

Dans le cadre de mon baccalauréat technologique STAV, option production, j'ai effectué un stage de cinq semaines dans un élevage de chats, par amour pour ce félin, en Haute-Normandie : "la Chatterie de la Forêt Verte", située à Bosc-Roger-en-Roumois, au sud de Rouen.

Pendant mon stage, j'ai appris à alimenter les chats (distribution de la viande et des croquettes), à les abreuver, mais aussi à veiller à leur bien-être, en nettoyant leurs lieux de vie (litières, cages), et en brossant les Angora Turcs, ceux-ci ayant une longue toison.

J'ai également rempli des déclarations de naissance au LOOF, et j'ai envoyé des demandes de pedigrees à ce même organisme. Ma maître de stage m'a raconté l'histoire de sa race de chats et m'a parlé des conséquences de la consanguinité au sein de cette race, ce qui m'a poussé à m'interroger :

Quels sont les problèmes posés par la consanguinité chez l'Angora Turc ? Pourquoi et comment les minimiser ? Le cas de la Chatterie de la Forêt Verte

Pour répondre à cette problématique, je vais vous présenter tout d'abord la race Angora Turc, puis ce qu'est la consanguinité et ses effets, et enfin j'expliquerai comment remédier à ses inconvénients.

Je m'appuierai pour ce faire sur les connaissances de ma maître de stage, ainsi que sur les explications d'autres éleveurs tirées de leurs sites internet respectifs.



L'entreprise où j'ai effectué mon stage est située à Bosc-Roger-en-Roumois, en Haute-Normandie, près de Rouen, comme on peut le voir sur la carte.

Fiche signalétique de présentation de l'entreprise de stage

<p><u>Environnement</u></p> <p>Opportunités :</p> <p>La situation géographique :</p> <ul style="list-style-type: none"> la chatterie étant située dans la campagne, il n'y a plus de problème avec les voisins ; en face il y a une clinique vétérinaire équine, ce qui est très pratique quand un chat est malade. <p>Risques ou problèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les ventes restent limitées car les clients sont rares. En effet un chat de race vaut cher et les gens préfèrent souvent les refuges ou les dons de chatons. 	<p><u>Historique</u></p> <p>L'élevage commence en 2000 en Seine-Maritime avec l'achat des premiers chats de race Angoras Turc et Norvégiens. L'élevage s'agrandit petit à petit, ce qui pose quelques problèmes avec les voisins. Mme De Meyere est donc contrainte de déménager car elle manque d'espace pour ses chats. Elle achète en 2003 une maison avec deux dépendances et un grand jardin en Normandie à Bosc Roger En Roumois. Elle acquiert aussi des Bengals, des Maine Coon, des Sacré de Birmanie. Maintenant elle se concentre surtout sur les Angoras Turc, et n'a plus de Sacré de Birmanie.</p>	<p><u>Système de décision</u></p> <p>Groupe de pilotage : Mme De Meyere.</p> <p>Finalités : Pour l'amour des chats, pour vivre de sa passion, et produire des Angoras Turcs de qualité</p> <p>Objectifs : Limiter la consanguinité dans la race Angora Turc, favoriser les chats de couleur par rapport aux blancs (transmettent moins de problèmes génétiques).</p> <p>Stratégies : Éviter les croisements de fortes consanguinité et entre chats blancs.</p>	<p><u>Facteurs de production</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Une infirmerie, une maternité, trois volières en partie couvertes, une vingtaine de volières avec petite maison Cheptel : 9 mâles reproducteurs, et 28 femelles à la reproduction, plus une soixantaine d'autres chats castrés ou trop jeunes Matériels : arbres à chats, litières individuelles ou collectives, gamelles de viande, d'eau, et de croquettes, cages de transport, pharmacie <p><u>Système de production</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Saillies naturelles avec des mâles de l'élevage Choix de reproducteurs assez éloignés génétiquement Nourriture à base de viande chaque matin, peu de croquettes, et deux fois par semaine du yaourt avec un œuf <p><u>Système de commercialisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Les chats sont vendus à partir du site internet : http://www.angora-turc.com/ Ou par bouche à oreille <p>Mme De Meyere est la seule gérante de son élevage.</p>	<p><u>Résultat</u> :</p> <p>Le taux de consanguinité a chuté dans l'élevage. Au début il était de 30%, il est maintenant de 5%. D'autre part, il y a maintenant beaucoup de chats de couleur.</p> <p>Les chatons se vendent à partir de 500 euros pour la compagnie, ou à partir de 750 euros pour l'élevage. Sachant que le prix moyen se situe entre 450 et 800 euros.</p>	<p><u>Diagnostic</u> :</p> <p>Les chats ont une bonne qualité de vie. Ils sont difficiles à vendre cependant. C'est pourquoi la chatterie est en déficit.</p>	<p><u>Situation interne</u></p> <p>Atouts :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mme De Meyere dispose de suffisamment de place pour que tous ses chats puissent se dépenser un peu (excepté à la maternité). Présence d'une infirmerie, d'une maternité, pour séparer les chats selon leur besoin <p>Contraintes :</p> <ul style="list-style-type: none"> A cause du peu de vente, l'élevage est en déficit. Les Angoras Turc, les Norvégiens, et les Maine Coon sont des chats à poils longs, ce qui nécessite plus d'entretien et de régulières séances de toilettage. Le cheptel est important et difficile à dénicher, il y a environ une centaine de chats au total.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

I/ La race Angora Turc

1- La notion de "race"

L'élément le plus essentiel de toutes les races félines à pedigree que l'on rencontre en exposition (ou qui sont en cours de développement dans l'optique d'être exposées), dans toutes les organisations félines, est le standard* de la race, qui liste ses caractéristiques. Chaque individu doit donc correspondre à un modèle. Historiquement, les races ont été découvertes dans un pays particulier, ou bien sont fondées sur une mutation, ou encore ont été créées à dessein. Le travail des éleveurs consiste à sélectionner un petit nombre d'individus par génération, possédant les caractères désirés pour répondre à ce standard. Le but étant de fixer ces caractères dans les gènes*, afin qu'ils soient transmis aux descendants, perpétuant ainsi la race. Ce principe conduit donc souvent à travailler avec une population réduite, et donc, comme on le verra par la suite, avec des animaux consanguins. Les populations naturelles peuvent aider à comprendre comment des caractéristiques uniques peuvent apparaître et être maintenues. Une large variété de faits détermine les caractéristiques dont résultent une espèce ou une sous-espèce. Ces faits incluent :

- La sélection naturelle, par laquelle ceux qui parviennent à obtenir nourriture et abri survivent pour se reproduire, tandis que beaucoup d'autres meurent.
- La sélection sexuelle, par laquelle couleurs, rites nuptiaux, chants ou danses permettent à certains individus d'être plus fréquemment choisis par le sexe opposé, de sorte que leurs allèles sont davantage transmis aux générations suivantes que ceux d'autres individus.
- La dérive génétique, qui fait que, dans les petites populations isolées, de façon aléatoire, des allèles sont perdus et d'autres sont fixés, y compris certaines mutations, ce qui ne se produirait pas nécessairement dans une population plus large.

Dans des conditions naturelles, ceux qui survivent sont ceux qui transmettent leur patrimoine génétique à la génération suivante. A l'état naturel, la notion de "race" n'existe pas, et les individus évitent la consanguinité grâce à des stratagèmes de reproduction permettant de chercher des partenaires sexuels hors du cercle de la famille, ce qui tend à optimiser la survie de leurs descendants, ces comportements d'évitement de la consanguinité leur étant d'ailleurs également transmis. La race est donc une création humaine, regroupant des individus ayant tel et tel caractères et capables de les transmettre à leurs descendants.

* (Les mots avec un astérisque sont définis dans le lexique)

2- Histoire

Le chat Angora Turc vient d'Orient, où il est connu depuis plus de 1000 ans. C'est le premier chat à poils longs arrivé en Europe. Son nom provient de la capitale de la Turquie, appelée aujourd'hui Ankara. Au XVII^e siècle, vers 1620, un explorateur italien, Pietro Della Valle a ramené quelques chats de Turquie dans son pays. Cependant, ces chats ne viennent pas seulement de Turquie, mais aussi de Syrie et d'Iran.

Ce chat est immédiatement apprécié par toute l'aristocratie européenne, surtout en France, à la cour de Louis XV. De grands auteurs de l'époque parlent de lui : Linné, qui le distingue du chat domestique et du Chartreux, lui donne le nom de *Cattus angorensis*. Le célèbre naturaliste Buffon dit dans son Histoire naturelle : "le chat d'Angora tout blanc et à longs poils".

Au XIX^e siècle, il donne naissance au Persan. Celui-ci lui doit le gène responsable du poil long. Malheureusement, le grand succès du Persan tend à éclipser l'Angora Turc. Ce dernier est près de disparaître. Après la Seconde Guerre Mondiale, les éleveurs européens et américains ont importé des Angoras Turcs de Turquie, où la race est protégée. Parmi ces chats importés, il y avait les chats Yildiz et Yildizic, ancêtres de nos chats actuels, provenant du zoo d'Ankara.

Dans les années 1970, la race connut un véritable essor. La CFA (Cat Fanciers' Association - association d'amateurs de chats) enregistra les premiers sujets, et reconnut la race en 1973. La FIFÉ (Fédération Internationale Féline) reconnut la race en 1988 seulement. Cependant cette lignée reste relativement rare et peu connue de nos jours...

3- Caractéristiques



Chat Angora Turc blanc

Le LOOF (Livre Officiel des Origines Félines) définit ainsi l'Angora Turc (voir photo en annexe 1) :

Sa tête est très harmonieuse, pas trop grande et triangulaire, en s'effilant légèrement vers le menton. Son crâne est assez plat, portant haut placées des oreilles larges, longues, dressées, pointues et parfois accompagnées d'une touffe à la lynx.

Ses yeux sont grands, en amande, placés légèrement en oblique et ainsi

très expressifs. Ceux des premiers angoras turcs, ramenés de Turquie, étaient bleus ou impairs, avec un oeil bleu et un orange. Désormais toutes les couleurs sont acceptées.

Son museau est à peine arrondi, tout en étant assez long et surtout sans pinch*. Le nez quant à lui est de longueur moyenne, assez droit et sans break*, avec un menton ferme et légèrement arrondi à sa verticale.

Son cou, assez long et mince, est gracieux, tout comme son corps. Bien qu'ayant une ossature légère, il paraît plus gros du fait de son épaisse fourrure, et son poids varie de 2,5 à 5kg environ.

Ses pattes sont en harmonie avec son corps. Elles sont donc longues et fines terminées par de petits pieds ovales ou ronds, avec des touffes de poils entre les doigts. Les pattes de derrière sont légèrement plus longues.

La queue obéit aux mêmes règles de proportion. Elle est longue, plumeuse et effilée, et elle est fréquemment portée en panache pour assurer à l'Angora Turc encore plus de grâce dans son attitude.

Ses poils sont mi-longs à longs sans sous poil. La texture de son pelage est douce, fine et soyeuse. De plus, sa fourrure est plus longue et épaisse au niveau de la collerette (à partir de l'âge d'un an), et sous le ventre, où elle est en plus un peu ondulée. Toutes les couleurs sont reconnues sauf les lilas*, cinnamon*, chocolat*, faon* et les motifs colourpoint* ou burmese*. Il faut faire le constat que les Angoras Turcs Blancs aux yeux bleus restent les plus appréciés.



Chat Angora Turc blanc aux yeux or.

4- Caractère

L'Angora turc est un chat affectueux, très attaché à ses maîtres : il a besoin de beaucoup d'attention et de tendresse, aussi, si vous n'appréciez pas les chats "pot de colle", choisissez une autre race sinon il sera malheureux!

C'est un chat observateur, rien ne lui échappe: il est partout où vous êtes, suit tous vos mouvements; il saute sur vos épaules sans prévenir, chaparde votre stylo ou votre montre qui traîne mais se fait vite pardonner en vous faisant mille ronrons et bisous; attention soyez ferme avec lui... si vous le pouvez !!! Il s'éduque sans aucun problème même s'il est assez têtu ! Il est intelligent et malicieux et apprend vite à jouer au ping-pong avec vous ou à ouvrir portes et placards .

C'est un chasseur-né et un sportif, qui n'hésitera pas à sauter après examen, d'une ouverture de votre habitation . C'est pourquoi il vaut mieux éviter de laisser les fenêtres des appartements ouvertes sans protection en sa présence, car il est très agile .

Il aime jouer avec l'eau, mais le contraindre à un bain forcé est une autre chose... Du moment qu'il est avec son maître, il peut vivre aussi bien en pavillon qu'en appartement .

L'angora turc "parle" et si vous prenez l'habitude de lui répondre, il devient très bavard ! Il peut ainsi dialoguer avec son maître en miaulant, comme une conversation entre deux humains.

Enfin, il est particulièrement sociable, que ce soit avec les enfants, les autres chats ou les chiens auxquels il aura été habitué, de préférence, lorsqu'il est jeune .

Son entretien est très facile et ne demande qu'un brossage hebdomadaire, sauf en période de mue, où l'idéal est un brossage quotidien .

5- Barème de notation en concours

Le standard est l'idéal de race prévue par le LOOF, il permet d'appliquer un barème de notation aux concours se décomposant ainsi :

- λ Tête = 20 points : Forme = 5 - Profil = 5 - Taille = 4 - Museau = 2 - Nez = 2 - Menton = 2
- λ Oreilles = 12 points : Placement = 5 - Taille = 4 - Forme = 3
- λ Yeux (forme et couleur) = 7 points
- λ Corps = 20 points : Ossature = 7 - Torse = 5 - Musculature = 4 - Taille = 4
- λ Cou = 6 points
- λ Pattes et pieds = 8 points
- λ Queue = 12 points
- λ Équilibre = 5 points
- λ Robe = 10 points : Couleur = 5 - Motif = 5 - Toutes les couleurs sont reconnues sauf Colourpoint (coloration spécifique du bout des pattes, queue et visage).
- λ Tolérances : Chez les mâles à maturité, on tolère des bajoues. Les femelles adultes sont plus petites que les mâles adultes. Les chatons et les jeunes chats peuvent ne pas avoir leur robe avant leur premier hiver. Les chatons peuvent avoir une bosse sur la fin du nez; une légère déclivité de profil est autorisée chez les jeunes sujets.
- λ Pénalités : Allure grossière. Poitrine, hanches ou épaules larges. Ossature lourde. Queue trop courte. Break dans le profil.

Les mariages autorisés sont uniquement Angora turc X Angora turc.



Chat Angora Turc Shaded Cameo

II/ La consanguinité chez les Angoras Turcs

1- En quoi consiste-t-elle ?

Pour commencer, un petit rappel sur la génétique est nécessaire. Chaque individu possède des chromosomes* : 38 chez le chat, 46 pour l'Homme (*voir cariotype annexe 2*), qui proviennent pour moitié du père, et l'autre moitié de la mère. Un individu est donc le résultat du croisement de deux génomes*. Sur ces chromosomes se trouvent des gènes*. Pour chaque gène, il existe plusieurs versions, dites allèles*. Les chromosomes, et les gènes, fonctionnent par paires chez les espèces diploïdes*, dont le chat. Chaque sujet présente donc deux allèles pour chaque gène de son génome. Un individu est dit homozygote* si pour un gène, ses deux allèles sont identiques. A l'inverse, il est hétérozygote* s'il s'agit d'allèles différents. Dans ce cas, c'est le gène dominant* qui s'exprime, le gène récessif* ne s'exprime pas. On peut ainsi observer extérieurement sur un individu seuls les gènes dominants. On appelle cela le phénotype*, à ne pas confondre avec le génotype*, qui est l'ensemble des allèles des gènes (*voir annexe 3, fécondation*).

La consanguinité est la probabilité que deux allèles pour un même gène soient homozygotes, car provenant d'un ancêtre commun. Le taux de consanguinité est un nombre compris entre 0 et 1, souvent exprimé en pourcentage. Il permet de constater la proximité génétique entre deux individus. Puisque chaque allèle provient d'un parent, on mesure ainsi la probabilité que les allèles viennent du même ancêtre. On appelle cela le taux d'homozygotie traçable.

La consanguinité entre deux chats provient à la fois du degré de parenté entre eux, cela est visible sur le pedigree des chats, mais aussi d'un degré "de fond" dans la race à laquelle ils appartiennent. Cette consanguinité de fond est d'autant plus forte qu'il y a peu de chats fondateurs de la race, et peu d'apport de sang étranger.

Il y a un moyen très simple de mettre en évidence ce fond commun à la race. Pour un chat donné, il y a deux parents, quatre grand-parents, et ainsi de suite. Avec une moyenne de trois ans d'écart par génération, on arrive à 2^{17} ancêtres, ce qui représente pas moins de 130 000 chats, cinquante ans plus tôt. Il est évident que ce chiffre dépasse largement la population de chats Angoras Turcs de l'époque. D'où des ancêtres communs, apparaissant plusieurs fois dans le pedigree du chat construit en remontant ces 17 générations (*voir pedigree annexe 4*). On peut le voir dans le tableau suivant :

Name: -coluche de la forêt verte

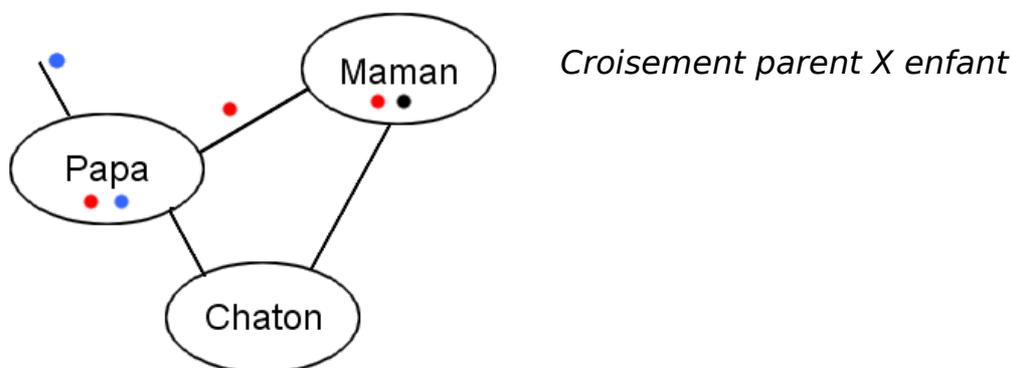
Max generations:	8	16	24	32	Tableau de
Inbreeding Coefficient(F):	2.8%	8.1%	8.1%	8.1%	
Generations found:	8	16	24	32	
Full generations found:	6	6	6	6	
Theoretical max. ancestors:	510	131070	33554430	8589934590	
Total ancestors found:	488	73530	703311	779644	8
Unique ancestors:	291	718	718	718	
Common ancestors:	37	440	441	441	
Duplicate ancestors:	197	72812	702593	778926	
CPU time to calculate F:	0.00s	0.05s	0.10s	0.10s	

consanguinité

Sur 16 générations, le coefficient de consanguinité de ce chat est de 8,1%. Il devrait théoriquement avoir 131 070 ancêtres différents. Mais l'ordinateur n'en trouve que 73 530, dont 72 812 qui se retrouvent à plusieurs niveaux dans le pedigree du chat. Et il n'y a que 718 chats qui n'apparaissent qu'une fois. C'est ainsi qu'on prend conscience de la consanguinité chez un individu.

2- Calcul du taux

Prenons le cas d'une petite famille de chats, avec, pour simplifier, un taux de consanguinité nul de départ pour les parents (cas d'école impossible en pratique, car chaque chat est relié à un autre chat pour un ancêtre ou plusieurs, notamment dans une race dans laquelle les chats doivent partager les mêmes caractéristiques, donc les mêmes gènes). Considérons une chatte "Maman", parente d'un chat "Papa", et croisons-les, nous obtenons "Chaton", selon le schéma suivant :

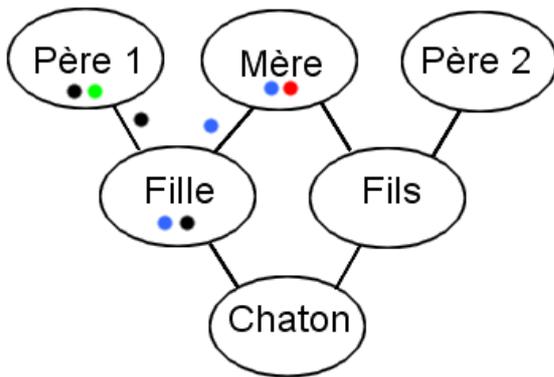


Ainsi, la chatte Maman est à la fois mère et grand-mère de Chaton. Prenons un gène quelconque. Chaque chat en possède deux allèles, admettons que ces allèles soient différents pour les parents (soit les chats sont hétérozygotes). Les gènes sont représentés par des points de couleurs. Chaque chat possède donc deux allèles du gène, et en transmet une version. Maman transmet une version de ce gène à Papa (gène rouge), et également une version à Chaton. Papa reçoit une autre version de ce gène par son père (gène bleu). Il y a donc 50% de chance pour que Maman ait transmis le même gène rouge à Papa et à Chaton, et encore 50% de chance pour que Papa transmette ce gène à Chaton. Cela fait donc 25% (par multiplication) de chance pour que

Chaton possède les deux mêmes allèles provenant de Maman. C'est le coefficient typique de consanguinité parent-enfant.

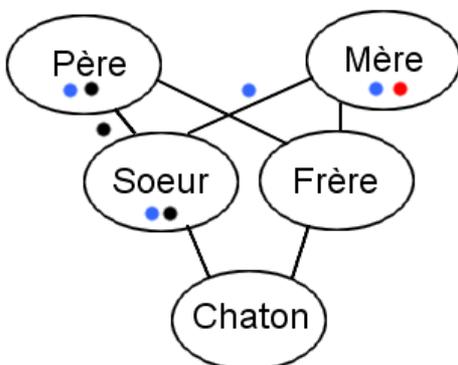
Ceci est un schéma simplifié, puisque qu'on suppose le taux t d'homozygotie de Maman et de Papa nul. Or, comme vu précédemment, il ne l'est pas pour un chat de race. La probabilité de transmission du gène de Maman à Papa et de Maman à Chaton est dès lors de $50\% \times (1+t)$, en admettant que le père de Papa n'aie pas de relation avec Maman. Le taux de Chaton est donc de $25\% \times (1+t)$, ce qui varie entre 25% et 50%.

De façon générale, on prend en compte les différents chemins qui remontent aux ancêtres communs et font des boucles dans le pedigree. On appelle cela des implexes*, en généalogie. On démarre avec un ancêtre et un gène, et on compte la probabilité que ce gène soit transmis ainsi jusqu'au descendant final, en suivant la chaîne. On applique un facteur 25% à chaque trait de filiation, en prenant en compte le taux t . Par exemple, pour un mariage demi-soeur et demi-frère, le taux pour Chaton revient à $(50\%)^3 \times (1+t)$ soit $12,5\% \times (1+t)$.



Croisement demi-frère X demi-soeur

Quand il y a plusieurs ancêtres communs, il faut ajouter les probabilités de toutes les boucles indépendantes. Le coefficient entre frère et soeur est ainsi de $25\% \times (1+t)$, double du cas précédent.

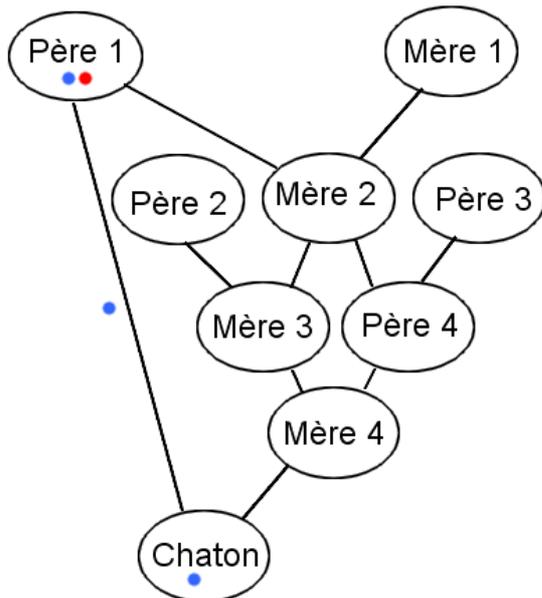


Croisement frère X soeur

Rappelons que le taux d'un chat n'a

pas d'incidence sur sa descendance tant que le chat qui lui est associé est d'une lignée éloignée. Il ne s'agit pas simplement de multiplier des taux, mais bien de calculer un rapprochement entre deux chats. C'est important car cela signifie que marier un chat ayant un taux élevé avec un chat d'une lignée éloignée "efface" l'homozygotie chez les descendants, par apport de sang nouveau.

Ainsi, d'après le pedigree suivant, on a deux implexes : un chat Père 1 est l'arrière grand-père de Chaton et aussi son père. La mère 4 de Chaton est elle-même issue d'un mariage demi-soeur (Mère 3) et demi-frère (Père 4), chats issus de Mère 2, elle-même fille de Père 1.



Croisement demi-frère X demi-soeur pour Mère 3 et Père 4, puis croisement de Mère 4 avec son arrière-grand-père.

Pour obtenir le taux d'homozygotie de Chaton, il faut alors ajouter les contributions des deux boucles entre Chaton et Père 1, l'une passant par Père 4, l'autre par Mère 3. Ce la donne donc : $(50\%)^4 \times (1+t) + (50\%)^4 \times (1+t) = 12,5\% \times (1+t)$, avec t le taux d'homozygotie de Père 1.

On peut ainsi calculer tous les taux de consanguinité, en connaissant le pedigree du chat sur de nombreuses générations. En pratique, les éleveurs ne se livrent pas à de tels calculs. Dans le cas de ma maître de stage, elle utilise un logiciel où elle répertorie tous ses chats avec leurs pedigrees et le logiciel se charge de calculer en remontant un maximum de générations. A noter que le taux de consanguinité reste acceptable tant qu'il ne dépasse pas 20%.

Les Principaux taux de consanguinité sont :

- Parent x Enfant 25%
- 1/2 Frère x 1/2 Soeur 12,50%
- Oncle x Nièce, Tante x Neveu 12,50%
- Grand Parent x Petit Enfant 12,50%
- Doubles cousins germains 12,50%
- Simples cousins germains 6,25%

3- Effets positifs et négatifs

La consanguinité est à la base de l'élevage de chats de race, le principe de race lui-même revenant comme on l'a vu à des individus proches génétiquement car partageant des gènes communs. Plus les chats d'une race sont proches, plus il y a de probabilité qu'ils se transmettent les "bons" gènes, ceux voulus par l'éleveur et le standard de la race. Travailler avec des chats consanguins est donc une facilité dans ce sens. Cela peut également servir à fixer un caractère désiré, en croisant les chats le présentant, et en recroisant pour le conserver. Ma maître de stage travaille pour sa part avec de faibles taux, et nous allons en expliquer l'intérêt.

Parmi les effets néfastes de la consanguinité, on remarque fréquemment la révélation de tares, cachées auparavant dans le patrimoine génétique d'un individu. On peut voir par exemple des malformations physiques, des déficiences des organes, surdités... En effet, il y a peu de risques qu'une maladie, un problème quelconque, ne se déclare chez un individu non-consanguin. Or, pour un individu consanguin, les risques de concentrer des problèmes, des maladies génétiques, sont importants car ils sont plus souvent homozygotes, et les gènes s'expriment alors, tandis qu'ils sont cachés car récessifs chez un individu sain. Chez l'Angora Turc, on prétend que les chats blancs aux yeux bleus, ou impairs (un bleu un vert) ont plus tendance à être sourds. En réalité, rien n'est prouvé, mais il existe certes des chats sourds qui sont blancs aux yeux bleus. Cependant, on sait qu'à une époque, ces chats étaient très prisés. Les éleveurs ont croisé sur plusieurs générations des chats blancs. Il se peut que le caractère rendant le chat sourd se soit transmis ainsi, se répandant d'autant plus facilement que les chats étaient souvent consanguins. Mais cela reste une théorie. En fait, le gène responsable de la majorité des chats blancs est "W", blanc dominant. Il suffit que l'un des parents soit blanc pour que le chaton puisse être blanc, et un chaton blanc a obligatoirement un parent blanc. Le gène "W" cache toutes les couleurs, ainsi un chat blanc peut-il ne donner que des chatons blancs, s'il est homozygote, (pur), pour W, dans ce cas ses deux parents étaient blancs et lui ont donné "W", ou au contraire seulement la moitié de chatons blancs, et l'autre moitié de multiple couleurs, dépendant de ce qui est caché. Le gène blanc peut s'accompagner de toutes les couleurs d'yeux, suivant la race du chat qui le porte. Les Angoras Turcs ont droit à toutes les couleurs d'yeux, du moment que la couleur soit franche. Un chat blanc peut toujours avoir les yeux bleus. Quelque que soit la couleur des yeux, il faut toujours tester l'ouïe d'un chaton blanc, afin de s'assurer qu'il ne soit pas sourd. On peut se mettre, par exemple, derrière lui, et l'appeler avec un bol de nourriture. Il ne faut pas taper le bol au sol, il pourrait répondre aux vibrations émises. Le chat blanc peut être : WW, blanc homozygote, ne donnant que des chatons blancs, ou Ww+, blanc hétérozygote, (impure), donnant seulement un chaton sur deux, blanc.



Dépression de consanguinité :

En pratique, il y a un phénomène nommé "*dépression de consanguinité*" qui désigne les effets négatifs de la consanguinité. Cette dépression est causée par l'accumulation d'une multitude de mutations délétères, qui diminuent la variabilité génétique. Elle provoque une baisse de la fertilité, des portées de chatons trop petits, des asymétries morphologiques, des apparitions de cancers chez des jeunes chats, et une baisse de la diversité immunitaire*. Les souches consanguines sont atteintes d'un plus petit nombre de défauts, mais les chats ont plus de risques d'être atteints, comme expliqué ci-dessus. Tout se joue sur les mariages, car c'est du croisement de deux génomes que proviennent les problèmes, ou non. Si les deux parents ont des problèmes très différents, les petits peuvent être sains, alors que croisés en consanguinité, ils seraient très certainement porteurs de ces problèmes (qu'ils soient porteurs sains ou non).

A noter qu'on peut transmettre des problèmes, mais aussi des susceptibilités. Ainsi, des chats de la même famille peuvent être plus sensibles que la moyenne à certaines maladies. Il arrive aussi que l'expression des gènes soit variable. Cela influe sur la sévérité du problème, qui est moindre, voire ne s'exprime pas parfois. En général, les sujets consanguins sont moins viables que les sujets nés de croisements exogames*. Étudier le degré de consanguinité et la diversité génétique d'une espèce aide à définir à quelle proximité de l'échéance se situe une espèce en voie d'extinction, car avec une diversité élevée, une espèce est plus viable, elle s'adapte plus facilement à son environnement, se protège mieux des maladies, etc... Il faut cependant savoir qu'il y a une grande part de chance dans la génétique car on peut transmettre de bons comme de mauvais gènes.

4- Résistance aux maladies

Le plus grand dégât causé par la consanguinité est une diminution inévitable de l'efficacité du système immunitaire, c'est un problème récurrent. Le système immunitaire des Mammifères est un étonnant système conçu pour lutter contre tout potentiel intrus étranger. Il est absolument dépendant de la diversité génétique. Quand un animal a des copies identiques des gènes de son système immunitaire, celui-ci est plus limité dans ses capacités de prévention des maladies. Au final, l'animal peut très bien se défendre contre certaines maladies, mais est extrêmement susceptible à d'autres. Cependant, on peut écarter les défauts génétiques par sélection, même dans les lignées

consanguines.

Expérience sur des souris :

Des scientifiques ont en effet créé des souches de souris de laboratoire qui sont génétiquement identiques à partir de quelques individus et en répétant systématiquement des croisements frère-soeur. Un nombre très conséquent de couples doit être sélectionné au départ car les lignes ont tendance à s'éteindre entre la 5^e et la 10^e génération. Ils ne sont porteurs d'aucun allèle létal (maladie) et sont en parfaite santé, sauf qu'ils ont besoin d'un environnement quasi-stérile car leur système immunitaire est très faible. Elles sont de fait des sources d'expérimentation essentielles puisqu'un large nombre de variables est réduit dans la réaction des animaux à une expérience. Comme toutes les souches présentent une susceptibilité à au moins un type d'infection virale commune et à au moins une forme de cancer et/ou d'anomalie métabolique – même celles qui ont été sélectionnées pour leur santé ! – elles permettent aussi d'étudier les processus pathogéniques. Cela s'explique par le fait que la création des anticorps est commandée par des fragments de gènes. Ainsi, dans le corps de l'animal, il y a déjà tous les anticorps dont il peut avoir besoin au cours de sa vie. Les gènes permettent ainsi la création de millions d'anticorps différents. Cela signifie que plus la diversité génétique est importante, plus on peut fabriquer d'anticorps différents, mieux on résiste aux maladies, plus on vit longtemps. Il y a malheureusement beaucoup d'anticorps qui se perdent par consanguinité, les animaux présentant les mêmes gènes, ils ont les mêmes résistances, les mêmes déficiences. Il risquent de mourir tous de la même maladie si elle frappe l'un d'entre eux, vu qu'elle se répandra très vite aux autres.

Un exemple célèbre de ce problème est une population de guépards en Afrique. Ces animaux sont tellement proches génétiquement qu'ils sont presque tous comme des vrais jumeaux. Or certains souffrent de la Péritonite Infectieuse Féline*. Leur diversité immunologique ayant été perdue, ils sont très sensibles à cette maladie, qui cause des ravages dans leur population, se transmettant d'un animal à l'autre. D'où l'importance de la diversité génétique.

Le CMH :

D'autre part, des gènes importants pour le système immunitaire sont les gènes du CMH : le Complexe Majeur d'Histocompatibilité. C'est un groupe de gènes qui permet de marquer virtuellement toutes les cellules de l'organisme afin de distinguer le "soi" du "non-soi". Ils servent aussi à la présentation de toute molécule étrangère (antigène*) au système immunitaire, tâche nécessaire pour répondre à une invasion. Chaque protéine du CMH peut présenter 1 sélection d'antigènes. La diversité au sein de ces gènes est essentielle pour qu'une espèce survive à la variété d'organismes pathogènes auxquels les individus peuvent être exposés. Prenons un exemple simplifié. Imaginons qu'il y a 2 gènes du CMH, chacun ayant 5 allèles. Cela peut donner un total de 225 génotypes différents ! En fait, chez l'homme, il y a au moins 9 gènes distincts du CMH. A ce jour, pour les 3 gènes les plus étudiés, on a découvert 37 allèles pour l'un, 59 pour l'autre et 111 pour le troisième ! Cela entraîne une considérable diversité de capacités de défenses immunitaires dans l'ensemble de la population.

Cette considérable variation permet aux cellules de notre corps de réagir

à une grande variété d'antigènes, nous permettant ainsi de nous défendre contre une grande variété de maladies. Un autre bénéfice ajouté de ce système, du fait de la considérable variabilité des gènes du CMH, est que les probabilités sont élevées, dans une famille donnée, que la mère et le père aient des jeux d'allèles complètement différents, de sorte que tous les enfants ont une combinaison unique. De cette manière, si une pathologie donnée parvient à échapper au système immunitaire d'un membre de la famille, il n'est pas sûr qu'elle puisse en faire autant avec les autres membres. Quand un animal est hautement consanguin, ces variations sont dramatiquement réduites. En reprenant notre exemple simplifié à deux gènes avec 5 allèles chacun, un animal hautement consanguin serait homozygote pour ces deux paires alléliques et ne produirait que deux molécules du CMH. Ce qui empire les choses, c'est en fait que tous les animaux de ce groupe consanguin auraient les mêmes deux molécules, de sorte que si un animal ne peut pas se défendre immunologiquement contre une maladie, aucun ne le peut !

A noter que la consanguinité affecte toujours le système immunitaire. Que ces effets se remarquent ou non dépend de la qualité des soins prodigués aux animaux, du fait que l'éleveur ait ou non des animaux non-consanguins qui ont grandi dans le même environnement pour permettre une comparaison, sans oublier une part de chance.

III/ Comment remédier à ces inconvénients

1- Conduite d'élevage

Afin de limiter la consanguinité dans un élevage, il faut bien gérer ses mariages. L'éleveur doit :

- λ Choisir des reproducteurs et des mariages qui limitent au maximum la répétition de certains chats dans les pedigrees.
- λ Limiter ou ne pas pratiquer ces mariages en inbreeding majeur : père X fille, mère X fils, frère-soeur...
- λ Avoir le courage d'écarter très vite de la reproduction tout chat suspecté de transmettre une fragilité, une mutation pathogène.
- λ Limiter dans le temps l'utilisation des reproducteurs et varier les mariages (ceci a au moins la vertu d'associer deux combinaisons d'allèles différentes chaque fois que l'on change le mâle ou la femelle).
- λ Introduire de nouveaux allèles par le biais d'autres races ou d'autres chats. Ceci est ou non autorisé suivant les races (dans la race Angora Turc, c'est interdit). Mais ce que l'on nomme communément "l'ouverture de sang" reste bien la meilleure façon d'espérer redonner un peu de diversité à un pool diminué. Bien sûr, encore faut-il faire de "bons choix" quant à ce "nouveau sang" qu'on introduit.

On reconnaît ainsi au pedigree d'un chat le travail de l'éleveur, notamment quand celui-ci a décidé de travailler avec de faibles taux de consanguinité. L'étude du pedigree et des lignées est une partie très importante de son travail (*voir annexe 5, pedigree du chat avec taux de consanguinité*).



Trois chatons blancs et un tigré

2- **Inbreeding et linebreeding**

De manière générale, l'*inbreeding** (consanguinité ou endogamie*) désigne le mariage d'individus qui ont des liens de parenté et l'*outcross** (ou exogamie*) celui de sujets qui ne sont pas apparentés.

Néanmoins, comme la consanguinité a beaucoup d'importance en élevage (une race est une population relativement fermée), on utilise souvent une distinction commode entre deux degrés de consanguinité :

- λ Le terme d'*inbreeding* est réservé aux formes de consanguinité les plus étroites, telles qu'un croisement père X fille, frère X soeur ou oncle X nièce
- λ Le terme de *linebreeding**, néologisme qui veut dire littéralement "mariage à l'intérieur d'une même lignée" est utilisé pour les croisements consanguins plus éloignés ; plus spécifiquement, ce mot sert à parler de la *sélection en lignée*, qui consiste à "concentrer l'héritage" d'un chat particulier en maintenant le niveau de consanguinité le plus bas possible.

Termes usuels avant tout, la frontière entre inbreeding et linebreeding peut être assez mouvante : dans certains contextes, un croisement entre cousins germains sera considéré comme de l'inbreeding ou du linebreeding.

A vrai dire, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit de commodités de langage, qui permettent de schématiser immédiatement le degré de consanguinité -- mais comme toute commodité de langage, cette distinction est plus théorique : inbreeding et linebreeding ne sont pas de nature différente, il s'agit dans les deux cas... d'inbreeding (de consanguinité) !



Chatte blanche aux yeux impairs avec son chaton aux yeux bleus

3- **Outcross ou retrempe**

Le principe de l'*outcross** (littéralement "croiser avec l'extérieur") est de faire un apport de sang nouveau dans une lignée. Le terme de retrempe est également utilisé pour désigner ces croisements exogames. Un chat outcross est un chat non-enregistré comme appartenant à la race mais répondant aux

critères du standard (pour ne pas perdre en type chez les chatons). Il permet de diversifier le potentiel génétique de la race et de diminuer la consanguinité inbreeding et linebreeding. Cela donne des chats plus résistants aux maladies et cela permet d'éliminer petit à petit les tares concentrées par les croisements consanguins.

Dans une race, les chats fondateurs forment des Tops. Les tops 5 sont les cinq premiers chats par ordre de fréquence dans les pedigrees des chats actuels. Les Tops 3 sont les trois premiers, les Top 2 les deux premiers. Dans une définition stricte, un chat outcross doit remplir au moins l'une des conditions suivantes :

- λ 50% ou moins des top 5 (moyenne habituellement chez un chat 65-70%)
ou
- λ 35% ou moins des top 3 (moyenne 50-55%) ou
- λ 25% ou moins des top 2 (moyenne 35-40%)

Lorsque ces valeurs sont supérieures, il ne présente plus qu'un intérêt limité dans un plan d'élevage visant à réduire, sur le long terme, la consanguinité présente dans la race. En effet, par le jeu de mariages avec des chats de lignées traditionnelles, on retrouve vite des taux habituels, et c'est donc un coup d'épée dans l'eau. C'est très long et très compliqué de créer de nouvelles lignées, cela demande de la maîtrise concernant la génétique des populations.

Un chat Outcross n'est pas une "baguette magique". Quel que soit son potentiel, il ne pourra pas forcément "gommer" tous les problèmes de santé et/ou de fertilité du partenaire qu'on lui aura choisi. Il faut aussi savoir remettre en question son plan d'élevage si des problèmes récurrents aux conséquences lourdes "plombent" sa chatterie. Sélection, encore et toujours, en tenant compte de la santé et de l'harmonie des chats, c'est tout de même le but premier de l'éleveur.

Un chat Outcross, suivant ses taux de tops, est donc un chat qui permet de mettre en place un plan d'élevage à la consanguinité allégée, idéalement (mais difficilement réalisable) inférieure à 6%, toutes générations confondues. Le brassage des allèles permet de sélectionner des chats au système immunitaire plus efficace, notamment dans le domaine des maladies infectieuses communes à tous les chats (qu'ils soient de race ou non), d'éradiquer petit à petit les éventuelles tares génétiques, et par le jeu de mariages judicieux, de retrouver un look (type et gabarit) harmonieux. L'élevage Outcross se définit aussi par un souci constant de varier ses mariages, de ne pas diffuser trop de chatons en élevage afin de ne pas recréer de nouveaux "Tops", et permettre un renouveau régulier du patrimoine génétique de la race.

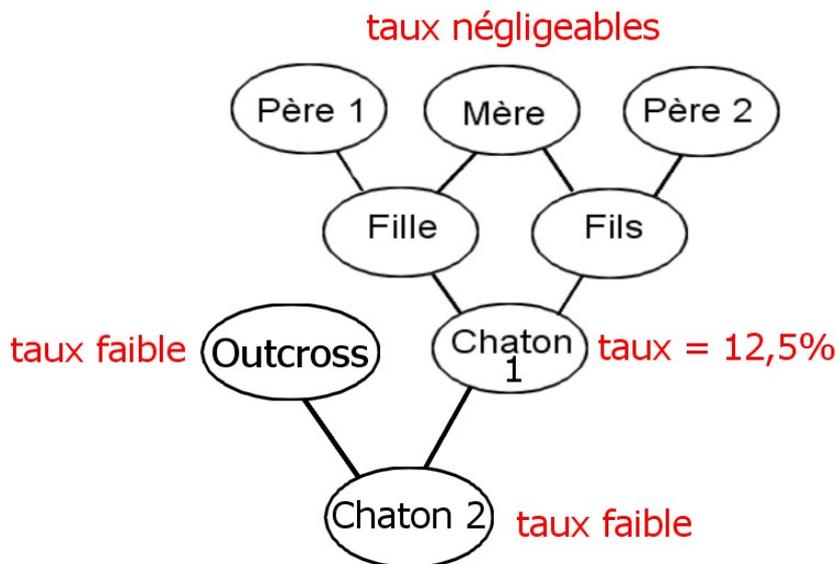


Anubis de la Forêt Verte

En pratique, il est courant d'estimer qu'un étalon a produit assez de chatons lorsque 20 à 30 chatons sont nés. Cet étalon est alors "mis à la retraite", et peut profiter d'une vie agréable loin des soucis engendrés par une constante recherche de paternité. Les filles et fils de cet étalon sélectionnés pour la reproduction prennent alors la relève, pour diffuser ses qualités. L'Outcrossing est donc une méthode d'élevage en constante évolution, dominée par une recherche permanente de variabilité génétique, mais aussi basée sur une notion qui tient à coeur aux éleveurs : bâtir une ou des lignées, à partir de ses propres mariages, que l'on va suivre sur plusieurs générations (ce qui implique aussi une réelle collaboration entre éleveurs qui travaillent les mêmes lignées, afin d'avoir un suivi santé sur les parents, grand-parents, oncles/tantes, cousin(e)s, descendants...etc). Il s'agit donc d'un investissement dans le temps, d'un travail qui s'inscrit dans la durée, malgré les contraintes évidentes de l'élevage au quotidien.

4- Effet de l'outcross

Le schéma suivant représente l'effet d'un chat outcross dans une lignée.



Croisement demi-frère/demi-sœur puis intervention d'un chat outcross dans la lignée.

On part d'un croisement demi-frère/demi-sœur, avec des grand-parents ayant un taux de consanguinité négligeable. On obtient Chaton 1, dont le taux est égal à 12,5%. On croise ce Chaton 1 avec un chat outcross, qui n'a rien à voir dans la lignée et si possible dont le taux de consanguinité est lui-même faible. Le taux de Chaton 2 est donc très faible, malgré le taux de son père Chaton 1, car le chat outcross apporte un nouveau sang, et "efface" la consanguinité présente dans la lignée. Cependant, il faut se méfier, si on croise Chaton 2 avec un chat issu de la même lignée, le produit obtenu sera de nouveau consanguin, et l'outcross aura été inutile.

On voit sur le schéma suivant le retour à un taux élevé, malgré la présence d'un chat outcross dans la lignée.

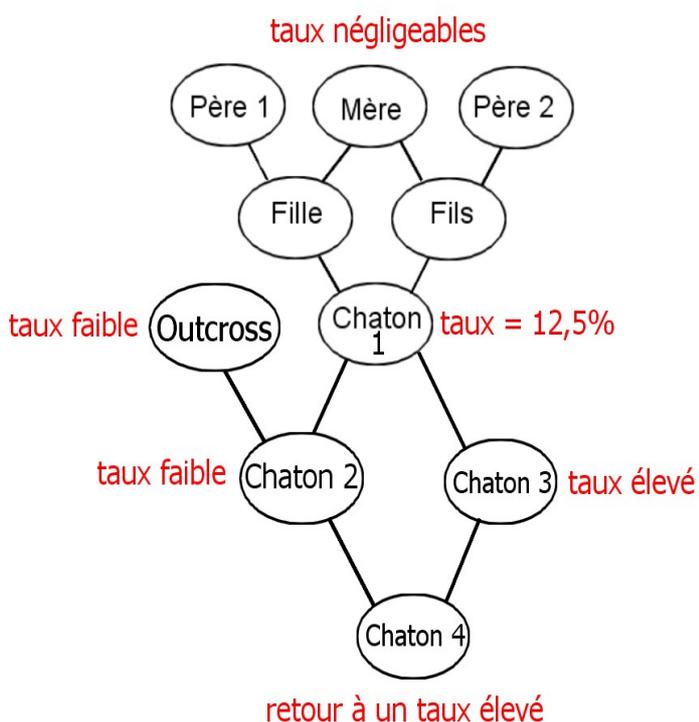


Schéma d'une lignée consanguine

On a le même schéma que tout à l'heure, mais on ajoute un croisement entre Chaton 2, issu de Chaton 1, et un autre chat Chaton 3, demi-frère de Chaton 2. Admettons que Chaton 3 a un taux de consanguinité élevé, le croisement avec Chaton 2 donnera Chaton 4, ayant un taux élevé. L'effet du chat outcross ne sera donc pas efficace à long terme.

Conclusion

La consanguinité est à la base de l'élevage de chats de race, le principe de race lui-même revenant à des individus proches génétiquement car partageant des gènes communs. Dans un élevage, la consanguinité a des bons et des mauvais côtés. Plus les chats d'une race sont proches, plus il y a de probabilité qu'ils se transmettent les "bons" gènes, ceux voulus par l'éleveur et le standard de la race. C'est le principal avantage. Malheureusement, cette sélection n'apporte pas que des "bons" gènes, mais aussi des indésirables et les éleveurs rencontrent ainsi des maladies, des tares, des malformations... Problèmes rendus plus fréquents par l'homozygotie des animaux consanguins. Alors que d'autres chats peuvent avoir ces gènes sans en souffrir s'ils ne s'expriment pas, cachés par un gène plus dominant. Chez l'Angora Turc, nous avons constaté que certains chats, notamment blancs aux yeux bleus, présentaient une surdité. Malheureusement les chats blancs ont été croisés en consanguinité à outrance pour satisfaire la demande des clients, attirés par ce modèle. On parle de "dépression de consanguinité" pour désigner les effets négatifs de cette dernière. Elle provoque une baisse de la fertilité, des portées de chatons trop petits, des asymétries morphologiques, des apparitions de cancers chez des jeunes chats, et une baisse de la diversité immunitaire. D'autre part, dans une même famille, les chats peuvent être plus sensibles à certaines maladies. Ils ne les attraperont pas forcément, mais ce sera plus grave. De plus, si un chat ne peut pas se défendre contre une maladie, les autres chats qui partagent ses gènes ne le peuvent pas non plus ! Et la maladie peut se répandre dans la chatterie, causant beaucoup de dégâts.

Pour limiter la consanguinité, l'éleveur doit prendre plusieurs précautions. Il doit choisir des reproducteurs et des mariages qui limitent au maximum la répétition de certains chats dans les pedigrees, limiter ou ne pas pratiquer de mariages en inbreeding, écarter très vite de la reproduction tout chat suspecté de transmettre une fragilité, une mutation pathogène. D'autre part, il faut limiter dans le temps l'utilisation des reproducteurs et varier les mariages et introduire de nouveaux allèles par le biais d'autres chats (outcross). Ce n'est pas autorisé dans la race Angora Turc. L'outcross, ou retrempe, est le fait de faire un apport de sang nouveau dans une lignée. Un chat outcross est un chat non-enregistré comme appartenant à la race mais répondant aux critères du standard. L'outcross permet de diminuer la consanguinité d'une lignée à court terme, mais pour être efficace à long terme, cette solution doit être utilisée avec maîtrise. Il ne faut pas recroiser le chaton obtenu avec un de ses parents, sinon l'outcross aura été inutile. Pour obtenir une consanguinité basse à long terme, il faut faire très attention à ces mariages.

Dans la chatterie de la Forêt Verte, le taux de consanguinité reste assez bas, autour de 5%, grâce à un travail minutieux de Mme De Meyere. Elle privilégie les chats assez éloignés généalogiquement, et elle évite les mariages de chats blancs entre eux. Elle a ainsi obtenu beaucoup de chatons de couleurs très diverses comme des tabbys (tigrés et tachetés), des noirs, des torties (tricolores), crèmes, des chats avec des couleurs fauves, ce qui l'a beaucoup étonnée au début, étant donné qu'on ne sait pas ce que cache un chat blanc. Elle ne pratique pas l'outcross, cela étant interdit dans la race Angora Turc. Et

un chat issu d'un chat de race et d'un chat indéterminé ou d'une autre race n'est pas intéressant économiquement. Il ne peut pas être reconnu Angora Turc, et ne peut pas être vendu comme tel. Quand un client cherche un chat de race, il ne cherche pas seulement le modèle, mais aussi le pédigree, l'assurance des "bons" parents de son chat. C'est pourquoi un chat issu d'un outcross n'est pas intéressant en élevage Angora Turc. D'autre part, si on choisissait un chat d'une autre race et si on croisait plusieurs fois un Angora Turc avec lui, un Persan par exemple, on risquerait de perdre la spécificité des deux races en les rapprochant. Un Angora Turc n'en est plus un s'il ressemble à un Persan, de même pour le Persan. L'outcross est donc une technique difficile, pas toujours utilisable, mais cependant importante pour la santé des chats. On peut cependant se demander si l'outcross ne risque pas de faire perdre en spécificité à la race Angora Turc ?

