

Eléments de génétique canine

Pr Dominique GRANDJEAN

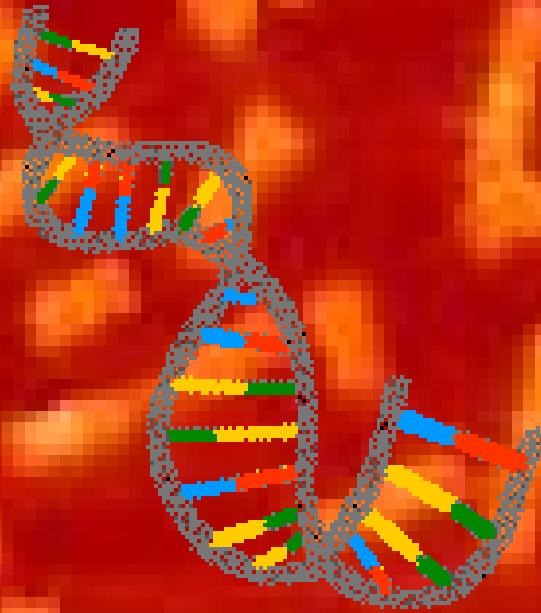
Unité de Médecine de l'Elevage et du Sport

Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort




- Transmission des caractères génétiques
- Tares d'origine génétique
- Modes de sélection
- Choix des reproducteurs
- Lecture du pedigree

TRANSMISSION DES CARACTERES GENETIQUES



TRANSMISSION DES CARACTERES GENETIQUES



• **Qu'est-ce qu'un caractère génétique ?**

- Les chromosomes, supports de l'hérédité
- Transmission des caractères : les lois de l'hérédité



Qu'est-ce qu'un caractère génétique ?

- Aussi appelé caractère héréditaire
- Expression **visible** d'un ou de plusieurs gènes



Exemples de caractères génétiques



Morphologie




Aptitudes
naturelles



Maladies génétiques

TRANSMISSION DES CARACTERES GENETIQUES

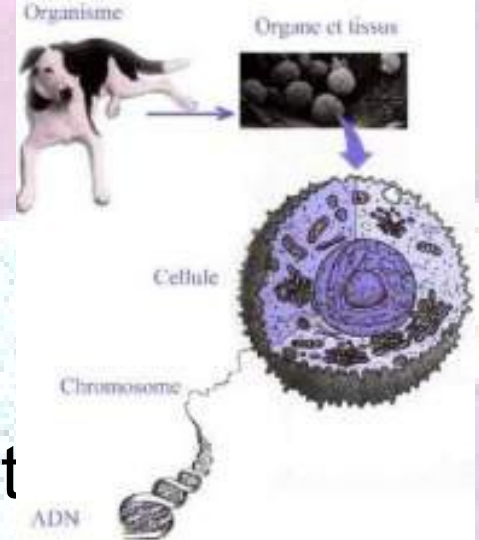
- Qu'est-ce qu'un caractère génétique ?

 **Les chromosomes, supports de l'hérédité**

- Transmission des caractères : les lois de l'hérédité

Support de l'hérédité

- Un noyau contenant de l'ADN dans chaque cellule de tout être vivant
- L'ADN est organisé en chromosomes
- 39 **paires** de chromosomes chez le chien
- Génome: ensemble des chromosomes
- Génome hérité pour moitié du père et pour moitié de la mère
- « tout est en double »



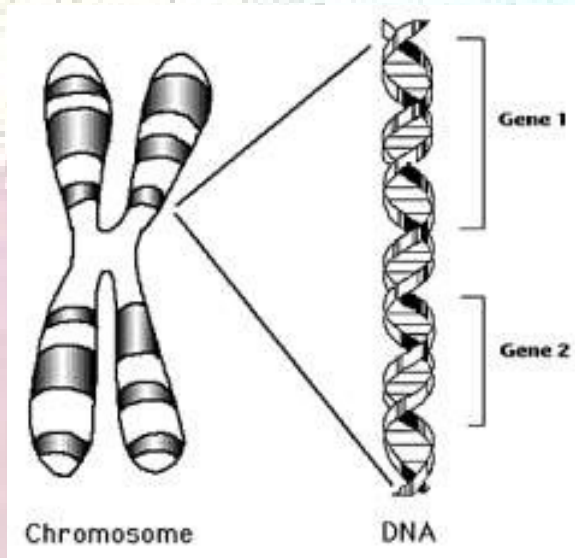


Support de l'hérédité

- Génotype : informations contenues dans les gènes, ou patrimoine héréditaire
- Phénotype : apparence, expression des gènes et influence de l'environnement

Support de l'hérédité

- **Gène:** petite partie de chromosome, situé à un endroit précis, appelé « locus »





Support de l'hérédité

- Pour chaque gène, il existe **plusieurs versions** appelées « allèles »
- Chez un même chien, on a deux allèles identiques ou différents
- Exemple : pour le gène B, on a deux allèles possibles:
 - B⁺ noir
 - b marron (ou chocolat)

Support de l'hérédité

- 2 Allèles **identiques**=individu homozygote pour ce gène
(B+, B+)= noir ou (b,b)= marron



- 2 Allèles **différents**=individu hétérozygote pour ce gène
(B+,b)= ...? À suivre...

TRANSMISSION DES CARACTERES GENETIQUES

- Qu'est-ce qu'un caractère génétique ?
- Les chromosomes, supports de l'hérédité

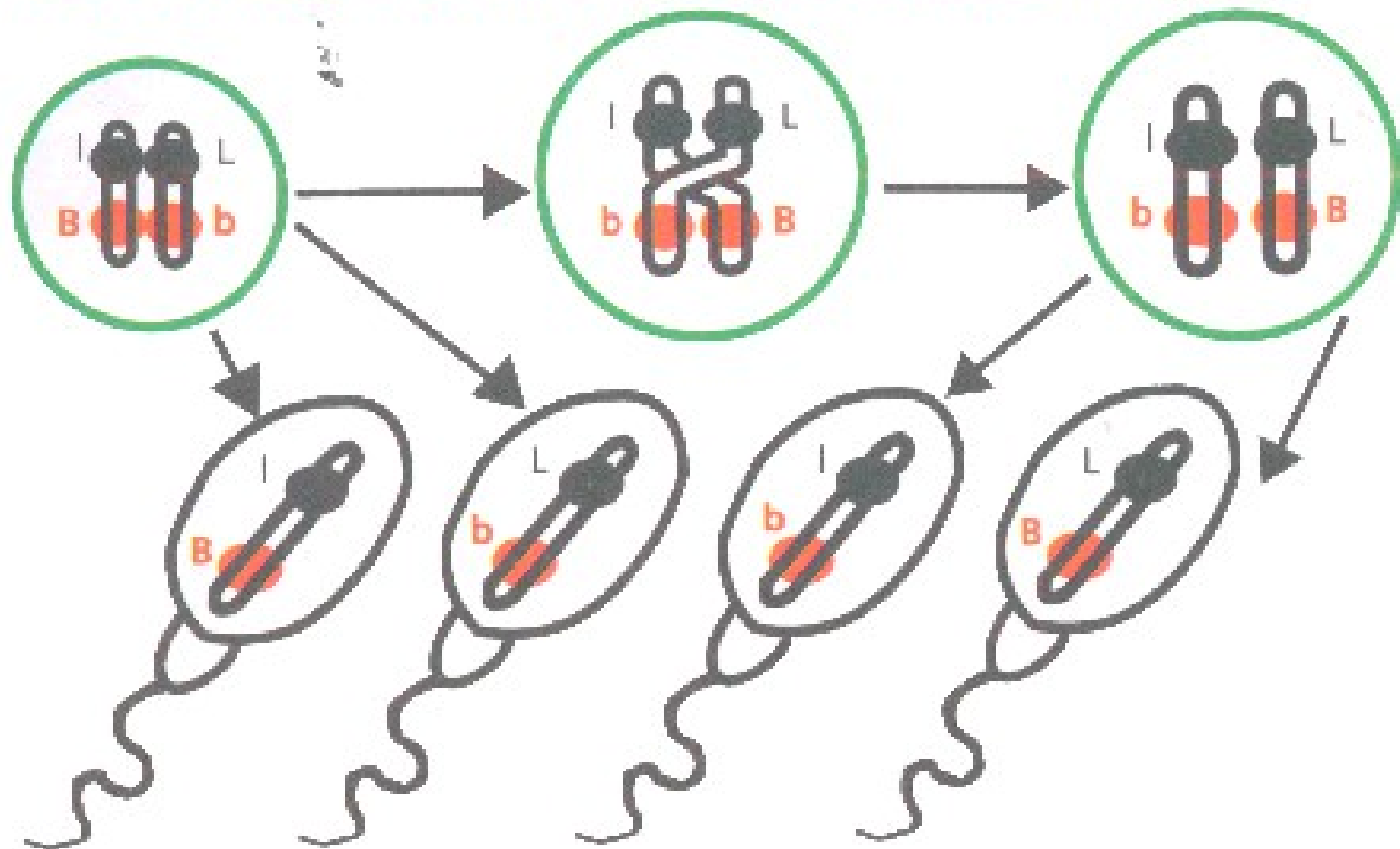
 **Transmission des caractères : les lois de l'hérédité**



Transmission des caractères

- Formation des cellules sexuelles (spermatozoïde et ovocyte): échange de morceaux de chromosomes et dissociation
- Les cellules sexuelles contiennent **39 chromosomes**

EXEMPLE DE TRANSMISSION ALÉATOIRE DE DEUX CARACTÈRES AU COURS DE LA GÉNÈSE DES SPERMATOZOÏDES (méiose)





Transmission des caractères

- Fécondation :
réunion des chromosomes
d'où **39 paires** de chromosomes
dans la cellule-œuf, futur chiot...



Transmission des caractères

- Chaque spermatozoïde ou ovocyte reçoit une information différente
- Lors de la fécondation, le réassemblage de l'information se fait **au hasard**
- « la loterie »



Transmission des caractères

Deux catégories de caractères

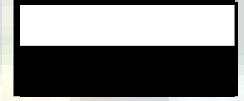
- **Caractères qualitatifs**: ils définissent une **qualité** (*couleur fauve ou noire, oreilles dressées ou tombantes...*)
- **Caractères quantitatifs**: ils peuvent **se mesurer** (*taille au garrot, poids, longueur du fouet...*)

Hérédité des caractères qualitatifs



« blanc ou noir », ou « oui ou non »

Hérédité des caractères qualitatifs



- 2 Allèles identiques = individu homozygote
(B+, B+) = noir ou (b, b) = marron



- 2 Allèles différents = individu hétérozygote
(B+, b) = Noir ? marron et noir ?
Marron ?



CEA 2004

Hérédité des caractères qualitatifs



- Quand B+ est présent **au moins une fois** chez un chien, le chien est noir
- B+ (noir) est l'allèle **dominant**
- b (marron) est l'allèle **récessif**

Hérédité des caractères qualitatifs



- *Quelle sera la distribution des couleurs dans une portée selon la couleur des parents ?*
- Les prévisions statistiques sont toujours possibles...mais pas toujours vérifiées !

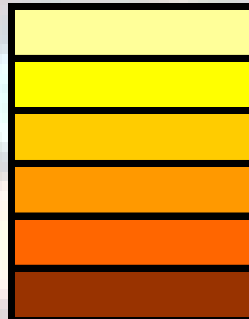
Exemple concret

- Mâle noir Bb (porteur du gène marron) *
femelle marron bb
- 50% de chiots noirs et 50% de chiot
marrons

	B	b
b		bb
b		bb



Hérédité des caractères quantitatifs



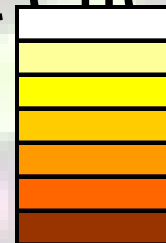
« du plus clair au plus foncé »

ou

« du plus petit au plus grand »

Hérédité des caractères quantitatifs

- Caractères **quantitatifs**: ils peuvent **se mesurer** (*taille au garrot, poids, longueur du fouet...*)
- En fait les plus nombreux
- dû à l'addition d'un grand nombre de « mini-gènes », qui ont chacun un petit effet



Hérédité des caractères quantitatifs

- Tout descendant présente une **valeur intermédiaire** entre celle de ses deux parents
Exemple : poids
- Croisement chien mâle de 15 kg avec chienne de 35 kg
- *Quel sera le poids moyen des descendants?*
- Les chiots de cette portée auront un poids adulte compris entre 20 et 30 kg en moyenne

Hérédité des caractères quantitatifs

MAIS...

- les effets de l'environnement peuvent être importants (conditions de vie et d'entraînement)

Exemple : lévrier de course

- « Potentiel génétique »
- « hérédité de prédisposition »
- Certains caractères sont plus ou moins héritables

Exemple : taille au garrot, aboiement à l'ordre

Hérédité des caractères quantitatifs

- Héritabilité **élevée** : le phénotype reflète assez bien le génotype, on peut donc sélectionner d'après l'apparence
- *Exemple: morphologie (conformation de la tête, ossature...)*

Hérédité des caractères quantitatifs

- Héritabilité **faible** : le phénotype reflète assez mal le génotype, l'environnement exerce beaucoup d'effets

Exemple : longévité

Hérédité des caractères quantitatifs

- Héritabilité **moyenne** : cas le plus fréquent

Exemple : vitesse de croissance

Conclusion

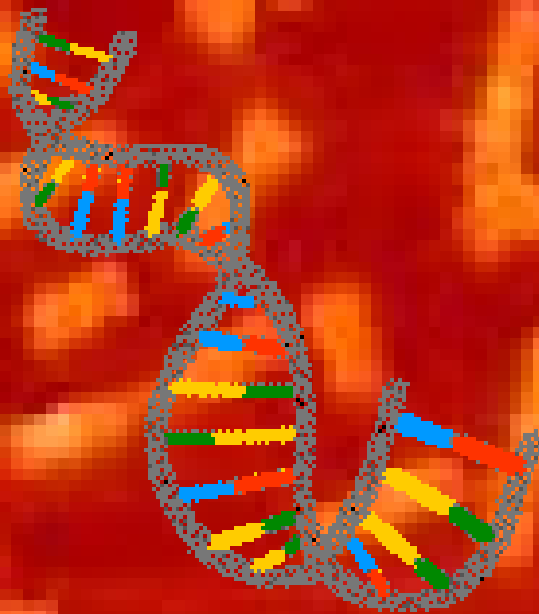
Il faut bien donc bien distinguer :

- Phénotype : **apparence** du chien
(morphologie, allures, comportement, aptitudes...)
- Génotype : **patrimoine héréditaire** du chien

Conclusion

- Le patrimoine héréditaire du chien représente un **potentiel**
- Quelques caractères sont simples à déterminer et leur transmission est connue, on peut alors **prévoir** l'apparence du chiot
- De nombreux caractères ne s'exprimeront qu'en présence de certains **facteurs du milieu**

TARES D'ORIGINE GENETIQUE CHEZ LE CHIEN



Quel rapport entre génétique et maladie ?

- **Rapport direct** : un ou plusieurs gènes suffisent seuls à induire une anomalie ou une affection (*exemple : hémophilie*),
- Ou si un ensemble de gènes induit une **prédisposition** pour une affection (*exemple : dysplasie coxo-fémorale*)

Ce sont les tares génétiques au sens strict

- Cependant de façon indirecte, la sélection de l'**hypertype** entraîne l'apparition d'affections particulières (*exemple : brachycéphale et problèmes respiratoires*)

Quelques définitions

- Caractère **congénital** : caractère présent dès la naissance qu'il soit d'origine génétique ou non
- Caractère **héréditaire** : caractère qui suit les lois de l'hérédité (transmis par les parents)

- **Plus de 250 anomalies d'origine génétique**
- 90 sont dues à un gène récessif
- 15 sont dues à un gène dominant
- 45 sont dues à plusieurs gènes agissant ensemble
- Les autres anomalies n'ont pas de déterminisme connu
- Génétique qualitative / quantitative

Origine génétique des maladies

- **Maladies dues à un gène récessif**
- Maladies dues à un gène dominant
- Maladies dues à plusieurs gènes

Maladies dues à un gène récessif

Les plus fréquentes

- Allèle malade (m) et allèle sain (S)
- m/m est **malade**, m/S est **porteur sain**, S/S est **sain**
- Exemple de croisement selon le génotype des parents

Exemple de croisement

- Mâle porteur sain * femelle porteuse saine

	m	S
m	mm	mS
S	mS	SS

Maladies dues à un gène récessif

Père \ Mère	m/m (malade)	m/S (porteur sain)	S/S (sain)
m/m (malade)	100 % de chiots malades	50 % de chiots malades 50 % porteurs sains	100 % porteurs
m/S (porteur sain)	50 % de chiots malades 50 % de chiots porteurs sains	25 % malades 50 % porteurs 25 % sains	50 % porteurs 50 % sains
S/S (sain)	100 % de chiots porteurs	50 % porteurs 50 % sains	100 % sains

Maladies dues à un gène récessif

Fréquence des sains non porteurs et des porteurs sains en fonction de la **fréquence des malades** dans le cas d'une maladie due à un gène récessif

Fréquence des malades m/m	Fréquence des porteurs sains (m/S)	Fréquence des sains non porteurs (S/S)
0,1 %	6 %	94 %
1 %	18 %	81 %
10 %	44 %	46 %

Maladies dues à un gène récessif

Mesures préventives:

- Organiser un **dépistage** systématique
- Ne pas utiliser de chien malade ou de porteur sain pour la reproduction
- Pour repérer les porteurs sains , il faut **étudier la généalogie** (ascendants, descendants, frères et sœurs)

Maladies dues à un gène récessif

- Si un des parents est malade (m/m), le chiot est porteur sain ou malade

	m	m
m	mm	mm
S	mS	mS

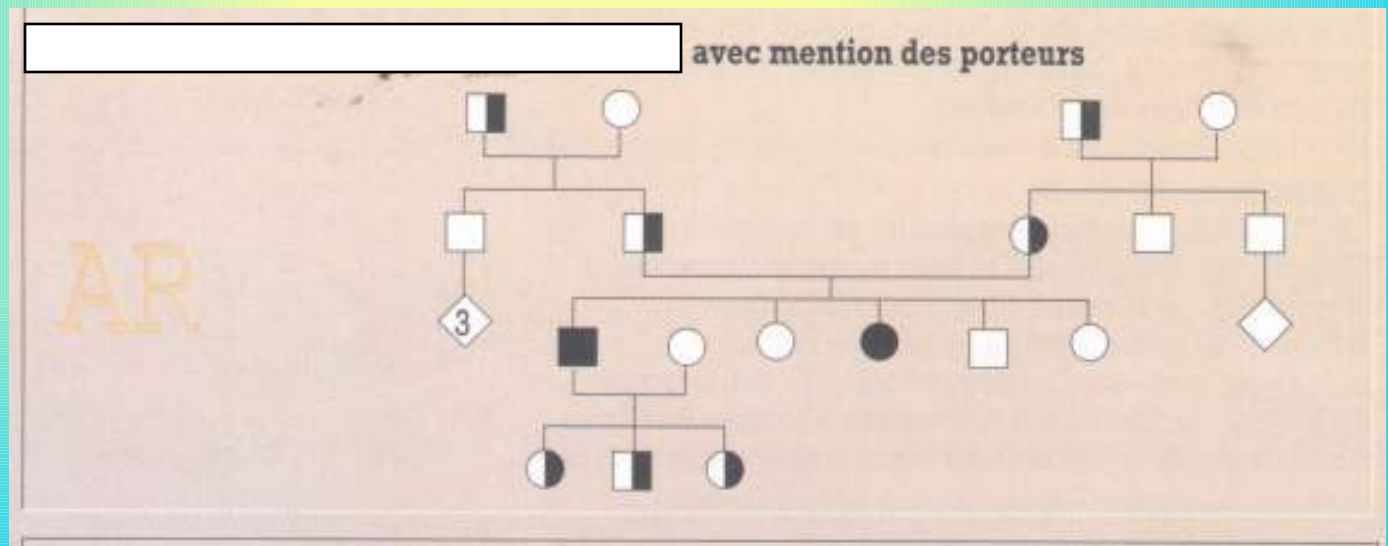
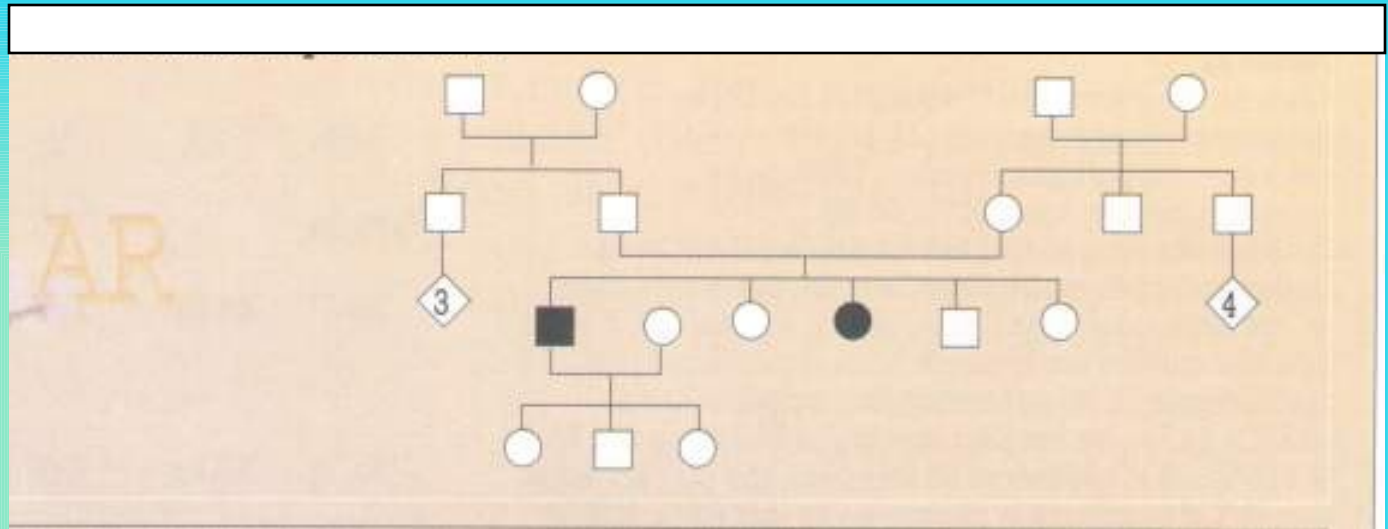
	m	m
S	mS	mS
S	mS	mS

Maladies dues à un gène récessif

- Si un chien apparemment sain est accouplé à une chienne apparemment saine (m/S ou S/S) et qu'il naît **au moins un chiot malade** (m/m), les deux parents sont porteurs sains (m/S)

	m	S
m	mm	mS
S	mS	SS

Exemple d'arbre généalogique



Maladies dues à un gène récessif

L'élimination de la tare est

✓ **fastidieuse**

(beaucoup de tests de dépistage)

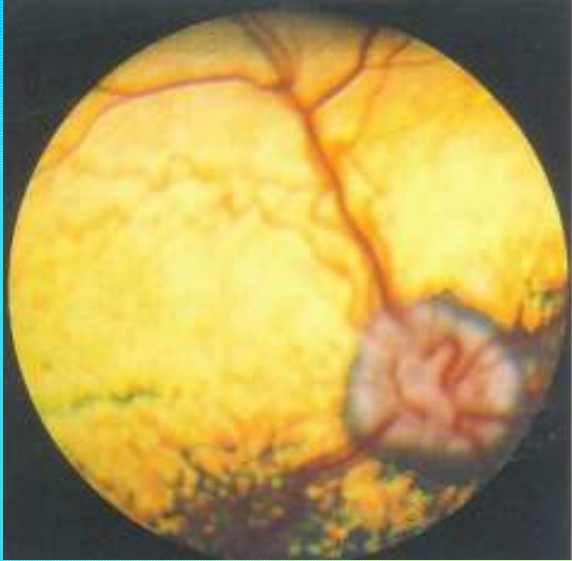
✓ **lente**

(la tare « saute » des générations)

Maladies dues à un gène récessif

Exemples :

- Anomalie de l'œil du colley
- Epidermolyse bulleuse jonctionnelle
- Alopécie des robes diluées
- Ostéodystrophie cranio-mandibulaire



Anomalie de l'œil
du Colley



Épidermolyse bulleuse jonctionnelle



Ostéodystrophie cranio-mandibulaire
W.H.W.T. de 8 mois

Origine génétique des maladies



- Maladies dues à un gène récessif
- **Maladies dues à un gène dominant**
- Maladies dues à plusieurs gènes

Maladies dues à un gène dominant

Les plus rares

- Tout individu possédant un allèle malade est atteint (M/s ou M/M)
- **Pas de porteur sain**

	s	s
M	Ms	Ms
M	Ms	Ms

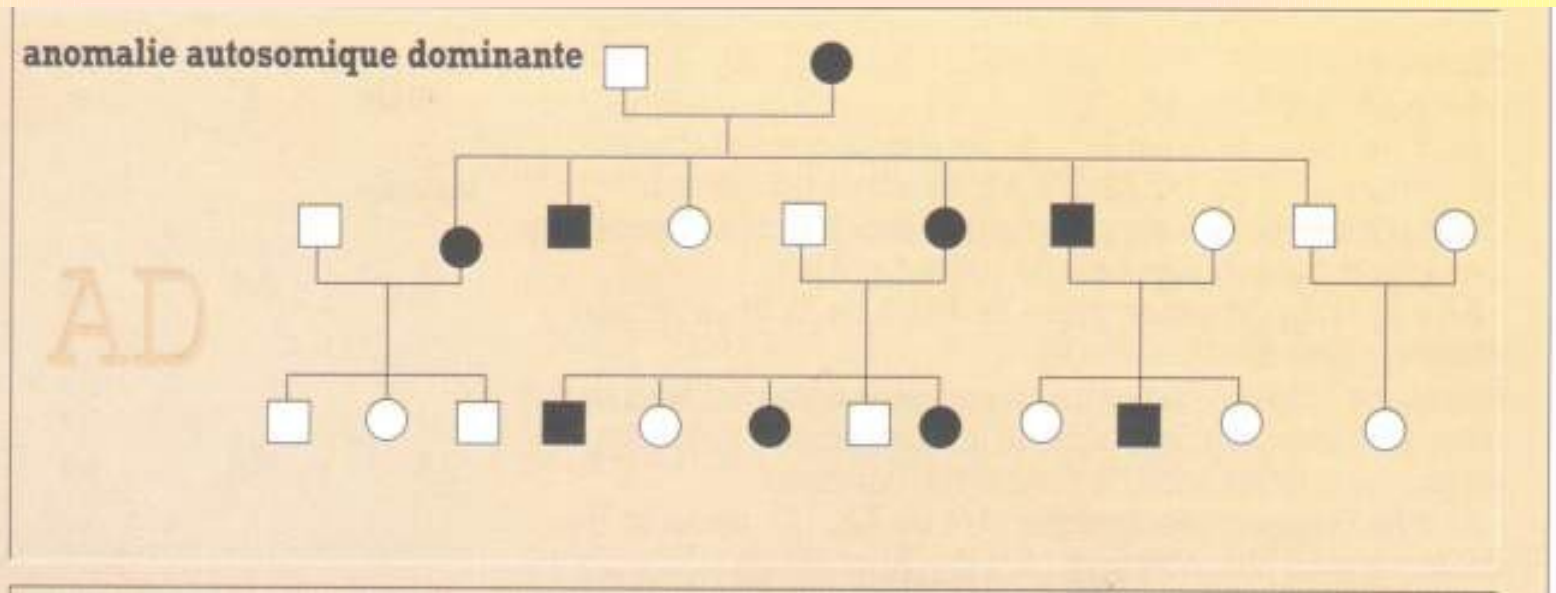
	M	s
M	MM	Ms
s	Ms	ss

Maladies dues à un gène dominant

Mesures préventives :

- **Dépistage** systématique
- Exclusion des chiens atteints de la reproduction
- L'**éradication** de la tare est alors très **rapide**

Exemple d'arbre généalogique



Maladies dues à un gène dominant

MAIS...

- Possible **expression tardive** de l'anomalie, après la mise à la reproduction, d'où un problème d'éradication
- La maladie peut être moins grave chez les hétérozygotes (M/s) que chez les homozygotes (M/M)
- Beaucoup d'anomalies à pénétrance incomplète: **la maladie ne s'exprime pas** (ou partiellement) chez les individus censés être malades d'après leur génotype

Maladies dues à un gène dominant

Exemples :

- Hypotrichose des races de chiens nus, dans ce cas l'homozygote n'est pas viable
- Paralysie congénitale du larynx (apparaît entre 4 et 14 mois)
- Cataracte congénitale dans certaines races (pénétrance incomplète)



Cataracte congénitale
Berger Allemand, 4 mois

Origine génétique des maladies

- Maladies dues à un gène récessif
- Maladies dues à un gène dominant
- **Maladies dues à plusieurs gènes**

Maladies dues à plusieurs gènes

- Ensemble de **gènes défavorables** et action de l'**environnement**
- Héritéité de **prédisposition** (notion de génétique quantitative)

Maladies dues à plusieurs gènes

- L'**éradication** de la tare est **très difficile**
- Il faut **favoriser les individus sains** ou les moins atteints, car ces individus ont théoriquement moins de gènes défavorables que les autres...

Maladies dues à plusieurs gènes

Exemples :



- Dysplasie coxo-fémorale
- Cryptorchidie ou ectopie testiculaire
- Dysplasie du coude (fragmentation de l'apophyse coronoïde et non union du processus anconé)

MALADIES DUES A PLUSIEURS GÈNES

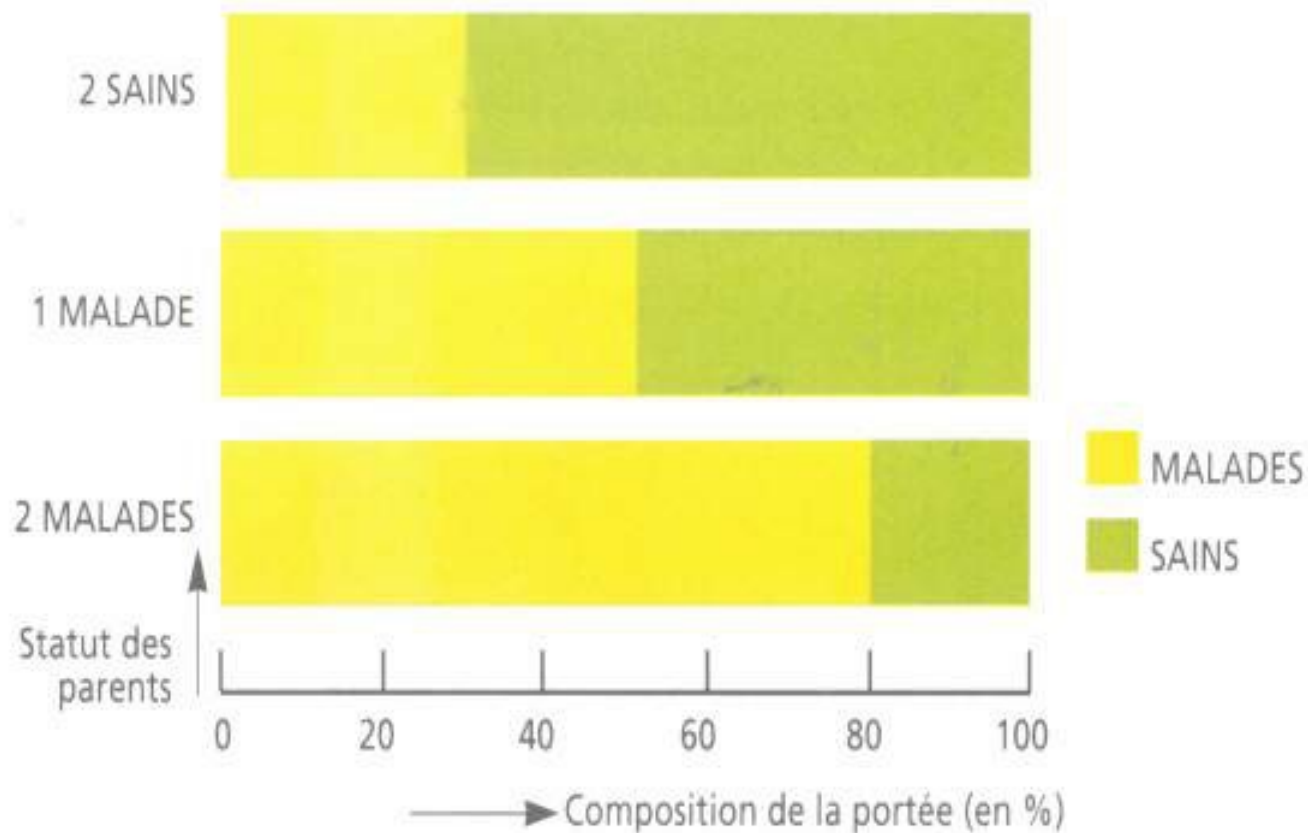
DYSPLASIE DE LA HANCHE

LUXATION ROTULIENNE

CRYPTORCHIDIE

ANOMALIES DENTAIRES

EXEMPLE DE LA DYSPLASIE DE LA HANCHE



D'après J.F. Courreau

Conclusion

- Grand nombre de maladies d'origine héréditaire prouvée ou supposée chez le chien
- Mise en place d'une **politique d'éradication** au sein d'un **élevage** ou d'un **club de race** :

toujours difficile, cependant il ne faut pas tomber dans les excès (ignorer l'anomalie ou écarter trop de chiens de la reproduction)

- Une réduction trop forte du nombre des reproducteurs potentiels entraîne un **appauvrissement génétique très préjudiciable**

A photograph of a dog kennel facility. In the foreground, there is a grassy area and a concrete path. A chain-link fence runs across the right side of the image. In the background, there is a long, single-story building with a grey roof. A series of black metal cages are lined up along the side of the building. Several German Shepherds are visible inside the cages. Some are standing, and one is sitting. There are green bowls on the ground in front of some cages. A large tree trunk is visible on the left side of the image.

SELECTION EN ELEVAGE CANIN

But de la sélection en élevage canin

- Produire des chiots correspondant aux caractéristiques recherchées par l'éleveur
- *Exemples:*
bon chien de chasse,
bon chien de compagnie, bon chien d'exposition
de beauté...

Les méthodes de sélection

- **La sélection sur l'apparence**
- La sélection généalogique
- La consanguinité
- L'out-crossing

La sélection sur l'apparence

Ou sélection phénotypique

- On ignore la recherche généalogique
- **On accouple deux reproducteurs dont l'apparence est celle désirée**
- On suppose une bonne corrélation entre phénotype et génotype

La sélection sur l'apparence

Les résultats :

- **Bons pour des caractères qualitatifs** (couleur de robe de base)
- Bons pour une héritabilité élevée (morphologie)
- Globalement aléatoires, progrès lents
- Enrichissement génétique intéressant
- Attention à la **dérive génétique** sur les caractères non soumis à la sélection (beauté/comportement ou longueur de poil/aplombs)

Les méthodes de sélection

- La sélection sur l'apparence
- **La sélection généalogique**
- La consanguinité
- L'out-crossing

La sélection généalogique

- On cherche à prédire la **valeur génétique** d'un reproducteur par l'appréciation de ses ancêtres, descendants et collatéraux
- La précision de la méthode augmente avec le nombre de chiens apparentés examinés

La sélection généalogique

Exemple : couleur de robe

- l'allèle noir est dominant sur l'allèle marron
(exemples : doberman, labrador, terre-neuve)
- Pour obtenir uniquement des chiots noirs dans une portée issus de deux parents noirs, on va chercher à vérifier que les parents ne sont pas **porteurs du gène** « marron », notamment qu'un ancêtre n'est pas marron



Phénotype : marron [b]

Génotype : (bb)

	B	B
B	BB	BB
b	Bb	Bb



Phénotype : noir [B]

Génotype : (bB) ou (BB)

	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

La sélection généalogique

- Pour transmettre « à tous les coups » les bons gènes, il faut que les reproducteurs soient **homozygotes** pour les caractères recherchés
- D'où l'usage de la **consanguinité**

Les méthodes de sélection

- La sélection sur l'apparence
- La sélection généalogique
- **La consanguinité**
- L'out-crossing

La consanguinité

- Accouplement des **individus apparentés** dans le but de fixer leurs caractères génétiques à l'état homozygote
- Individus apparentés si au moins un ascendant commun sur 5 générations
- **Création d'une lignée**
- Attention : on peut aussi bien fixer des qualités que des défauts...

La consanguinité

Les défauts ne sont pas créés
par la consanguinité,

ils sont révélés
(allèle récessif)

Degré de consanguinité

- Consanguinité serrée :
accouplement Père/fille
- Consanguinité large :
accouplement entre cousins éloignés

La consanguinité

- *Avantage :*

Fixer des qualités satisfaisantes pour l'éleveur

- *Inconvénients :*

Appauvrissement génétique

Fixe des défauts

Les méthodes de sélection

- La sélection sur l'apparence
- La sélection généalogique
- La consanguinité
- **L'out-crossing**

L'out-crossing

- ou croisement de lignées
- **Utilisation d'un autre courant de sang** dans un élevage plus ou moins consanguin
- *But :*
combiner les qualités des deux lignées, apporter de la « vigueur hybride »

L'out-crossing

Avantages :

- **Enrichissement génétique**
- Possible production d'excellents sujets
- Portée théoriquement homogène

Inconvénient :

- Les chiots produits sont hétérozygotes, ils transmettront mal leur phénotype

L'out-crossing

On peut cependant utiliser ces chiots
comme reproducteurs avec l'une ou l'autre
des lignées de départ

Application des méthodes de sélection

- L'utilisation **combinée** de plusieurs méthodes est la plus intéressante (sélection sur l'apparence et sur la généalogie)
- Les éleveurs de chiens le font par intuition
- L'ensemble des chiens d'une même race ne devraient pas être consanguins, par contre il peut exister des lignées consanguines au sein d'une même race

Conclusion

Les grands principes :

- **Se donner des priorités** : ne retenir au départ qu'un petit nombre de caractères à améliorer
- Se rappeler que les caractères qualitatifs sont **plus rapides** et plus faciles à fixer que les caractères quantitatifs

Conclusion

- L'accouplement de sujets génétiquement éloignés peut donner des chiots exceptionnels, mais sans doute pas de bons « (t)raceurs »
- **La consanguinité** favorise la fixation des caractères en augmentant l'homozygotie
- **Le croisement entre lignées** permet l'enrichissement génétique