

9 LA GÉNÉTIQUE

La génétique est la branche de la biologie qui traite de l'hérédité des caractères. **L'hérédité**, c'est l'ensemble des caractères transmis des parents aux descendants. Le développement de ces caractères est contrôlé par un code chimique qui est transmis aux descendants par les cellules reproductrices de ses parents. Ce code est contenu dans les gènes qui composent les chromosomes.

La génétique étudie donc la manière dont le couple gène/caractère est transmis à la descendance au cours de la reproduction.

9.1 La génétique Mendélienne

9.1.1 Début de la génétique

Gregor Mendel est aujourd'hui reconnu comme le père fondateur de la génétique, mais il n'en fut pas ainsi de son vivant. Johann Gregor Mendel naît le 22 juillet 1822 à Heisendorf, petit village de Moravie (Autriche), dans une famille paysanne. En 1843, il entra comme novice dans le couvent des Augustins où il fut ordonné prêtre en 1847. De 1851 à 1853 il étudia les sciences naturelles à Vienne. A partir de 1857, il entreprit dans le jardin du couvent des expériences de croisements sur des pois, des haricots et d'autres plantes.

À la suite de ces recherches, Mendel proposa une **théorie particulière de l'hérédité**. Dans la théorie de Mendel, les caractères sont déterminés par des unités discrètes qui se transmettent intactes au fil des générations. La cellule n'étant pas encore suffisamment étudiée en 1865, on ne reconnut pas alors l'importance de ses découvertes. L'importance de ses idées ne fut reconnue qu'aux environs de 1900, bien après sa mort. Le travail de Mendel est le prototype de l'analyse génétique. Il établit les règles d'une approche expérimentale et logique qui est toujours d'usage aujourd'hui.

9.1.2 Approche expérimentale de Mendel

Mendel a découvert les principes fondamentaux de l'hérédité en faisant se reproduire des plants de Pois (*Pisum sativum*). Mendel a choisi d'étudier les Pois parce qu'il en existe de nombreuses variétés. Ces variétés diffèrent entre elles par des **caractères**, une propriété héréditaire, comme la couleur des fleurs par exemple. En travaillant sur le Pois, Mendel était en mesure de déterminer et de contrôler l'identité des plantes qu'il croisait. Les organes reproducteurs du Pois se trouvent dans la fleur, qui contient à la fois les parties mâle et femelle (les étamines et le pistil). Normalement ces plantes s'**autofécondent** (les grains de pollen libérés par les étamines d'une fleur tombent sur le pistil de la même fleur). Pour effectuer une **pollinisation croisée** (fécondation entre deux plantes différentes), Mendel retirait les étamines immatures d'une plante avant qu'elles produisent du pollen, puis il saupoudrait du pollen provenant d'une autre plante sur la fleur ainsi castrée (*figure 60*). Chaque zygote obtenu de cette manière se développait pour donner un embryon enfermé

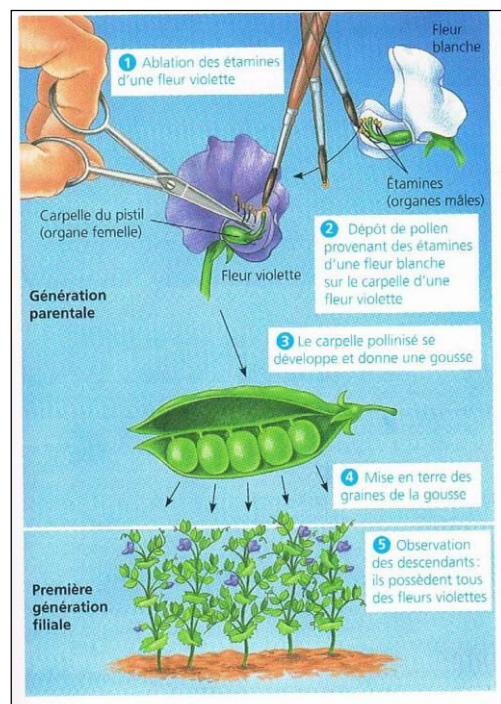


Figure 60 : Expérience de Mendel

dans une graine. Quelle que soit la méthode que Mendel choisissait (autofécondation ou pollinisation croisée), il était toujours sûr de connaître les parents des nouvelles semences.

Mendel limita son étude de l'hérédité à des caractères discontinus (caractères s'exprimant sous un nombre limité de formes). Par exemple, ses plantes possédaient des fleurs violettes ou blanches : il n'existait pas d'intermédiaire entre ces deux couleurs. Mendel a utilisé des variétés appartenant à une **lignée pure** (population dont les individus donnent des descendants identiques à eux-mêmes en ce qui concerne le caractère considéré). Dans ses expériences, il effectuait une pollinisation croisée entre deux variétés de Pois de lignée pure ayant au moins un caractère présentant deux variations différentes. Ce type de croisement est appelé **hybridation**. Si les deux variétés diffèrent par un caractère on parle de **monohybridisme**, par deux caractères, on parle de **dihybridisme**.

On nomme **génération P** (parentale) la génération des parents de lignée pure, et **génération F₁** (première génération filiale), celle des hybrides qui en sont issus. En permettant l'autofécondation des hybrides F₁, on obtient une **génération F₂** (deuxième génération filiale). Mendel suivait les caractères pendant trois générations au moins (P, F₁, F₂). C'est l'analyse de la génération F₂ qui lui a permis de formuler les deux principes fondamentaux de l'hérédité, aujourd'hui appelé **loi de ségrégation** et **loi de l'assortiment indépendant des caractères**.

Les travaux de Mendel semblent encore plus remarquables lorsqu'on considère qu'il fit toutes ses observations et formula ses lois sans avoir aucune connaissance des mécanismes cellulaires de l'hérédité (noyau, chromosomes, ADN, ...).

9.1.3 La loi mendélienne de la ségrégation :

Les deux allèles d'un gène vont dans des gamètes distincts.

Mendel a découvert cette loi à partir de croisement portant sur un seul caractère (croisement monohybride). Si l'on regarde l'expérience de croisement entre des Pois à fleurs violettes et des Pois à fleurs blanches tous deux issus de lignée pure (monohybridisme), on observe que les hybrides de la génération F₁ ont tous des fleurs de couleur violette.

Qu'est-il advenu chez les hybrides de la contribution génétique du Pois à fleurs blanches ? Si ce caractère avait été perdu, les plantes de la génération F₁ auraient produit uniquement des descendants à fleurs violettes (génération F₂). Or quand Mendel laissa les plantes hybrides (F₁) s'autoféconder, il a obtenu des fleurs violettes et blanches dans une proportion 3 : 1 (*figure 61*). Mendel en a déduit que le gène codant pour les fleurs blanches ne disparaît pas chez les plantes F₁, mais que la couleur de ces fleurs dépend uniquement de la présence du gène qui code pour la couleur violette. Mendel qualifia le caractère fleurs violettes comme **dominant** et le caractère fleurs blanches comme **récessif**.

Mendel a observé le même schéma d'hérédité dans le cas de six autres caractères du Pois présentant chacun deux variations.

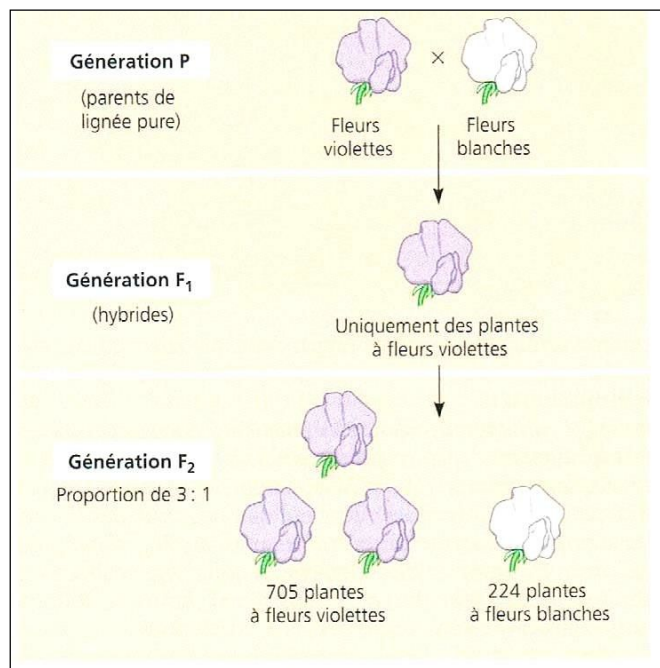


Figure 61 : Croisements sur trois générations

Voici comment Mendel expliqua les résultats de chacun des croisements :

1.- Les variations des caractères génétiques s'expliquent par les formes différentes que les gènes peuvent avoir.

Il existe deux formes d'un gène. Ces formes s'appellent des **allèles** (figure 62).

2.- Tout organisme hérite de deux allèles (semblables ou différentes) de chaque caractère, soit un du « père » et un de la « mère ».

Il faut se rappeler que tout organisme diploïde possède des paires de chromosomes homologues et que chaque membre d'une paire provient de l'un des deux parents. Conséquence, dans une cellule diploïde, chaque **locus** est présent en deux exemplaires. Les loci homologues peuvent porter le même allèle ou des allèles différents.

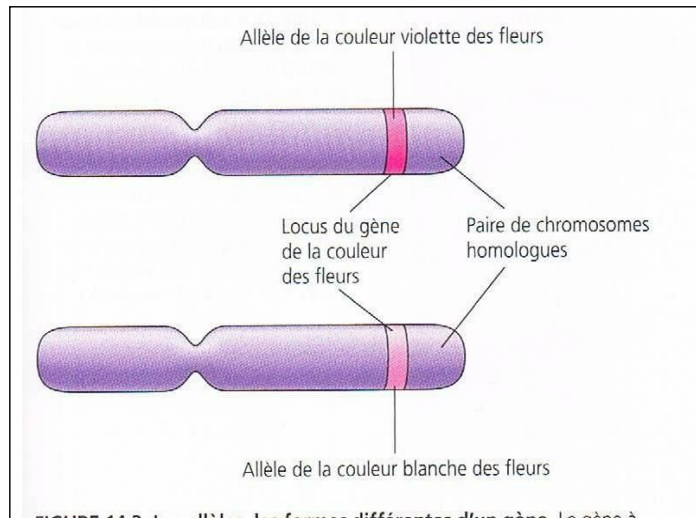


Figure 62 : Chromosome avec les allèles

3.- Si les deux allèles d'un gène sont différents, l'un d'eux, l'allèle **dominant**, s'exprime pleinement et marque l'apparence de l'organisme, alors que l'autre, l'allèle **récessif**, n'a pas d'effet notable sur celle-ci.

Cela explique pourquoi les plantes de la génération F₁ présentent des fleurs violettes parce que l'allèle correspondant à la couleur violette est dominant et que l'allèle pour la couleur blanche est récessif

4.- Il y a ségrégation des deux allèles de chaque caractère au cours de la formation des gamètes.

Les gamètes mâle et femelle d'un organisme reçoivent chacun un seul des deux allèles présents. Cette ségrégation correspond à la réduction du nombre de chromosomes pendant la méiose.

Pour vérifier l'hypothèse de la ségrégation, il suffit de vérifier si elle permet d'expliquer la proportion de 3 : 1 observée à la génération F₂. Les hybrides de la génération F₁ produiront deux catégories de gamètes. Au moment de la séparation des allèles, la moitié des gamètes recevront un allèle de couleur violette et l'autre moitié, un allèle de couleur blanche. Puis durant l'autofécondation, les gamètes s'uniront au hasard pour former un zygote qui pourra contenir une combinaison d'allèles parmi quatre possibles.

Une **grille de Punnett** (figure 63) est un tableau qui permet de prédire facilement les résultats de croisements génétiques entre individus de génotypes connus (le génotype est la constitution allélique d'un individu).

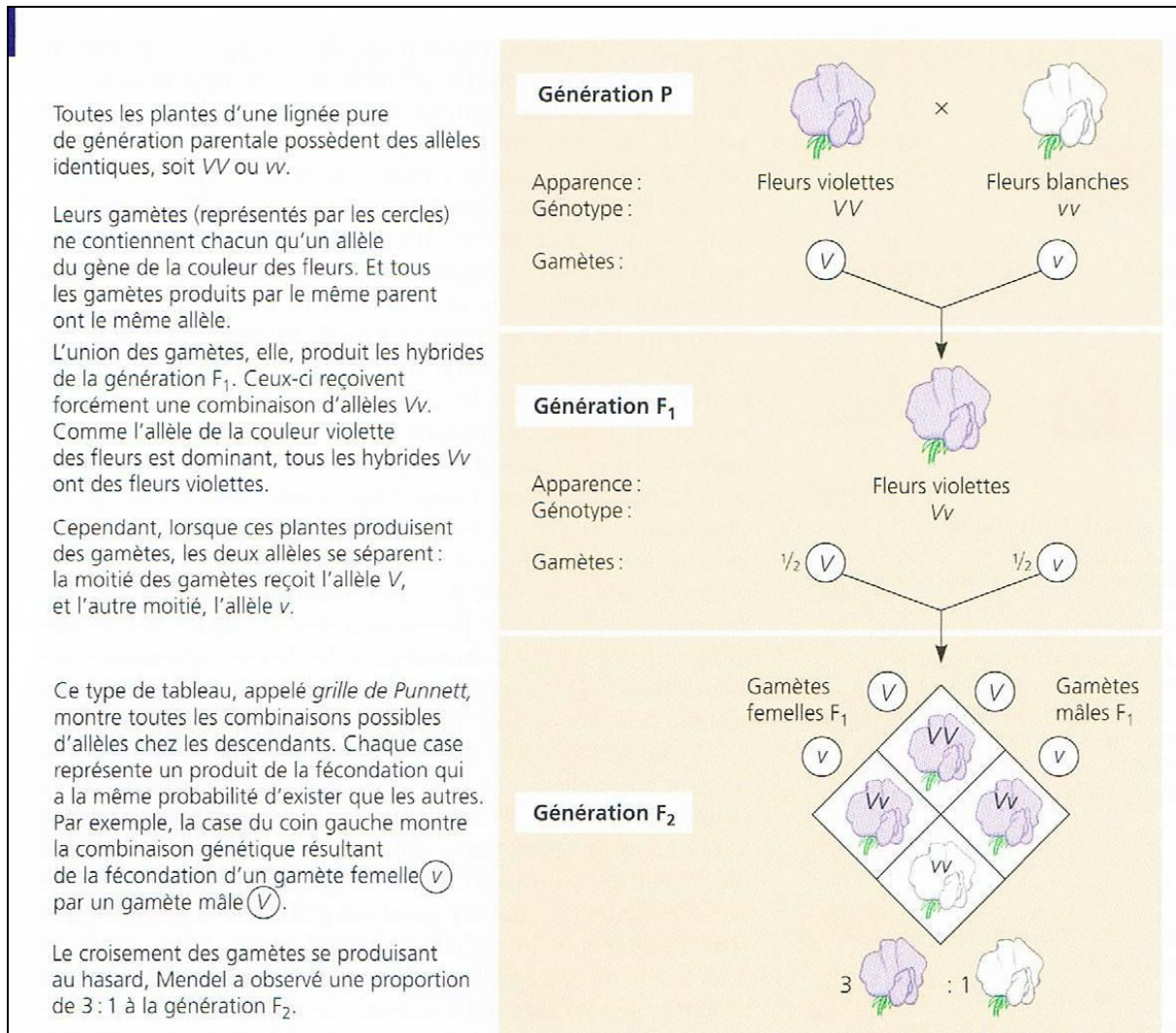


Figure 63 : Loi mendélienne de la ségrégation

9.1.3.1 Quelques termes utiles

- **Homozygotes (lignée pure)** : possèdent une paire d'allèles identiques (VV ou vv) (situés sur le même locus sur une même paire de chromosomes homologues). Les gamètes formés seront identiques.
- **Hétérozygotes (hybrides)** : possèdent deux allèles différents pour un caractère donné (Vv). Les gamètes formés seront différents.
- **Dominance** : propriété d'un allèle qui s'exprime totalement lorsqu'il est en présence d'un second qui, lui, ne s'exprime pas. Il peut s'exprimer dans le génotype homozygote dominant ou hétérozygote.
- **Récessivité** : propriété que possède un allèle de ne pas pouvoir se manifester en présence d'un allèle dominant. Il ne peut s'exprimer que dans le génotype homozygote récessif.

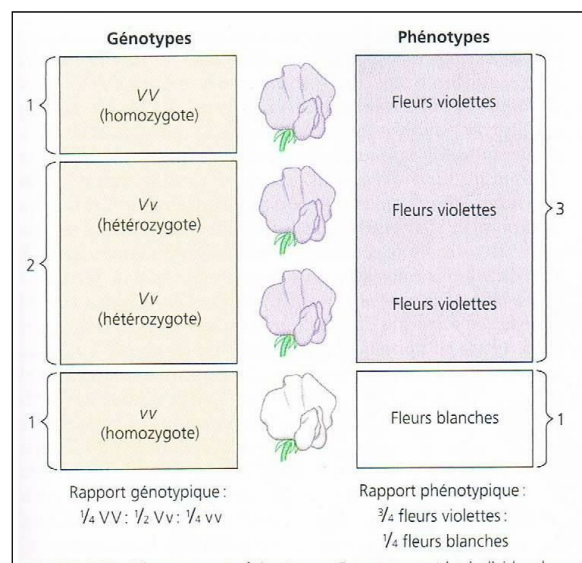


Figure 64 : Génotypes et phénotypes

En notation génétique, on désigne par des lettres majuscules les allèles dominants et par des lettres minuscules les allèles récessifs.

- **Phénotype** : apparence physique (ensemble des caractères apparents exprimés).
- **Génotype** : constitution génétique (combinaison des allèles) (figure 64).

9.1.3.2 Croisement contrôle (« testcross ») :

Si une plante, un animal ou une personne porte le phénotype dominant, il est impossible de déterminer d'après son apparence si l'organisme est homozygote ou hétérozygote. La seule solution est de croiser l'animal ou la plante avec un individu homozygote récessif (figure 65).

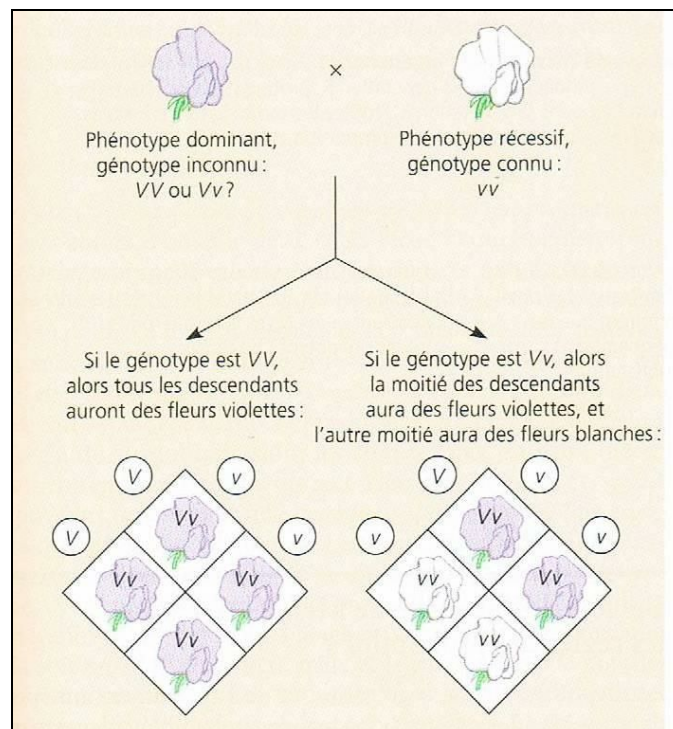


Figure 65 : Croisement contrôle

9.1.4 La loi mendélienne de l'assortiment indépendant des caractères

Les allèles des diverses paires se répartissent dans les gamètes indépendamment les uns des autres.

Lors d'une expérience suivante, Mendel croisa des variétés présentant deux caractères différents. Pour cette expérience, Mendel a choisi la couleur et la forme des graines : celles-ci peuvent être jaunes ou vertes, mais aussi rondes ou ridées. Les croisements monohybrides ont permis à Mendel de constater que l'allèle des graines jaunes est dominant (J), alors que l'allèle des graines vertes est récessif (j). Pour ce qui est de la forme des graines, l'allèle des graines rondes est dominant (R), et celui des graines ridées, récessif (r). Mendel a croisé deux variétés de Pois qui diffèrent par ces deux caractères à la fois (croisement dihybride). Si l'on croise une variété à graines jaunes et rondes ($JJRR$) avec une variété à graines vertes et ridées ($jjrr$), les plantes de la génération F_1 seront des individus hétérozygotes pour les deux caractères ($JjRr$). Est-ce que ces gènes sont-ils transmis ensemble des parents aux descendants ? (Figure 66).

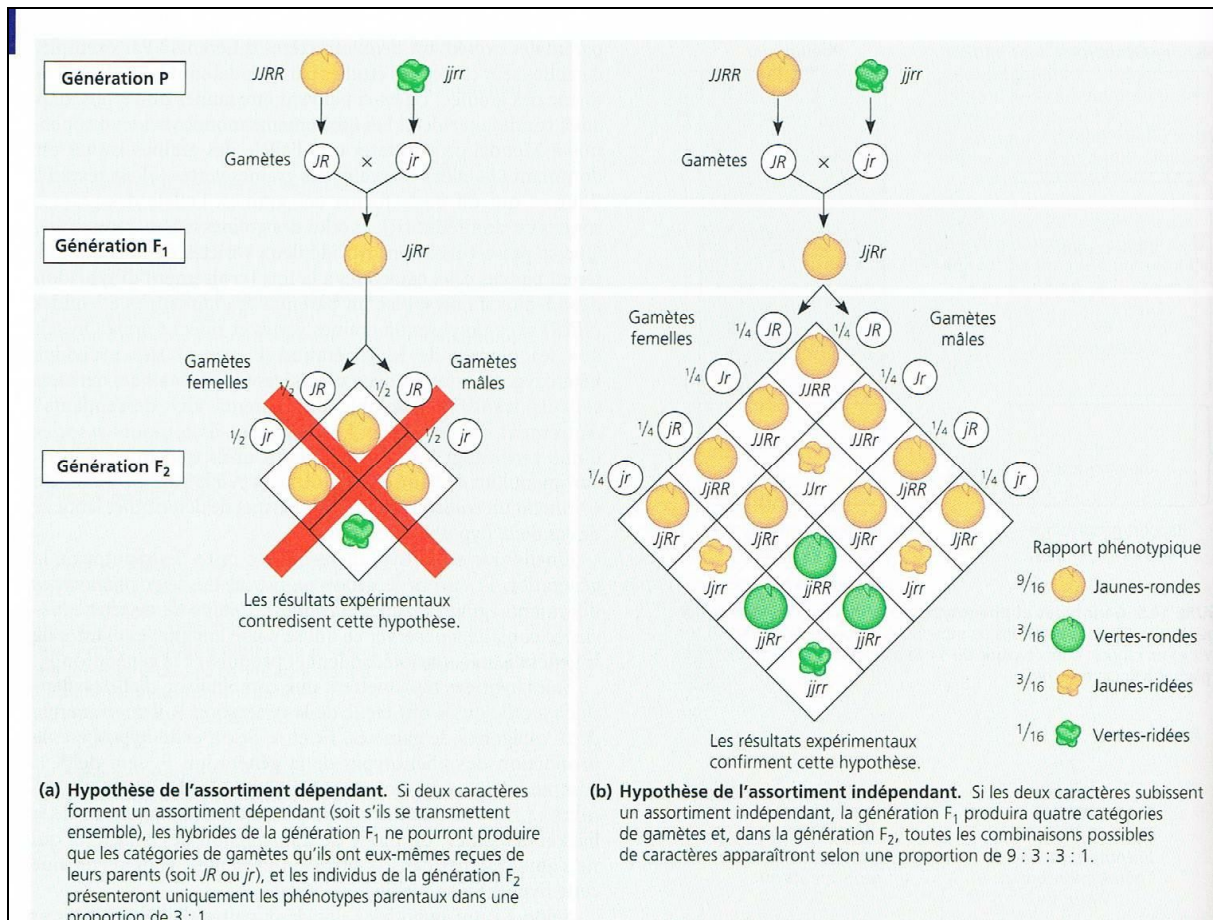


Figure 66 : Comparaison de deux hypothèses de la ségrégation dans le cas d'un croisement dihybride

Remarque : pour connaître le nombre de catégories de gamètes lorsqu'un problème à résoudre porte sur plusieurs caractères, il suffit d'appliquer la formule 2^n , où n représente le nombre de caractères considérés.

Les résultats expérimentaux lui ont permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle chaque caractère sélectionné chez le Pois est transmis de façon indépendante. En effet, chez les dihybrides ($JjRr$), la ségrégation des deux allèles de la couleur des graines n'est pas liée à celle des allèles de la forme des graines. Pour chaque caractère pris individuellement, la ségrégation se produit comme dans un croisement monohybride.

N.B Les lois de Mendel sont des lois statistiques et ne sont valables que pour de très grands nombres d'individus.

9.1.5 Généralisation des lois de la génétique mendélienne

Au cours du XXe siècle, les généticiens ont étendu les principes mendéliens à d'autres organismes que les Pois ainsi qu'à des modèles d'hérédité plus complexes que ceux décrits par Mendel. Celui-ci avait eu la chance de choisir des caractères dont la transmission génétique obéit à des lois relativement simples. Ainsi, chacun des caractères qu'il a étudiés est déterminé par un seul gène, pour lequel il n'existe que deux allèles, l'un étant complètement dominant par rapport à l'autre. Mais cela ne s'observe pas dans le cas de tous les caractères génétiques, même chez le Pois. Il est rare que la relation entre le génotype et le phénotype soit aussi simple. Malgré tout, la génétique mendélienne est

incontournable, car les principes fondamentaux de la ségrégation et de l'assortiment indépendant s'appliquent aussi aux modèles d'hérédité plus complexe.

9.1.5.1 Dominance incomplète

Certains gènes peuvent avoir une dominance incomplète, de ce fait, les hybrides de la génération F₁ auront un **phénotype intermédiaire**, situé entre les phénotypes des deux variétés parentales. Si l'on croise des Gueules-de-loup à fleurs rouges avec des Gueules-de-loup à fleurs blanches, tous les hybrides de la génération F₁ auront des fleurs roses (figure 67). Ce troisième phénotype apparaît chez les individus hétérozygotes, parce qu'ils produisent moins de pigment rouge que les homozygotes rouges (les deux allèles s'expriment avec la même intensité). Un croisement effectué entre des hybrides de la génération F₁ donne, à la génération F₂, une proportion phénotypique d'un individu rouge contre deux roses et un blanc.

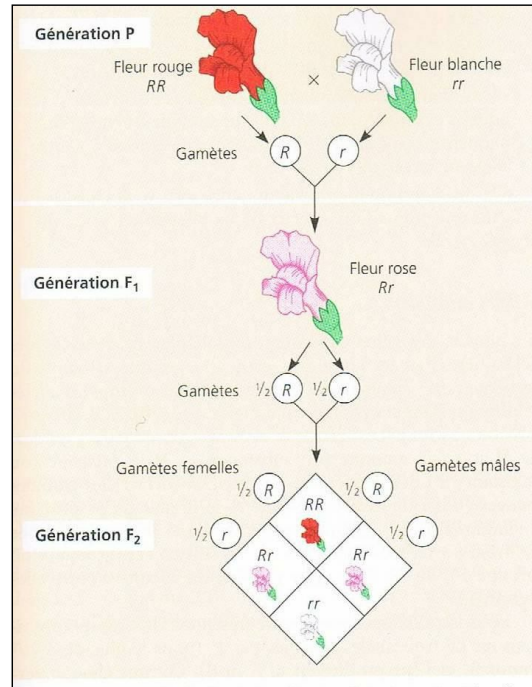


Figure 67 : Dominance incomplète

9.1.5.2 Codominance

Les deux allèles d'un gène se manifestent entièrement et de manière indépendante dans le phénotype. Prenons, par exemple, les groupes sanguins. Chez les Humains, les quatre groupes sanguins du système ABO (phénotypes) constituent un exemple de codominance. Dans ce système, un individu peut être A, B, AB ou O (figure 68). Les lettres A et B désignent deux protéines sucrées qui peuvent se trouver à la surface des globules rouges. Les globules rouges d'une personne peuvent porter l'une ou l'autre de ces substances (groupe A ou groupe B), ou les deux (groupe AB), ou aucune d'entre elles (groupe O). Les quatre groupes sanguins représentent différentes combinaisons de trois allèles désignés par I^A, I^B et i. Comme chaque personne est porteuse de deux allèles, il existe six génotypes. Les deux allèles I^A et I^B sont dominants par rapport à l'allèle i. Par conséquent, les individus de génotypes I^AI^A ou I^Ai sont du groupe A, et les individus I^BI^B et I^Bi sont du groupe B. Les homozygotes récessifs ii sont du groupe O. Les allèles I^A et I^B sont codominants, étant donné que les deux s'expriment ensemble dans le phénotype des individus hétérozygotes I^AI^B, qui sont du groupe sanguin AB.

(a) Phénotypes (groupe sanguin)	(b) Génotypes	(c) Anticorps présents dans le plasma sanguin	(d) Réactions lorsque des globules rouges (sans le plasma) des groupes sanguins ci-dessous sont ajoutés au plasma des groupes sanguins de gauche			
			A	B	AB	O
A	I ^A I ^A ou I ^A i	Anti-B	Agglutination	Agglutination	Agglutination	Agglutination
B	I ^B I ^B ou I ^B i	Anti-A	Agglutination	Agglutination	Agglutination	Agglutination
AB	I ^A I ^B	—	Agglutination	Agglutination	Agglutination	Agglutination
O	ii	Anti-A Anti-B	Agglutination	Agglutination	Agglutination	Agglutination

Figure 68 : Groupes sanguins du système ABO

9.2 Bases chromosomiques de l'hérédité

Le fondement physique de l'hérédité mendélienne réside dans le comportement des chromosomes au cours des cycles de développement sexuels. Les biologistes ont remarqué des analogies entre le comportement des chromosomes et celui des facteurs particuliers de Mendel. Par exemple, dans les cellules diploïdes, les chromosomes forment des paires, tout comme les gènes. À la suite de cette découverte, la théorie chromosomique de l'hérédité a pris forme peu à peu. Selon cette théorie, les gènes mendéliens sont situés sur les chromosomes, et ce sont ces derniers qui subissent les phénomènes de la ségrégation et de l'assortiment indépendant (*figure 69*).

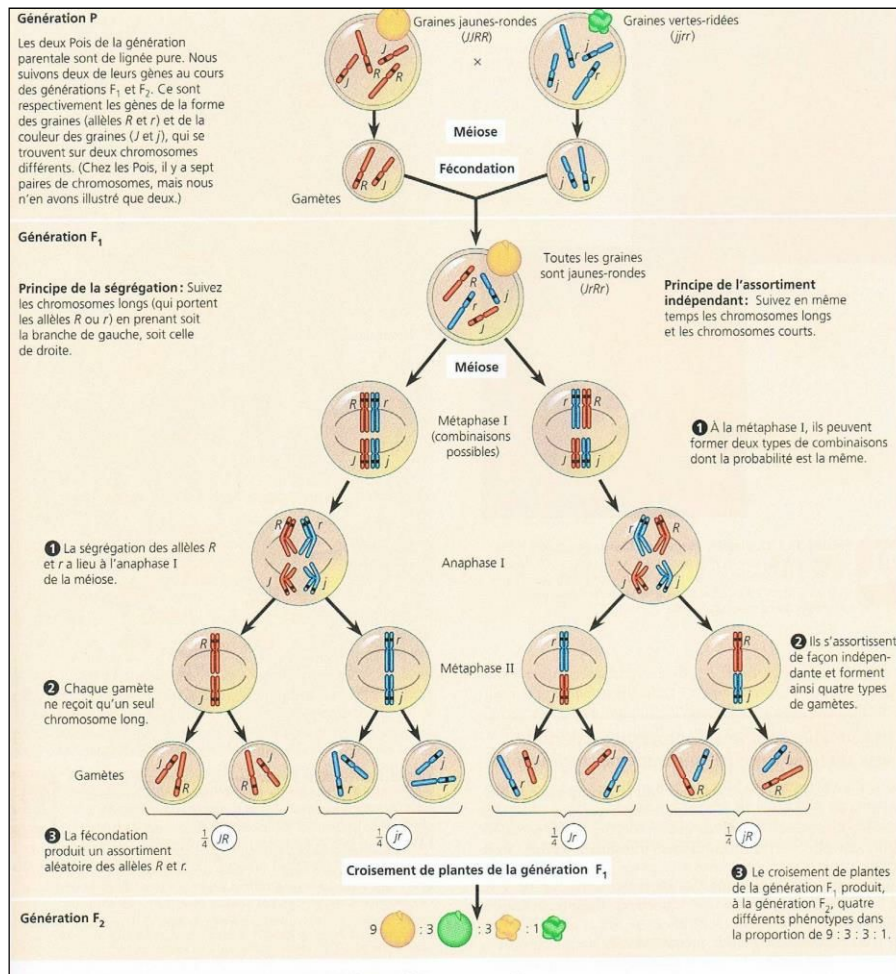


Figure 69 : Les fondements chromosomiques des lois de Mendel

9.2.1 Les gènes liés

Dans une cellule, les chromosomes sont beaucoup moins nombreux que les gènes ; en fait, chaque chromosome porte des centaines, voire des milliers de gènes. Lors des croisements, les gènes sont plus souvent qu'autrement transmis ensemble s'ils se trouvent sur le même chromosome, parce que celui-ci se comporte comme une seule unité. Ces gènes sont appelés **gènes liés**, et le mode de transmission des caractères, **liaison génétique**. Lorsque l'on suit les gènes liés au cours d'expériences de croisement, on observe des résultats différents de ceux de Mendel car ces gènes n'obéissent pas à la loi mendélienne de l'assortiment indépendant.

Dans l'expérience de Morgan effectuée sur des Drosophiles (*figure 70*), il a étudié les gènes de la couleur du corps et de la taille des ailes. Les Drosophiles du type sauvage ont le corps gris et des ailes normales. Morgan a observé des mutations de ces caractères : certaines de ses Drosophiles avaient le

corps noir et des ailes vestigiales (beaucoup plus petites que la normale). Morgan a croisé des *Drosophiles* de type sauvage et de lignée pure avec des individus au corps noir et aux ailes vestigiales. A la génération F₁, il a obtenu des dihybrides ayant le phénotype sauvage. Puis il a croisé des femelles dihybrides avec des mâles ayant le phénotype mutant (croisement de contrôle mendélien). Selon la loi mendélienne de l'assortiment indépendant des caractères, ce croisement aurait dû produire quatre phénotypes en un nombre à peu près égal. Mais l'expérience a donné un résultat différent : parmi les descendants, il y avait un nombre plus élevé d'individus du type sauvage et de mutants. Ces deux phénotypes sont ceux de la génération P et des parents utilisés dans le croisement de contrôle. Morgan a conclu que le caractère de la couleur du corps et celui de la forme des ailes sont transmis ensemble, parce que les gènes se trouvent sur le même chromosome. La présence de deux autres phénotypes s'explique par des enjambements.

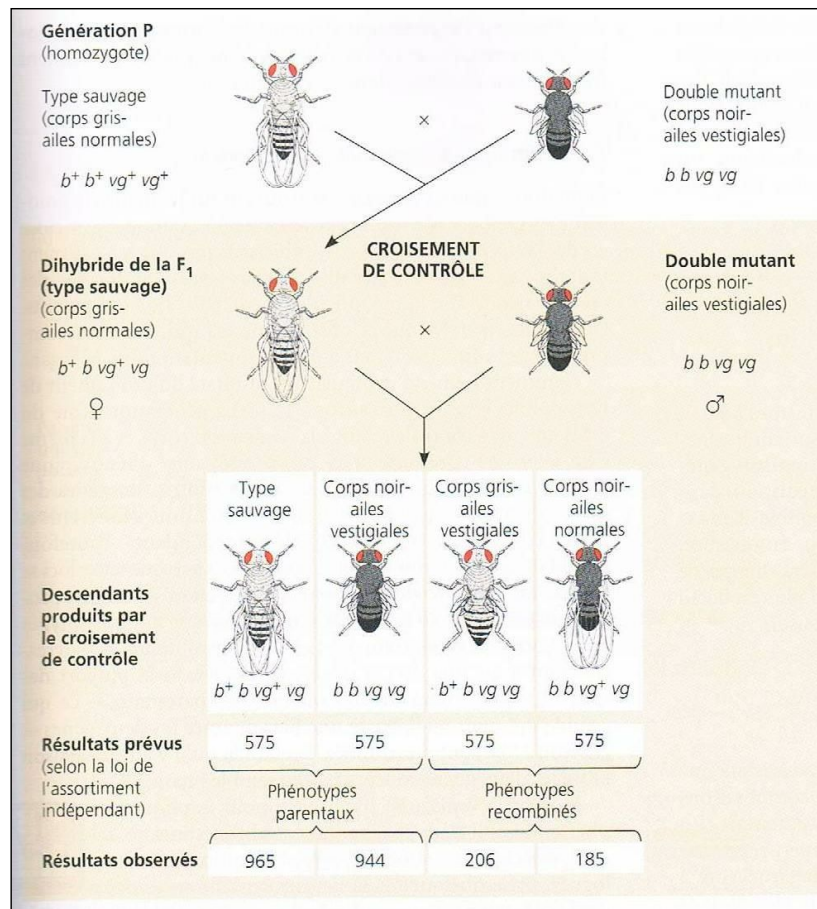


Figure 70 : Expérience de Morgan

9.2.2 La recombinaison génétique

Il s'agit du brassage de gènes entraînant l'apparition, dans la descendance, de caractères qui n'existaient ensemble chez aucun des parents. Ces individus présentent des combinaisons nouvelles des caractères hérités de leur père et de leur mère.

9.2.2.1 L'assortiment indépendant des chromosomes (recombinaison gènes non liés)

Mendel a constaté que les caractères de certains individus forment des combinaisons différentes de celles des plantes de la génération parentale (P). On peut représenter à l'aide d'une grille de Punnett un

croisement de contrôle entre un Pois hétérozygote à graines jaunes-rondes ($JjRr$) et une plante homozygote à graines vertes-ridées ($jjrr$). Les proportions génotypiques et phénotypiques des descendants sont semblables à celles de Mendel car le gène de la forme des graines et celui de la couleur des graines ne sont pas liés, et leurs allèles suivent un assortiment indépendant. Lorsque la moitié des descendants appartenant à la même génération est constitué d'individus recombinés, on dit que la fréquence de recombinaison est de 50%. Cette fréquence de recombinaison s'observe dans le cas de deux gènes situés sur des chromosomes différents. Du point de vue physique, la recombinaison de gènes non liés s'explique par l'agencement aléatoire des chromosomes homologues à la métaphase I de la méiose.

9.2.2.2 L'enjambement (recombinaison de gènes liés)

Les gènes liés se trouvent sur le même chromosome et tendent à rester associés au cours de la méiose. Mais parfois une recombinaison peut se produire. Lorsque deux gènes sont complètement liés, parce que leurs loci se situent sur le même chromosome, on devrait observer une proportion de 1 : 1 : 0 : 0, et il ne devrait y avoir que des phénotypes parentaux à la génération F_2 . Or ce n'est pas ce que l'on observe, la plupart des individus présentent un des phénotypes parentaux mais un certain nombre sont recombinés. Bien qu'il y ait une liaison entre les deux gènes, elle semble incomplète.

Pour expliquer ce phénomène, Morgan a supposé un mécanisme, au cours duquel des segments d'ADN sont échangés entre chromosomes homologues. D'autres expériences ultérieures ont montré que de tels échanges ont lieu ; ils expliquent la recombinaison des gènes liés. En effet, à la prophase de la méiose I, lorsque les chromosomes homologues sont appariés, il arrive que les chromatides qui ne sont pas sœurs s'entrecroisent : elles se brisent à des endroits correspondants et échangent des fragments. Ce phénomène s'appelle l'enjambement (figure 71).

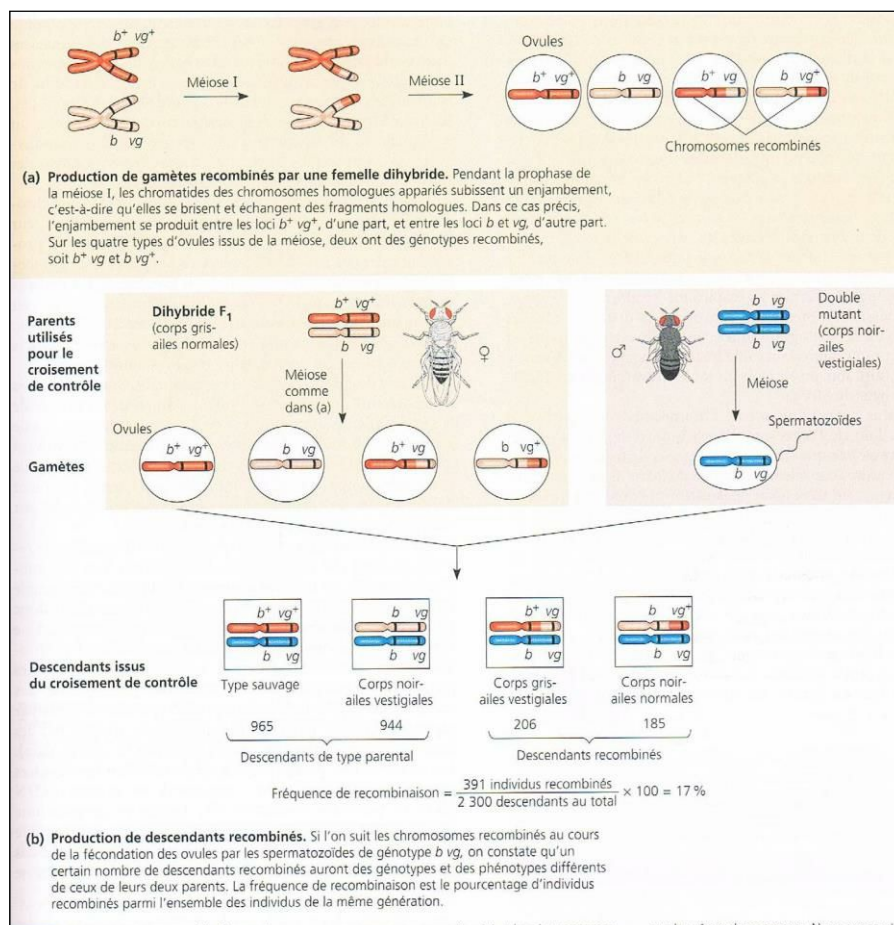


Figure 71 : Recombinaison dues à l'enjambement

9.2.3 L'Hérédité liée au sexe

9.2.3.1 La détermination génotypique du sexe

Chez les mammifères, le déterminisme du sexe s'effectue selon la modalité XY chez le mâle et XX chez la femelle. Chez l'homme, le chromosome X est un chromosome de grande taille tandis que le chromosome Y est un chromosome de petite taille. Le nombre de gènes portés par ces deux chromosomes ne sera donc pas identique.

On parle de **sexe homogamétique** (car donne des gamètes identiques) pour les femelles XX et de **sexe hétérogamétique** (car donne des gamètes différents : soit avec le chromosome X soit avec le chromosome Y) pour les mâles XY. Pour ce qui est des gènes portés par le chromosome X, un homme ne peut pas être homozygote ou hétérozygote puisqu'il ne possède qu'un seul exemplaire de ces gènes. On le dit alors **hémizyote** pour ces gènes.

La détermination du sexe est variable selon les espèces. Voici quelques exemples utiles pour les problèmes de génétique :

- Mammifères et drosophile : mâle XY et femelle XX
- Oiseaux, certains insectes : mâle homogamétique ZZ et femelle hétérogamétique ZW

On parle d'hérédité liée au sexe lorsque le ou les gènes étudiés est ou sont portés par les chromosomes sexuels.

9.2.3.2 Les gènes du chromosome X

Chez la femme, les deux chromosomes X sont semblables, l'un à l'autre, comme sont semblables l'un à l'autre les chromosomes de chacune des 22 autres paires d'homologues. Contrairement à ce qu'on pourrait penser, la plupart des gènes portés par le chromosome X, ne sont pas impliqués dans la différenciation sexuelle. Ils codent pour une grande variété de protéines impliquées dans une grande variété de fonctions métaboliques.

Chez l'homme la plupart des gènes présents sur le X n'ont aucun équivalent sur le Y. La grande majorité des gènes liés au sexe sont portés par le chromosome X. Cependant le chromosome Y porte quelques gènes, surtout des déterminants du sexe mâle. Les hommes ne possèdent donc qu'un seul exemplaire de ces gènes, l'exemplaire légué par le chromosome X qu'ils ont hérité de leur mère. Génétiquement parlant, les hommes, il faut bien le dire, sont plus fragiles que les femmes. Il suffit, en effet, qu'un de ces gènes uniques soit anormal pour que l'homme présente l'anomalie. Il n'a pas comme la femme la " roue de secours " d'un autre exemplaire de ce gène. Comme les gènes anormaux sont en général récessifs, une femme dont un de ces gènes est anormal pourrait utiliser l'exemplaire normal situé sur l'autre chromosome X, ce que ne peut faire l'homme. La transmission des gènes portés par les chromosomes sexuels n'est pas identique à celle des gènes portés par les autres chromosomes ou autosomes, car dans la plupart des espèces animales, les chromosomes sexuels présentent un dimorphisme. On appelle donc **gènes liés au sexe** ces gènes qui, chez les hommes, n'ont pas d'allèles sur le Y. On connaît de nombreuses maladies génétiques causées par ces gènes liés au sexe. Ces maladies touchent en général les hommes puisque, pour être affectée, une femme devrait posséder deux fois (un sur chaque X) le gène responsable de l'anomalie. La *figure 72* montre un exemple de gène lié au sexe chez la Drosophile.

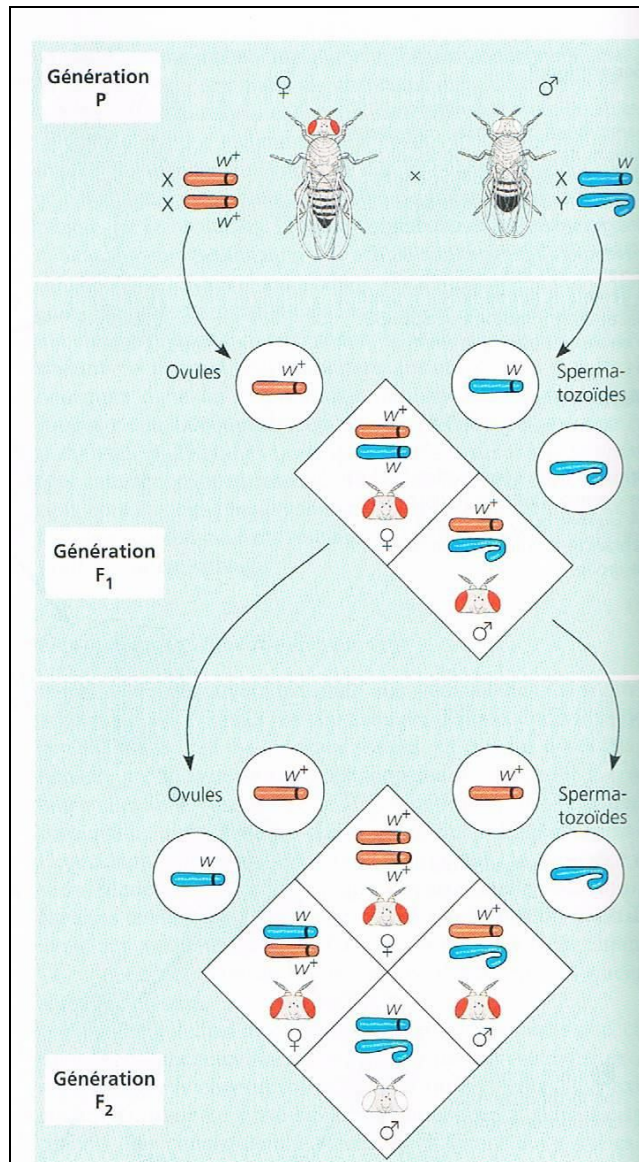


Figure 72 : Hérité liée au sexe

9.2.3.3 L'influence du sexe

Certains gènes localisés sur les autosomes s'expriment différemment d'un sexe à l'autre, certainement à cause des différences hormonales. C'est ce qu'on appelle influence du sexe. La calvitie est un exemple de caractéristique héréditaire liée au sexe. Elle est beaucoup plus fréquente chez l'homme que chez la femme. Elle est dominante chez l'homme, c'est-à-dire qu'une seule copie suffit au déclenchement de cette affection génétique, et récessive chez la femme, c'est-à-dire qu'il faut une copie du père et une autre de la mère pour son apparition.

L'allèle de la calvitie est dominant mais la testostérone, l'hormone mâle, est essentielle à sa manifestation.

9.3 Exercices

9.3.1 Monohybridisme

1.- On dispose de deux lignées pures de rats qui diffèrent par un seul caractère :

- l'une est constituée de rats blancs
- l'autre de rats noirs.

- a) Le croisement d'un rat noir avec le rat blanc donne en F_1 des rats noirs. Expliquez ce résultat.
- b) Quels seront les résultats en F_2 du croisement des rats de F_1 ?
- c) Qu'obtiendra-t-on en croisant :
 - les rats de F_1 avec les rats blancs de la lignée pure ?
 - les rats de F_1 avec les rats noirs de la lignée pure ?

2.- Dans une cage, on place un couple de souris. La femelle a le pelage noir, le mâle a le pelage brun. Dans une seconde cage, on place un autre couple de souris qui présente les mêmes phénotypes (femelle noire, mâle brun). Sur plusieurs portées, on trouve, dans la première cage : 9 souris noires et 8 brunes. Dans la seconde cage on trouve : 46 souris noires.

- a) Que peut-on conclure sur la transmission du caractère couleur du pelage de ces souris ?
- b) Quel est le génotype des parents dans les deux cas ?

3.- Le père de Paul a les yeux bruns et sa mère a des yeux bleus. Paul, qui a les yeux bruns, épouse une femme dont le père et la mère ont les yeux bruns. Le jeune couple a un fils aux yeux bleus.

- a) Peut-on être sûr du génotype de Paul ?
- b) Quels sont les génotypes de Paul et de sa femme ?
- c) Quels sont les génotypes possibles pour les autres parents ?

4.- Chez l'homme le défaut de pigmentation, ou albinisme, est dû à un allèle récessif a , A conduit à un phénotype normal. Deux parents normaux ont un enfant albinos.

- a) Quelle est la probabilité pour que leur prochain enfant soit albinos ?
- b) Quelle est la probabilité pour que leur prochain enfant soit porteur du gène a ?

9.3.2 Dihybridisme

1.- Un lapin tacheté de couleur brune est accouplé à un autre dont la robe est unicolore noir. Tous les descendant sont noirs tachetés.

- a) Quel sont les génotypes des parents ?
- b) Quelle serait l'apparence des individus de la F_2 issus de deux lapins noirs tachetés de la F_1 ?

2.- Chez l'homme, les facteurs doigts courts et cheveux plantés en V dominant les facteurs doigts allongés et cheveux plantés droits.

- a) Quelle est la probabilité pour qu'un enfant conçu de parents hétérozygotes pour les deux caractères ait le même phénotype qu'eux ?

3.- Chez le lapin, le poil noir est dominant sur le poil brun et le poil court est dominant sur le poil long. On croise un mâle homozygote pour le poil noir et long avec une femelle brune homozygote pour le poil court.

- a) A quoi vont ressembler les lapereaux de F_1 ?
- b) On croise maintenant un mâle de F_1 avec une femelle à poils bruns et longs ; quels seront les phénotypes des descendants et dans quelles proportions ?

4.- Chez le cheval, la robe noire domine la robe brune et le facteur trotteur domine le facteur paradeur. On croise un étalon noir paradeur avec une jument brune et trotteuse. Le poulain est brun et paradeur.

- a) Quels sont les génotypes de chacun des deux chevaux ?

5.- On croise entre elles deux lignées pures de maïs, l'une à grains colorés et pleins, l'autre à grains incolores et déprimés. On obtient une première génération F_1 dans laquelle tous les grains sont colorés et pleins.

a) Précisez quels sont les caractères dominants et les caractères récessifs ?

b) On pratique un *testcross* avec un individu de la F_1 . Que va-t-on obtenir ? (génotype et phénotype)

6.- Chez le muflier, les gènes pour la couleur des fleurs et la taille des feuilles montrent une codominance. Lorsque des plants à fleurs rouges sont croisés avec des plants à fleurs blanches, toutes les fleurs sont roses. De même lorsque des plants à feuilles larges sont croisés avec des plants à feuilles étroites, les descendants ont des feuilles moyennes. Croisez un plant à fleurs rouges et feuilles larges avec un plant à fleurs blanches et feuilles étroites.

a) Quelle sera l'apparence des plants de la première génération ?

b) Ensuite croisez deux de ces plants et établissez le rapport des phénotypes des descendants.

7.- Le croisement d'une plante grande et verte avec une plante naine et jaune donne, en F_1 , 20 plantes grandes et vertes et 20 plantes naines et vertes. Un autre croisement d'une plante grande et verte avec une plante naine et jaune (plantes différentes du premier croisement) donne, en F_1 , 19 plantes grandes et vertes et 21 plantes grandes et jaunes.

a) Analysez ces résultats (dominant, récessif) et donnez le génotype des parents et de la F_1 dans les deux croisements.

8.- Imaginons que chez l'homme, le facteur présence de fossettes (dominant) soit sur le même chromosome que le facteur doigts courts (dominant). Effectuez un croisement entre deux individus dihybrides (hétérozygotes pour les deux caractères). Supposons qu'il n'y ait pas de crossing-over.

a) Quelle est la probabilité qu'un enfant n'ait pas de fossettes et les doigts longs ?

9.- Dans le problème précédent, quelles combinaisons peut-on rencontrer chez les gamètes après un crossing-over ?

9.3.3 Gènes liés au sexe

1.- Supposons qu'un gène « a » lié au sexe soit létal (mortel). Un homme se marie avec une femme hétérozygote ($X^A X^a$). Le maire leur souhaite d'avoir de nombreux garçons.

a) Joindrez-vous vos vœux à ceux de l'officier d'état-civil ?

b) A quelles proportions de filles et de garçons peut s'attendre ce jeune couple ?

2.- La couleur blanche des yeux de la drosophile dépend d'un gène récessif (white) situé sur le chromosome X.

a) Quelle sera la descendance en F_1 d'un croisement entre une femelle white et à ailes normales (homozygotes pour ce dernier caractère, dominant) et un mâle à ailes courtes et yeux rouges ?

3.- Lequel des deux croisements de drosophiles suivants produirait des mâles aux yeux blancs (w) et dans quelles proportions ?

a) $X^R X^R \times X^w Y$

b) $X^R X^w \times X^R Y$