

Les couleurs chocolat et lilas chez les abyssins et somalis

Marie-Bernadette Pautet, la Chocolaterie
(version octobre 2008)

Les couleurs chocolat et lilas ne font pas partie des couleurs « classiques » des abyssins et des somalis, mais elles y ont été introduites il y a maintenant plus de 30 ans, et s'intègrent très bien dans la palette de nuances « bois » qui sied si bien aux abyssins !

Après un petit historique de l'introduction de ces couleurs, et un panorama de leur reconnaissance dans les principales fédérations gérant les chats de race dans le monde, je présente l'état actuel des connaissances en matière de génétique pour expliquer la variation des couleurs rencontrées.

L'historique de ces couleurs dans la race

Dans les années 1970, des éleveurs ont voulu augmenter la palette de couleurs de base de l'abyssin (lièvre, sorrel, puis leurs variantes diluées, respectivement bleu et faon). Il existait dans d'autres espèces une couleur dite chocolat, qui, chez des chats non agoutis (*solid*) apparaît comme un beau brun soutenu. La variante diluée du chocolat s'appelle le lilas, ou le lavande. Chez l'abyssin ou le somali, le chocolat apparaît comme intermédiaire entre le lièvre et le sorrel, avec un ticking non pas noir comme chez le lièvre ou roux comme chez le sorrel, mais plutôt brun foncé (genre chocolat de couverture avec un bon 50% de cacao) et un sous-poil abricot. De même, le lilas peut se décrire comme une teinte intermédiaire entre le bleu et le faon. On trouve les termes "gris tourterelle", ou bien "chapeau de cèpe" : c'est un beige assez soutenu avec des tonalités un peu violacées, lavande. Cette nuance est surtout visible sur les téguments (truffe, coussinets).

Pour ce faire, comme la couleur chocolat est assez répandue chez les siamois, c'est souvent le croisement d'un siamois chocolat avec un abyssin qui est à l'origine de l'introduction de la couleur. L'un de ces croisements les plus connus est celui de LADY FAYRE¹, une siamoise chocolat porteuse de dilution et d'un abyssin sorrel, BARENTU RED RUDY (sic) né en 1971, qui donna naissance à une femelle chocolat, ARBOREAL CHOCOLATE KATRINA, qui fut utilisée pour introduire la couleur chocolat dans des lignées d'abyssins. La plupart des chats portant aujourd'hui l'affixe MANOT au Royaume Uni (Carol OTTEY), ou l'affixe ALEXYS aux Etats-Unis (Bruce ALEXYS), descendent de ce croisement, et on peut ainsi suivre le cheminement du chocolat sur 10 à 15 générations.



D'autres croisements du même type ont également été faits ailleurs, par exemple en France et aux Pays-Bas. En France, c'est en particulier la chatterie DE BETHSABEE (famille DAVAINÉ-CHEVAUX) qui, en mariant une siamoise chocolat à un somali sorrel, obtint une femelle chocolat, dont le fils ET UN CHOCOLAT UN DE BETHSABEE est l'ancêtre des somalis chocolat de cette lignée. En photo à gauche, on voit une chatonne somali chocolat de 3 mois issue de cette lignée, NEWS DE BETHSABEE, dite NOUGATINE.

¹le pedigree de tous les chats cités peut être trouvé sur E.R.o'S., base de données en ligne de pedigrees, à l'adresse internet <http://www.somali.asso.fr/eros/>

En parallèle, d'autres croisements ont été faits, par exemple à la chatterie française Signé Cat's Eyes (Nadine Becuwe) entre une balinaise chocolat smoke, IOWA D'AR DE L'EFA, et un somali sorrel ou à la chatterie allemande von Bardera (Bärbel Schumann) entre un burmese chocolat, HUNTER VON DER RUHR, et une abyssine sorrel.

Ces exemples ne sont pas exhaustifs. En particulier, il existe des lignées d'abyssins ou de somalis, où des chats reconnus par les juges félins comme étant de couleur chocolat (resp. lilas) sont nés avec un pedigree ne comportant que des chats lièvre et sorrel. Ceci peut s'expliquer de plusieurs manières. Une possibilité résulte du fait que la couleur noire (lièvre) est dominante sur la couleur chocolat ; cette dernière peut ainsi rester masquée pendant des générations de mariages entre chats lièvres, avant qu'apparaisse un chat chocolat ("recessive is for ever"!). Encore faut-il qu'il y ait eu un ancêtre lièvre porteur de chocolat... Une autre interprétation est que certains chats enregistrés comme sorrel sont en fait des chats chocolat.



Il faut aussi se méfier de l'apparence quelquefois trompeuse de notre perception visuelle, surtout lorsqu'il s'agit de photos mais également en cas de lumière artificielle. Il est vrai que, plus la couleur du sous-poil est chaude, plus celle du ticking a tendance, si elle est dans les mêmes tons, à paraître rousse et moins foncée. J'ai en mémoire une portée de deux chattes (voir photo), l'une chocolat (PRAWLIN DE LA CHACOLATERIE), l'autre silver chocolat (PYRITE DE LA CHACOLATERIE), qui apparaissaient respectivement comme "marron" et "grise" (en simplifiant beaucoup), alors qu'en regardant de très près, la couleur du ticking (et des poils du bout de la queue) était absolument identique. Ce qui

illustre bien le fait que la couleur du sous-poil change notre perception de la couleur de base, de la même façon que, dans les illusions d'optique, un disque gris nous apparaît plus ou moins foncé en fonction de son environnement.

La reconnaissance de ces couleurs

Le LOOF², en France, reconnaît les abyssins et les somalis chocolat et lilas. Mais ce n'est pas le cas de toutes les fédérations félines dans le monde, loin de là ! Passons en revue les couleurs reconnues en championnat par la CFA (USA), la FIFe, la TICA (USA), la WCF, le GCCF (UK) et le LOOF (F), en allant du plus restrictif au moins restrictif.

La CFA (Cat Fancier's Association, Inc.)³, qui se présente comme le livre d'origine de chats de race ayant le plus d'entrées au monde, ne reconnaît chez les abyssins et les somalis que 4 couleurs : *ruddy* (lièvre), *red* (sorrel et non pas roux "génétique"), *blue* (bleu) et *fawn* (faon). Les autres couleurs, dont le chocolat et le lilas, encore très rares aux Etats-Unis, sont donc classés "AOV" (*Any Other Variety*) et ne concourent pas en championnat.

La FIFe⁴ (Fédération Internationale Féline) reconnaît deux fois plus de variétés que la CFA : en effet, aux 4 couleurs ci-dessus, on ajoute leurs variantes à sous-poil blanc (silver). Donc, là non plus, pas de chocolat ni de lilas en championnat ! Les codes EMS (*Easy Mind System*) utilisés par la FIFe existent cependant bien sûr pour ces couleurs, qui sont reconnues dans d'autres races. Le tableau suivant résume les codes utilisés par la FIFe pour les couleurs non liées au sexe.

²Standards LOOF : <http://loof.asso.fr/loof/racine/default.asp?id=212>

³Standards CFA : <http://www.cfainc.org/breeds/standards/standards-index.html>

⁴Standards FIFe : http://www.fifeweb.org/wp/breeds/breeds_prf_stn.html

Non silver		Silver	
lièvre	ABY/SOM n	ABY/SOM ns	black silver
sorrel	ABY/SOM o	ABY/SOM os	sorrel silver
bleu	ABY/SOM a	ABY/SOM as	bleu silver
faon	ABY/SOM p	ABY/SOM ps	faon silver
chocolat	ABY/SOM b	ABY/SOM bs	chocolat silver
lilas	ABY/SOM c	ABY/SOM cs	lilas silver

La TICA⁵, quant à elle, reconnaît depuis peu les 12 couleurs du tableau ci-dessus, c'est à dire les 3 couleurs de base lièvre, sorrel et chocolat, leurs variantes avec dilution et les variétés silver de ces 6 couleurs.

Enfin, le LOOF en France, de même que la WCF⁶ ou que le GCCF au Royaume Uni, reconnaissent chez les abyssins et les somalis... 28 couleurs ! Là, nous dépassons le cadre de cet article, car aux 12 couleurs ci-dessus, il faut rajouter le roux génétiquement lié au sexe (abrégé malencontreusement en "roux génétique", comme si les autres couleurs n'avaient pas, elles aussi, une base génétique...!), sa dilution le crème, les silver correspondants ainsi que les tortie résultant d'un patchwork entre l'une des couleurs du tableau et le roux (ou le crème pour les couleurs diluées) : donc au total $(2 \times 12) + 4 = 28$ couleurs ! Chacune de ces couleurs a son propre code EMS.

Le modèle génétique

Cela fait déjà des années que la théorie génétique utilisée pour modéliser la transmission des couleurs de base est bien établie. J'avais dans la version précédente de cet article datant de 2003 émis une possible hypothèse alternative et conclu que seule l'identification des mutations concernées pourrait permettre de trancher. C'est chose faite maintenant, puisque les études menées dans différents laboratoires aux Etats-Unis (voir références plus loin dans l'article) ont mis en évidence des mutations dans le gène codant pour une protéine (la TYRP1, ou « tyrosinase related protein 1 ») qui sont en parfaite corrélation avec le modèle classique à trois allèles B,b,bl. Je vais donc maintenant expliquer ce modèle en démarrant avec des notions de base en génétique, avant de décrire ce que nous apprennent les nouveaux résultats des études génétiques.

Dans le noyau de chacune des cellules d'un chat (hormis les gamètes qui en ont la moitié), il y a 19 paires de chromosomes. Chaque chromosome porte des milliers de gènes contrôlant la fabrication des diverses protéines dont la cellule a besoin (en fait, c'est bien plus compliqué que cela, l'expression sélective des gènes met en oeuvre beaucoup de mécanismes dont nous commençons tout juste à percer les premiers secrets, mais pour notre propos nous nous limiterons à considérer qu'un gène indique la façon de fabriquer une protéine sans aller dans le détail). L'emplacement d'un gène indépendamment de son contenu est appelé un locus, et pour chaque locus on peut trouver plusieurs variantes du gène ; une telle variante est appelée un allèle. Par exemple, sur le locus « longueur de poil », on peut trouver l'un ou l'autre des deux allèles « poil court » (en général noté **L**) et « poil long » (en général noté **l**).

Or, chaque cellule du chat possède deux exemplaires de chaque gène, situés sur des positions homologues dans une paire de chromosomes, et reproduits à l'identique (sauf recombinaisons et erreurs de transcription) à chaque division cellulaire, à partir du modèle original venant de l'oeuf fécondé. Donc, pour chaque locus, l'un des deux allèles est la copie (de la copie de la copie de la copie...) de celui venant du spermatozoïde du père, l'autre la copie (...) de celui venant de l'ovule de la mère.

⁵Standard TICA pour le groupe abyssin/somali : <http://www.ticaeo.com/Content/Publications/Pages/AB.pdf>

⁶Standards WCF : <http://www.wcf-online.de/english/ES/standard.htm>

Revenons à notre exemple du gène « longueur de poil ». Pour un chat donné, en fonction des allèles qui lui ont été transmises par ses parents, il y a trois combinaisons possibles **LL**, **LI** et **II**. L'apparence du chat (son phénotype) va être déterminé par cette combinaison. On imagine bien qu'un chat **LL** aura le poil court, et qu'un chat **II** aura le poil long. Mais c'est moins évident de savoir ce à quoi va ressembler un chat **LI** !

C'est là qu'intervient la notion d'allèle « dominant » ou « récessif ». En effet, pour continuer sur le même exemple, on dit que l'allèle « poil court » est dominant par rapport à l'allèle « poil long », ce qui veut dire que chez un chat qui a un allèle de chaque sorte, c'est le « poil court » qui gagne et le phénotype (l'expression visible) d'un chat **LI** sera celui d'un chat au poil court. Les habitués auront deviné quel gène est dominant rien qu'en voyant la notation, les majuscules étant en général réservées à l'allèle dominant et les minuscules aux allèles récessifs.

Le génotype d'un abyssin pour le locus « longueur de poil » est **LL** (deux allèles « poil court »). Celui d'un somali est **II** (deux allèles « poil long »). L'abyssin ne peut donc transmettre à sa progéniture que l'allèle **L**, et le somali que l'allèle **I**. Le mariage d'un abyssin avec un somali donne ainsi des chats hétérozygotes (ayant deux allèles différents) **LI** pour le locus « longueur de poil ». Ces chats sont appelés en France des abyssins variants. Leur apparence est très proche visuellement, voire quelquefois indistinguable, des abyssins homozygotes **LL**, en raison de la dominance de l'allèle **L** sur l'allèle **I**. Ces chats n'ont pas d'intérêt reproductif pour les éleveurs d'abyssins, qui ne pourront pas savoir de façon sûre si un tel chat aura transmis l'allèle **L** ou l'allèle **I** à sa descendance, puisqu'il est difficile de distinguer un abyssin homozygote **LL** d'un abyssin variant **LI**. Ce problème n'existe pas pour un éleveur de somalis, qui peut dès la naissance reconnaître visuellement les chatons **LI** à poil court des chatons **II** à poil long. Il serait donc peut-être plus judicieux d'appeler ces chats, comme le font un certain nombre d'organisations, des « somalis à poils courts » (*shorthair somalis*).

Mais revenons à nos couleurs ! Sur le locus dit « couleur de base » (**B**), chacun des deux chromosomes du chat a le choix entre non pas deux, mais trois allèles possibles :

- **B** = noir (*black*) ;
- **b** = chocolat (*chocolate*), le **b** étant pour "*brown*" (brun) ;
- **bl** = cannelle (*cinnamon*), le **l** étant pour "*light*" (clair), donc « brun clair ».

B est dominant sur les deux autres, et **b** est (éventuellement partiellement) dominant sur **bl**. Ce qui fait qu'un chat lièvre peut avoir comme génotype **BB**, **Bb** ou **Bbl** (i.e. il peut être soit homozygote soit porteur de chocolat ou de cannelle – on reste dans le registre gastronomique...), qu'un chat chocolat peut avoir comme génotype **bb** ou **bbl** (i.e. il peut être homozygote ou bien porteur de cannelle), mais qu'un chat sorrel ne peut avoir comme génotype que **blbl**. En effet, si un de ses deux allèles était **B** ou **b**, il serait lièvre ou chocolat, mais pas sorrel !



Photo de gauche :
chocolat et lièvre



Photo de droite :
chocolat et sorrel

Nous n'avons parlé ici que de chats aux couleurs intense (lièvre, chocolat ou sorrel). Si on veut étendre notre étude aux chats de couleurs dites « diluées » (bleu, lilas ou fawn respectivement), il faut prendre en compte un second locus, dit **D** pour dilution. Sur ce locus, deux allèles sont répertoriés : l'allèle dominant **D** permet la pleine expression de la couleur, alors que l'allèle récessif **d** donne une apparence de couleur plus pale, d'où le terme « dilué ». Un chat intense pourra donc avoir un génotype **DD** (homozygote pour l'allèle dominant) ou **Dd** (porteur de dilution) au locus **D**, alors qu'un chat dilué sera toujours **dd** (homozygote pour l'allèle récessif).

En combinant les deux locus, qui sont situés sur des chromosomes différents et se transmettent indépendamment l'un de l'autre, on obtient les génotypes suivants :

lièvre	B- D-	bleu	B- dd
chocolat	bb D- OU bbl D-	lilas	bb dd OU bbl dd
sorrel	blbl D-	fawn	blbl dd

Les tirets représentent l'un quelconque des allèles possibles. Par exemple, **B-** signifie que le chat a l'allèle B sur un de ses chromosomes, et qu'il a l'un quelconque des allèles **B**, **b** ou **bl** sur le chromosome apparié. Donc **B-** est synonyme de **BB** ou **Bb** ou **Bbl**.

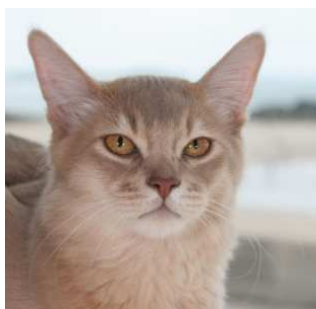
Le génotype d'un chat bleu (pour les loci B et D), qui est écrit **B- dd**, pourra donc être **BB dd**, **Bb dd** ou **Bbl dd**. Si ce chat bleu est issu d'un parent sorrel ou fawn, alors on a plus d'information et on peut être sûr que son génotype est **Bbl dd**, puisque ledit parent n'aura pu lui passer qu'un allèle bl. Aujourd'hui (mai 2007), des tests génétiques existent pour le locus B et pour le locus D. Lorsque la simple analyse du pedigree et des collatéraux ne suffit pas à déterminer les allèles dont le chat est porteur, et si cette information est utile à l'éleveur, il est facile de déterminer par un simple test ADN le génotype d'un chat pour les loci B et D. Par exemple, on peut ainsi savoir si un chat lièvre est porteur de sorrel (ou de chocolat) et/ou porteur de dilution, ou si un chat chocolat est homozygote ou porteur de sorrel.

La biologie sous-jacente

Le modèle décrit plus haut avec trois allèles possibles pour le locus B « couleur de base » colle bien à ce qu'on observe dans la réalité : par exemple, deux chats sorrel n'auront jamais que des chatons sorrel (ou fawn, s'ils sont porteurs de dilution), alors qu'un chat lièvre porteur sorrel (**Bbl**) marié à un chat sorrel (**blbl**) donnera statistiquement environ moitié de chatons lièvre et moitié de chatons sorrel.

Mais quel est le changement qui fait qu'au lieu de nous apparaître noir, la coloration d'un chat nous apparaîtra marron (cas du chocolat), ou grise (cas du bleu) ?

La biologie de la pigmentation des mammifères progresse actuellement à pas de géants, et nous sommes encore loin d'avoir tout compris. Cependant, plusieurs choses étaient connues depuis plusieurs années. Tout d'abord, on avait remarqué qu'au microscope, l'aspect des mélanosomes (les granules de pigmentation fabriqués par les mélanocytes et qui migrent vers les cellules adjacentes) est différent chez les chats lièvre, chocolat ou sorrel. Ils deviennent de plus en plus aplatis, allongés.⁷ Les mutations sur le locus B ont donc un effet sur la forme des mélanosomes.



Quant à la dilution, elle ne change pas l'aspect des mélanosomes individuellement, mais elle cause des regroupements en amas plus irréguliers que chez un chat non dilué, laissant ainsi de larges zones sans pigment qui réfléchissent mieux la lumière incidente et donnent ainsi l'apparence d'un chat de teinte plus claire, bien qu'il ait a priori la même quantité de pigment qu'un chat non dilué⁸.

Sur la photo de gauche, on voit un somali lilas, BUCCI KID DE BUFFAVAND. Sur la photo de droite, on voit une somali fawn silver, SAMIOLE DE LA CHACOLATERIE. Bien qu'il soit difficile de comparer des photos, surtout lorsqu'elles sont faites dans des conditions d'éclairage très différentes, on voit que le lilas donne un beige plus violacé alors que le fawn donne un beige plus orangé. La différence peut cependant être ténue.

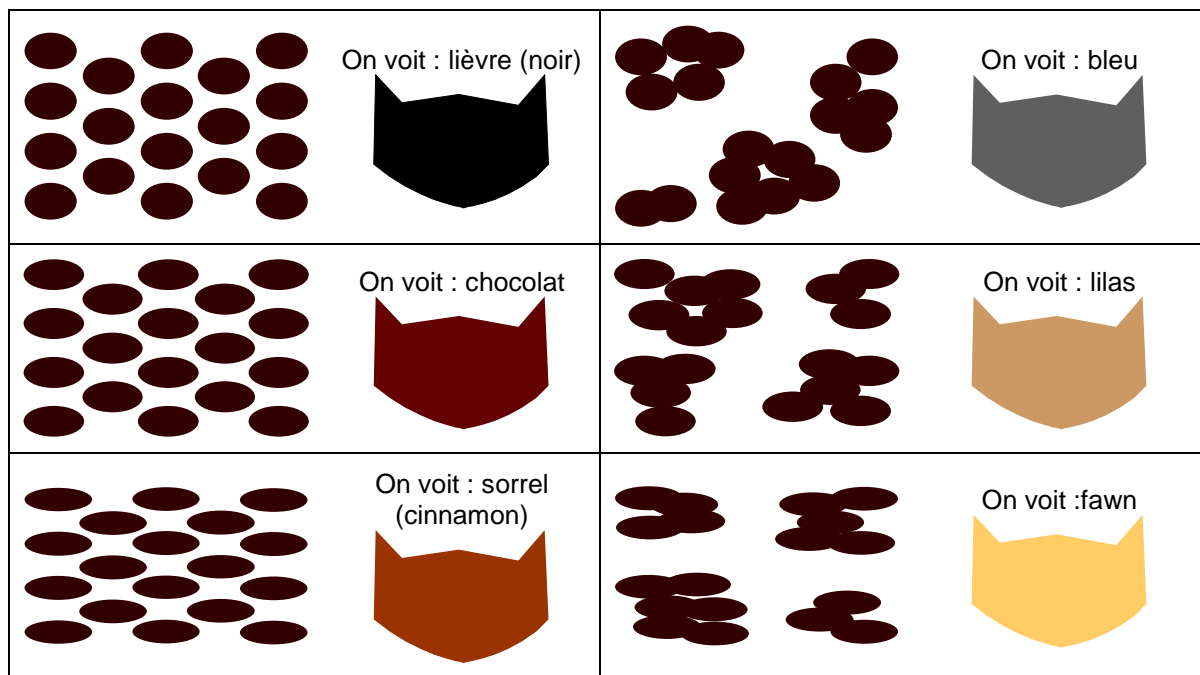


(photo C.Hermeline)

⁷ Feline Color Genetics, 3rd edition, Diana Brown

⁸ Voir l'article de Heather E. Lorimer avec des photos de poils au microscope sur <http://cc.yzu.edu/~helorime/BasicCol.html>

Très très schématiquement, voilà donc comment on pourrait représenter la forme et répartition des mélanosomes pour les 6 couleurs mélaniques de base :



Or, avec les progrès du séquençement ADN de différentes espèces de mammifères (homme, souris, chien, chat entre autres), et en exploitant les synténies conservées⁹ entre les espèces phylogénétiquement proches, on est capables de localiser de plus en plus de gènes individuels sur les brins d'ADN et de répertorier leurs variantes. Et c'est aujourd'hui le cas, entre autres, pour le locus B et le locus D qui nous intéressent ici.

La publication de l'étude menée à l'Université de Californie à Davis¹⁰ explique comment a été réalisée l'analyse de recherche du locus B et donne les résultats des séquençements réalisés. Une autre étude menée par une étudiante de l'Université George Washington à Washington, DC en collaboration avec le National Cancer Institute de Frederick, MD¹¹ donne des résultats similaires. Ces deux études identifient le locus B comme étant un locus sur le chromosome D4 du chat, qui code pour une protéine appelée « Tyrosinase Related Protein 1 », d'où l'étiquette TYRP1 donnée à ce locus. L'étude citée note 10 a permis d'identifier effectivement 16 mutations portant chacune sur une seule base de l'ADN (SNP, « single nucleotide polymorphism »). 15 de ces mutations arrivent chez les chats de phénotype chocolat/lilas (ou porteurs de chocolat sur un seul de leurs chromosomes), une chez les chats de phénotype cinnamon/fawn.

Parmi les 15 SNP associées au phénotype chocolat, 7 seulement sont dans des régions codantes, mais parmi celles-ci une seule correspond à un changement d'acide aminé : une cytosine remplacée par une guanine à la 8^{ème} position de l'exon¹² 2 sur le brin d'ADN conduit au remplacement d'une molécule d'alanine par une molécule de glycine dans la protéine résultante. Les autres sont donc « muettes » (sans effet sur la protéine).

⁹ La synténie est la présence simultanée sur le même chromosome de plusieurs loci. Plus deux espèces sont proches, plus elles auront de groupes de synténie conservés et cette connaissance est très utilisée pour savoir où trouver les loci recherchés à partir d'études faites sur des espèces apparentées.

¹⁰ Chocolate-coated cats : TYRP1 mutations for brown color in domestic cats, Leslie A. Lyons, Ian T. Foe, Hyung Chul Rah, Robert A. Grahn, University of California, Davis, publié dans "Mammalian Genome", vol. 16, 2005.

¹¹ Tyrosinase and Tyrosinase Related Protein I alleles specify domestic cat coat color phenotypes of the albino and brown loci, A. Schmidt-Küntzel, E. Eizirik, S.J. O'Brien, M. Menotti-Raymond, publié dans "Journal of Heredity", 2005.

¹² Un exon est la partie du gène qui est transcrite dans l'ARN messager final (les parties excisées sont appelées des introns), et définit donc la composition d'une partie de la protéine fabriquée à partir de ce gène. Un gène de cellule eucaryote est souvent constitué d'une suite alternée d'exons et d'introns.

Le SNP associé au phénotype cinnamon (une cytosine remplacée par une thymine à la 298^{ème} position de l'exon 2 sur le brin d'ADN) conduit au remplacement d'une arginine par un codon « stop », provoquant ainsi l'arrêt prématuré de la traduction de la protéine.

Après avoir mis en évidence ces mutations et prouvé leur corrélation avec les phénotypes des chats de différentes races, le laboratoire d'UC Davis a développé un test disponible commercialement aujourd'hui au VGL¹³. Les résultats de la recherche ayant été rendus publics, d'autres laboratoires peuvent également avoir développé un test similaire, sans toutefois être à l'origine de la recherche.

Quant au locus de dilution (D), il a été identifié par le même laboratoire et le test est disponible depuis le printemps 2007.

Epilogue, ou pourquoi je m'intéresse à ces couleurs

Comme vous avez pu le remarquer, quand je m'embarque à parler de génétique féline, je ne peux plus m'arrêter ! C'est vrai qu'étant de formation scientifique, et ayant toujours été intéressée à la biologie (bien que mon métier soit tout autre), je trouve les questions posées par la génétique féline passionnantes. Mais rien ne me prédisposait à m'intéresser spécialement aux couleurs chocolat ou lilas, jusqu'au jour où, pouvant enfin avoir le chat dont je rêvais depuis des années, je suis tombée amoureuse d'une petite chatte somali... devinez de quelle couleur ?... chocolat bien sûr !

Malheureusement, Nougatine (c'était son petit nom) est partie bien trop tôt chercher d'autres couleurs de l'autre côté de l'arc-en-ciel, le 7 janvier 2000, emportée par un cancer du pancréas généralisé. C'est pour elle que nous avons appelé notre petit élevage familial "la Chocolaterie" et c'est à elle que je dédie, la gorge serrée, cet article.

Babette PAUTET, la Chocolaterie
www.chocolaterie.com



¹³Le VGL, ou Veterinary Genetics Laboratory réinvestit tout l'argent gagné par les tests pour continuer la recherche. Je vous encourage donc à leur soumettre vos tests génétiques : <http://www.vgl.ucdavis.edu/service/cat/index.html>