

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER

POLYCOPIÉ DE COURS AGEIA

Filière : Licence S6

Spécialité : Biologie et Ecologie des Milieux Aquatiques

Pr BELABED BOURHANE EDDINE

RECAPUTULATIF :

La génétique, ou science de l'hérédité :

- Quelle est la structure du matériel cellulaire support de l'hérédité ?
- Comment ce matériel est-il transmis d'une génération à la suivante ?
- Par quels processus assure-t-il la réalisation des caractères d'un individu ?

Voir cours explications durant les travaux dirigés , plus les photocopiés dispensés durant les cinq séances .

1 Le matériel génétique

1.1 L'ADN (plus de détails cf cours et séances dispensées pendant le mois de février 2019)

ADN = Acide DésoxyriboNucléique

Présente en quantité et en qualité égales dans le noyau de toutes les cellules d'un individu.

Chaque séquence de l'ADN est responsable d'une fonction de la vie.

L'ADN est composée : P + D + Base = Nucléotide

- Acide phosphorique H₃PO₄
- Désoxyribose, un sucre en C₅
- 4 bases organiques azotées : Adénine, Cytosine, Thymine et Guanine (ACTG)

Il n'existe que 4 possibilités de nucléotides.

L'ADN est donc une chaîne de nucléotides : environ 6 milliards chez le bovin.

1.2 Les structures de l'ADN (de détails cf photocopiés)

A - La structure primaire

Les nucléotides sont reliés entre eux et forment une chaîne de plusieurs millions d'éléments.

Tous les individus de la même espèce ont le même nombre de nucléotides.

Un gène est une série de nucléotides (1000 environ) : il a une fonction particulière.

Il occupe toujours la même place sur l'ADN, un locus.

Un gène peut avoir plusieurs variantes, des allèles : ils ont la même fonction mais pas la même

expression.

B- La structure secondaire

La structure est composée de 2 chaînes associées par des liaisons entre les bases et qui ne se font

pas au hasard.

L'A est toujours associée à la T ; et la C à la G.

Une chaîne est donc complémentaire de l'autre.

L'association forme une structure en double hélice = structure hélicoïdale.

1.3 Les chromosomes (détails cf cours Biologie moléculaire)

Chaque chaîne de l'ADN se divise en n chromosomes. Un ADN complet est donc composé de 2n chromosomes.

Les cellules sont diploïdes ou à 2n chromosomes.

Le nombre de chromosomes est constant pour une espèce :

Homme $2n = 46$ Porcin $2n = 38$

Bovin $2n = 60$ Equin $2n = 64$

Ovin $2n = 54$ Poule $2n = 78$

Les 2 chromosomes d'une paire ont la même longueur et les mêmes locus, donc les gènes et les

mêmes fonctions.

Remarque : seuls les chromosomes sexuels ne forment pas une paire identique (X et Y)

Remarque : seules les gamètes sont haploïdes ou à n chromosomes.

1.4 L'expression du matériel génétique (cf photocopies de génétique moléculaire)

Un gène a une fonction précise et participe au métabolisme : synthèse des enzymes ou des protéines, la sécrétion d'hormones ou d'anticorps.

L'ADN ne sort pas du noyau mais son exacte copie, l'ARN-messager, est lu par les ribosomes.

Pour que le métabolisme fonctionne, il faut

- une copie exacte de l'ADN = la transcription
- et une lecture exacte de l'ARN-messager = la traduction

Les nucléotides d'un gène s'enchaînent un ordre bien défini : une séquence. Si la séquence est modifiée, le gène change et le résultat sera différent.

1.5 La transmission du matériel génétique

Réplication cf cours génétique moléculaire ; Mitose et Méiose et Cycle Cellulaire , documents à l'appui et explication 1 semaine de Mars 2020 .

A partir de la fécondation et de la création d'un oeuf à 2n chromosomes, la cellule doit se diviser et

transmettre le même ADN aux futures cellules : c'est la mitose.

La réplication par mitose

Pendant la division cellulaire, l'ADN se dédouble puis se partage en 2 ADN identiques.

C'est la réplication par mitose équationnelle.

Ainsi, chaque cellule possède n paires ou $2n$ chromosomes.

Les 2 nouvelles cellules possèdent chacune un brin nouveau et un ancien brin.

La méiose (réductionnelle)

La méiose est la division cellulaire des cellules sexuelles : on passe de $2n$ à n chromosomes

La méiose = mitose équationnelle + mitose réductionnelle.

- La méiose permet la transmission du matériel génétique : un spermatozoïde ou un ovule ne contient que la moitié de l'ADN.

- La méiose permet les brassages importants de gènes : entre les chromosomes et entre gènes.

Ainsi, les possibilités de transmission .

1.6 Les mutations génétiques

Ce sont les erreurs de transmission de gènes :

- Lors de la transcription, une ou plusieurs paires de nucléotides sont modifiées. Une fonction est

perdue ou a changé.

- Lors de la traduction, une fonction change et peut avoir un effet sur l'individu.

- Lors de la réplication, la nouvelle cellule n'est pas identique : C'est une cellule mutante.

- Lors de la méiose, le nombre de gènes n'est pas exact et provoque des anomalies génétiques. (Plus de détails , cf cours Mutations) .

----- Des erreurs peuvent survenir pendant la formation des nouvelles cellules lors des premières divisions cellulaires d'un zygote pendant la mitose.

----- non-disjonction : un chromosome ne se sépare pas pendant l'anaphase. Une cellule fille recevra les deux chromosomes homologues et l'autre n'en recevra aucun. Trisomie et monosomie, (cas d'aneuploïdie) .

----- . Délétion, translocation, inversion, duplication :

Un bras du chromosome peut être cassé et le fragment est alors perdu, on parle de délétion. Le fragment peut être incorrectement rattaché à un autre chromosome non homologue, c'est une translocation. Il peut être rattaché au chromosome initial, mais en sens inverse, c'est une inversion. Ou encore, il peut être considéré à tort comme un chromosome séparé, causant alors une duplication chromosomale. L'effet de ces anomalies dépend de la nature spécifique

de l'erreur. Parfois il n'y aura aucune conséquence, d'autre fois, cela peut induire un cancer, ou même causer la mort de l'organisme.

-----. **La diversité des gamètes :**

La diversité des gamètes : Les gamètes, spermatozoïdes et ovocytes sont les produits de la méiose (une division un peu particulière avec 2 divisions, une division réductionnelle avec une prophase longue (avec 5 étapes) une métaphase , une anaphase et une télophase et une division équationnelle donc une mitose avec une prophase , métaphase , télophase et une anaphase . Ces gamètes sont différents bien qu'ils sont issus de la même cellule. Cette différenciation joue un rôle dans l'évolution des espèces. La diversité a pour origine grâce à 2 phénomènes (brassage) de différenciation qui se déroulent lors de la division réductionnelle. La diversité est amplifiée par une superposition des deux brassages alléliques.

./Brassage allélique par ségrégation indépendante des chromosomes homologues (brassage inter-chromosomique)

./Echange d'allèles au sein d'une paire de chromosomes (brassage intra-chromosomique) la

./La transcription de L'ADN en ARN messager et la traduction de L'ARN messager en une protéine.

./ La superposition des deux brassages permet une diversité (une grande variabilité alléliques) considérable des gamètes. Les gamètes obtenus par la superposition des 2 brassages alléliques sont différents. Cette différenciation joue un rôle dans l'évolution des espèces. La diversité est amplifiée par la superposition des deux brassages alléliques.

2. La transmission d'un caractère :

Mendel: le concept de gènes et les lois de transmission des caractères

2.1 Le caractère :

Un caractère : Un aspect ou une propriété biologique dont on peut étudier le déterminisme génétique à travers les modalités de sa transmission héréditaire . un élément de description des individus. On juge l'aspect morphologique (taille, conformation), physiologique (production, croissance) et psychologique (docilité, adoption), avec toujours une part d'arbitraire.

Le résultat de leur expression n'est pas mesurable, mais juste constatable : ils existent ou sont absents.

Exemples : La taille , la forme , la couleur, le cornage, le sexe, la résistance aux maladies...

2.2 Caractère et polymorphisme :

Caractère monomorphe : pas de variation

Caractère polymorphe : une certaine forme de variation

C'est l'expression du gène.

2.3 Gène :

Un gène est une séquence de nucléotides responsable d'une fonction, participant à la synthèse d'une protéine. Ce gène se trouve à un endroit précis toujours sur le chromosome, son locus. Dans le mono-hybridisme, le caractère dépend d'un seul gène. Il est le résultat de l'expression de 2 allèles sur le même locus . En génétique Mendélienne l' Interaction est entre les allèles , jamais entre les gènes .

Le gène, unité fonctionnelle fondamentale de l'hérédité, est l'élément central de la génétique moderne. Dans ce chapitre nous analyserons les modes de transmission héréditaire des phénotypes chez les végétaux et les animaux. Les modes de transmissions sont prévisibles. C'est la régularité de ces modes de transmissions qui a conduit en premier lieu au concept de gène.

Le concept de gène (caractère) fut proposé pour la première fois en 1865 par Gregor Mendel. A la suite de ses recherches sur des plants de pois, Mendel proposa au contraire une théorie particulière de l'hérédité. Selon lui, les caractères étaient déterminés par des unités discrètes qui se transmettent au fil des générations. Les expériences de Mendel, voir les exemples sous formes d'exercices bien documentés (végétaux et animaux différant par un seul caractère) .

2.4 Allèle :

Les différents variants (ou versions) d'un même gène sont appelés allèles. Ils occupent la même position (locus) sur les chromosomes homologues. Chaque allèle existe en deux exemplaires dans une cellule diploïde.

2.5 Locus : Un locus est l'emplacement du gène ou sa position sur un chromosome.

2.6 Phénotype : Est la manifestation apparente du génotype d'une cellule ou d'un individu. Il désigne donc l'apparence, ce qui est visible ou caractéristique d'un individu. Un caractère peut être visible à l'oeil nu (couleur, forme, maladie) ou nécessite des tests pour le mettre en évidence (groupe sanguin).

2.7 Génome : Ensemble des gènes portés par une espèce.

Le génome est l'ensemble du matériel génétique d'une espèce codé dans son acide désoxyribonucléique (ADN) à l'exception de certains virus dont le génome est constitué d'acide ribonucléique (ARN). Il contient en particulier tous les gènes codant des protéines ou correspondant à des ARN structurés. Il se décompose donc en séquences codantes (transcrites en ARN messagers et traduites en protéines) et non codantes (non transcrites, ou transcrites en ARN, mais non traduites).

La science qui étudie le génome est la génomique. Il ne faut pas confondre le génome et le caryotype, qui est l'analyse ou la description macroscopique de l'arrangement des chromosomes

2.8 Génotype : Ensemble des gènes d'un individu.

Le génotype est une partie donnée de l'information génétique (composition génétique) d'un individu . Le génotype d'un individu est donc la composition allélique de tous les gènes de cet

individu. La définition de génotype sert également lorsque l'on considère la composition allélique d'un individu pour un nombre restreint de gènes d'intérêt. Par exemple, s'il existe deux formes du gène X : l'allèle Xa et l'allèle Xb, alors le génotype d'un individu pour le gène X peut être soit homozygote (Xa/Xa ou Xb/Xb), soit hétérozygote (Xa/Xb). L'homme possède deux copies de chaque gène, donc potentiellement, 2 allèles différents au maximum (sauf en cas de maladie, comme dans les cas de trisomie 21, dans lesquels on trouve trois chromosomes à la 21e paire, donc trois copies pour un même gène).

On exprime le génotype avec un nombre toujours pair de lettres (dans le cas le plus simple, avec 2

lettres) : NN , Nn , nn Homozygote / hétérozygote

2.9 Interactions entre allèles (situés au même locus)

Lorsque 2 allèles d'un même locus sont identiques, ils ont le même effet sur le phénotype.

Mais s'ils sont différents, il y a compétition ou interaction.

// Une lignée pure est une population dont les individus donnent des descendants identiques à eux même (qui ne présentent aucune variation) en ce qui concerne le caractère considéré.

Les lignées distinctes (ou individus) représentent des formes différentes que peut prendre le caractère : on peut les appeler formes de caractères, variant pour un caractère, ou phénotype. Le terme phénotype, dérivé du grec, signifie littéralement : la forme visible ; c'est celui qui est utilisé par les généticiens. Ces mots par exemple gène et phénotype n'ont pas été inventés ni utilisés par Mendel ; mais employés pour décrire ses hypothèses et ses résultats.

// Hybride : Ce terme s'applique à un hétérozygote. On parle de monohybridisme, lorsque les parents ne diffèrent que par un seul gène. Lorsqu'ils diffèrent par deux gènes ou plusieurs, il s'agira de polyhybridisme.

3. Monohybridisme :

Pénétrance et expressivité

Dans la nature, la dominance totale (à 100%) est plutôt rare. Parfois, un gène ne s'exprime pas ou à

certain moment de la vie.

- La pénétrance d'un gène est la fréquence avec laquelle ce gène se manifeste. Elle dépend des interactions avec d'autres gènes.
- L'expressivité d'un gène correspond à l'intensité d'expression de ce gène sur le phénotype.

Transmission des gènes qualitatifs : les lois de Mendel

L'hybridation est un croisement entre 2 individus génétiquement différents, donnant naissance à

un hybride.

3.1 Définition du mono hybridisme :

C'est le croisement entre deux individus appartenant à deux lignées pures qui diffèrent par un seul gène, donc un couple d'allèles.

3.2 Cas de dominance et de récessivité :

Mendel pour ses expériences a choisi des pois du genre *Pisum* qui ont un cycle diplobiontiques. Les autofécondations sont possibles et très facile à réaliser.

Au début de ses expériences, il établit des variétés ou lignée pures, dans lesquelles les plantes produisent uniquement des descendants semblables à elles-mêmes lorsqu'on les laisse s'autoféconder. Par exemple, une lignée pure avec le caractère graines lisses produira toujours des graines lisses, alors qu'une autre variété pure de graines ridées donnera toujours des graines ridées. Pour ses expériences Mendel a étudié sept paires de variétés, chacune étant une lignée pure pour un caractère différent. Les sept caractères se rapportent à :

La forme de la graine: lisse ou ridée.

La couleur de la graine : jaune ou verte.

La couleur de la fleur : pourpre ou blanche.

La forme de la gousse mûre : uniforme ou présentant des étranglements entre les graines.

La couleur de la gousse : verte ou jaune

La position de la fleur et de la gousse : axiale ou terminale.

La longueur de la tige : géante (longue) ou naine (courte).

Nous concentrerons notre approche sur l'un de ses caractères, la taille de la tige. Il a en effet, obtenu les mêmes résultats pour les autres caractères.

3.3 Expérience Cas de la Dominance / Récessivité : (Figure et Tableaux de croisement cf TD sur le mono hybridisme)

Mendel a réalisé un croisement entre deux variétés appartenant à des lignées pures dont l'une présentait la couleur jaune et l'autre la couleur verte. Les graines obtenues de ce croisement ont été semées l'année suivante et ont donné la première génération F1. MENDEL a constaté que toutes les plantes de la F1 présentent la couleur jaune. Jaune est dominant sur vert (cf tableau en TD bien expliqué avec les génotypes et leurs gènes (les allèles) sont bien représentés sur les chromosomes.

On peut donc en déduire que le caractère présent en F1 est dominant alors que le caractère absent est récessif.

Génotype (J/J) x (v/v) → Génotype J/v

Phénotype J x v → Phénotype J 100% Jaunes

C'est la première loi de Mendel ou loi d'uniformité : tous les hybrides de première génération issus du croisement de deux lignées pures se ressemblent et présentent le caractère de l'un des parents et de lui seul.

Les graines obtenues des plantes de la F1 par autofécondation ont été semées l'année suivante et ont produit la 2ème génération F2. Dans cette génération les deux caractères impliqués dans le croisement se sont manifestés 75% Jaunes (JJ et Jv) et 25% vert (vv). Cf tableaux faits en TD

Pour la deuxième génération : F2

- Le caractère récessif réapparaît pur en F2 sans avoir été altéré par la coexistence avec le caractère dominant dans la F1. On dit qu'il y a eu disjonction en F2 des deux caractères, la 2ème loi de MENDEL a été établie : Loi de ségrégation

C'est la deuxième loi de Mendel ou loi de ségrégation : tous les hybrides de deuxième génération issus du croisement de deux hétérozygotes pour un même couple d'allèles ne se ressemblent pas et présentent l'un ou l'autre des caractères de la génération parentale .

Conclusion : C'est également la loi de ségrégation, deux allèles à l'état homozygote ou hétérozygote se séparent lors de la formation de gamètes, de sorte que tout gamète ne contient qu'un seul allèle. Les homozygotes ne donnent qu'une descendance homogène, tandis que les hétérozygotes conduisent à une ségrégation typique.

3.4 : Les variations dans les rapports de dominance

3.4.1 Dominance partielle ou incomplète : Absence de dominance : (phénotype intermédiaire)

Cas de la codominance

On croise à la génération parentale "P" une fleur rouge et une fleur blanche de *Mirabilis jalapa*, la Belle de nuit, on obtient en première génération "F1" des hybrides roses tous semblables

Si l'on croise deux de ces fleurs roses F1, à la seconde génération "F2", on obtiendra des plantes à fleurs rouges, d'autres à fleurs blanches et d'autres à fleurs roses.

Si l'expérience a été faite sur un grand nombre d'individus, on constate que ces différents types apparaissent selon des proportions définies :

-1/4 de plantes à fleurs rouges,

-1/4 de plantes à fleurs blanches et

-2/4 de plantes à fleurs roses.

Interprétation

Caractère étudié : "couleur de la fleur" représenté chez les parents par deux allèles, respectivement "rouge" et "blanc".

Dominance et récessivité : Dans cet exemple, les allèles blanc et rouge ont une importance équivalente dans la détermination du phénotype floral: on dit qu'ils sont codominants. Dans ce cas on a l'habitude de représenter chaque allèle correspondant par de lettre majuscule B pour blanche et R pour rouge

Nos deux croisements successifs peuvent se résumer ainsi:

Les proportions phénotypiques 3:1 ne sont pas observées dans tous les cas. Il y a absence de dominance lorsqu'en F1, ce n'est ni l'un ni l'autre des deux caractères parentaux impliqués qui se manifestent mais un caractère nouveau de celui des parents. Cela veut dire qu'en F1, le phénotype de l'hybride hétérozygote est intermédiaire entre les phénotypes parentaux homozygotes. C'est un phénotype nouveau (moyen) qui s'exprime.

Il y a codominance lorsque les deux allèles associés produisent chacun leur caractère particulier. Cela veut dire que les deux allèles s'expriment simultanément, la dominance de l'un par rapport à l'autre est égale.

- La deuxième loi de Mendel est vérifiée (loi de ségrégation des gamètes) : citation de la loi.

On écrira alors :

R: allèle qui contrôle le caractère fleurs rouges

R' : allèle qui contrôle le caractère fleurs blanches

absence-de-dominance-genoty-et-phenoty1

La F2 révèle aussi l'absence de dominance puisque le rapport phénotypique obtenu n'est pas de 3:1 mais 1 : 2: 1

3. 5 Les allèles létaux :

Certains allèles déterminent la mort de tous les individus, ou du plus grand nombre d'individus qui les possèdent, avant la naissance ou après la naissance de l'individu (avant l'âge de la reproduction). De tels allèles sont appelés : Létaux. Ces allèles peuvent-être dominants ou récessifs.

3.5.1 Les allèles létaux dominants

Les allèles létaux dominants ne peuvent pas persister dans les populations : ils entraînent la mort de l'individu homozygote dominant . Un tel allèle est éliminé dès qu'il survient.

L'allèle létaux dominant est parfois le résultat de la mutation de l'allèle normal.

3.5.2 Les allèles létaux récessifs

Les allèles létaux récessifs n'entraînent la mort que des individus ayant le génotype homozygote récessif .

Ainsi, les hétérozygotes sont susceptibles d'avoir une vie normale. Pour pouvoir être repérés, les hétérozygotes doivent avoir une différence phénotypique observable.

Exemple : Cf TD , croisement entre mâle et femelle de drosophile pour le caractère aspect des ailes , normale et vestigiale . Les proportions ne sont plus au 1/4 mais au 1/3

Résultat : 25% sont normales GG , 50% sont normales mais avec génotype hétérozygote Gg et 25% sont vestigiales avec le génotype homozygote gg .

Allèles létaux dominants : GG ne sont pas viables , les individus ayant ce génotype vont mourir et ainsi les proportions seront 2/3 Gg ailes normales et 1/3 gg ailes vestigiales .

Allèles létaux récessifs : Les individus ayant le génotype suivant gg ne sont pas viables et ainsi les rapports qui étaient au 1/4 deviennent au 1/3

3.5.3 Dihybridisme : Résultats et Statistiques Cf TD Tableau de croisement et Interprétations

Les phénomènes décrits jusqu'à présent ne concernaient que des lignées parentales pures se distinguant par un seul caractère. Voyant maintenant ce qu'il en est lorsqu'elles diffèrent par deux caractères distincts et reprenons les expériences de Mendel effectuées à partir de pois à graines jaunes / ridées et de pois à graines vertes / lisses.

Comme précédemment, il s'agit bien sûr de lignées homozygotes de sorte que le croisement de pois à graines jaunes / ridées entre eux ne donne que des pois à graines jaunes / ridées et il en est de même pour les pois à graines vertes / lisses. En revanche, si l'on croise les deux variétés entre eux, tous les pois de F1 présentent le même phénotype (graines jaunes et lisses) et aucun pois à graines vertes / ridées n'apparaît. On peut donc en conclure une nouvelle fois que les caractères « graine jaune » et « graine lisse » sont dominants alors que les caractères « graine verte » et « graine ridée » sont récessifs. Ce qui en terme de génotype et de phénotype peut s'énoncer de la manière suivante en utilisant l'allèle J pour jaune dominant, l'allèle L pour lisse dominant, l'allèle v pour vert récessif et l'allèle r pour ridé récessif.

Génotype (J/J ; r/r) x (v/v ; L/L) → Génotype J/v ; L/r

Phénotype (J ; r) x (v ; L) → Phénotype J ; L

Mendel croise alors les hybrides obtenus en F1 entre eux et observe que les quatre caractères parentaux réapparaissent en F2 mais dans un rapport 9/3/3/1. 9/16 des pois sont à graines jaunes et lisses (J ; L), 3/16 à graines jaunes et ridées (J ; r), 3/16 à graines vertes et lisses (v ; L) et 1/16 à graines vertes et ridées (v ; r), ce que confirme l'échiquier de croisement suivant. [Tableau] cf le TD

Les deux lois d'uniformité et de ségrégation sont donc à nouveau vérifiées : tous les hybrides de première génération se ressemblent mais pas ceux de deuxième génération. Et n'importe quelle combinaison de caractères aboutirait à des proportions identiques : 3/4-1/4 en cas de monohybridisme, 9/16-3/16-3/16-1/16 en cas de dihybridisme.

4. Caractères qualitatifs et améliorations génétiques :

Les caractères qualitatifs sont maintenant bien connus :

Exemples :

A -Couleur de la peau des poulets de chair

La couleur dépend de la richesse en pigments caroténoïdes dans l'alimentation. Mais aussi des 2

allèles W (blanc dominant) et w (jaune récessif) du locus déterminant (si nous revenons aux travaux de Darwin et Mendel le mot déterminant ou déterminisme était toujours présent dans leur conclusion ou ils faisaient allusion aux caractères responsable du phénotype donc le gène ; ce sont les travaux de Mendel et surtout de Morgan et Sutton qui ont montré l'emplacement et la localisation , locus d'où la théorie chromosomique) la couleur de la peau.

Les animaux WW et Ww sont génétiquement blanc et incapables de fixer les pigments. Ils ont la

peau blanche quelle que soit l'alimentation. Les animaux ww sont génétiquement jaunes, mais leur peau sera jaune si leur alimentation contient des pigments.

B -Caséine Kappa du lait de vache

Le lait de vache contient de la matière protéique, principalement des caséines. L'une de ces caséines est la caséine Kappa k, qui présente 2 formes : kA et kB.

La forme présente dans le lait dépend de la présence d'un des 2 gènes codominants A et B sur un

locus. Une vache homozygote AA produit de la caséine kA. Une vache homozygote BB produit de la caséine kB. Une vache hétérozygote AB produit de la caséine kA et de la caséine kB.

Un lait ne contenant que de la caséine kB coagule plus rapidement, présente un caillé plus ferme et

donne un meilleur rendement fromager qu'un lait contenant la caséine kA. Le lait avec la caséine kAB a des caractéristiques intermédiaires.

C -Cornage chez les caprins

La présence de cornes chez les caprins est déterminée par l'allèle P sans cornes (ou motte) et dominant et l'allèle p cornu et récessif. Pour des raisons d'esthétique et de sécurité, certains éleveurs souhaitent n'avoir que des animaux **homozygotes mottes PP. Mais le gène du cornage est aussi lié à la fertilité des caprins** : Les individus ayant le génotype PP sont stériles

4.1 Description des caractères polygéniques (liés à l'hérédité)

Les caractères polygéniques ou quantitatifs sont l'expression de plusieurs gènes : ils se mesurent.

Ex : la taille, la composition du lait, la quantité de lait produite , les cornes , esthétique de l'animal ou du végétal : couleur du ramage ou de la robe , qualité de la viande , de la laine , chez les oiseaux la beauté et aussi la qualité du chant .

4.1.1 Déterminisme des caractères quantitatifs

4.1.2 Définition du caractère quantitatif

En prenant l'exemple de la production laitière des brebis.

Les caractères quantitatifs sont mesurables par le Contrôle Laitier. Le résultat de cette mesure est une performance ou valeur phénotypique. Les caractères quantitatifs sont mesurés car ils ont une forte incidence économique.

Le milieu a une action sur l'expression des caractères quantitatifs, comme l'alimentation, le climat, l'hygiène...

4.2 Population et distribution du caractère

4.2.1 La population

Une population animale correspond à l'ensemble des animaux du groupe étudié : un troupeau, une race, une espèce, une tranche (âge, production), etc .

Tous les individus de cette population sont mesurés puis comparés entre eux.

4.2.2 La distribution normale : la courbe de Gauss

La forme de la courbe est classique : c'est la distribution normale souvent observée pour une population, la forme de la courbe de Gauss.

Vers les valeurs extrêmes, il y a de moins en moins d'individus. La masse se concentre autour de la moyenne. Pour interpréter cette courbe, on utilise des paramètres mathématiques.

5. Origine de la variabilité des performances

La variabilité des performances est causée par plusieurs facteurs.

5.1 Variabilité d'origine génétique :

Les caractères quantitatifs se transmettent selon les mêmes principes que les caractères qualitatifs mais, comme ils sont sous l'effet d'un grand nombre de gènes, les possibilités et les interactions sont illimitées. Chaque gène qui agit sur un caractère a un effet très faible et il ne peut pas être isolé ou identifié. On s'intéresse donc au groupe de gènes qui agit : Par additivité ou addition des effets de chaque gène Par interactions entre tous ces gènes

5.2 Effets additifs des gènes = A

Chaque gène lié à un caractère a un effet plus ou moins différent et plus ou moins nuancé (marqué).

Chacun apporte sa contribution (positive ou négative) sur l'expression du caractère. La somme de tous les effets de ces gènes est appelée « valeur génétique additive » = A. La valeur additive d'un individu est la somme des valeurs additives des gamètes. Pour un caractère déterminé par un très grand nombre de gènes, on peut écrire :

$$A_{\text{individu}} = (A_{\text{père}} + A_{\text{mère}}) / 2$$

Les effets non additifs des gènes sont classés parmi les interactions = I (lettre i) . Les interactions entre les gènes ont un effet positif ou négatif sur l'expression du caractère. Mais ces interactions sont aléatoires et propres à chaque individu. Les gènes se transmettent mais les interactions ne se transmettent pas ! Les combinaisons sont remises en cause à chaque gamétogenèse lors du brassage des chromosomes.

La valeur additive d'un individu est la somme des valeurs additives des gamètes.

Pour un caractère déterminé par un très grand nombre de gènes, on peut écrire :

$$A (\text{individu}) = (A_{\text{père}} + A_{\text{mère}}) / 2$$

5.3 Effets non additifs des gènes : les interactions = I

Les interactions entre les gènes ont un effet positif ou négatif sur l'expression du caractère. Mais ces interactions sont aléatoires et propres à chaque individu. Les gènes se transmettent mais les interactions ne se transmettent pas ; Les combinaisons sont remises en cause à chaque gamétogenèse lors du brassage des chromosomes (fécondation) .

5.4 Effets du milieu = M

Le milieu est l'environnement dans lequel se trouve l'animal. C'est une composante variable et très diverse et joue un rôle important. Ex : l'alimentation, l'hygiène, le climat, le mode d'élevage, le confort des animaux...

Il existe des milieux « positifs » et des milieux « négatifs ».

5.5 La valeur phénotypique = P

La valeur phénotypique ou performance P est le résultat de l'expression du ou des caractères. C'est le résultat (la mesure du caractère).

Elle est la somme de 3 composantes : la valeur additive A des gènes, les effets des interactions entre ces gènes et les effets M du milieu.

On peut donc écrire la relation :

$$P = A + I + M$$

5.6 Conséquences sur l'amélioration des performances

Pour améliorer la performance P, on peut donc agir sur les 3 composantes :

En agissant sur A : on cherche à introduire les meilleurs gènes en sélectionnant les individus à haute valeur génétique : Selon le principe de **la sélection** (Amélioration)

En agissant sur I : on recherche des interactions positives en utilisant des animaux parfois

Différents : Les travaux de Mendel, **les croisements** qu'on appelle communément les accouplements.

En agissant sur M : on améliore les conditions de production et de vie : **les FACTEURS**

D'ELEVAGE

6. L'héritabilité

Le milieu ayant une action importante sur les performances, il est intéressant d'évaluer la capacité des parents à transmettre leurs gènes à leur descendance : c'est l'héritabilité.

6.1 Définition

L'héritabilité ne concerne que la valeur A, c'est la seule intéressante car la seule transmissible.

L'héritabilité indique le % de génétique dans le progrès réel (phénotypique)

Héritabilité = h^2 = Supériorité Génétique / Supériorité Phénotypique

La supériorité génétique est la supériorité théorique de l'individu par rapport au groupe.

La supériorité phénotypique est la supériorité réelle mesurée par les contrôles.

Elle est comprise entre 0 et 1 et est mesurée en %.

Cas particuliers :

$h^2 = 0$: le progrès n'est pas dû à la génétique, la sélection est impossible

$h^2 = 1$: tout le progrès est uniquement génétique, la sélection est efficace.

6.2 Les valeurs de l'héritabilité

Les valeurs sont très variables et se classent en 3 catégories :

Les caractères à forte héritabilité : $h^2 > 0,45$. L'influence du milieu est faible et la transmission est forte.

6.3 Héritabilité et sélection

La connaissance de l'héritabilité permet d'adapter la sélection des individus : C'est la sélection individuelle, basée sur les performances d'un individu.

Dans le cas d'un caractère à faible héritabilité, l'éleveur peut commettre des grosses erreurs d'appréciation et sélectionner des animaux qui ont un faible potentiel génétique mais dont les bonnes performances sont dues au mode d'élevage et aux interactions aléatoires entre les gènes. La sélection individuelle peu efficace. La sélection sur ascendance ou descendance est plus appropriée. La génomique est un outil efficace.

Un programme est indispensable

Présenter les notions et les démarches de l'amélioration génétique :

- **La sélection** est la recherche et l'obtention d'animaux améliorés qui vont mieux exprimer les caractères recherchés, dans les conditions technico-économiques de l'élevage.
- **Le progrès génétique**

Pour voir si la sélection est efficace, il faut mesurer le progrès génétique ; il dépend de 4 facteurs :

/ **La variabilité génétique** (Hétérozygotie est de mise cf théorie Darwin : la variation, et travaux de Mendel : Hybrides)

Ce sont les différences génétiques entre les individus d'une même population.

Plus elles sont importantes, plus les résultats des croisements seront expressifs.

Le progrès génétique est proportionnel à la variabilité génétique.

L'intensité de sélection

Le progrès génétique est proportionnel à l'intensité de sélection. L'intensité de sélection varie en fonction ; du sexe , de l'espèce , du mode de reproduction , (de la race) et(la variété) .

La précision de sélection

Le progrès génétique est proportionnel à la précision de sélection. Les résultats dépendent des méthodes de sélection. Les facteurs positifs sont liés par exemple à l'estimation de la valeur génétique des reproducteurs, dans le respect des contraintes économiques et physiologiques.

Selon l'origine de ces informations, on préconise les méthodes de sélection.

La sélection individuelle ou phénotypique : Choix de l'animal sur ses propres performances.

- à partir des animaux de sa génération (frères, soeurs, ½ frères ou ½ soeurs)

- Choix de l'animal sur les performances de sa descendance.

La génomique ; une sélection fiable

Choix de l'animal sur la présence de gènes intéressants dans son génome.

A partir de marqueurs moléculaires (QTL) facilement repérables, on trace certains gènes améliorateurs ou détériorateurs. Un test ADN suffit donc à estimer la valeur génétique.

Avantages : la fiabilité est excellente, la valeur peut se déterminer à la naissance.

Inconvénients de cette pratique : très coûteuse... ; tous les gènes ne sont pas Identifiés.

7. L'amélioration des espèces animales et végétales :

De la génétique au génie génétique

Problématique : Quelles sont les techniques qui ont permis d'améliorer les cultures et les élevages, quelles sont les avancées scientifiques dans ce domaine.

Les croisements :

La sélection génétique par croisement , obtenir des hybrides (hétérozygotes) font partie des premiers résultats de Mendel

La transgénèse : Dégager l'intérêt de l'obtention des espèces transgénique (conséquences des travaux de Morgan , Beveri et Sutton)

Le clonage : Le clonage a pour but de produire des copies génétiquement identiques d'un individu (animal ou végétal) .

7.1 Les croisements :

Une étape importante pour la sélection et amélioration des espèces : Gregor Mendel 1822-1888. Père de la génétique Mendélienne appelée aussi Génétique Formelle

Les travaux basés sur L'approche expérimentale et quantitative

Conclusion des travaux de Mendel formulées à partir des croisements entre individus qui différent par un seul caractère Mono hybridisme et par deux caractères di hybridisme

Mendel : Le concept de gènes et les lois de la transmission des caractères

Les trois lois de Mendel sur la transmission des caractères à travers les générations

Critère indispensable : Une des premières tâches de Mendel fut de s'assurer de disposer de lignées pures (Les croisements sont basés sur la notion de sélection)

Les deux lois de Mendel établissent les bases de la génétique (Ségrégation et assortiment indépendant).

La première loi de Mendel ou loi d'uniformité : tous les hybrides de première génération issus du croisement de deux lignées pures se ressemblent et présentent le caractère de l'un des parents et de lui seul. Les parents sont homozygotes

La deuxième loi de Mendel ou loi de ségrégation : tous les hybrides de deuxième génération issus du croisement de deux hétérozygotes pour un même couple d'allèles ne se ressemblent pas et présentent l'un ou l'autre des caractères de la génération parentale : Hétérozygotie (obtention des hybrides) Un échiquier de croisement ou carré de Punnett permet d'expliquer ce résultat. Le croisement entre hybrides (individus hétérozygote, principe de la variation).

Dihybridisme :

Les deux lois d'uniformité et de ségrégation sont donc à nouveau vérifiées : tous les hybrides de première génération se ressemblent mais pas ceux de deuxième génération. Et n'importe quelle combinaison de caractères aboutirait à des proportions identiques : $3/4-1/4$ en cas de monohybridisme, $9/16-3/16-3/16-1/16$ en cas de dihybridisme.

Les travaux de Mendel constituent la base de toute étude génétique consacrée à la transmission des caractères héréditaires. Nous nous sommes en effet jusqu'ici intéressés uniquement à des caractères dont les gènes étaient portés par des chromosomes différents (gènes indépendants). Les caractères (gènes) sont sur des chromosomes différents et l'interaction est toujours entre les allèles ; jamais entre les gènes. Les gènes sont indépendants.

En conclusion :

Bilan :

Les lois de Mendel se déduisent des expériences de monohybridisme : Mendel en s'appuyant sur les tests statistiques pour confirmer les lois, finalement il faisait de la mathématique.

Les proportions trouvées lors du dihybridisme, sont exactement celles prévues par le modèle théorique de Mendel (ségrégation indépendante des caractères lors de la formation des gamètes et réassociation aléatoire des caractères à la fécondation). Le dihybridisme confirme les lois établies pour le monohybridisme. Condition t_j (hybride) produit F₂ obtenus à partir de lignées pures différant par 2 couples de caractères (F₁).

Autofécondation

Le Dihybridisme permet à Mendel de confirmer et d'ajouter une loi : que les couples de caractères parentaux se disjoignent dans les gamètes et se réassocient indépendamment l'un de l'autre (ségrégation indépendante des couples de caractères).

Cette loi de Mendel est correcte tant qu'elle concerne des caractères portés par des chromosomes non homologues cad gènes portés par deux chromosomes différents et l'interaction entre les allèles jamais entre les gènes. Gregor Mendel publie ces travaux en 1865, les résultats publiés ne suscitent aucun intérêt.

De Vries publie en mars 1900 : sur la disjonction des caractères héréditaires. En juin 1900 , Tschermak arrive à la même conclusion , les résultats sont comparables à ceux de Mendel . Ces résultats ont été découverts 35 ans auparavant par Mendel.

Finalement nous pouvons résumer les trois lois de Mendel :

- Homogénéité et Réciprocité
- Ségrégation et pureté des gamètes
- Libre combinaison des gènes (Loci)

Les résultats des travaux de Mendel ; obtention des hybrides ; une succession de travaux depuis deux siècles (surtout chez les végétaux) ont été appliqués en vue de la sélection et l'amélioration des espèces animales et végétales. A cela s'ajoute une étape pour la réussite de ce protocole la domestication . Cette dernière favorise les intérêts des hybrides des variétés végétales ou animales pour le ou les caractères recherchés (par exemple le caractère productivité) .

7.2 LES TRAVAUX DE MORGAN ET LA THÉORIE CHROMOSOMIQUE DE L'HÉRÉDITÉ : Thomas Morgan (1866-1945)

Sutton et Boveri, qui avaient contribué à ces avancées, émettent en 1903 l'hypothèse que les caractères héréditaires (particules héréditaires) mis en évidence par Mendel seraient situés sur les chromosomes. Cette hypothèse est appelée la théorie chromosomique de l'hérédité.

il y a des cas où la descendance observée ne correspond pas aux résultats attendus . On parle alors de distribution non conforme. Cette distribution des modifications dans les rapports mendéliens classiques (quatre classes) : $9/16$. $3/16$. $3/16$. $1/16$ deviennent deux classes ; une classe parentale supérieure à 50% et une classe dite classe des recombinés inférieure à 50% . Le phénomène fut observé pour la première fois au début des années 1900 par Bateson et Punnett chez le Pois . Il fallut attendre les travaux de Morgan sur la Drosophile pour que l'on comprenne cette modification des ratios ou des rapports. Nous nous sommes en effet jusqu'ici intéressés uniquement à des caractères dont les gènes étaient portés par des chromosomes différents (gènes indépendants). Cette fois ci les gènes au moins deux , proches sur le même chromosome . il y a des ségrégations qui ne suivent pas les lois de Mendel, ce sont les cas de linkage ; les interactions entre les gènes.

Linkage ou Génétique liée :

Linkage ou gènes liés : on travaille sur les mouches, deux gènes, l'un contrôle la couleur des yeux et l'autre la longueur des ailes.

La transmission des gènes liés

Ce phénomène aléatoire dénommé crossing-over permet ainsi une recombinaison des gènes portés par un même chromosome et explique l'apparition de types recombinés à côté des types parentaux.

Il faut en effet se rappeler qu'au cours de la prophase réductionnelle, les homologues s'apparient (stade zygotène) puis s'enjambent (stade diplotène) pour former des chiasmas. Il est alors possible qu'en ce point de contact entre les chromosomes d'une même paire, une partie de la chromatide de l'un s'échange avec la partie correspondante de la chromatide de l'autre. Il existe d'autres événements qui contribuent à la variation génétique. Le brassage interchromosomique L'origine de la variation génétique (Cf cours Belabed / 2019 -2020 sur la diversité génétique origine et importance de la variation génétique , hétérozygotie).

Le brassage interchromosomique

Les individus de types recombinants ou recombinés présentent de nouveaux caractères par rapport aux types parentaux

Gènes non liés : fréquence de recombinaison de 50% classe parentale

Gènes liés : fréquence de recombinaison <50% classe recombinée

Les gènes liés sont des gènes situés si près l'un de l'autre sur le même chromosome qu'ils ne subissent pas un assortiment indépendant. Les allèles des gènes non liés se trouvent sur des chromosomes différents ou bien éloignés sur un même chromosome

La recombinaison, la liaison génétique et la carte génétique :

Il existe un dimorphisme chromosomique chez les drosophiles, des crissements engagés entre male XY et femelle XX une fois variante dominante sur la femelle et une autre fois sur le male les résultats ne sont identiques. La découverte d'une hérédité liée au sexe et la confirmation de la théorie chromosomique. En 1920, Morgan produit la première carte génétique déduite des résultats expérimentaux, représentant la disposition des gènes sur un chromosome.

1944 -1965 le développement de la chimie et de la physique ont permis d'élucider la structure et la nature des chromosomes (ADN / réplication semi conservative / transcription en ARNm / la traduction en protéine de l'ARNm basé sur la code génétique (1 codon de trois nucléotides = 1 acide aminé) Cf polycopés Belabed : Biologie moléculaire DNA , RNA , Gènes , Réplication , Transcription , Traduction ,Mutations , Thérapie par les gènes / Belabed , Licence de Biologie Marine 2019/ 2020) . En 1941, deux généticiens américains (George Beadle et Edward Tatum) ont démontré qu'un gène code une protéine donnée. En 1953, les travaux de James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins et Rosalind Franklin, mettent en évidence la structure moléculaire à double hélice de l'ADN.

En 1965, la découverte des enzymes de restriction, les outils pour établir une cartographie du génome. Elle ouvre aussi la voie au développement du génie génétique .Cette découverte est confirmée en 1973 par Paul Berg et ses collaborateurs.

1970 des avancées en biotechnologie , les premières manipulations des molécules DNA , exemples les enzymes de restrictions ou nucléases de restriction ou endonucléases.

A quoi servent les enzymes de restriction :

- Découper et recombinaison l'ADN de façon artificielle afin de créer de nouvelles associations de gènes : ADN recombinant. (Technique utilisée en transgénèse pour la mise au point d'OGM)

7.3 La transgénèse :

consiste à obtenir des organismes transgéniques, ou des organismes génétiquement modifiés (OGM) par introduction d'une partie d'ADN initialement non présent dans un organisme **dans le but d'améliorer certaines de ses qualités (caractère ; donc gène)** . Le plus connu des poissons ayant subi une transgénèse est le GloFish

Généralement, chez les animaux, l'ADN étranger, appelé transgène, est introduit dans les zygotes, et les embryons qui ont intégré l'ADN étranger dans leur génome, avant la première division, vont produire un organisme transgénique; de sorte que le transgène passera aux générations suivantes à travers la lignée germinale (gamètes). Les bactéries bien avant 1972

Animaux et Végétaux transgéniques :

En 1982, le premier animal génétiquement modifié est obtenu. Il s'agit d'une souris géante

Le rat transgénique a été obtenu en 1995

la production d'animaux transgéniques est de plus en plus courante, et il existe déjà des animaux transgéniques des espèces suivantes: souris, rat, lapin, porc, vache, chèvre et mouton. En ce qui concerne le végétal , soja et maïs en 1996 .

En 2010, le premier organisme contenant un génome intégralement fabriqué par l'homme est décrit dans le journal Science.

7.4 Clonage :

Cette technique a permis de cloner les animaux suivants :

1952 : clonage de grenouille à partir de cellules de blastula.

1962 : clonage de Xénope à partir de cellules intestinale de têtard.

1963 : premier clone artificiel : Poisson rouge

1996 premier mammifère cloné : Dolly, une brebis

2018 : les premiers primates, deux macaques crabiers, sont clonés en Chine par la même méthode que pour Dolly^{10,11}.

Fin 2019, un groupe de l'université d'État de Pennsylvanie a publié 70 % du génome de mammoth laineux, donnant accès aux données les plus élémentaires nécessaires à la "fabrication" d'un mammoth .

La technique du clonage par implantation d'un noyau dans un ovocyte énucléé est mise au point en 1952 par Briggs & King³. Ils introduisent un noyau provenant de la blastula (étape dans l'embryogenèse des batraciens) ; dans un ovocyte dont le noyau a été éliminé. En effet, en 1962, Gurdon introduit le noyau d'une cellule intestinale de têtard dans un ovocyte énucléé de Xénope et obtient des amphibiens viables et fertiles (il a fallu attendre 10 ans pour voir le premier organisme cloné à partir d'un noyau de cellule différenciée).

Les clones seront utilisés comme animaux d'élite pour la reproduction. Ce sont leurs descendants qui seront élevés pour la viande ou le lait.