

Chapitre I. MECANISMES DE LA TRANSMISSION DES CARACTERES HEREDITAIRES

I. TERMINOLOGIE

Chromosome : structure en forme de bâtonnet très colorable visible au niveau du noyau des cellules en division. Les chromosomes constituent le support matériel des gènes, leur constituant essentiel est l'ADN, (acide désoxyribonucléique) = le matériel héréditaire. L'ensemble des chromosomes d'une seule cellule, classés selon leur nombre et leur aspect morphologique est appelé Caryotype.

Les caryotypes de nombreuses espèces montrent que le nombre de chromosomes est presque toujours un nombre pair (il y a de rares exceptions à cette règle). Les deux chromosomes d'une même paire sont qualifiés de chromosomes homologues (un chromosome d'origine paternelle et un chromosome d'origine maternelle). On qualifie de cellules diploïdes, les cellules possédant $2n$ chromosomes (n étant le nombre de paires). Alors que les cellules haploïdes ne possèdent que n chromosome (gamètes).

Chromosomes sexuels L'examen des caryotypes de diverses espèces animales, montre qu'une paire de chromosomes fait exception à la règle d'homologie. Ces chromosomes sont qualifiés de chromosomes sexuels (gonosomes ou hétérochromosomes) par opposition aux autres paires appelées autosomes.

Exemple :

Le caryotype humain normal comporte 46 chromosomes $\rightarrow 2n = 46$ soit 23 paires de chromosomes homologues : 22 paires d'autosomes

- Une paire de gonosomes, XX chez la femme, XY chez l'homme.

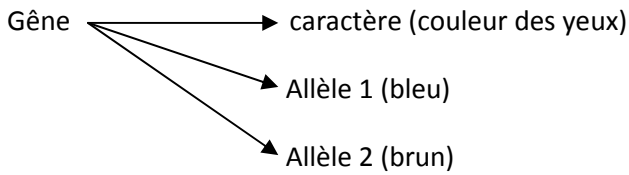
Les femelles sont dites homogamétiques, elles produisent un seul type de gamètes : tous les ovules d'une femme sont porteurs d'un chromosome X. Les mâles sont dits hétérogamétiques : la séparation de X et de Y va conduire à la formation de 2 types de gamètes : 50% porteurs d'un chromosome X et 50% porteurs d'un chromosome Y.

Gènes: nom donné par Johannsen (1909) aux facteurs mendéliens qui déterminent le développement d'un caractère donné. Le gène occupe un emplacement précis appelé locus situé sur le chromosome qui le porte. Sur le plan moléculaire, le gène présente une structure linéaire qui correspond à un segment de la molécule d'ADN (ou d'ARN chez certains virus). On appelle génome la combinaison de l'ensemble des gènes d'un même être vivant.

Allèle : l'allèle est défini comme étant l'une ou plusieurs formes alternatives que peut avoir un gène. A noter, qu'un individu ne peut porter plus de deux allèles différents pour un gène donné \rightarrow un allèle pour chacun des deux chromosomes homologues. Les allèles d'un même gène conduisent à la réalisation d'un même caractère mais avec des modalités variées.



Exemple : dans le cas du gène responsable de la couleur des yeux, un allèle donne des yeux bleus, l'autre allèle donne des yeux bruns, d'autres allèles donnent d'autres couleurs. Les deux allèles d'un même gène sont situés en des loci identiques d'une même paire de chromosomes homologues.



-Homozygote : se dit d'un organisme diploïde dont le génotype réunit des allèles identiques pour un gène donné.

-Hétérozygote : se dit d'un organisme diploïde dont le génotype porte des allèles différents pour un gène donné.

-Génotype: ensemble des gènes contenus dans les cellules d'un organisme, c'est la somme de l'information génétique des gènes que porte cet organisme. Dans un croisement particulier le génotype est représenté par une formule dans laquelle les gènes considérés sont désignés par deux lettres (une lettre pour chacun des deux allèles). Les deux lettres sont identiques pour un Individu homozygote, différentes pour un individu hétérozygote.

-Phénotype : ensemble des caractères visibles d'un individu, le phénotype est l'expression au niveau du corps du message porté par les gènes, c'est le résultat de l'interaction entre l'information génétique de l'organisme (génotype) et le milieu dans lequel cet organisme vie.

-Lignée pure : ensemble d'individus homozygotes pour un gène donné et qui donnent après croisement (entre eux) une descendance homogène, formée d'individus qui se ressemblent entre eux et ressemblent à leurs parents pour le caractère étudié.

II. EXPRESSION DES ALLELES ET PHENOTYPE

1. Gène Létale

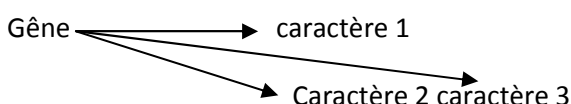
Un gène est considéré comme létale lorsqu'il entraîne la mort (ou la stérilité) de l'individu homozygote qui le porte.

Exemple :

-Chez les caprins le gène P détermine l'absence des corne, mais il est également considéré comme un gène létal car il agit également sur l'aptitude à la reproduction entraînant la stérilité des chèvres motte PP.

2. Gènes pleiotropes

Un gène pleiotrope est un gène qui détermine simultanément plusieurs caractères.



Exemples :

-Le gène W (white) responsable des chats totalement blancs, entraîne également une surdité chez ces animaux.

-Chez les bovins le gène majeur responsable du caractère culard provoque divers caractéristiques anatomiques : hypertrophie de la langue, des muscles, rétraction du ventre, finesse de l'ossature... et des caractéristiques physiologiques : problèmes de reproduction, insuffisance cardiaque

3. Expressivité et pénétrance

3.1. Expressivité : L'expression phénotypique d'un gène donné n'est pas exactement la même chez tous les organismes porteurs de ce même gène. Ce degré d'expression variable est appelé expressivité.

Exemple : un gène responsable d'une maladie héréditaire peut présenter une expressivité variable selon la personne atteinte -> un patient peut être très malade, alors qu'un autre ayant la même maladie est atteint d'une façon moins sévère. L'expressivité variable résulte de :

- l'effet des conditions de milieu :
- l'effet des gènes modificateurs :

L'effet des conditions de milieu : Les facteurs liés à l'environnement peuvent augmenter ou au contraire limiter l'expression phénotypique de certains gènes. Le mot environnement inclut non seulement des facteurs externes tels que l'alimentation ou le climat, mais aussi des facteurs internes tels qu'hormones enzymes....

Exemple : deux vaches laitières de même génotype peuvent présenter des performances différentes, en fonction des conditions de milieu dans lesquelles elles vivent.

Une vache placée dans un milieu favorable (alimentation, traite) extériorise mieux son potentiel génétique par une production élevée de lait. Au contraire une vache mal alimentée produit moins de lait (expressivité faible de son génotype).

3.2. Pénétrance :

Les différents degrés d'expressivité forment une série continue allant de l'expression maximale à l'absence quasi-totale d'expression du phénotype attendue. Ainsi certains gènes ne peuvent pas s'exprimer chez certains individus. La capacité qu'a un gène d'être exprimé dans le phénotype est appelée pénétrance cette dernière est la probabilité qu'un gène puisse avoir une expressivité phénotypique.

Un génotype qui est toujours exprimé présente une pénétrance de 100%.

Une pénétrance de moins de 100% est qualifiée de pénétrance incomplète.

Exemple: Chez les bovin le caractère culard est déterminé par un gène dominant C, cependant 90% des individus hétérozygotes Cc ne présentent pas ce caractère. Cela s'explique par la pénétrance incomplète de ce gène dominant.

4. Interaction entre gènes allèles

Les allèles d'un même gène peuvent interagir de plusieurs façons avec des effets différents sur le phénotype. Selon que la protéine produite par l'allèle est fonctionnelle ou non on distingue :

Dominante complète	Codominance	Dominance incomplète
L'allèle dominant code la version fonctionnelle de la protéine en quantité suffisante pour assurer le phénotype	Les deux allèles codent pour une version fonctionnelle mais différente de la protéine	L'allèle dominant code la version fonctionnelle de la protéine en quantité insuffisante pour assurer le phénotype normal
L'allèle récessif est un allèle mutant qui ne code pas de protéine ou qui code une protéine inactive		L'allèle récessif est un allèle mutant qui ne code pas de protéine ou qui code une protéine inactive
Phénotype d'hétérozygote	Phénotype hétérozygote	Phénotype hétérozygote
l'allèle dominant détermine seul le phénotype observé	Expression conjointe des deux allèles chez l'hétérozygote dont le phénotype est composé par la juxtaposition des phénotypes des deux homozygotes	La présence des deux allèles produit un phénotype intermédiaire entre l'homozygote récessif et l'homozygote dominant

Exemple dominance complète:

Chez les caprins le gène P détermine l'absence des cornes, est dominant sur l'allèle p déterminant l'absence des cornes :

Les homozygotes dominants PP et les hétérozygotes Pp sont mottes.

Les homozygotes récessifs pp sont cornus.

Exemple de dominance incomplète :

Chez les poules de la race gauloise le croisement des animaux homozygote noirs avec des animaux homozygotes blancs donne une descendance bleue (gris cendré) → le bleu est une dilution du noir produit en quantité insuffisante chez l'hétérozygote.

Exemple codominance :

Chez les chats parmi les allèles du locus C (coloration) on connaît :

Le gène c^s responsable du patron siamois, il conduit à un corps très clair et des extrémités colorés.

Le gène c^b responsable du patron burmese, il conduit à un ; couleur intense aux extrémités et un corps légèrement plus claire.

L'hétérozygote c^s, c^b présente un patron dit mink avec un corps légèrement clair et des extrémités légèrement foncé.

5. interaction entre gène non allèles :

L'action d'un gène peut être modifiée par des gènes non allèles, selon leur effets on parle de gènes non complémentaires, épistatiques et modificateurs.

5.1. Gènes complémentaires :

Les gènes complémentaires sont des gènes non allèles qui par leur action combinées se complètent pour produire un phénotype nouveau différent de ceux qu'ils induisent séparément.

Exemple :

La forme de la crête chez la volaille est déterminée par deux couples d'allèles.

Le gène R → dont l'allèle dominant R détermine une crête en rose, l'allèle récessif r donne une crête simple.

Le gène P → dont l'allèle dominant P détermine une crête en pois, l'allèle récessif p donne une crête simple.

-Les individus de génotype R- pp → présentent une crête en rosé.

-Les individus de génotype rr P- → présentent une crête en pois.

-Les individus de génotype rr pp → présentent une crête simple.

-Les individus de génotype R- P- → présentent une crête en noir.

→ La présence du gène P et R dans un même génotype entraîne l'apparition d'un nouveau phénotype (crête en noir) = les gènes P et R sont complémentaires.

5.2. Gènes épistatiques :

Entre les divers couples de facteurs qui participent à la réalisation d'un caractère il existe parfois des rapports de dépendance désignés sous le nom d'épistasie, cette dernière peut être définie comme la dominance d'un facteur d'un couple sur un facteur d'un autre couple. Ainsi on parle d'épistasie chaque fois qu'un gène domine un autre gène non allèle, masquant ainsi les manifestations de ce dernier. Le premier gène est dénommé " gène épistatique " et le second est appelé gène hypostatique.

Exemple : Epistasie récessive (9:3:4)

Chez les chiens, la coloration sombre du pelage nécessite la présence de 2 gènes: Le gène C (coloration) dont l'allèle dominant C est nécessaire pour produire n'importe quelle couleur du pelage. Les chiens CC ou Cc sont colorés, les chiens homozygotes récessifs cc sont albinos (blanc par absence de toute coloration). La nature de la couleur des chiens CC ou Cc dépend d'un autre gène: Le gène B (brown) dont l'allèle dominant B détermine une robe noire, l'allèle récessif b donne une robe marron. Le croisement entre deux chiens noirs doubles hétérozygotes Bb Cc donne une descendance formée de:

9/16 noirs → B- C-

3/16 marron → bb C-

B- cc (3/16)

4/16 blancs →

bb cc (1/16)

La classe phénotypique 4/16 résulte de la fusion des deux classes 3/16 et 1/16 normalement attendues. La fusion entre ces deux classes est caractéristique de l'épistasie récessive -> Le génotype récessif cc du gène C empêche l'expression des allèles du gène B

5. 3. Gènes modificateurs :

Les gènes modificateurs sont des gènes qui modifient l'expression d'un caractère soumis à l'action d'un gène majeur. Ces gènes sont nombreux et d'action faible. En l'absence de gène majeur ils ne peuvent pas s'exprimer.

Exemple:

Les chiens Dalmatiens présentent une robe blanche parsemée de taches rondes et larges très visibles. La présence de ces taches est sous l'effet d'un gène majeur le gène T ticking. Des gènes modificateurs interviennent pour modifier la taille, la forme et la densité de la coloration des taches d'un chien à l'autre.

Chapitre II ETUDE SPECIALE DE QUELQUES CARACTERES CHEZ LES ANIMAUX DOMESTIQUES

I. Caractères autosomiques simple

1. Caractère culard chez les bovins

Le caractère culard chez les bovins se manifeste par une morphologie spécifique assez facilement observable.

-Certains éléments de cette morphologie sont présents à la naissance et s'expriment de la même intensité tout au long de la vie de l'animal tels que : compacité générale, finesse de l'ossature, inclinaison du bassin, attache de la queue avancée, grosse articulations et position campée.

-D'autres éléments atteignent leur maximum d'expressivité entre l'âge de 3 à un an tels que : l'hypertrophie des muscles de l'épaule et de la cuisse, rétraction du ventre (ventre levretté) et présence de sillons intérieurs cutanés au niveau de l'épaule et de la cuisse.

-Le caractère macroglossie est présent à la naissance mais, il disparaît vers 3 semaines d'âge. Le caractère culard présente un grand intérêt, il permet un rendement en viande élevé, notamment par la diminution de la proportion du tissu adipeux et osseux.

Cependant, il est associé à des difficultés de la reproduction (baisse de la fertilité, fréquence élevée des dystocies), une fragilité cardiaque et une viabilité réduite. Ces inconvénients empêchent l'exploitation sans retenu de ce caractère.

Le déterminisme génétique du caractère culard est gouverné par un gène dominant C qui présente une pénétrance incomplète et une expressivité variable

Les individus CC sont à 95% de type culard.

Les individus Cc sont pour 10% de type culard.

Les individus cc sont normaux.

2. Cornage chez les caprins

L'absence des cornes chez les caprins est contrôlée par un gène dominant P (polled), son allèle récessif p détermine chez l'homozygote pp la présence des cornes. Pour des raisons zootechniques on préfère les animaux mottes cependant le gène P responsable de ce caractère est un gène pléiotrope et létale car il entraîne la stérilité des chèvres mottes homozygotes PP, alors que les boucs homozygotes, sont du point de vue reproductif, soit normaux soit très prolifiques présentant parfois une anomalie de l'épididyme.

Les animaux hétérozygotes Pp et ceux cornus pp ont des fonctions de reproduction normales avec une fertilité meilleure des hétérozygotes Pp.

L'élimination du cornage dans cette espèce par la création d'une lignée pure motte est donc impossible.

Remarque : les chèvres mottes PP sont des intersexuées stériles présentant un caryotype femelle normal 60,XX mais, elles ont développé des testicules à la place d'ovaires, la masculinisation de leurs gonades est précoce (40j de gestation).

Différents phénotypes des chèvres selon le sexe chromosomique et le génotype

Formules chromosomiques	Génotypes		
	PP	Pp	pp
XY	Mâles cornus fertiles	Mâles mottes fertiles plus prolifiques que les mâles pp	Mâles mottes fertiles plus prolifiques que les mâles pp et Pp Mâles mottes atteints d'obstruction de l'épididyme: -partiellement (fertiles) -d'une manière généralisée (stériles)
XX	Femelles cornues fertiles	Femelles mottes fertiles plus prolifiques que les femelles pp	Animaux mottes tous stériles, inversés sexuels - XX avec phénotype mâles sans ambiguïté - XX avec ambiguïté génitales externes

II. Caractères liés au sexe

1. Chromosomes sexuels et hérédité liée au sexe

Les chromosomes X et Y possèdent une petite portion homologue; c'est par l'intermédiaire de cette région que s'effectue l'appariement entre les chromosomes X et Y au cours de la méiose chez le sexe hétérogamétique. Cependant la plus grande portion de ces chromosomes est hétérologue -> une portion importante de l'X ne possède pas d'équivalent dans le Y et réciproquement.

Par conséquent, un gène porté par la partie différentielle d'un chromosome sexuel n'existe qu'en un seul exemplaire dans le sexe hétérogamétique, ainsi ce dernier ne peut jamais être homozygote pour ce gène mais seulement hémizyote. Cette situation entraîne un type d'hérédité spécifique appelée "hérédité liée au sexe" celle-ci se traduit par une distribution différente des caractères selon le sexe de la descendance.

2.1. Gènes d'auto sexage chez les volailles :

Chez les volailles, il est important de distinguer le sexe des poussins dès l'éclosion pour séparer mâles et femelles future pondeuses.

Le sexage des poussins classiquement réservés aux personnes expérimentées (par examen du cloaque) peut être facilement réalisé à partir des caractères d'emplumement directement observables (vitesse d'emplumement, couleur...)

Le principe de l'auto sexage génétique consiste à croiser 02 souches différentes par un caractère lié au sexe : un mâle homozygote récessif et une femelle hétérozygote porteuse de l'allèle dominant (Chez les volailles le mâle est homogamétique XX la femelle est hétérogamétique XO).

Exemple :

Parmi les caractères d'emplumement, la vitesse de l'apparition des plumes est la plus fréquemment utilisée dans les lignées autosexable (à un jour) Ce caractère est contrôlé par un gène lié au sexe dont :

1. L'allèle dominant K^+ détermine un emplumement rapide
2. L'allèle récessif k détermine un emplumement tardif

Le croisement entre un coq à emplumement tardif $X^k X^k$ avec une poule à emplumement rapide

$X^{k+} O$ donne uniquement des poussins mâles à emplumement rapide et des poussins femelles à emplumement lent. Le tri des poussins devient facile par simple observation visuelle. (Le coq donne l'un de ces X à ses filles La poule donne son seul X aux mâles)

coq

poule

emplumement tardif (X) emplumement rapide

$X^k X^k$

$X^{k+} O$

	male	X^k	X^k
femelle			
X^{k+}		$X^{k+}X^k$	X^k+X^k
O		X^kO	X^kO

Les male F1 ont un emplumement rapide X^k+X^k

Les femelles F1 ont un emplumement tardif X^kO

On parle d'hérédité croisée car il y a une inversion des caractères des parents aux descendants.

NB : D'autres croisements mettent en ouvre les gènes de coloration

- Le locus barrure du plumage
- L'allèle dominant B, détermine un plumage barré
- L'allèle récessif b, détermine un plumage uniforme
- Le locus dorure du plumage
- L'allèle dominant S détermine un plumage argenté et un duvet jaune
- L'allèle récessif s détermine un plumage doré et un duvet roux.

2.2. Gène du nanisme (dwarf) chez les volailles :

La taille des volailles est déterminée par un gène lié au sexe dont l'allèle dominant Dw détermine une taille : normale, l'allèle récessif dw donne des oiseaux nains présentant une réduction de la taille de 30% chez la poule et de 40% chez le coq. A noter qu'une poule naine peut produire des œufs de taille normale (on note toute fois une diminution du poids des œufs de 5 à 10% (2 à 3g))

L'élevage des poules naines permet :

-La diminution du rapport quantité de nourriture par œuf produit (diminution des besoins d'entretien).

-L'augmentation de la densité des volailles dans les poulaillers.

Un producteur d'œufs à couvés a intérêt d'élever des poules naines qui produisent des œufs et des poussins de taille normale.

Pour cela les femelles naines $X^{dw} O$ peuvent être directement utilisées en vue de la ponte avec des lignées produisant des œufs de grandes taille= Males normaux homozygotes $X^{DW} X^{DW}$

parents	Male nain $X^{dw} X^{dw}$	Femelle normale $X^{DW} O$
La descendance femelle destinée à l'élevage est formée uniquement de femelles naines	Femelle naines $X^{dw} O$	

(économie de surface et d'alimentation)		
Pour produire les œufs et poussins commerciaux, les femelles d'élevage naines sont croisées avec des males normaux homozygotes.	Femelles naines $X^{dw} O$	Male normal $X^{DW} X^{DW}$
La descendance destinée a la vente (œufs et poussins, males et femelles) sont tous de taille normale	Femelle normale $X^{DW} O$	Male normal $X^{DW} X^{dw}$