'un seul caractère héréditaire, on parle de monohybridisme. Dans le cas de deux caractères, on dit « dihybridisme ». Le comportement des chromosomes au cours de la méiose et la fécondation est indépendant de la nature des allèles portés par les locus des gènes. Le choix des lignées pures facilite au chercheur la mise en évidence de plusieurs phénomènes : dominance ; récessivité ; brassage génétique ...



Document 1 :

B- Exemple de monohybridisme chez les souris.

Les deux lignées pures croisées sont appelées « lignées parentales (P) ». La première génération est notée **F1**. Le croisement des individus de **F1** entre eux donne une deuxième génération **F2**. Les individus de **F1** sont appelés « hybrides ».

Race pure à poils blancs **x** Race pure à poil gris \Rightarrow **F1** : 100 % souris grises

F1 x F1 \Rightarrow **F2** : Souris blanches : 99 / 390 ; Souris grises : 291 / 390

Document 2 : Résultat d'un monohybridisme chez les souris.

.C- Notion de dominance et de récessivité :

- ▶ Chaque organisme diploïde porte deux allèles pour chaque gène correspondant à un caractère héréditaire donné. Les allèles occupent des emplacements spécifiques au niveau des chromosomes (locus).
- ▶ Si l'individu porte deux exemplaires du même allèle respectivement sur les deux chromosomes homologues ; il est homozygote. Dans le cas contraire, on dit qu'il est hétérozygote.
- ▶ Chez un organisme hétérozygote, on peut trouver que seulement l'un des deux allèles qui s'exprime. C'est l'allèle dominant. L'autre est dit récessif.

Document 3 :

.D- L'interprétation chromosomique.

- ▶ L'interprétation chromosomique désigne la représentation du devenir des couples d'allèles à travers la méiose et la fécondation. Ce qui permet d'interpréter les résultats statistiques du croisement.
- ▶ L'échiquier de croisement fait partie de l'interprétation chromosomique. Il représente tous les cas de figure de fécondation et les génotypes et les phénotypes qui en résultent ; ainsi que les proportions correspondant à chaque cas.

Document 4 :

.E- Le croisement test (test-cross):

Le génotype des souris blanches de F2 est ($b//b$). Pour les souris grises, on ne peut pas déterminer le génotype à partir du phénotype. On a deux hypothèses : ($G//G$) ou ($G//b$). Pour déterminer le génotype d'un individu [G] ; on le croise avec un individu de phénotype récessif [b]. C'est le croisement test.

Document 5 :

Exploitation des documents :

- 1-** Quel est l'intérêt de l'utilisation des lignées pures (races pures).
- 2-** Réalisez l'interprétation chromosomique du 1^{er} et du 2^e croisement.
- 3-** Pourquoi les souris de génotype ($G//b$) portent-elles le phénotype [G] ?
- 4-** Déduisez une loi statistique à partir des résultats du deuxième croisement.
- 5-**
 - ▶ Réalisez l'interprétation chromosomique du croisement test pour les deux hypothèses envisagées.
 - ▶ Que peut-on déduire
 - ▶ Justifiez l'appellation « croisement-test » / « test-cross ».

Unité 2 : Monohybridisme : Cas de la codominance et cas de l'allèle létal.

- La codominance désigne le fait que deux allèles d'un même gène participent en commun à la détermination du phénotype.
- Un allèle létal est une forme mutante d'un gène, qui entraîne la mort de l'individu à l'état homozygote s'il est récessif ou hétérozygote s'il est dominant.
- Quelles sont les lois statistiques correspondant respectivement au cas de la codominance, et au cas de l'allèle létal (Transmission autosomique) ?

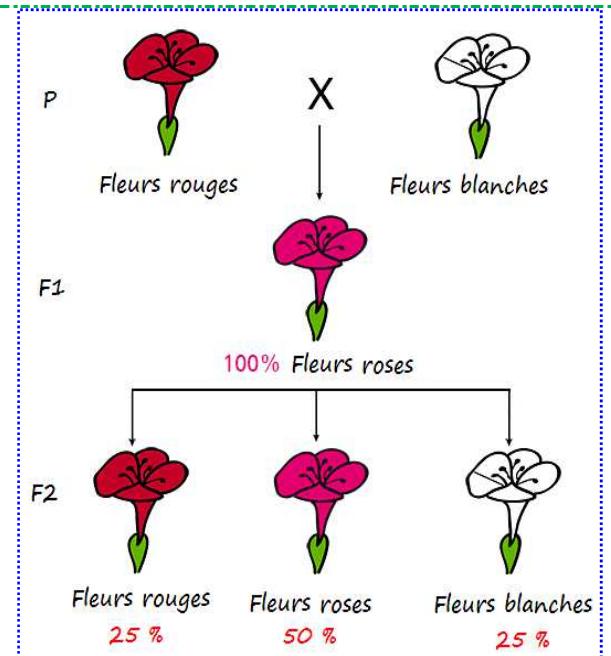
.A- Cas de la codominance :

On croise deux lignées pures de la Belle de nuit ; l'une à fleurs rouges, l'autre à fleurs blanches.

- Tous les individus de la première génération F1 portent le phénotype « rose ».
- Le croisement F1 x F1 donne une génération F2 qui comporte :
25 % de plantes à fleurs rouges ;
50 % de plantes à fleurs roses ;
25 % de plantes à fleurs blanches.

Documents 1 :

Monohybridisme chez la Belle de nuit.



.B- Cas de l'allèle létal :

Chez les souris, on étudie deux allèles qui déterminent la couleur du pelage. Un allèle responsable de la couleur jaune (J ou j), et un allèle responsable de la couleur noire (N ou n).

- Le croisement entre les souris noires donne toujours des souris noires (100 %).
- Le croisement entre les souris noires et les souris jaunes donne toujours 50 % souris noires et 50 % souris jaunes.
- Le croisement entre les souris jaunes donne toujours 2/3 souris jaune et 1/3 souris noires.

Document 2 : Exemple d'allèle létal chez les souris.

Exploitation des documents :

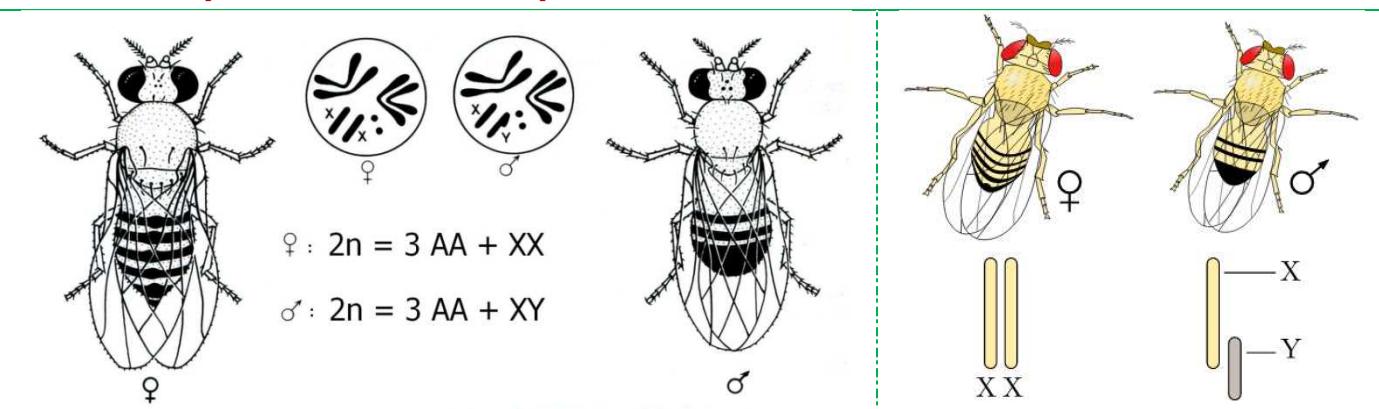
- Après avoir choisi deux symboles convenables pour représenter les deux allèles, donnez l'interprétation chromosomique des deux croisements représentés dans le document 1 ; et déduisez une loi statistique à propos de la génération F2.
- Déterminez l'allèle dominant et l'allèle récessif pour le cas étudié dans le document 2.
- Donnez l'interprétation chromosomique des trois croisements ; et interprétez les résultats obtenus (document 2).
- Déduisez une loi statistique concernant le croisement 3 du document 2.

Unité 3 : Monohybridisme : Cas d'un caractère lié au sexe.

Le mode de transmission des caractères étudiés dans les exemples précédent est le même quel que soit le sexe. On dit alors que ces caractères ne sont pas liés au sexe. Autrement dit, les gènes sont situés sur des locus portés par des Autosomes. L'exemple présent concerne un gène porté par le chromosome X, ou plus précisément la partie propre à X.

- Quelles sont les particularités des gènes liés au sexe ?
- Comment réaliser l'interprétation chromosomique dans le cas des caractères (gènes) liés au sexe ?

A- La drosophile : Un modèle expérimental de choix.



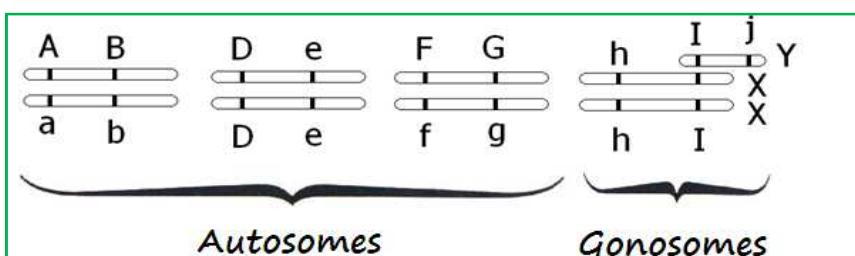
Morgan a réalisé plusieurs croisements chez la drosophile. C'est un insecte facile à élever, qui se reproduit rapidement et qui possède un caryotype relativement simple : $2n=8$.

Document 1 : Les spécificités expliquant le choix de la drosophile comme modèle expérimental.

B- Emplacement des gènes sur les chromosomes : Les locus.

Les gènes occupent au niveau des chromosomes des emplacements spécifiques dits « locus ».

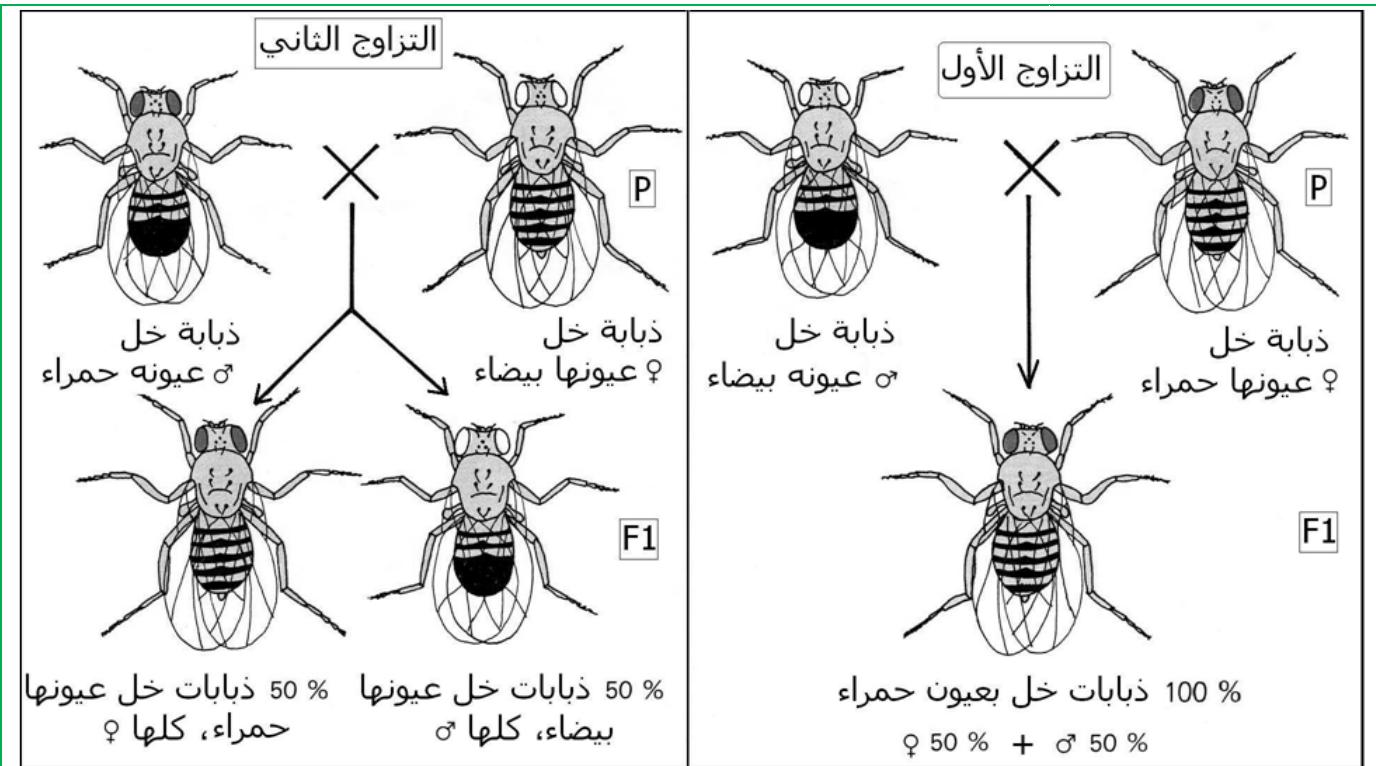
Deux chromosomes homologues portent sur le même locus les allèles du même gène. Les gènes liés au sexe se répartissent en trois catégories :



- Des gènes portés par la partie propre à X.
- Des gènes portés par la partie propre à Y.
- Des gènes portés par la partie commune entre X et Y. La majorité des cas étudiés par Morgan concerne des gènes portés par la partie propre à X. C'est pourquoi on considère à tort que le chromosome Y est « vide ».

Document 2 : Modèle simplifié représentant certains locus théoriques sur les chromosomes de la drosophile.

C- Étude de la couleur des yeux chez la drosophile :



Dans chacun des deux croisements, on a utilisé les mêmes races pures. La différence réside dans le choix des mâles et des femelles de l'une ou de l'autre race.

Document 3

Dans le cas d'un gène lié au sexe et porté par la partie propre à X, on représente les génotypes de la façon suivante :

Chez la femelle le génotype est soit homozygote ou hétérozygote : (X^AX^A) ; (X^AX^a) ; (X^aX^a)

Chez le mâle, seul le chromosome X porte un allèle : (X^AY) ; (X^aY) .

Document 4 : La représentation des génotypes dans le cas d'un gène lié au sexe.

Exploitation des documents :

- .1- Réalisez l'interprétation chromosomique des deux croisements du doc 3.
- .2- Quels sont les résultats qu'on doit obtenir dans le cas du croisement $F_1 \times F_1$ pour les deux cas ?
- .3- Déduisez, à partir des résultats des croisements, un critère qui permet d'identifier un gène lié au sexe.

Unité 4 : Dihybridisme : Cas de deux caractères indépendants et non liés au sexe

Dans le cas du dihybridisme, on croise deux lignées pures qui diffèrent par deux caractères héréditaires. Si les locus des gènes sont situés sur le même couple de chromosome homologue, on dit que les caractères sont liés. S'ils sont situés sur deux couples différents de chromosomes homologues, on dit que les deux caractères sont indépendants. Dihybridisme = étude de deux caractères héréditaires = Étude de deux couples d'allèles.

- Quelles sont les lois statistiques qui découlent des résultats des croisements dans le cas de deux caractères indépendants et non liés au sexe ?

$$\left(\begin{array}{c} A \\ a \end{array} \quad \begin{array}{c} B \\ b \end{array} \right) \quad [A, B]$$

Document 1 : Convention d'écriture du phénotype et du génotype dans le cas de deux gènes indépendants portés par des autosomes.

Croisement I : On croise deux lignées pures de drosophiles ; l'une sauvage à ailes longues et corps gris ; l'autre mutante à ailes vestigiales et corps ébène. Tous les individus de F1 présentent le phénotype sauvage.

Document 2 : Résultat du croisement de deux lignées pures présentant deux phénotypes opposés.

Croisement II : F1 x F1 → F2 :

1458 mouches à ailes longues et corps gris ; **458** mouches à ailes longues et corps ébène.

450 mouches à ailes vestigiales et corps gris ; **152** mouches à ailes vestigiales et corps ébène.

Document 3 : Les résultats statistiques du croisement F1 x F1

Résultats = Phénotypes et proportions (%).

Croisement III : Backcross : On croise les individus de F1 avec la race pure parentale présentant le phénotype récessif, « ailes vestigiales et corps ébène » ; et on obtient une génération F2 :

228 mouches à ailes longues et corps gris ; **230** mouches à ailes longues et corps ébène.

240 mouches à ailes vestigiales et corps gris ; **235** mouches à ailes vestigiales et corps ébène.

Document 4 : Les résultats statistiques du backcross.

Exploitation des documents :

.1- À partir des résultats du croisement I, déterminez pour chaque caractère l'allèle dominant et l'allèle récessif ; et choisissez un symbole pour chaque allèle.

.2- En tenant compte du brassage interchromosomique, réalisez l'interprétation chromosomique des trois croisements, sachant que les deux caractères sont indépendants et non liés au sexe.

.3- Déduisez deux lois statistiques concernant le deuxième et le troisième croisement.

Définitions :

Phénotype parental : Phénotype correspondant à l'une des lignées pures de départ (P).

Phénotype recombiné : Phénotype ne correspondant à aucune des deux lignées pures de départ. C'est un phénotype issu de la recombinaison génétique (brassage intrachromosomique ou interchromosomique). Les individus ressemblent à une lignée parentale pour un caractère et à l'autre lignée pour le deuxième caractère.

Unité 5 : Dihybridisme : Cas de deux gènes liés et non liés au sexe.

Dans cet exemple, on étudie deux caractères chez la drosophile : La forme des ailes et la couleur des yeux.

Quels sont les critères qui permettent de reconnaître les caractères liés à partir des résultats des croisements ?

- Comment Morgan a-t-il interprété les résultats du backcross ?

$$[A, B] \left(\begin{array}{c} A \\ \hline a & B \\ b \end{array} \right)$$

Document 1 : Convention d'écriture du phénotype et du génotype dans le cas de deux couples d'allèles portés par un couple d'autosomes homologues.

Croisement I : On croise deux races pures de drosophiles ; l'une sauvage à ailes longues et yeux rouges ; l'autre mutante à ailes vestigiales et yeux pourpres. Tous les individus de F1 expriment le phénotype sauvage : « Ailes longues et yeux rouges ».

Document 2 : Résultat du croisement I.

Backcross I : On effectue un croisement entre les femelles de **F1**, et les mâles de la lignée pure parentale présentant le phénotype mutant pour les deux caractères. (Individus double récessifs).

On obtient une génération **F2** constituée de :

873 mouches à ailes longues et yeux rouges

864 mouches à ailes vestigiales et yeux pourpres

115 mouches à ailes longues et yeux pourpres

120 mouches à ailes vestigiales et yeux rouges

Backcross II : On effectue un croisement entre les mâles de **F1**, et les femelles de la lignée pure parentale présentant le phénotype mutant pour les deux caractères. (Individus double récessifs).

On obtient une génération **F'2** constituée de :

755 mouches à ailes longues et yeux rouges

740 mouches à ailes vestigiales et yeux pourpres.

Document 3 : Résultats statistiques des deux backcross.

Morgan a pu déterminer la distance entre les locus des gènes étudiés. Et ceci en proposant une unité théorique de mesure de la distance qui se définit comme suit :

- La longueur totale de chaque chromosome est égale à 100 centimorgan (100 CMg) quelle que soit sa longueur euclidienne réelle.
- La distance entre deux locus correspond au pourcentage des phénotypes recombinés issus du backcross. Cette distance représente aussi la probabilité du crossing-over ou le pourcentage des chromatides recombinées.

Document 3 :

Exploitation des documents :

.1- À partir des résultats du premier croisement, déterminez les deux allèles dominants et les deux allèles récessifs (choisissez les symboles des allèles)

.2- Interprétez les résultats des deux backcross, sachant que le crossing-over chez la drosophile n'a lieu que chez les femelles (cas particulier pour cette espèce)

.3- Effectuer l'interprétation chromosomique des deux backcross, déduisez la distance entre les deux locus et réalisez la carte factorielle pour les deux gènes étudiés.

.4- Déduisez le critère qui permet de reconnaître les caractères liés.

Définitions :

La carte factorielle : C'est la détermination de la position des locus des gènes sur les chromosomes, en fonction du taux de recombinaison génétique. Son unité de distance est le centimorgan (cMg).

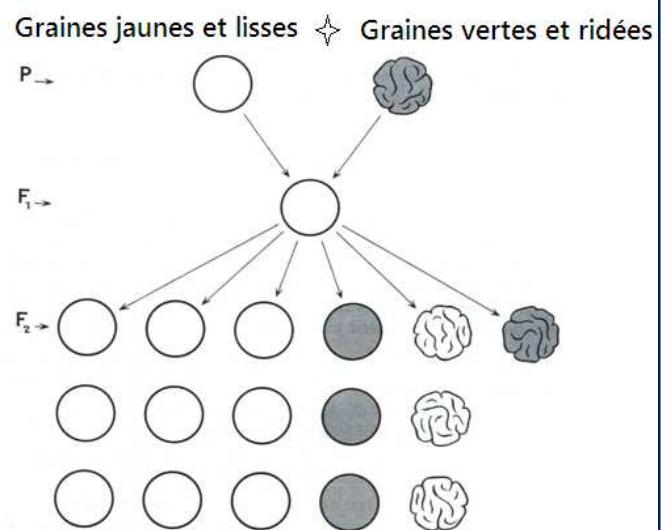
Unité 6 : Les trois lois de Mendel.

Première loi de Mendel : Loi de l'uniformité des hybrides de la première génération : Lors du croisement de deux lignées pures différentes, les hybrides constituant la génération F1 sont homogènes ; c'est-à-dire ils portent le même phénotype.

Deuxième loi de Mendel : La loi de pureté des gamètes : Les gamètes ne possèdent qu'un seul allèle pour chacun des caractères (ou gènes) étudiés.

Troisième loi de Mendel : La loi de la disjonction indépendante des couples d'allèles : La distribution des couples d'allèles dans les gamètes se fait de façon indépendante.

Expliquez les trois lois de Mendel et précisez leurs exceptions



Les travaux de Mendel et de Morgan

Lois statistiques

Lois de Mendel

Informations sur les gènes et les allèles

Les gènes

Les allèles

Les locus des gènes sont situés sur des autosomes ou sur les gonosomes. Gènes indépendants
Gènes liés : Linkage absolu # Linkage relatif.

Dominance #
Récessivité #
Codominance #
Allèle dominant létal

Les lois statistiques et leurs significations

Lois statistiques	Cas correspondants
3/4 ; 1/4	Monohybridisme ; Gene non lié au sexe ; Dominance ; F1 x F1
3/4 ; 1/4	Dihybridisme ; Deux caractères non liés au sexe ; Dominance pour les deux gènes ; Linkage absolu ; Absence du crossing-over du fait de la faiblesse de la distance entre les deux locus ; F1 x F1
1/2 ; 1/2	Monohybridisme ; Gene non lié au sexe ; Dominance ; backcross
1/2 ; 1/2	Dihybridisme ; Deux gènes non liés au sexe ; Dominance pour les deux caractères ; Linkage absolu ; Absence du crossing-over du fait de la faiblesse de la distance entre les deux locus ; Backcross
1/4 ; 1/2 ; 1/4	Monohybridisme ; Codominance ; Gene autosomal ; F1 x F1
1/3 ; 2/3	Monohybridisme ; Gene non lié au sexe ; Allèle dominant létal en cas d'homozygotie. Croisement : dominant x dominant
1/16 ; 3/16 ; 3/16 ; 9/16	Dihybridisme ; Deux gènes non liés au sexe ; Dominance pour les deux caractères ; Caractères indépendants Croisement : F1 x F1
1/4 ; 1/4 ; 1/4 ; 1/4	Dihybridisme ; Deux gènes non liés au sexe ; Dominance pour les deux caractères ; Caractères indépendants Backcross
1/16 ; 1/16 ; 2/16 3/16 ; 3/16 ; 6/16	Dihybridisme ; Deux gènes non liés au sexe ; Dominance pour un caractère et codominance pour l'autre ; Caractères indépendants Croisement : F1 x F1
TP>> TR	Dihybridisme ; Dominance pour les deux caractères ; Linkage relatif ; backcross ; Le pourcentage des TR traduit la distance entre les deux locus.