

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

Année 2003

n°

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PHENOTYPE CHEZ  
LE SCOTTISH FOLD**

THESE

Pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement

devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le

par

**Virginie BERNEZ**  
**épouse BALANDRAUD**

Née le 25 décembre 1974 à Clamart (Hauts de Seine)

JURY

Président : M

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres : M BOSSE et Mme BEGON

Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Invitée : Mme DONSIMONI

Présidente fondatrice du « Cabri » (club du British Shorthair) et de la « Casquette » (club du Scottish Fold)



ECOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

Année 2003

n°

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PHENOTYPE CHEZ  
LE SCOTTISH FOLD**

THESE

Pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement

devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le

par

**Virginie BERNEZ**  
**épouse BALANDRAUD**

Née le 25 décembre 1974 à Clamart (Hauts de Seine)

JURY

Président : M

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres : M BOSSE et Mme BEGON

Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Invitée : Mme DONSIMONI

Présidente fondatrice du « Cabri » (club du British Shorthair) et de la « Casquette » (club du Scottish Fold)



## REMERCIEMENTS

A Monsieur le professeur de la Faculté de Médecine de CRETEIL pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,

A Monsieur le Professeur Bernard TOMA, hommage respectueux,

A Monsieur le Professeur Philippe BOSSE pour son aide et sa patience dans l'élaboration de ce document,

A Madame le Professeur Dominique BEGON pour sa disponibilité et ses conseils précieux dans les moments difficiles,

Au Docteur Delphine RAULT pour son travail de lecture et d'interprétation des clichés radiographiques,

A Madame DONSIMONI pour sa participation aux recherches auprès des éleveurs et des propriétaires de chats,

A tous les membres des services d'imagerie médicale de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'ALFORT pour m'avoir assistée dans la réalisation pratique des clichés radiographiques,

A Joël, mon mari, pour être chaque jour à mes côtés,

A ma maman, pour m'avoir toujours encouragée,

A mes grands-parents, ma marraine et ma famille,

A mes amis Isabelle, Pauline, Philippe et tous les autres,

A tous mes confrères.



## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	p 1
<u>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
Le Scottish Fold et les races apparentées	p 5
<u>I. Quelques rappels historiques sur une race peu ordinaire</u>	p 5
I.A. La découverte de la mutation <i>folded ear (fd)</i>	p 5
I.B. La naissance de la race Scottish Fold	p 6
I.C. Le Scottish Fold : polémique autour d'une race	p 6
I.C.1. Les problèmes sanitaires liés à la race	p 6
I.C.2. Extension et reconnaissance actuelles du Scottish Fold	p 7
<u>II. Le Scottish Fold et les races apparentées</u>	p 8
II.A. Etude génétique : la mutation impliquée dans la pliure des oreilles	p 8
II.A.1. Le mode de transmission de la mutation	p 8
II.A.2. L'expression du gène <i>folded ear (Fd)</i>	p 10
II.B. Le British Shorthair et le British Longhair : supports de croisement de la race Scottish Fold	p 11
II.C. Obtention et standards des Scottish Fold et Highland Fold	p 12
II.C.1. Obtention des Scottish Fold et Highland Fold	p 12
II.C.2. Commentaires des standards du Scottish Fold et du Highland Fold	p 14
<u>III. La pathologie spécifique des chats de race Scottish Fold</u>	p 16
III.A. Les anomalies cliniques	p 16
III.B. Les lésions radiographiques	p 17
III.B.1. De la queue	p 17
III.B.2. Des membres	p 17
III.C. Les lésions histologiques	p 18
III.C.1. Rappels sur la physiologie et la croissance de l'os	p 18
III.C.1.a . Structure histologique d'un os court adulte	p 18
III.C.1.b . Croissance osseuse d'un os court	p 20
III.C.2. Les lésions histologiques décrites chez le Scottish Fold	p 22

III.D. La conduite thérapeutique et le pronostic des affections osseuses du Scottish Fold	p 23
III.D.1. Les traitements médicaux	p 23
III.D.2. Un essai de traitement chirurgical	p 24
III.D.3. Le pronostic	p 24
III.E. La pathologie osseuse et les génotypes des chats Scottish Fold	p 25
<u>IV. Problématique actuelle de la race Scottish Fold</u>	p 26
<u>DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE</u>	p 29
<u>PREMIER CHAPITRE : matériel et méthode</u>	p 29
<u>I. Les animaux</u>	p 29
I.A. Les types génétiques étudiés	p 29
I.A.1. Le British Shorthair	p 29
I.A.2. Le Scottish Fold	p 29
I.A.3. Le « Scottish Straight »	p 30
I.B. L'âge et le sexe des animaux	p 31
<u>II. Protocole d'étude</u>	p 31
II.A. Recrutement des animaux	p 31
II.B. Recueil des données	p 31
II.C. Traitement des données	p 32
II.C.1. Les pedigrees	p 32
II.C.2. Les radiographies	p 32
<u>DEUXIEME CHAPITRE : RESULTATS DE L'ETUDE PERSONNELLE</u>	p 33
<u>I. Types génétiques et âge des animaux</u>	p 33
<u>II. Informations apportées par les pedigrees</u>	p 34
<u>III. Résultats des examens cliniques</u>	p 34
<u>IV. Résultats des examens radiographiques</u>	p 35
IV.A. Répartition des anomalies	p 35
IV.B. Aspect des lésions ostéo-articulaires observées	p 38



IV.B.1. Anomalies de la queue	p 38
IV.B.2. Anomalies des membres	p 40
IV.C. Evolution des lésions : un exemple	p 49
<u>TROISIEME CHAPITRE : DISCUSSION</u>	p 53
<u>I. Les animaux</u>	p 53
I.A. Effectif	p 53
I.B. Qualité des informations sur les animaux	p 53
I.C. Age des animaux	p 54
<u>II. Les radiographies</u>	p 54
II.A. Réalisation pratique	p 54
II.B. Interprétation des radiographies	p 55
<u>III. Anomalies ostéo-articulaires et symptômes cliniques</u>	p 55
III.A. Types génétiques et ostéochondrodysplasie	p 55
III.B. Age des animaux et lésions ostéo-articulaires	p 57
III.C. Lésions radiographiques	p 57
III.C.1. De la queue	p 58
III.C.2. Des membres	p 58
III.D. Signes locomoteurs et lésions anatomiques	p 58
CONCLUSION	p 61
ANNEXES	p 63
BIBLIOGRAPHIE	p 87

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des tableaux

TABLEAU	PAGE	TITRE
I	33	Race, sexe, âge et symptômes ostéo-articulaires des chats étudiés
II	50	Evolution de la gravité des lésions ostéo-articulaires observées par radiographie à sept puis vingt et un mois chez le chat « U » présentant des signes cliniques

### Liste des figures

FIGURE	PAGE	TITRE
1	9	Pedigree de l'origine des premiers chats <i>folded ear</i> d'après Dyte et Turner 1969
2	11	Génotypes des deux variétés de la race British aux locus <i>L</i> et <i>Fd</i>
3	13	Production des Scottish Fold et nomenclature officielle française des différents animaux obtenus (référence texte officiel du LOOF)
4	14	Génotypes partiels des Scottish Fold et Highland Fold
5	15	Forme générale de la tête et des oreilles chez le chat de race Scottish Fold
6	19	Schéma d'un os court pluri-épiphysaire en coupe transversale (Fontaine J.J, 1993)
7	19	Structure histologique du tissu osseux spongieux (Fontaine J.J, 1993)
8	20	Développement radiaire par groupes isogéniques radiaux dans un os court (Fontaine J.J, 1993)
9	21	Schématisation des zones d'accroissement des cartilages sur un os métacarpien mono-épiphysaire (Fontaine J.J, 1993)
10	21	Croissance d'un os court mono-épiphysaire par le cartilage de conjugaison (Fontaine J.J. 1993)
11	30	Représentation schématisée du génotype des chats inclus dans l'étude
12	36	Répartition des sites lésionnels osseux chez treize chats Scottish Fold sans anomalie clinique
13	37	Répartition des stades lésionnels chez treize chats Scottish Fold sans anomalie clinique
14	38	Image radiographique normale de la queue; chat Y, « Highland Straight », 2 ans et 3 mois
15	38	Image radiographique de la queue comportant des anomalies mineures; chat H, Scottish Fold, 4 ans et 1 mois
16	39	Image radiographique de la queue comportant des anomalies modérées; chat J, Scottish Fold, 4 ans et 5 mois
17	39	Image radiographique de la queue comportant des anomalies graves; chat V, Scottish Fold, 2 ans et 8 mois
18	40	Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois
19	41	Image radiographique normale du carpe gauche; chat A, British Shorthair, 4 ans et 3 mois

20	41	Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies mineures; chat I, Scottish Fold, 2 ans et 5 mois
21	42	Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies modérées; chat P, Scottish Fold, 3 ans et 7 mois
22	43	Image radiographique du carpe gauche comportant des anomalies graves; chat N, Scottish Fold, 2 ans et 11 mois
23	44	Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois
24	45	Image radiographique normale du tarse gauche; chat Z, « Scottish Straight », 2 ans et 11 mois
25	46	Image radiographique du tarse gauche comportant des anomalies mineures; chat H, Scottish Fold, 4 ans et 1 mois
26	47	Image radiographique du tarse gauche comportant des anomalies modérées; chat S, Scottish Fold, 6 ans et 6 mois.
27	48	Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies graves; chat V, Scottish Fold, 2 ans et 8 mois
28	49	Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois
29	50	Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 7 mois
30	51	Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois
31	51	Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 7 mois
32	51	Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois

## INTRODUCTION

Le Scottish Fold est une race d'apparition récente puisque sa découverte remonte aux années soixante.

La présence chez ce chat d'un gène nommé « *folded ear* » lui confère la particularité phénotypique d'avoir les oreilles repliées vers l'avant.

Dans la littérature, depuis le début des années soixante-dix, il est suspecté que ce gène soit impliqué dans l'apparition d'anomalies ostéo-articulaires sur les extrémités distales des membres et sur la queue. Ces lésions sont mises en évidence aux examens cliniques et/ou radiographiques.

Devant ces constatations et l'inquiétude grandissante des éleveurs, nous avons tenté de résumer les connaissances actuelles sur la race Scottish Fold et de mener une étude expérimentale afin d'établir un bilan sur la situation de ce chat dans les élevages français.



PREMIERE PARTIE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

LE SCOTTISH FOLD ET LES RACES APPARENTEES



<p>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE Le Scottish Fold et les races apparentées.</p>
---

I. Quelques rappels historiques sur une race peu ordinaire

I.A. La découverte de la mutation *folded ear (fd)* (B. Soriano, 1997; V. Bellon, 1998)

Le Scottish Fold est une race d'apparition récente puisqu'elle ne date que d'une quarantaine d'années. Son histoire a longtemps été controversée mais il semble à l'heure actuelle que son origine ne soit plus remise en question.

L'histoire de ce chat commence en Ecosse, dans la région de Tayside en 1961. Une chatte de couleur blanche, prénommée Susie, est découverte dans une grange en plein cœur de la campagne écossaise. Bien qu'apparaissant très ordinaire au premier abord, cette chatte a pourtant une particularité : elle possède des oreilles pliées vers l'avant.

Cette chatte suscite rapidement un intérêt hors du commun dans la région, en particulier auprès de William Ross, un berger, qui aperçoit un jour l'animal dans le jardin de ses voisins.

William Ross, intrigué, explique à sa femme sa récente découverte et tous deux, passionnés par l'espèce féline, décident de se rendre chez leurs voisins afin de se renseigner sur la chatte et de s'enquérir de ses origines. Ils découvrent alors que la mère de Susie, décédée peu de temps auparavant, avait les oreilles droites et que son père demeurait inconnu des propriétaires de Susie. Cette dernière avait un frère, malheureusement disparu, qui possédait lui aussi une courbure vers l'avant des deux oreilles.

La visite s'achève sur la promesse, par les propriétaires de Susie, de céder à la famille Ross un chaton à oreilles pliées si Susie venait à avoir une descendance. Ceci fut chose acquise deux années plus tard. En effet, Susie s'accoupla avec un chat mâle de la région et naquirent alors deux chatons de sexes opposés mais possédant tous deux des oreilles repliées vers l'avant. La famille Ross adopta ainsi Snooks, la fille de Susie avec laquelle ils avaient l'ambition de perpétuer cette nouvelle mutation. Les Scottish Fold ont pour aïeux Susie et ses descendants.

Une autre théorie quant à la naissance du Scottish Fold a été évoquée mais elle ne semble pas faire l'unanimité auprès des défenseurs de la race. Cette hypothèse repose sur le fait qu'un marin chinois aurait pu apporter en Angleterre un chat avec les oreilles pliées vers l'avant et donc un ancêtre du Scottish Fold.

Aucun élément ne nous permet de conclure sur la véracité de cette histoire cependant il est intéressant de noter que l'existence d'un chat domestique chinois, possédant des oreilles inclinées vers l'avant, est connue au moins depuis la fin du dix-huitième siècle. Le Magazine Universel de Connaissances et de Loisirs en faisait déjà état à cette époque et en 1926, dans un recueil, Ph Jumaud, vétérinaire et secrétaire général du Cat Club de France et de Belgique,



le décrit comme un chat « de grande taille, à la tête plutôt forte pourvue d'oreilles retombant sur les côtés » (Dupuis, 1989).

C'est cependant la théorie écossaise avec la naissance de Susie et des ses descendants qui demeure la plus probable, la moins controversée mais aussi la plus originale et la plus sympathique.

### I.B. La naissance de la race Scottish Fold (B.Soriano, 1997; V.Bellon, 1998)

La famille Ross, qui avait adopté Snooks, décida de poursuivre l'étude de ces chats à oreilles pliées vers l'avant afin d'en assurer la survie et la pérennité. Ainsi, les Ross marièrent Snowball, le fils de Snooks et d'un chat de gouttière, avec une chatte de race British Shorthair (acquise récemment), prénommée Lady May. De ce mariage, sont nés cinq chatons à oreilles pliées. Snooks fut ensuite mariée avec un mâle British Shorthair et sont nés deux chatons à oreilles inclinées vers l'avant et de sexes opposés à savoir une femelle Desnila Hester et un mâle Desnila Hector qui furent à l'origine d'une chatterie baptisée Desnila du nom des deux rivières la « Den » et la « Isla ». Cette chatterie fut inscrite en 1966 au « Governing Council of the Cat Fancy » ou GCCF. Cette démarche permit à la famille Ross de participer à de nombreuses expositions félines et ainsi de faire connaître cette nouvelle race de chats arborant des oreilles pliées vers l'avant.

Au cours d'une exposition, ils firent la connaissance de la juge Alison Ashford qui leur conseilla de prendre contact avec Patricia Turner, une éleveuse passionnée par la génétique et l'espèce féline. Au terme de cette rencontre, cette dernière repartit avec un des chats mâles Scottish Fold de la famille Ross. Elle maria cet étalon avec une de ses femelles British Shorthair et obtint avec succès des chatons à oreilles pliées et d'autres à oreilles droites.

Patricia Turner obtint en trois années soixante-seize chatons dont quarante deux avec des oreilles pliées et trente-quatre avec des oreilles droites et ceci grâce à des croisements avec des chats British Shorthair principalement, des chats domestiques et des chats à oreilles pliées. Globalement, ce fut pourtant le British Shorthair qui conféra au Scottish Fold, en dehors de la particularité des oreilles, sa morphologie actuelle.

### I.C. Le Scottish Fold : polémique autour d'une race

#### I.C.1. Les problèmes sanitaires liés à la race

Après les succès des croisements obtenus par l'éleveuse passionnée de génétique, Patricia Turner, une réalité apparaît au sein de la race Scottish Fold nouvellement créée. En effet, rapidement des anomalies du squelette, de la queue et des extrémités distales des membres sont mises en évidence sur certains sujets et plus particulièrement sur des animaux issus du croisement de deux Scottish Fold entre eux. Ces anomalies peuvent être une simple rigidité de la queue voire des membres. Parfois les anomalies sont telles que certains animaux sont handicapés au point de compromettre leur survie et leur maintien au sein d'un élevage.

Des sujets atteints de surdité sont également recensés mais ceci ne semble pas être d u à la pliure des oreilles mais au gène blanc dominant « *W* » pléiotrope porté par ces derniers. Il a été montré que le locus « blanc » n' st pas lié génétiquement au locus « *Fd* » (Todd, 1972).

Après la découverte de ces tares sur les sujets Scottish Fold, les éleveurs de British Shorthair ainsi que le GCCF décident d'exclure cette nouvelle recrue en prétextant que la pliure des oreilles engendre des cas de surdité, favorise le développement de parasites à tropisme auriculaire ou encore raccourcit de manière non négligeable l'espérance de vie de ces animaux. De ce fait, l'entrée des expositions félines lui fut refusée et paradoxalement le Scottish Fold fut rejeté de Grande-Bretagne, son pays d'origine.

### I.C.2. Extension et reconnaissance actuelles du Scottish Fold

Bannis d'Angleterre, c' st aux Etats-Unis que les Scottish Fold ont pu poursuivre leur histoire grâce à des américains qui ont importé certains spécimens en 1970. En 1971, la première portée américaine apparaît et en 1974, la race est inscrite à la « Cat Fanciers Association » (CFA) afin de faire reconnaître le Scottish Fold et de poursuivre les études destinées à remédier aux problèmes sanitaires rencontrés dans cette race.

Le livre des origines est ouvert à la race entre 1974 et 1976. C' st à cette dernière date que la CFA lui permet d'obtenir des statuts de Championnat. Cette race est alors en pleine expansion et entre 1986 et 1987, une augmentation de 30% du nombre de naissances est enregistrée aux Etats-Unis (Dupuis, 1989). Cet engouement se confirme par les résultats obtenus par la race lors des diverses expositions félines américaines où le Scottish Fold obtient régulièrement une place dans les vingt premiers classés. Ceci est possible grâce aux américains qui n'ont cessé d'œuvrer pour réhabiliter ce chat et n'ont marié leurs Scottish Fold qu'avec des chats à oreilles droites de manière à limiter au maximum les anomalies décrites à l'époque.

Après le vif succès rencontré aux Etats-Unis, le Scottish Fold revient en Europe au début des années 1980. C' st en 1982, à l'occasion de l'exposition du Cat Club de Paris, que Thunder, un mâle Scottish Fold noir et blanc est présenté pour la première fois en France. La première portée française de Scottish Fold naît en 1988.

Le Scottish Fold est reconnu dans le monde entier mais quelques associations continuent de l'ignorer en raison des tares dont il peut faire l'objet. Certains éleveurs tentent pourtant de défendre la race qui suscite la sympathie. Des standards officiels existent, établis par plusieurs associations félines américaines, mais ce n' st que depuis le mois d'octobre 2001 que le Livre Officiel des Origines Félines (LOOF) a établi pour la France des standards pour la race Scottish Fold et les races apparentées.

Ceci a été rendu possible par la mobilisation et les propositions de plusieurs associations et personnes avec notamment Madame Donsimoni qui milite depuis de nombreuses années pour la race Scottish Fold tout comme pour le British Shorthair. Elle est présidente fondatrice d'un club de Scottish Fold, « la Casquette », qui œuvre pour la reconnaissance de cette race. Il est intéressant de souligner que la revue française  dit e par ce club donne régulièrement des informations sur les races Scottish Fold et British Shorthair.

## II. Le Scottish Fold et les races apparentées

### II.A. Etude génétique : la mutation impliquée dans la pliure des oreilles

#### II.A.1. Le mode de transmission de la mutation

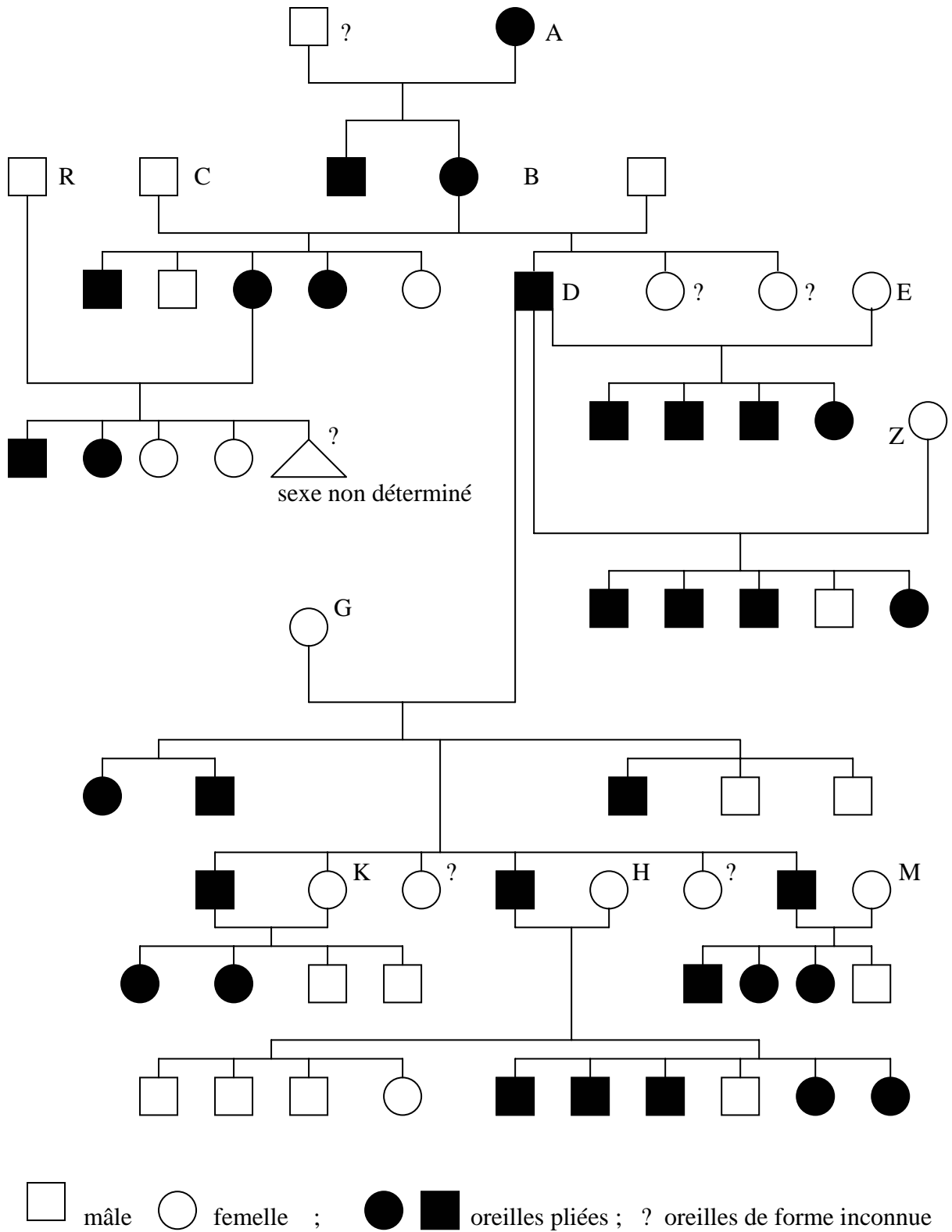
La particularité du chat Scottish Fold est de porter des oreilles inclinées vers l'avant et vers le bas. Cette spécificité lui a valu son nom qu'il tire de la langue anglo-saxonne : « Scottish », en référence à l'Ecosse où est apparue la mutation et « fold » qui signifie « plié ».

C'est en 1969 que le généticien Dyte a réussi à établir les bases de la transmission de cette mutation. Ce travail a été réalisé en coopération avec l'éleveuse Patricia Turner qui a été une des premières à vouloir développer une nouvelle race de chats portant le phénotype « oreilles pliées ».

L'arbre généalogique en figure 1 est celui des premiers Scottish Fold (Dyte et Turner, 1969). En l'observant, on constate que :

1. les accouplements réciproques « femelle *folded ear* x mâle normal » et « femelle normale x mâle *folded ear* » donnent tous les deux des portées avec des mâles et des femelles *folded ear*.
2. les individus *folded ear* sont tous issus d'un accouplement avec au moins un parent *folded ear*.

Dyte en a déduit que la pliure vers l'avant des oreilles de ces chats est déterminée par une mutation génétique qui atteint un gène à effet majeur et que ce gène est autosomique et à caractère dominant.



C,E,H,R origine connue sans relation avec A  
 Z,G,M,K origine inconnue sans relation présumée avec A

Figure 1 - Pedigree de l'origine des premiers chats *folded ear* d'après Dyte et Turner (1969)

Le gène responsable de la mutation oreilles pliées est dénommé, dans un premier temps, gène « *F* » par Dyte en 1969.

En 1973, Dyte et Turner marièrent des Scottish Fold avec des chats à oreilles droites, ils obtinrent quarante-deux chatons avec les oreilles pliées et trente-quatre chatons avec les oreilles droites et donc un ratio de 1/1 ce qui confirme la transmission sur un mode autosomique dominant du gène *folded ear*. Suite à cette confirmation, le gène « *F* » fut rebaptisé gène « *Fd* » par Dyte et Turner.

Ces auteurs confirmèrent les caractères du gène « *Fd* » en croisant deux chats hétérozygotes *Fd/fd*<sup>+</sup>. Ils obtinrent un ratio de trois quarts de chats avec des oreilles pliées pour un quart de chats avec des oreilles droites en admettant que les sujets homozygotes *Fd/Fd* sont viables. Le mariage entre un homozygote potentiellement *Fd/Fd* et un sujet à oreilles droites ne donne que des sujets à oreilles pliées.

### II.A.2. L'expression du gène *folded ear* « *Fd* »

Des précisions furent apportées quant à l'expression du gène *folded ear* (Todd, 1972). Un mariage entre deux sujets à oreilles pliées fut pratiqué. De cette union, on obtint deux chatons de sexes opposés. A la naissance, les oreilles des deux animaux n'étaient pas pliées. Le phénotype mutant se mis en place précocement chez le mâle, à l'âge de deux semaines. La femelle de la même portée n'eut, quant à elle, les oreilles pliées qu'à l'âge de cinq semaines.

Alors que la pliure des oreilles apparaissait de manière décalée dans le temps sur les deux animaux de la même portée, Todd mis en évidence d'autres différences entre les deux chatons. Le mâle était initialement plus petit que la femelle dans les premières semaines, retard qui était comblé à l'âge de seize semaines. De plus, sa queue était plus courte, ses pattes plus épaisses et sa tête plus large et plate que chez la femelle. La pliure de ses oreilles était très marquée.

A la suite de ces observations, l'auteur a proposé que la différence de développement entre les deux chatons de la même portée était due soit à l'expression du gène *folded ear* à des degrés variables, soit que l'un de ces chatons était homozygote et l'autre hétérozygote pour le gène. Le mâle aurait donc montré le phénotype exprimé par le génotype homozygote *Fd/Fd* et la femelle le phénotype exprimé par le génotype hétérozygote *Fd/fd*<sup>+</sup>. Le caractère homozygote représenterait alors l'expression extrême du gène *folded ear*. Ces observations sont à moduler par celles d'autres auteurs. Ainsi, pour Dyte et Turner (1969) la pliure des oreilles apparaît toujours en moyenne vers l'âge de quatre semaines. Mais ces auteurs n'avaient peut-être pas de chaton homozygote dans leur échantillon.

Par ailleurs, pour Dyte et Turner (1973), le caractère homozygote ou hétérozygote pour le gène *folded ear* d'un individu ne peut être établi par l'intensité du phénotype car certains sujets homozygotes peuvent arborer des oreilles moins pliées que certains sujets hétérozygotes de la même portée.

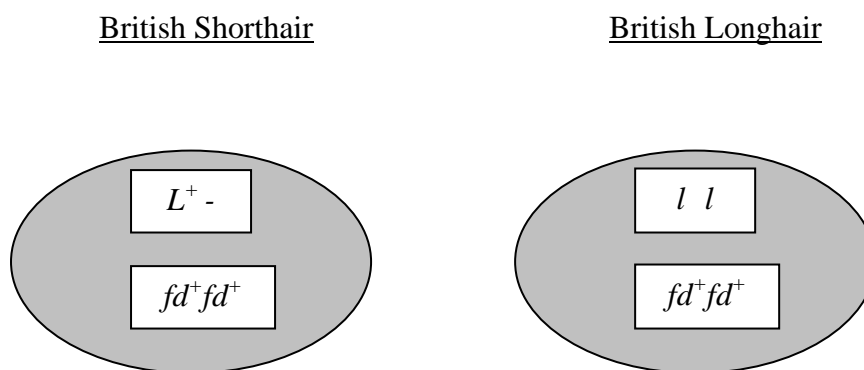
La race Scottish fold a été obtenue, ainsi que décrit précédemment en fixant et en multipliant la mutation initiale au sein d'une population féline par toute une série d'accouplements entre chats à phénotype « *folded ear* » et chats à oreilles droites. Les chats à

oreilles droites utilisés ont été très largement des représentants de la race British soit à poils courts (British Shorthair), soit à poils longs (British Longhair). Le British a ainsi transmis ses caractères de morphologie générale aux Scottish Fold actuels. Par ailleurs, comme nous le verrons, il est encore actuellement majoritairement utilisé comme support de croisement pour produire des Scottish Fold. C'est pourquoi nous allons maintenant décrire cette race plus en détails.

## II.B. Le British Shorthair et le British Longhair : supports de croisement de la race Scottish Fold

Les British Shorthair et Longhair sont des chats originaires de Grande-Bretagne. Leur aspect est celui d'un chat « de taille moyenne à grande et tout en rondeurs » (standards du LOOF en annexe 1). Les deux variétés se distinguent par la longueur des poils. Le British Shorthair possède une robe à poils courts alors que le British Longhair a une robe de longueur « moyenne avec un sous poils épais ». Toutes les couleurs de robe sont acceptées et la couleur des yeux est « conforme à celle de la robe selon les critères du Persan » (annexe 2).

Les deux variétés de la race British n'ont pas de différence morphologique notable, les mâles sont plus grands que les femelles et l'aspect général de ces chats est celui d'un animal « robuste » au corps arrondi. La présence chez le British Longhair d'un allèle mutant autosomique récessif appelé « *l* » lui confère le phénotype poils longs (figure 2).



$L$  locus «longueur des poils »  
 $Fd$  locus «folded ear»

Figure 2 - Génotypes des deux variétés de la race British aux locus  $L$  et  $Fd$

Le British Shorthair et le British Longhair sont le support de croisement de la race Scottish Fold. Ils sont les seuls autorisés par le LOOF à être mariés avec le Scottish Fold ou le Highland Fold.

Après avoir étudié la transmission et le mode d'expression du gène « *Fd* » puis les standards des races British Shorthair et Longhair, supports de croisement, nous allons nous intéresser au mode d'obtention et aux standards des races Scottish Fold et Highland Fold.

## II.C. Obtention et standards des Scottish Fold et Highland Fold

### II.C.1. Obtention des Scottish Fold et Highland Fold

Le Livre Officiel des Origines Félines (LOOF) est un organisme créé récemment par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche pour gérer officiellement la sélection féline en France. Cet organisme s'occupe du contrôle et de l'édition de tous les pedigrees félines. En outre, il a établi des standards français pour toutes les races félines reconnues par le MAP (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche) et il définit les règles en matière de croisements entre races. Ainsi, en 2001, le LOOF a édité les standards du Scottish Fold et des races apparentées. Il a aussi établi une liste des mariages autorisés et une nomenclature pour les produits obtenus (annexe 3). Deux points essentiels ressortent.

Tout d'abord, conscient des problèmes pathologiques qui affectent les Scottish Fold homozygotes pour le gène *Fd*, le LOOF interdit formellement tout mariage entre deux sujets à oreilles pliées, ces mariages ne donnant pas droit à des pedigrees. La production de Scottish Fold passe obligatoirement par des accouplements de Scottish Fold hétérozygotes avec des chats à oreilles droites. Deux options sont possibles concernant le choix des chats à oreilles droites:

- soit il s'agit de sujets de race British Shorthair ou dont le patrimoine génétique est à dominante British Shorthair.
- soit il s'agit de sujets d'autres races à oreilles droites (certains éleveurs ont déjà utilisé des Chartreux voire des Persans) ou de sujets à oreilles droites sans pedigree.

Dans tous les cas, avec ce seul mariage autorisé, l'éleveur n'obtiendra que cinquante pour cent de Scottish Fold avec pedigree officiel. En même temps, il obtiendra cinquante pour cent de chats à oreilles droites. Si le parent à oreilles droites utilisé est de race British Shorthair avec pedigree ou s'il est avec un patrimoine considéré comme à majorité British Shorthair (le LOOF considère qu'il doit y avoir au moins dix-huit ancêtres British sur trente ancêtres du parent en question), alors ces cinquante pour cent de chats à oreilles droites pourront obtenir un pedigree de race British Shorthair.

Dans le cas contraire, ces cinquante pour cent de chats à oreilles droites ne pourront obtenir aucun pedigree et seront considérés comme « chats de maison » (figure 3).

Parent **A**  
 Scottish Fold  
*Fd fd<sup>+</sup>*

X

Parent **B**  
 chats à oreilles droites  
*fd<sup>+</sup> fd<sup>+</sup>*



GENOTYPES	50% <i>Fd / fd<sup>+</sup></i>	50% <i>fd<sup>+</sup> / fd<sup>+</sup></i>	
PHENOTYPES	oreilles pliées	oreilles droites	
DÉNOMINATION FRANÇAISE	Scottish Fold	British Shorthair (a)	« chat de maison » (b)
PEDIGREE FRANÇAIS	oui	oui	non

(a) En France d'après le LOOF :

Si le parent **B** est un chat à pedigree de race British Shorthair  
 ou Si le parent **B** possède au moins dix-huit ancêtres British Shorthair parmi trente ancêtres

(b) Dans tout autre cas que ceux prévus en (a)

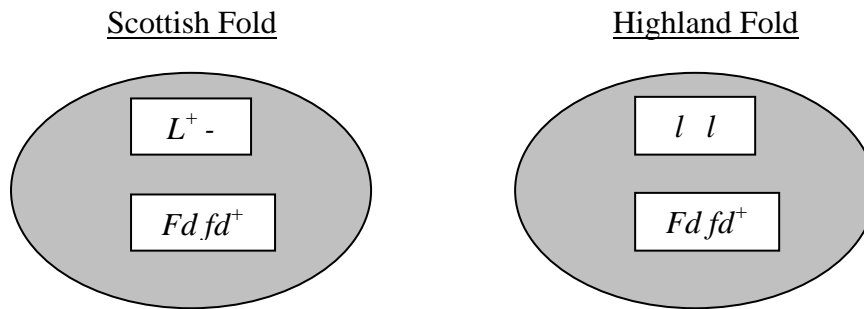
Figure 3 - Production des Scottish Fold et nomenclature officielle française des différents animaux obtenus (référence texte officiel du LOOF)

Il faut mentionner que, en dehors de la France, et dans la plupart des articles scientifiques relatifs au Scottish Fold, la totalité des cinquante pour cent de chats à oreilles droites obtenus sont dénommés « Scottish Straight » ou « Scottish Fold variant » ou « Scottish Shorthair » (Bossé, 2000).

En second point, le LOOF a souhaité reconnaître comme race à part entière les chats à oreilles pliées avec des poils longs. La dénomination officielle est Highland Fold.

Le Highland Fold dérive historiquement du Scottish Fold et on autorise sa production aussi bien à partir du British Longhair que du British Shorthair. De ce fait, Highland Fold et Scottish Fold ne diffèrent génétiquement qu'au seul locus *L* qui détermine la longueur des poils (figure 4).





|  $L$  locus «longueur des poils »  
 |  $Fd$  locus «folded ear»

Figure 4 - Génotypes partiels des Scottish Fold et Highland Fold

D'un point de vue purement génétique, compte tenu de l'historique de la création des Scottish et Highland Fold et du consensus actuel autour de l'utilisation exclusive des British Shorthair et Longhair comme supports d'accouplements de production, il aurait sans doute été plus clair :

1. de ne reconnaître qu'une seule et unique race British.
2. de considérer que cette race pouvait se décliner en quatre variétés, à savoir British à oreilles droites, poils courts ou longs, et British à oreilles pliées, poils courts ou longs.

Il apparaît que les habitudes et les stratégies de démarcation des éleveurs vis à vis du grand public ont constitué des réticences suffisantes qui ont orienté la prise de décision du LOOF sur ce sujet.

### II.C.2. Commentaires des standards du Scottish Fold et du Highland Fold

Le Scottish Fold possède un gène mutant autosomique dominant avec une expressivité variable (Dyte et Turner, 1969 et 1973). Ce gène lui confère la pliure vers l'avant des oreilles.

Le Scottish Fold et le Highland Fold, variété à poils longs de la race Scottish Fold, sont à l'heure actuelle reconnus par les grandes associations félines américaines et notamment la TICA (The International Cat Association) et la CFA (Cat Fanciers Association). Depuis le mois d'octobre 2001, le Livre des Origines Françaises a établi des standards pour ces races. Il est dans cette étude préférable d'insister sur les standards du LOOF puisque ce sont ceux qui semblent devoir être les modèles officiels pour les éleveurs français (standards du LOOF en annexe 3).

Scottish Fold et le Highland Fold  
la robe. L'aspect de la robe de  
ent à celle du British Shorthair

g  
fr  
L

est-il de la comparaison entre t

et général de ces deux chats e r  
ue la couleur et la texture .e  
morphologiques liées à l'expres c  
ment principalement les oreille s

es du Scottish Fold sont «  
es sont « petites et pliées vers  
r du crâne en évidence comm



Figure 5 - Forme g n r l

Enfin chez le Scottish Fold comme chez le British Shorthair, la queue doit avoir une forme « épaisse à la base et s'effilant jusqu'au bout arrondi ». Cependant, il est précisé pour le Scottish Fold que sa longueur ne « doit pas être plus courte que les deux tiers du corps et qu'elle doit être flexible (sans vertèbre soudée) ».

Ces précisions apportées à la description du standard du Scottish Fold sont à mettre en relation avec l'observation qui fut rapidement faite d'anomalies morphologiques chez certains chats Scottish Fold.

La couleur des yeux suit les mêmes contraintes que pour le British Shorthair.

### III. La pathologie spécifique des chats de race Scottish Fold

#### III.A. Les anomalies cliniques (Jackson, 1975 ; Malik et al, 1999 ; Mathews et al, 1995 ; Graeme S.Allan et al 2000)

Après la création du Scottish Fold et la réalisation des premiers croisements, des anomalies de gravité variable furent observées sur certains chats.

Les anomalies sont décelables soit rapidement après la naissance au cinquantième jour (Jackson, 1975), soit plus tardivement après quelques années (Mathews et al, 1995). Elles peuvent être frustes et évolutives ou se révéler plus graves d'emblée. L'animal peut être présenté pour de simples anomalies de la queue ou des membres sans symptôme locomoteur ou, à l'opposé pour des symptômes locomoteurs plus ou moins graves.

Certains chats montrent (Malik et al, 1999) une faiblesse locomotrice associée à une démarche mal assurée. La faiblesse peut exister isolément. Elle peut se manifester dès l'âge de trois semaines mais parfois n'être visible qu'à l'âge de six ans et donc beaucoup plus tardivement (Graeme S. Allan et al, 2000). Des difficultés ambulatoires d'apparition progressive sont également décrites.

Les signes cliniques peuvent être graves au point que le chat refuse de se déplacer ou de sauter. L'animal a parfois le dos voussé. Ses mouvements sont raides, saccadés voire exagérés comme s'il éprouvait de la gêne à se déplacer. Enfin, une boiterie d'apparition soudaine ou évoluant de manière plus chronique est parfois rapportée. Les mouvements de la queue peuvent être plus difficiles et moins vifs que chez un chat normal.

Ces anomalies peuvent se révéler particulièrement handicapantes pour les animaux qui, dans certains cas, doivent être euthanasiés tant les lésions sont graves.

A l'examen rapproché et à la palpation, les lésions sont décelées particulièrement sur l'extrémité des membres et elles sont souvent plus graves sur les membres pelviens. Les membres apparaissent plus courts avec des os du carpe, du tarse ou encore des doigts qui semblent petits. Une croissance anarchique des griffes est parfois rencontrée.

Ces modifications peuvent s'aggraver au point de donner des proliférations osseuses en regard du tarse principalement mais aussi en regard du carpe. Les différentes parties

anatomiques sont alors peu individualisables les unes des autres à la palpation. Ces lésions d'exostose peuvent alors se compliquer de lésions d'ankylose, de douleur et de modification de position des tendons et notamment du tendon fléchisseur superficiel dans le cas d'une atteinte du tarse et du calcaneum. Des lésions d'ulcérations cutanées ont été décrites en regard des lésions d'exostose dans les zones de contact.

La queue est parfois plus courte et plus épaisse surtout en région proximale. Enfin, certains chats présentent une raideur ou une rigidité de la queue pouvant conduire à l'impossibilité de flexion.

Ces anomalies sont parfois difficiles à repérer pour une personne peu expérimentée ou peu habituée à évaluer la mobilité et la souplesse de la queue du Scottish Fold. Les éleveurs sont parfois les plus aptes à détecter des modifications très subtiles dans la queue de leurs chats. Ils se basent plus sur la manipulation que sur l'aspect de la queue comme son épaisseur par exemple (Mathews et al, 1995).

### III.B. Les lésions radiographiques (Jackson, 1975 ; Malik et al, 1999 ; Mathews et al, 1995 ; Graeme S.Allan, 2000)

Tout comme les lésions cliniques, les anomalies radiographiques ont été décrites rapidement après la création des premiers Scottish Fold. Jackson fut le premier à les décrire en 1975. Elles ont été identifiées chez des chatons à partir de cinquante jours (Jackson, 1975 ; Malik et al, 1999) mais peuvent n'être visualisables que plusieurs années après la naissance. Ces anomalies multiples atteignent la queue et l'extrémité distale des membres (Jackson, 1975 ; Malik et al, 1999 ; Mathews et al, 1995 ; Graeme S.Allan, 2000).

#### III.B.1. De la queue

Les anomalies de la queue rencontrées à l'examen radiographique concernent généralement la morphologie des vertèbres coccygiennes. On peut observer des vertèbres coccygiennes de longueur diminuée par rapport à la normale et d'épaisseur augmentée. Elles sont généralement élargies en région épiphysaire et sont souvent plus larges que longues. Parfois s'ajoutent entre les vertèbres coccygiennes des pontages osseux, ce qui explique l'ankylose observée dans certains cas (Graeme S.Allan, 2000)

Ces anomalies sont fréquentes chez les chats Scottish Fold de génotype  $Fd/Fd$  et parfois rencontrées chez les sujets de génotype  $Fd/fd^+$ . Certaines de ces anomalies visibles à la radiographie peuvent être indétectables cliniquement (Mathews et al 1995).

#### III.B.2. Des membres

Ces anomalies sont situées en région distale sur les membres thoraciques et pelviens. Elles peuvent se traduire par des anomalies de taille ou de forme des os. Ces deux types de lésions peuvent être associés à des degrés divers. Les os métacarpiens ou métatarsiens

apparaissent plus courts et plus épais de même que les phalanges. Les plateaux épiphysaires sont élargis. Les métaphyses peuvent être déformées.

Ces anomalies s'accompagnent de lésions articulaires que l'on observe dans les articulations tarsiennes principalement, mais aussi carpiennes, métacarpo-phalangiennes, métatarso-phalangiennes et inter-phalangiennes.

Ces lésions sont proches et peuvent être décrites, à titre d'exemple, dans le tarse. A partir de l'âge de six mois, des exostoses peuvent être visibles. Ce sont des proliférations osseuses de densité élevée, de contour souvent lisse et régulier, formant une image de continuité avec l'os sous-jacent. D'abord visibles sur les métatarsiens, elles se prolongent ensuite vers le tarse. Ces proliférations peuvent aussi se développer aux sites d'insertions ligamentaires.

Les espaces articulaires sont eux-aussi anormaux. Ils deviennent beaucoup plus irréguliers. Ils finissent par ne plus être distincts et sont totalement masqués. Les os du tarse et des métatarsiens sont alors moins radiodenses, avec des aires où l'os apparaît ponctué comme s'il était rongé par les « mites ». Ces os semblent ostéopéniques. Ces remaniements osseux et articulaires très importants induisent l'apparition d'une ankylose.

### III.C.Les lésions histologiques

#### III.C.1.Rappels sur la physiologie et la croissance de l'os

L'os est une structure anatomique constituée d'un tissu osseux et d'un tissu cartilagineux dont les structures et la croissance sont différentes.

Nous décrivons ici principalement la structure et la croissance des os courts puisqu'ils correspondent aux os dans le carpe, le tarse, les doigts et les vertèbres. Les vertèbres sont des os courts pluri-épiphysaires (Barone R. 1986) alors que les os métacarpiens ou métatarsiens n'ont qu'une seule épiphyse.

#### III.C.1.a .Structure histologique d'un os court adulte

L'os court est composé essentiellement d'os spongieux. Sa structure est voisine de celle des épiphyses des os longs. L'ensemble est entouré d'une mince corticale de tissu osseux compact périostique à lamelles parallèles à la surface (Fontaine J.J, 1993) (figure 6).

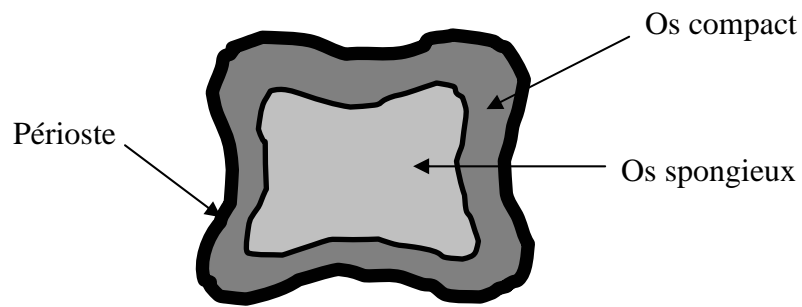


Figure 6 - Schéma d'un os court pluri-épiphytaire en coupe transversale (corps vertébral) (Fontaine J.J, 1993)

Le tissu osseux spongieux est composé de lamelles osseuses peu nombreuses anastomosées en travées. Elles délimitent des lacunes contenant de la moelle osseuse hématopoïétique et des vaisseaux sanguins (figure 7).

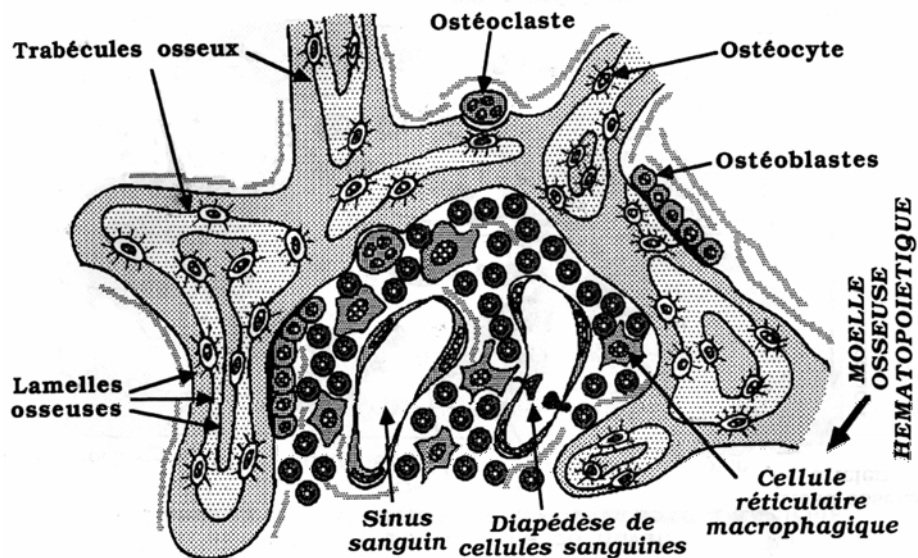


Figure 7 - Structure histologique du tissu osseux spongieux (Fontaine J.J, 1993)

Les ostéoplastes, logettes contenues dans la matrice osseuse, abritent les ostéocytes qui représentent les cellules matures du tissu osseux. Ces dernières sont issues de la transformation de cellules souches appelées ostéoblastes. Les ostéoclastes sont des cellules lysant la matrice osseuse où elles s'enfoncent.

### III. C. 1. b. Croissance osseuse d'un os court

Les os courts se comportent différemment des os longs pour leur croissance car l'orientation des cellules en division est radiaire avec une disposition par groupes isogéniques radiaux ou coronaire (Barone, 1986) (figure 8).

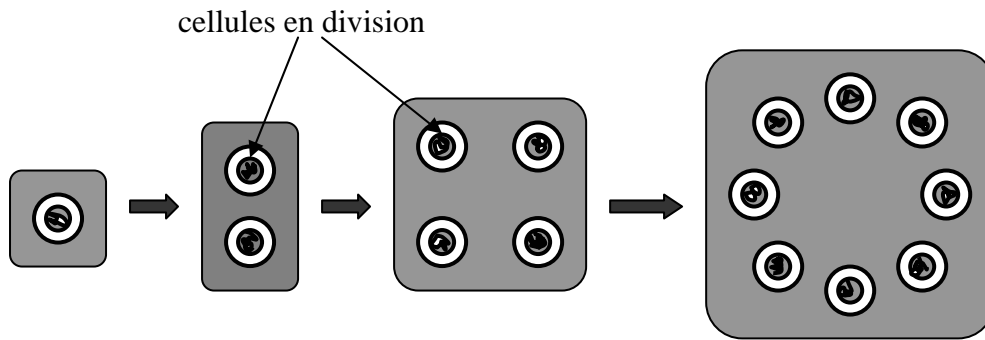


Figure 8 - Développement radiaire par groupes isogéniques radiaux dans un os court (Fontaine J.J, 1993)

La formation du tissu osseux comprend quatre étapes :

1. l'ossification endoconjonctive
2. l'ossification endochondrale
3. l'ossification primaire
4. l'ossification secondaire

L'ossification endoconjonctive correspond à la phase de différenciation des ostéoblastes à partir de cellules mésenchymateuses indifférenciées. Ils élaborent une première plage de tissu osseux à côté de laquelle se disposent d'autres ostéoblastes en plage. Par apposition, le tissu osseux remplace le modèle conjonctif.

L'ossification endochondrale ou enchondrale se fait à partir d'un modèle cartilagineux. Ce phénomène assure la croissance des cartilages de conjugaison. Dans un os court jeune, le tissu spongieux est entouré d'un cartilage d'accroissement nécessaire à la croissance de la pièce osseuse (figure 9).

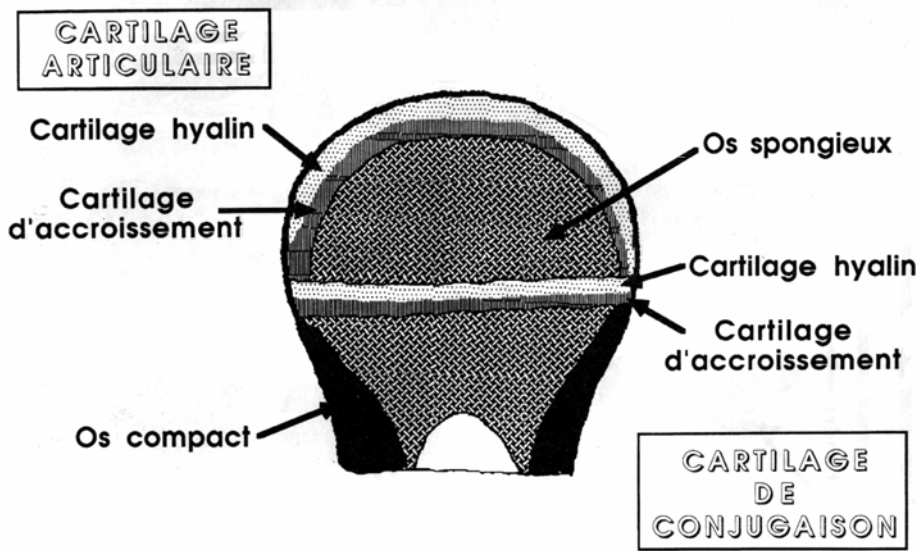


Figure 9 - Schématisation des zones d'accroissement des cartilages sur un os métacarpien mono-épiphysaire (Fontaine J.J, 1993)

Dans la croissance des cartilages de conjugaison, l'ossification enchondrale suit plusieurs étapes (figure 10).

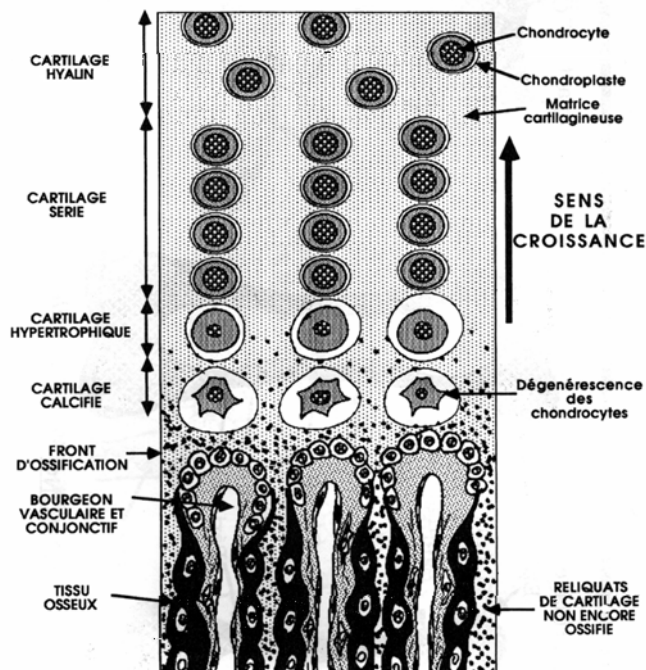


Figure 10 - Croissance d'un os court mono-épiphysaire par le cartilage de conjugaison (Fontaine J.J. 1993)



- les chondrocytes (cellules cartilagineuses élaborant la substance fondamentale et les fibres de la matrice cartilagineuse) deviennent très hypertrophiques.
- les chondroplastes (lacunes de la matrice contenant les chondrocytes) grandissent et la matrice cartilagineuse se calcifie.
- Les chondrocytes, issus de cellules souches appelés chondroblastes, disparaissent et les chondroplastes confluent. Des bourgeons capillaires pénètrent dans les chondroplastes et transportent avec eux des cellules indifférenciées, destinées à devenir des ostéoblastes ou des cellules hématopoïétiques. Les ostéoblastes élaborent la matrice osseuse au contact des travées de cartilage calcifié. Le tissu osseux remplace alors le tissu cartilagineux initial.

Les étapes ultimes de la croissance osseuse de l'os court sont l'ossification primaire aboutissant à la constitution d'un tissu osseux primitif ou immature, non lamellaire, (dans la matrice osseuse les fibres de collagène ont une orientation anarchique) et l'ossification secondaire aboutissant à la formation d'un tissu osseux spongieux principalement.

Les lésions observées chez les Scottish Fold se produisent lors de la croissance de l'individu et ont lieu principalement lors de la phase d'ossification endochondrale.

### III.C.2. Les lésions histologiques décrites chez le Scottish Fold

Les lésions histologiques ont été décrites dès 1975 par Jackson en même temps que les découvertes cliniques et radiographiques des anomalies rencontrées chez les Scottish Fold.

Observées chez les chatons, elles se situent au niveau des cartilages épiphysaires en regard des plaques de croissance (ou cartilage d'accroissement) et sur les métaphyses adjacentes.

Une modification sévère de l'ossification endochondrale est présente. Sur les plaques de croissance, la prolifération des chondroblastes est désorganisée et les groupes de cellules sont disposés au hasard. Les plateaux des épiphyses sont le siège d'une minéralisation irrégulière, d'un modelage défectueux et d'un défaut de l'ossification (Jackson, 1975). L'anomalie ainsi décrite est considérée par Jackson comme une « ostéodystrophie ».

Par la suite, des lésions histologiques plus avancées sont décrites par Malik et al en 1999 et par Mathews et al en 1995. D'après Malik et al (1999), les lésions rencontrées sur les phalanges, les métatarsiens ou encore les métacarpiens sont toutes identiques. Elles correspondent à des anomalies des cartilages articulaires où le cartilage hyalin s'épaissit à certains endroits. Du cartilage nécrotique est parfois associé. Dans les sites où le cartilage articulaire s'épaissit, les chondrocytes ont une croissance qui va des marges vers le centre du cartilage articulaire. Ainsi dans les zones où le cartilage est épaissi, le cartilage articulaire n'est pas correctement résorbé. De grandes plages de cartilage hyalin sont visibles et s'étendent depuis le cartilage articulaire jusque dans l'os épiphysaire. Le remodelage de l'os

primaire semble tardif et confirme donc un défaut de maturation. Des cas de synovite chronique sont décrits et sont associés à une transformation fibrillaire du cartilage articulaire.

Des lésions d'exostose, décrites chez le Scottish Fold, peuvent poursuivre leur croissance par ossification endochondrale. Cette dernière est perturbée puisque les chondroblastes ont un développement anormal. Ils se placent dans les sites où les cellules sont déjà mal ordonnées. Dans un cas, Mathews et al (1995) rapportent que la croissance endochondrale débute dans un centre d'ossification secondaire et que l'intervention du cartilage de croissance ne peut être exclue. L'apparence histologique des exostoses est celle d'un assemblage d'os mature et d'os lamellaire. Parfois, elles contiennent du tissu fibreux et les muscles adjacents sont atrophiés.

En conclusion, il apparaît que les chondrocytes ont une maturation déficiente ce qui explique une ostéogénèse endochondrale incorrecte. Cette anomalie liée à la race Scottish Fold est appelée « ostéochondrodysplasie » par les auteurs.

Ainsi suivant les auteurs, les noms donnés à la pathologie osseuse du Scottish Fold sont différents. En 1975, Jackson a nommé cette anomalie « ostéodystrophie ». Ce terme correct mais trop général est imprécis puisqu'il exprime la présence d'une anomalie de formation osseuse mais n'en précise ni l'origine ni les mécanismes.

Plus tard, Mathews et al (1995), Malik et al (1999), ainsi que Graeme S. Allan et al (2000) ont précisé le nom de cette pathologie en la nommant « ostéochondrodysplasie ». Cette appellation semble la plus adaptée puisqu'elle désigne une anomalie osseuse ayant pour origine des troubles de l'ossification endochondrale. C'est le terme que nous retiendrons par la suite pour caractériser l'anomalie osseuse rencontrée chez les individus portant la mutation *folded ear*.

Quels que soient les auteurs, les lésions décrites sont donc semblables et relativement constantes.

### III.D. La conduite thérapeutique et le pronostic des affections osseuses du Scottish Fold

Les lésions osseuses rencontrées chez le Scottish Fold provoquent des signes cliniques dont l'intensité varie en fonction des individus et de leur âge. Peu de traitements ont été rapportés pour tenter d'améliorer le confort de vie de ces chats Scottish Fold voire de faire régresser les lésions ou leurs effets fonctionnels. Quelques essais de traitements médicaux ont été pratiqués et il a été décrit un cas de chat ayant reçu un traitement chirurgical.

#### III.D.1. Les traitements médicaux

Malik et al (1999) présentent trois cas de Scottish Fold présentant à des degrés divers des signes locomoteurs.

Les trois chats ont reçu un chondroprotecteur, le Pentosan Polysulfate, à la dose de 3mg/kg par voie sous-cutanée, une fois par semaine pendant quatre semaines. Ce traitement a permis une discrète amélioration des signes cliniques dans deux cas sur trois où la boiterie occasionnée pour le chat a notablement régressé. Dans le dernier cas, le traitement s'est révélé sans effet. Dans un des cas répondant au Pentosan Polysulfate, un traitement complémentaire à base d'un complexe de glycosaminoglycanes (Cartiflex Pharmedica ND) a été tenté à la dose de 2g/jour per os pendant trente jours. Il en est résulté une disparition de la gêne occasionnée chez l'animal. A noter qu'en France, la forme injectable du Pentosan Polysulfate n'est pas disponible.

Le Docteur Michèle Fradin exerce à la clinique du chat à Paris et rapporte une expérience de traitement de Scottish Fold présentant ces lésions. Elle utilise aussi des glycosaminoglycanes (Kinérol ND, Virbac animaux de compagnie) pendant deux mois. Il faut préciser que cette molécule est utilisée hors autorisation de mise sur le marché (AMM) chez le chat. En cas de douleur très marquée, elle préconise l'utilisation d'un anti-inflammatoire non stéroïdien à savoir l'acide niflumique (Félalgy ND) à la dose de 5 à 10 mg par animal pendant dix jours en association avec les glycosaminoglycanes. Ces traitements montrent, d'après elle, des résultats satisfaisants en réduisant la boiterie et les difficultés locomotrices et en améliorant ainsi de façon notable le confort de vie de ces chats. Pour l'utilisation des glycosaminoglycanes, le docteur Fradin estime qu'une spécialité associant la glycosamine avec la chondroïtine sulfate (Cosequin DS ND, commercialisé par le laboratoire vétérinaire Vétoquinol) seraient très intéressante mais ce médicament conditionné sous la forme de gélules n'est pas facile à administrer au chat malgré l'existence d'une AMM pour l'espèce féline.

### III.D.2. Un essai de traitement chirurgical

Chez un chat Scottish Fold présentant des signes cliniques d'une gravité extrême et des lésions d'exostose très volumineuses, Mathews et al (1995) décrivent la mise en place d'une arthrodèse de chacun des tarse avec curetage des exostoses. La récupération à quarante-huit semaines est bonne. Ce traitement est cependant lourd et onéreux et induit une fusion de l'articulation et un certain nombre de risques chirurgicaux bien décrits par ailleurs.

### III.D.3. Le pronostic

Le pronostic de ces affections chez les Scottish Fold doit rester très réservé car les traitements ne sont que palliatifs. Leur objectif est de diminuer la douleur et éventuellement de limiter l'évolution des lésions. Ils ne sont pas toujours couronnés de succès surtout dans les cas très sévères lorsque les lésions sont déjà très avancées.

### III.E. La pathologie osseuse et les génotypes des chats Scottish Fold

Aujourd'hui, différentes hypothèses sont avancées et proposées pour expliquer quels sont les chats de race Scottish Fold atteints par les lésions d'ostéochondrodysplasie.

Tout le monde s'accorde à dire que la présence et l'expression du gène « *Fd* » chez un chat entraîne la pliure des oreilles certes mais peut parfois engendrer des anomalies osseuses graves. Pourtant, le désaccord s'installe lorsqu'il faut établir si les sujets atteints sont uniquement des homozygotes *Fd/Fd* ou sont en majorité homozygotes mais peuvent parfois être des chats Scottish Fold hétérozygotes *Fd/fd*<sup>+</sup>.

La théorie la plus ancienne est celle de Jackson en 1975 qui estime que seuls les chats homozygotes pour le gène *folded ear* développent des anomalies osseuses. Pour en arriver à cette conclusion, il a effectué différents croisements entre des chats Scottish Fold sains, des chats Scottish Fold malades et des Scottish Fold sains et enfin des chats Scottish Fold malades et des chats à oreilles droites.

Par la suite, cette interprétation est remise en question et d'autres auteurs envisagent actuellement que les lésions d'ostéochondrodysplasie puissent survenir sur des individus hétérozygotes pour le gène *folded ear*.

Ainsi en 1995, Mathews et al rapporte le cas d'un Scottish Fold avec des lésions osseuses très graves et dont le père a les oreilles droites. Ce chat Scottish Fold serait donc un individu hétérozygote pour le gène *folded ear*. Il serait le premier individu *Fd/fd*<sup>+</sup> décrit possédant des anomalies osseuses.

Il n'est cependant pas possible d'affirmer que ce chat ait été hétérozygote pour le gène *folded ear* car l'éleveur a pu attribuer la paternité du chaton à un mâle à oreilles droites alors qu'en fait le véritable père aurait eu les oreilles pliées. Ceci peut se produire dans certains élevages où la surveillance est difficile. Par ailleurs, le père à oreilles droites pourrait être en réalité un individu hétérozygote *Fd/fd*<sup>+</sup> dont les oreilles se seraient redressées après quelques semaines de vie, ce phénomène étant décrit par quelques éleveurs d'après Maggitti (1993) cité par Mathews et al (1995) et Malik et al (1999). De ce fait un individu de ce type, marié à autre chat Fold peut donner naissance à des chatons malades homozygotes *Fd/Fd*. Puisque le chat décrit par Mathews était déjà castré, l'étude de son génotype par l'examen de ses produits n'a pas pu être mise en place.

En 1999, une équipe australienne (Malik et al, 1999) montre que des sujets Scottish Fold hétérozygotes *Fd/fd*<sup>+</sup> peuvent développer des anomalies osseuses comparables à celles des chats homozygotes. Cette affirmation s'appuie sur une étude rétrospective de six cas de chats Scottish Fold présentés avec des lésions osseuses.

Les six sujets hétérozygotes *Fd/fd*<sup>+</sup> ont développé des ostéodystrophies. Elles étaient déjà décelables par un examen radiographique sur certains des animaux âgés de moins d'un an. Les auteurs font alors l'hypoth

peuvent se redresser après quelques semaines. Ceci sous-entend que le gène a alors une pénétrance incomplète. Ces chats sont donc des Scottish Fold mais peuvent être pris tardivement pour des « Scottish Straight ». Ces individus ont très bien pu être mariés avec des Scottish Fold et donner des homozygotes malades ce qui ramène à la première hypothèse de Jackson.

Par ailleurs, les Scottish Fold de l'étude de Malik et al sont tous australiens. Or ces chats ont souvent un niveau élevé de consanguinité. On peut alors penser que les lésions osseuses décrites chez les Scottish Fold hétérozygotes en Australie résulteraient de l'accumulation de polygènes délétères qui aggraveraient le phénotype induit par la copie mutante du gène *Fd*.

En prenant en compte ces arguments, on peut considérer que Malik et al (1999) n'ont pas démontré de façon certaine que tous les Scottish Fold même hétérozygotes présentent des ostéodystrophies. Si par contre Malik et al ont raison, il convient d'expliquer pourquoi en 1975 dans l'étude de Jackson, seuls les sujets homozygotes sont affectés. Une hypothèse séduisante serait celle des « maladies génétiques héréditaires par anticipation » (Bossé, 2000). Une douzaine de maladies sont répertoriées chez l'homme, dont la maladie de Steinert, la chorée de Huntington, le syndrome de l'X fragile (Bernot, 1996 ; Feingold et coll, 1998). Dans ces maladies, il existe chez certains sujets des séquences répétées instables placées à l'intérieur du gène. Du fait de leur instabilité, ces séquences s'amplifient au fur et à mesure qu'elles passent de génération en génération. Il en résulte que le gène coupé par la séquence répétée fonctionne de moins en moins normalement. Sur le plan phénotypique, on observe que les symptômes induits par l'inactivation du gène touché sont de plus en plus graves et précoces dans les générations qui se succèdent. Cette hypothèse serait séduisante pour le gène *Fd* mais elle n'est pas démontrée.

#### IV. Problématique actuelle de la race Scottish Fold

Nous constatons que, dans la race Scottish Fold, les scientifiques, les éleveurs ainsi que le LOOF reconnaissent qu'il existe un risque de malformations ostéo-articulaires due à une ostéochondrodysplasie touchant en particulier la partie distale des membres et de la queue.

Le risque de lésions graves sur les chats homozygotes pour le gène *folded ear (Fd)* est aussi reconnu et les croisements pouvant donner des chats de ce génotype sont de ce fait interdits en France.

Reste la question de l'existence et de la gravité des lésions chez les animaux hétérozygotes.

Les avis recueillis dans la littérature diffèrent mais la question du risque encouru à poursuivre le développement de la race Scottish Fold est posée.

Notre étude a pour but de dresser un bilan des élevages français de chats de race Scottish Fold. Elle est fondée sur une étude parallèle des pedigrees et des radiographies de chats Scottish Fold et des sujets apparentés.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE PERSONNELLE



## DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE

### PREMIER CHAPITRE : MATERIEL ET METHODE

#### I. Les animaux

##### I.A. Les types génétiques étudiés

###### I.A.1. Le British Shorthair

Dans cette étude, le British Shorthair a été choisi comme race de référence pour apprécier et quantifier les éventuelles anomalies osseuses décrites dans la race Scottish Fold.

Ce choix repose sur deux considérations :

1. A ce jour, aucune référence scientifique ne décrit d'anomalie osseuse héréditaire chez les British Shorthair. Sur ce plan, cette race est considérée comme « saine ».
2. le British Shorthair a été utilisé comme support de croisement pour créer puis développer la race Scottish Fold (B. Soriano, 1997; V. Bellon, 1998). Encore actuellement, cette race est largement présente dans les pedigrees de Scottish Fold et même, en France, les chats de race British Shorthair ou Longhair sont les seuls autorisés par le LOOF pour effectuer des mariages avec les sujets Scottish ou Highland Fold. En conséquence, la morphologie des Scottish et Highland Fold est très proche de celle des British Shorthair. Il est donc logique, si l'on veut quantifier d'éventuelles modifications induites par le gène *folded ear* sur la forme ou les dimensions de os, de prendre comme référence le squelette des animaux de race British, très proche génétiquement des Scottish Fold, en dehors du locus *Fd*.

###### I.A.2. Le Scottish Fold

Deux catégories de chats Scottish Fold ont été incluses dans l'étude.

Tout d'abord, des Scottish Fold dont l'une des branches d'ascendants est constituée exclusivement de British. Ces chats sont hétérozygotes pour le gène *Fd* et le reste du génotype comporte au minimum 50% de gènes British Shorthair. Cette catégorie doit permettre d'apprécier l'effet d'un allèle *Fd* dans un génotype préconisé par le LOOF. Nous les nommerons « Scottish Fold de catégorie 1 » par la suite.

Ensuite des Scottish Fold dont les deux branches d'ascendants comportent des Scottish Fold. Ces chats sont soit hétérozygotes soit potentiellement homozygotes pour le gène *Fd* selon qu'un seul ou les deux parents ont un phénotype « *folded ear* ». Pour le reste du



génotype, par rapport à la catégorie précédente, ces chats ont probablement une fréquence accrue de gènes provenant de la population Scottish Fold. Cette catégorie doit permettre d'observer, éventuellement, l'effet de polygènes modificateurs « aggravant » le phénotype « *folded ear* » en terme de risques de troubles ostéo-articulaires en présence d'au moins un allèle *Fd*. Ces polygènes délétères ont en effet pu s'accumuler par l'effet de la sélection au sein de la race Scottish Fold voire par l'effet d'une certaine consanguinité. Nous dénommerons ces animaux « Scottish Fold de catégorie 2 » par la suite.

### I.A.3. Le « Scottish Straight »

Les chats de cette catégorie inclus dans l'étude sont issus de mariages entre Scottish Fold hétérozygotes et British Shorthair à ascendance British. Ces « Scottish Straight » sont donc homozygotes sauvages au locus « *folded ear* ». Par contre le reste du génotype est comparable à celui de la première catégorie de Scottish Fold décrite précédemment (figure 11).

Ces « Scottish Straight » doivent permettre d'apprécier l'existence ou non d'effets délétères ostéo-articulaires d'éventuels polygènes modificateurs apportés par les Scottish Fold, en dehors de la présence d'un allèle *Fd*.

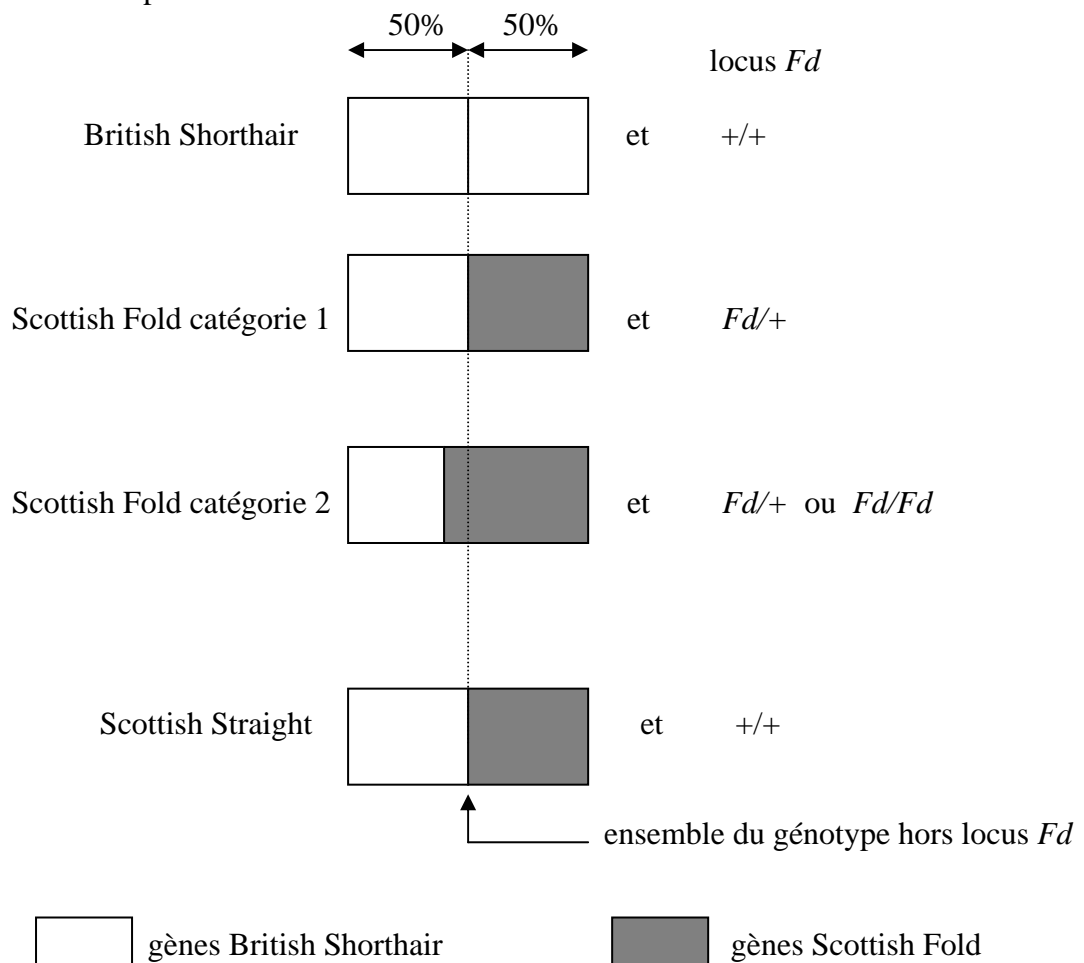


Figure 11 - Représentation schématisée du génotype des chats inclus dans l'étude

## I.B. L'âge et le sexe des animaux

Pour entrer dans notre protocole, les animaux devaient avoir plus d'un an. A cet âge, la croissance des chats est supposée achevée et les lésions osseuses, si elles existent, sont plus probablement décelables radiologiquement.

Le sexe des chats n'a pas été pris en compte car le gène *Fd* est autosomique. Nous avons donc accepté, au même titre, mâles et femelles.

## II. Protocole d'étude

### II.A. Recrutement des animaux

Les coordonnées d'éleveurs des races de chats que nous recherchions ou de particuliers en possédant ont été trouvées par la clinique de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, lors d'expositions félines, dans des magazines destinés aux professionnels du chat et grâce à Madame Donsimoni, éleveuse de British Shorthair et de Scottish Fold et présidente fondatrice de ces clubs de race. La confidentialité concernant l'origine des chats retenus dans cette étude a été garantie dans tous les cas de figure.

### II.B. Recueil des données

1. Pour chaque chat choisi, nous avons relevé la race, l'âge, le sexe et le pedigree.
2. Les chats retenus ont été, pour la plupart, examinés par nous à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Quelques-uns trop éloignés géographiquement ont été examinés par le vétérinaire traitant. Un examen clinique minutieux et systématique a recherché tout particulièrement des difficultés locomotrices, des boiteries, des mouvements anormaux de la queue et/ou des déformations de l'extrémité des membres. Certaines anomalies discrètes, de mobilité par exemple, peuvent être rapportées par les propriétaires et ne pas être observées au moment de l'examen clinique.

Au terme de l'entretien et de l'examen clinique, les chats ont été alors classés en deux groupes :

- les chats ne présentant aucune anomalie ostéo-articulaire clinique
  - les chats présentant des anomalies ostéo-articulaires cliniques.
3. Pour chaque chat vigile, cinq radiographies ont ensuite été effectuées et identifiées : une incidence dorso-palmaire de l'ensemble carpe et métacarpe gauche et droit, une incidence dorso-plantaire de l'ensemble tarse et métatarse gauche et droit et enfin une incidence latéro-latérale de l'ensemble bassin et queue. Les constantes

radiographiques ont été adaptées à la taille des chats radiographiés de sorte que les images obtenues soient de qualité correcte.

## II.C. Traitement des données

### II.C1. Les pedigrees

Pour chaque chat ont été relevés dans un tableau les ascendants, des parents aux arrières-grands-parents, en précisant dans la mesure du possible la race, le sexe et la couleur de chacun des chats de la généalogie.

### II.C.2. Les radiographies

Les radiographies de tous les chats ont été regroupées par région examinée (carpe gauche, carpe droit, articulation métacarpo-phalangienne gauche, articulation métacarpo-phalangienne droite, tarse gauche, tarse droit, articulation métatarso-phalangienne gauche, articulation métatarso-phalangienne droite, vertèbres coccygiennes).

L'identifiant a été masqué sur chacun des clichés afin que leur examen soit effectué en « aveugle ».

Deux radiologues de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort ont examiné et noté indépendamment l'ensemble des clichés : le Professeur Dominique Begon et le docteur Delphine Rault.

Pour chaque région étudiée, les radiologues ont noté :

- la présence ou l'absence de lésions osseuses (noté respectivement 0 ou 1)
- en présence de lésions osseuses, celles-ci sont classées subjectivement en lésions mineures (noté #), modérées (noté ##), graves (noté ###) et très graves (noté ####).

Pour établir ces cinq classes, le choix a été fait parmi chacun des cinq groupes de radiographies, d'une image considérée comme normale (0) et d'une autre considérée comme très gravement anormale (####). Les trois classes intermédiaires #, ##, ###, ont ensuite été formées de manière subjective entre ces deux extrêmes.

En cas de désaccord entre les deux radiologues sur une lecture, les radiographies correspondantes ont été reprises pour être examinées de nouveau jusqu'à obtention d'un consensus.

## DEUXIEME CHAPITRE : RESULTATS DE L'ETUDE PERSONNELLE

### I. Types génétiques et âge des animaux

Les résultats bruts sont présentés dans le tableau I.

IDENTIFICATION	RACE	SEXE	AGE	SYMPTÔMES CLINIQUES OSTEO-ARTICULAIRES
A	BRITISH SHORTHAIR	mâle	4ans et 3mois	NON
B	BRITISH SHORTHAIR	femelle	8ans et 3mois	NON
C	BRITISH SHORTHAIR	femelle	14mois	NON
D	BRITISH SHORTHAIR	mâle	14mois	NON
E	BRITISH SHORTHAIR	mâle	15mois	NON
F	BRITISH SHORTHAIR	femelle	3ans et 2mois	NON
G	BRITISH SHORTHAIR	femelle	8ans et 7mois	NON
H	SCOTTISH FOLD	femelle	4ans et 1mois	NON
I	SCOTTISH FOLD	mâle	2ans et 5mois	NON
J	SCOTTISH FOLD	femelle	4ans et 5mois	NON
K	SCOTTISH FOLD	mâle	2ans et 2mois	NON
L	SCOTTISH FOLD	mâle	3ans et 11mois	NON
M	SCOTTISH FOLD	femelle	20mois	NON
N	SCOTTISH FOLD	femelle	2ans et 11 mois	NON
O	SCOTTISH FOLD	mâle	19mois	NON
P	SCOTTISH FOLD	mâle	3ans et 7mois	NON
Q	SCOTTISH FOLD	femelle	12mois	NON
R	HIGHLAND FOLD	mâle	2ans et 7mois	NON
S	SCOTTISH FOLD	mâle	6ans et 6mois	NON
T	SCOTTISH FOLD	femelle	12mois	NON
U	SCOTTISH FOLD	femelle	7 puis 21mois	OUI
V	SCOTTISH FOLD	femelle	2ans et 8mois	OUI
W	SCOTTISH FOLD	mâle	2ans et 6mois	OUI
X	SCOTTISH STRAIGHT	mâle	4ans et 5mois	NON
Y	HIGHLAND STRAIGHT	femelle	2ans et 3mois	NON
Z	SCOTTISH STRAIGHT	femelle	2ans et 11mois	NON
A'	SCOTTISH STRAIGHT	mâle	12mois	NON

Tableau I - Race, sexe, âge et symptômes ostéo-articulaires des chats étudiés

- Nous avons étudiés vingt-sept chats (tableau I) :
  - sept chats British Shorthair dont trois mâles et quatre femelles
  - seize chats Scottish ou Highland Fold répartis en huit mâles et huit femelles
  - quatre chats « Scottish ou Highland Straight » répartis en deux mâles et deux femelles.

- L'âge des chats est compris entre douze mois et huit ans et sept mois.

## II. Informations apportées par les pedigrees

Les pedigrees sont présentés de manière simplifiée et en respectant l'anonymat en annexe 4 (pages 68 à 81). Ils portent sur trois générations d'ascendants.

Sept pedigrees de British Shorthair ont été étudiés. Seuls les chats A et B n'ont que des ascendants British Shorthair. Quatre chats ont une ascendance plus ou moins diversifiée avec apport de gènes venant de chats à oreilles droites : Chartreux, Persans ou Européens. La chatte C quant à elle a une infusion de gènes provenant de la race Scottish Fold en amont des grands-parents.

Quatre « Scottish ou Highland Straight » ont été étudiés. Ces quatre chats ont une ascendance exempte de chats « *folded ear* » du côté maternel. Ils ont tous, à chaque génération, au moins un ancêtre à oreilles pliées. Signalons que les chats X et Z étaient classés comme « British Shorthair » dans leur pedigree d'origine. Ceci est peut-être justifié dans la nouvelle nomenclature du LOOF, mais selon nos choix de nomenclature pour l'étude personnelle, il est clair que ce sont bien des « Scottish Straight ».

Seize chats Scottish ou Highland Fold ont été étudiés. Parmi ces chats, douze peuvent être considérés comme étant de catégorie 1 avec cependant une réserve pour les chats J et T dont les pedigrees sont incomplets. Quatre chats sont à classer en catégorie 2.

Tous ces chats sont vraisemblablement hétérozygotes au locus « *folded ear* ». Il existe une exception pour le chat U qui est issu du mariage de deux Scottish Fold : cet animal peut être de génotype  $Fd/fd^+$  ou  $Fd/Fd$ . L'incertitude n'a pas pu être levée pendant cette étude.

Certains des chats étudiés ont des liens de parenté assez proches :

- les chats N et Z sont issus de la même portée.
- les parents du chat Y sont les grands-parents paternels du ch

- le chat V a un tarse droit déformé et une queue courte, raide et peu mobile. Il n'y a pas de boiterie majeure mais une gêne dans certains déplacements.
- le chat W a des torses déformés, une queue courte, peu mobile et raide. La démarche est mal assurée et le chat boite de temps en temps.

#### IV. Résultats des examens radiographiques

##### IV.A. Répartition des anomalies

Les sept chats British Shorthair ne présentent aucune anomalie ostéo-articulaire sur les clichés radiographiques des membres, du bassin et de la queue (annexe 5).

Les quatre chats « Scottish ou Highland Straight » ne présentent aucune anomalie ostéo-articulaire sur les clichés radiographiques (annexe 6).

Les treize chats Scottish ou Highland Fold sans anomalie clinique montrent tous une ou plusieurs lésions radiographiques ostéo-articulaires de gravité diverse (annexe 7).

La répartition des sites lésionnels est présentée sur la figure 12. Les torses sont plus régulièrement touchés que les autres sites.

Figure 12 - Répartition des sites lésionnels osseux chez treize chats Scottish Fold sans anomalie clinique

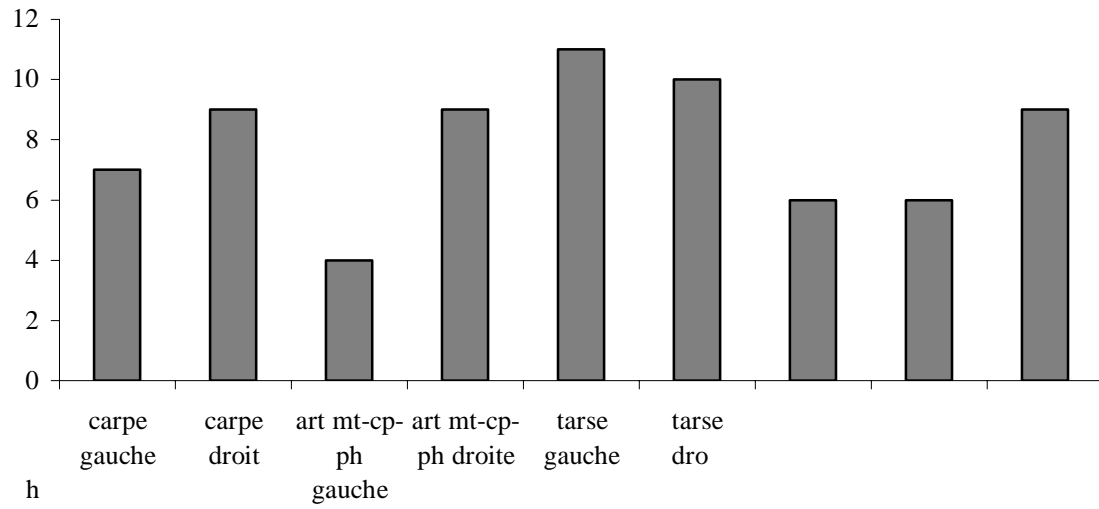
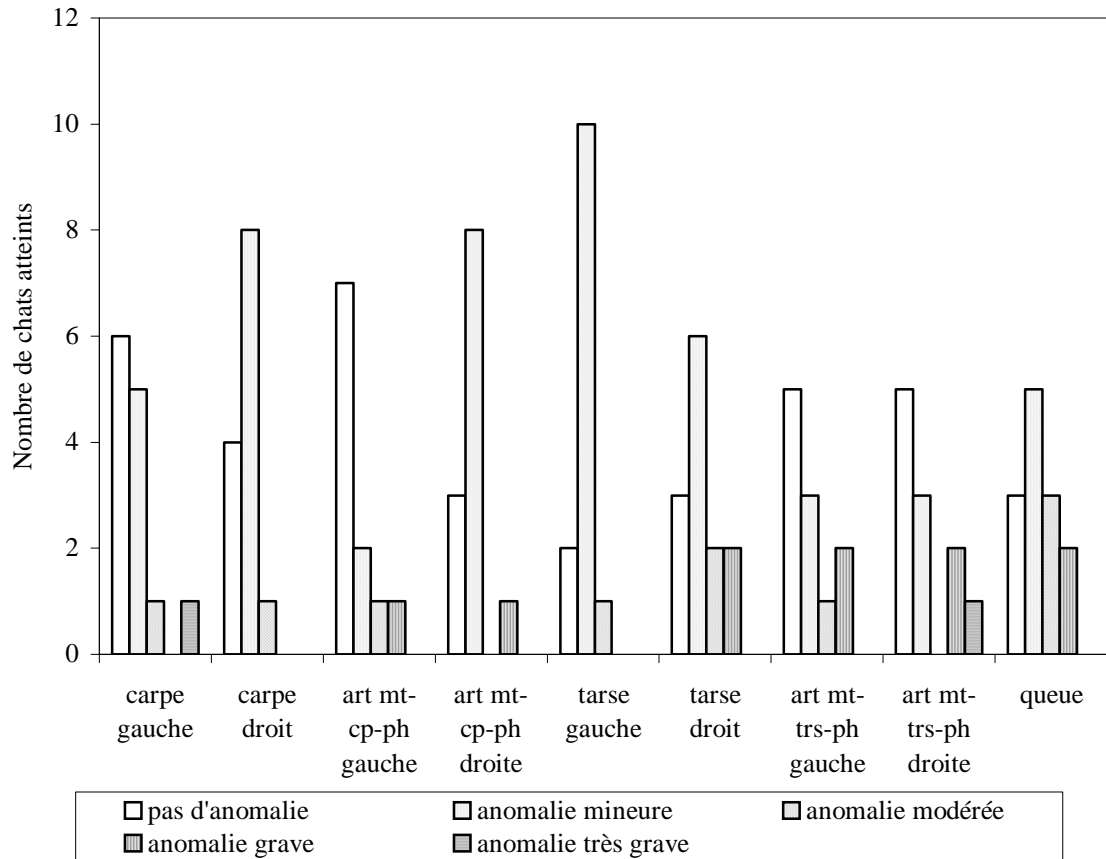


Figure 13 - Répartition des stades lésionnels chez treize chats Scottish Fold sans anomalie clinique



mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne

mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

Les anomalies osseuses sont majoritairement qualifiées de mineures voire modérées sur les membres et la queue.

Quelques anomalies graves sont présentes sur les membres pelviens. Une anomalie très grave est notée sur un carpe gauche ainsi que sur un métatarsien droit.

Aucune anomalie très grave de la queue n'a été notée.

Les trois chats Scottish Fold avec des symptômes cliniques présentent tous des lésions cliniques dont la gravité est importante puisqu'elles sont souvent graves ou très graves sur les membres pelviens et sur la queue (annexe 8).



## IV.B. Aspect des lésions ostéo-articulaires observées

### IV.B.1. Anomalies de la queue

Les images radiographiques normale et lésionnelles de la queue sont présentées dans les figures 14 à 18.

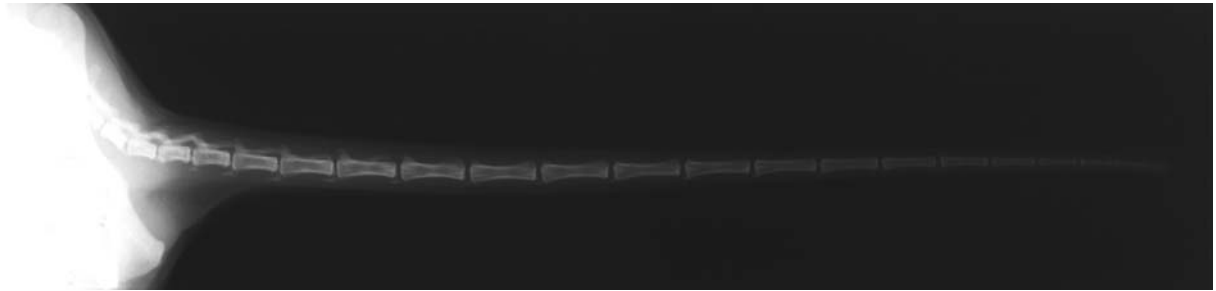


Figure 14 - Image radiographique normale de la queue; chat Y, « Highland Straight », 2 ans et 3 mois.



Figure 15 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies mineures; chat H, Scottish Fold, 4 ans et 1 mois.

- les vertèbres proximales sont plus courtes.  
Pour certaines vertèbres, il existe un début d'élargissement de la région épiphysaire crânialement et caudalement avec une forme discoïde de l'espace intervertébral.

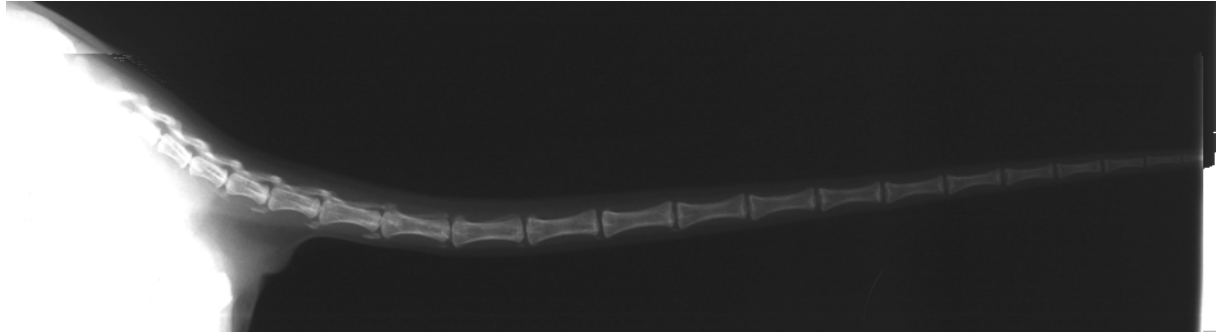


Figure 16 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies modérées; chat J, Scottish Fold, 4 ans et 5 mois.

- les vertèbres sont plus courtes.
- un aspect concave de la tête et de la fosse de chaque vertèbre est présent avec une forme discoïde et un élargissement de l'espace intervertébral.

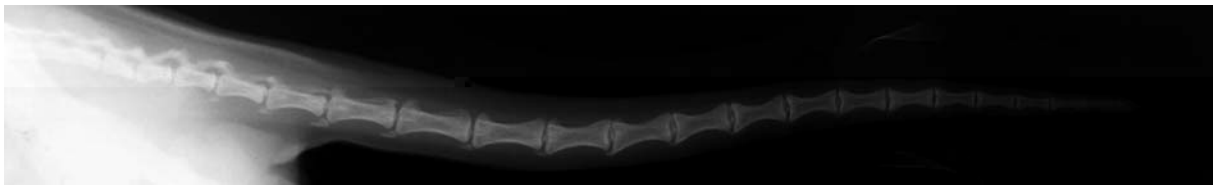


Figure 17 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies graves; chat V, Scottish Fold, 2 ans et 8 mois.

- raccourcissement des vertèbres coccygiennes surtout dans la partie terminale de la queue (seconde moitié).
- il existe un aplatissement dorso-ventral des vertèbres coccygiennes en partie centrale. Un élargissement important des épiphyses est noté associé à une diminution de taille de l'espace intervertébral avec une forme discoïde de cet espace.

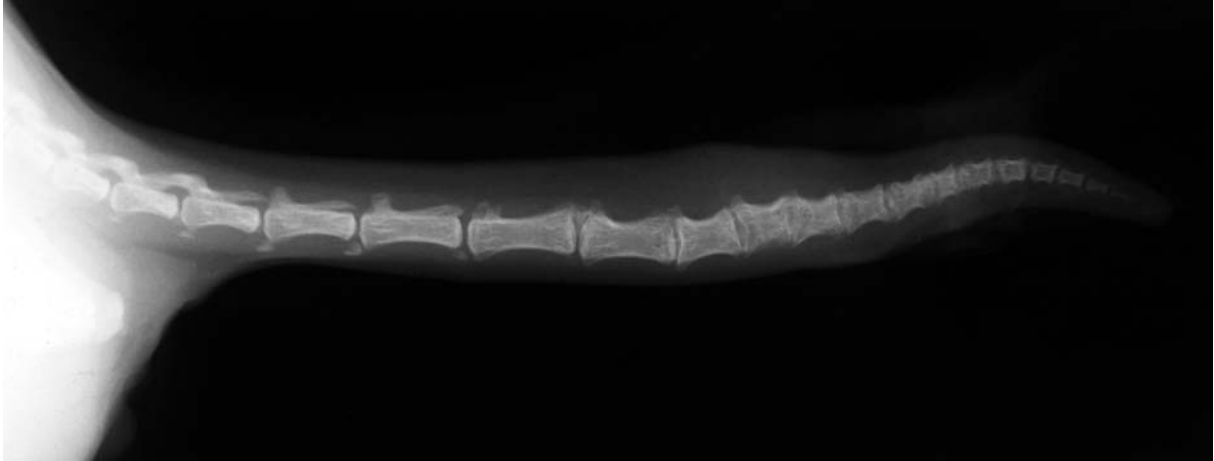


Figure 18 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois.

- modifications très marquées de forme des vertèbres avec un raccourcissement et un élargissement de ces structures.
- une forme concave de la tête et de la fosse de ces vertèbres est présente, associée à une sclérose et une disparition des espaces intervertébraux qui indiquent une ankylose. Des lésions beaucoup plus graves existent sur la partie distale de la queue qui est beaucoup plus courte que normalement.

#### IV.B.2. Anomalies des membres

Les images radiographiques normale et lésionnelles du carpe sont présentées dans les figures 19 à 23, celles du tarse dans les figures 24 à 28.



Figure 19 - Image radiographique normale du carpe gauche; chat A, British Shorthair, 4 ans et 3 mois

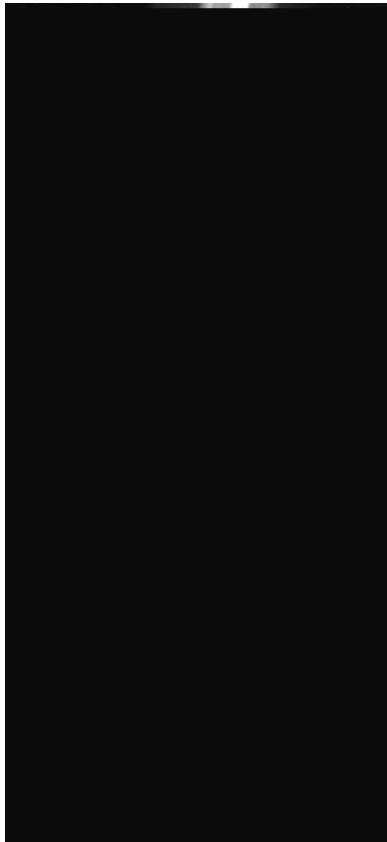


Figure 20 - Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies mineures; chat I, Scottish Fold, 2 ans et 5 mois.

- Carpe : discrète sclérose de l'ensemble des os du carpe. Le contour de ces structures est plus anguleux, et en particulier pour la surface distale du radius dont le processus styloïde paraît pointu. Le contour de l'extrémité proximale du métacarpien III est convexe.
- Les métacarpes paraissent un peu trop courts.
- Les articulations métacarpo-phalangiennes présentent un élargissement des épiphyses distales des métacarpiens et des épiphyses proximales des premières phalanges correspondantes. La convexité est accrue au bord proximal des phalanges.



Figure 21 - Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies modérées; chat P, Scottish Fold, 3 ans et 7 mois.

- Carpe : nette sclérose de l'ensemble des os du carpe. La ligne articulaire carpo-métacarpienne présente une incurvation anormale avec une convexité distale.
- Les articulations métacarpo-phalangiennes présentent un net élargissement des épiphyses distales des métacarpiens et des épiphyses proximales des premières phalanges. Ces structures osseuses sont sclérosées.



Figure 22 - Image radiographique du carpe gauche comportant des anomalies graves; chat N, Scottish Fold, 2 ans et 11 mois.

- Carpe : irrégularité du contour et sclérose de chacun des os. Un défaut d'identification des espaces articulaires en particulier en face latérale est présent. La densité des épiphyses proximales des métacarpiens IV et V a un aspect hétérogène.
- Les métacarpiens sont raccourcis.
- Les articulations métacarpo-phalangiennes montrent des images très anormales avec un élargissement marqué des épiphyses distales des métacarpiens et des épiphyses proximales des phalanges. L'espace articulaire a une forme irrégulière et son identification a tendance à disparaître en région centrale. Il existe une sclérose de ces structures.



Figure 23 - Image radiographique du carpe droit comportant des anomalies très graves; chat U, scottish Fold, 21 mois.

- Carpe : sclérose mineure des os du carpe. Un défaut d'identification des espaces articulaires et une ankylose sont présents.
- Les métacarpes montrent un raccourcissement marqué.
- Les articulations métacarpo-phalangiennes présentent un élargissement des épiphyses. Les contours osseux sont très irréguliers avec des ostéophytes périphériques et une sclérose. Les phalanges ont un net raccourcissement et on note un élargissement des premières phalanges.



Figure 24 - Image radiographique normale du tarse gauche; chat Z, « Scottish Straight », 2 ans et 11 mois.





Figure 25 - Image radiographique du tarse gauche comportant des anomalies mineures; chat H, Scottish Fold, 4 ans et 1 mois.

- Tarse : impression d'élargissement du tarse avec une sclérose de tous les os.
- Les articulations métatarso-phalangiennes présentent un élargissement des épiphyses distales et proximales des métatarsiens et on note une convexité accrue au bord proximal.



Figure 26 - Image radiographique du tarse gauche comportant des anomalies modérées; chat S, Scottish Fold, 6 ans et 6 mois.

- Tarse : nette sclérose de l'ensemble des os du tarse. La ligne articulaire tarso-métatarsienne présente une incurvation anormale à convexité distale.
- Les articulations métatarso-phalangiennes présentent un net élargissement des épiphyses distales des métatarsiens et des épiphyses proximales des premières phalanges. Ces structures osseuses sont sclérosées.



Figure 27 - Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies graves; chat V, Scottish Fold, 2 ans et 8 mois.

- Tarse : irrégularité de contour et sclérose intense de chacun des os. Une diminution voire une disparition des espaces articulaires et une ankylose partielle est présente sur les os du tarse.
- Les métatarsiens sont épaissis.
- Les articulations métatarso-phalangiennes sont très remaniées avec des ostéophytes et une densification osseuse de ces articulations. Il existe un creusement de la région proximale épiphysaire sur les phalanges et une sclérose importante avec une diminution de taille des espaces articulaires.



Figure 28 - Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois.

- Tarse : sclérose très importante des os du tarse. Les espaces articulaires tarso-métatarsiens ont disparu signant une ankylose totale. Les espaces articulaires tibio-tarsiens et intratarsiens sont nettement diminués et présentent une ankylose partielle.
- Les articulations métatarso-phalangiennes sont fortement modifiées dans leur forme et dans leur structure avec une perte de l'espace articulaire signant une ankylose presque complète. Les phalanges sont très courtes.

#### IV.C. Evolution des lésions : un exemple

Lors de l'étude, nous avons radiographié le chat Scottish Fold (U), présentant des symptômes cliniques, à l'âge de 7 mois et de 21 mois. Seuls les clichés effectués à 21 mois sont intégrés dans les tableaux précédents. A 21 mois, les troubles locomoteurs du chat étaient plus intenses avec un refus des sauts plus fréquent et une boiterie intermittente.

L'évolution des stades lésionnels au cours de la croissance est présentée dans le tableau II.

U	Antérieur Gauche		Antérieur Droit		Postérieur Gauche		Postérieur Droit		Queue
	carpe	mt-cp-ph	carpe	mt-cp-ph	tarse	mt-trs-ph	tarse	mt-trs-ph	
7 mois	0	#	0	#	#	##	#	##	####
21 mois	###	###	##	####	####	####	####	####	####

mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne

mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

# : anomalie ostéo-articulaire mineure

### : anomalie ostéo-articulaire grave

## : anomalie ostéo-articulaire modérée

#### : anomalie ostéo-articulaire très grave

Tableau II- Evolution de la gravité des lésions ostéo-articulaires observées par radiographie à sept puis vingt et un mois chez le chat « U » présentant des signes cliniques

Les lésions des membres ont évolué pour atteindre un stade très grave sur les membres pelviens et grave sur les membres thoraciques. Les lésions de la queue étaient d'emblée très graves à 7 mois.

Les clichés radiographiques du tarse à 7 et 21 mois sont présentés sur les figures 29 et 30, les clichés de la queue sont présentés sur les figures 31 et 32.

Figure 29 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 7 mois.



Figure 30 - Image radiographique de la queue comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois.



Figure 31 - Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies modérées; chat U, Scottish Fold, 7 mois.



Figure 32 - Image radiographique du tarse droit comportant des anomalies très graves; chat U, Scottish Fold, 21 mois.



## TROISIEME CHAPITRE : DISCUSSION

### I. Les animaux

#### I.A. Effectif

Cette étude comporte vingt-sept chats alors que nous en espérons une quarantaine. Lors de l'élaboration du projet, l'engouement des éleveurs était important mais au fil des mois, leur motivation a nettement diminué. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce résultat décevant.

D'une part, notre protocole impliquait la centralisation des manipulations et des radiographies à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Les propriétaires ou éleveurs devaient assurer, eux-mêmes et sans contre-partie, le transport des chats sur le site ce qui pouvait occasionner des contraintes matérielles parfois dissuasives.

D'autre part, la recherche et la mise en évidence d'anomalies cliniques ou radiographiques sur des chats reproducteurs potentiels engendrent l'inquiétude des propriétaires, même si les données étaient garanties gardées confidentielles.

#### I.B. Qualité des informations sur les animaux

##### ➤ Pedigrees et génotypes

Soulignons que le classement que nous avons fait des chats est tiré de l'examen des pedigrees, eux-mêmes issus des déclarations de paternité que nous n'avons pas pu contrôler.

Sans que l'honnêteté des éleveurs soit mise en cause, il faut cependant rappeler qu'il se produit parfois des erreurs dans les déclarations de paternité, lesquelles pourraient modifier nos conclusions. Une vérification par test génétique de la filiation éviterait ce risque d'erreur.

La seule vérification qui a pu être faite dans cette étude s'appuie sur la compatibilité dans les couleurs de robes transmises. Sur la base de ce critère, et à l'exclusion des chats B et E (British Shorthair), J, L, O, S, T (Scottish Fold) pour lesquels les données de couleurs de robe des parents n'ont pas été disponibles, tous les autres pedigrees sont compatibles.

Les pedigrees nous ont été fournis par les éleveurs ou les propriétaires. Ils ont pour la plupart été établis par les clubs de race et non par le LOOF dont l'existence ne remonte qu'à 2001.

Ainsi les pedigrees entrant dans notre étude présentent parfois des mariages surprenants qui n'auraient pas été reconnus par le LOOF. Pour ne prendre qu'un exemple, le chat O présente un ascendant Cymric (un chat Manx à poils mi-longs) en troisième génération, ce qui n'est pas justifié chez un chat Scottish Fold.

Nous avons choisi d'utiliser les dénominations telles qu'elles ont été éditées car à l'origine, le choix des mariages était propre aux habitudes de chaque club. Seuls les chats X et



Z ont été reclassés par nos soins en « Scottish Straight » pour respecter notre définition de ce génotype.

Le pedigree du chat J ne nous a pas été communiqué en totalité car il est issu d'un croisement avec un chat européen sans pedigree. Le pedigree du chat E n'est pas disponible car la chatterie n'a pas souhaité nous le communiquer. Nous savons seulement que les parents sont British Shorthair.

### ➤ Symptomatologie

Le classement des chats Scottish ou Highland Fold en chats avec ou sans symptôme ostéo-articulaire peut présenter un biais car des anomalies cliniques subtiles comme la raideur de la queue peuvent ne pas avoir été détectées lors de notre examen clinique. Ceci vient du fait que nous n'avons pas l'expérience et la dextérité d'un juge félin pour mettre en évidence de telles anomalies. En effet, les juges ont l'habitude d'évaluer les aptitudes morphologiques d'un chat de race donnée et de les comparer à celles de ses congénères. Cependant pour les chats de l'étude ayant été exposés en concours félins, les appréciations des juges n'ont pas été disponibles.

Il n'est donc pas impossible qu'un chat classé par nos soins dans la catégorie Scottish Fold sans anomalie clinique ait été classé dans la catégorie Scottish Fold avec anomalies cliniques par un spécialiste de la race. Ceci pourrait légèrement modifier la répartition de la gravité des lésions dans ces deux groupes de chats. Par exemple, les chats N et P mériteraient d'être réexaminés cliniquement car les lésions radiographiques graves relevées pourraient sans nul doute s'exprimer cliniquement (annexe 6).

## I.C. Age des animaux

Tous les chats inclus dans l'étude ont plus d'un an. Bien que Jackson (1975) ait décrit l'apparition des lésions radiographiques dès l'âge de 50 jours, nous avons préféré attendre la maturité squelettique pour être sûrs que les éventuelles lésions d'ostéochondrodysplasie seraient déjà installées au moment de l'examen radiographique. La maturité squelettique a été effectivement confirmée pour tous les chats de l'étude par la fermeture des cartilages de croissance sur les images radiographiques.

## II. Les radiographies

### II.A. Réalisation pratique

Toutes les radiographies ont été effectuées sur des chats vigiles. Si nous avions choisi d'anesthésier les animaux, la réalisation pratique aurait été certes plus aisée mais certains propriétaires auraient refusé de nous laisser leurs chats par crainte du risque anesthésique.

La réalisation des clichés sans anesthésie se traduit malheureusement par des difficultés de positionnement en particulier des doigts et nous avons produit sept clichés d'articulations métacarpo-phalangiennes ou métatarso-phalangiennes ininterprétables car les doigts y sont repliés et les structures osseuses de ce fait superposées.

## II.B. Interprétation des radiographies

L'interprétation des images radiographiques, reconnaissance des lésions mineures et attribution d'un degré de gravité aux lésions identifiées, est subjective.

Le système de lecture en aveugle choisi dans notre étude avait pour but d'obtenir des résultats plus objectifs. Les radiologues d'une part n'avaient pas connaissance de la race du chat et d'autre part ne pouvaient pas ainsi s'influencer mutuellement lors de la séance d'interprétation. La relecture en cas de désaccord permettait de discuter les points litigieux pour obtenir un consensus et donc un classement unique.

## III. Anomalies ostéo-articulaires et symptômes cliniques

### III.A. Types génétiques et ostéochondrodysplasie

Il convient ici de rappeler que cette étude a été motivée par une vision contradictoire des éleveurs français de Scottish Fold vis-à-vis des conclusions écrites récemment par certaines équipes de scientifiques au sujet de l'ostéochondrodysplasie observée dans cette race (Malik et al, 1999).

En effet ces équipes scientifiques travaillant sur des Scottish Fold australiens affirment que le gène mutant *Fd*, même à l'état hétérozygote, entraîne systématiquement une ostéochondrodysplasie invalidante. Les éleveurs français soutiennent, eux, qu'il existe des Scottish Fold hétérozygotes parfaitement sains.

Pour expliquer cette apparente contradiction, nous avons émis l'hypothèse suivante : l'ostéochondrodysplasie observée chez certains Scottish Fold pourrait avoir un déterminisme mixte complexe. En effet, la pliure des oreilles et les lésions osseuses pourraient être en grande partie déterminées par l'allèle mutant *Fd* agissant comme un gène à effet majeur. Mais la gravité des lésions d'ostéochondrodysplasie pourrait dépendre de l'effet de polygènes modificateurs et/ou de QTLs (Quantitative Trait Locus) « aggravants ». Ainsi, par le biais d'un élevage relativement consanguins lié à de petits effectifs, les Scottish Fold dans certains pays ou de certaines « lignées » pourraient montrer systématiquement des lésions ostéo-articulaires graves du fait de l'accumulation de gènes modificateurs délétères. La situation pourrait être différente dans les pays qui pratiquent un apport large et systématique de gènes British Shorthair dans les pedigrees de Scottish Fold.

A partir des résultats de cette étude, une première constatation à faire est que les sept chats British Shorthair observés sont exempts de toute anomalie radiographique osseuse et *a fortiori* de symptômes cliniques d'ostéochondrodysplasie. Cette observation reste vraie aussi bien pour les sujets avec une ascendance cent pour cent British Shorthair que pour ceux ayant quelques ascendants d'autres races.

Au regard de notre hypothèse concernant le mode de transmission du syndrome d'ostéochondrodysplasie, ceci suggère, que s'il existe des polygènes ou QTLs délétères, les allèles néfastes ne sont pas fréquents en race British Shorthair.

La seconde constatation découlant des résultats de cette étude touche la race Scottish Fold et est importante. Les seize Scottish Fold observés montrent tous des anomalies radiographiques osseuses. Or, sur la base des pedigrees fournis, tous ces Scottish Fold sont hétérozygotes, à une exception près : le chat U qui pourrait être homozygote. Ce bilan est aggravé par le fait que les chats V et W ont montré, à un âge peu avancé (deux ans et demi), outre des lésions osseuses graves à très graves, des symptômes locomoteurs. Ces symptômes altèrent le confort de vie des animaux et causent soucis et frais vétérinaires aux propriétaires. Ce bilan est grave pour la race Scottish Fold puisqu'il valide les observations de Malik et al (1999) concernant la possibilité pour les Scottish Fold hétérozygotes de développer des lésions d'ostéochondrodysplasie invalidantes.

Cependant, l'analyse détaillée de l'ensemble de nos résultats nous oblige aussi à moduler ce bilan négatif. Il apparaît en effet que dix Scottish Fold, sur les seize inclus dans notre étude, ne montrent que des anomalies radiographiques osseuses mineures, limitées aux vertèbres coccygiennes et au carpe droit pour le sujet O. Or, certains de ces chats étaient déjà assez âgés lors de leur examen clinique : quatre ans et demi à six ans et demi pour les chats H, J et S. Pour ces chats, on peut raisonnablement envisager que les anomalies radiographiques observées ont peu de chances de s'aggraver et qu'ils n'auront jamais d'inconfort locomoteur au cours de leur vie. Ainsi, et contrairement aux conclusions alarmistes de Malik et al (1999), cette étude montre que, dans la population des Scottish Fold étudiés, il existe des chats hétérozygotes qui, bien que présentant des lésions radiographiques osseuses, ne souffriront pas d'invalidité locomotrice.

La troisième constatation découlant de notre étude se rapporte à notre hypothèse d'un modèle mixte complexe comme mode de transmission du syndrome d'ostéochondrodysplasie chez le Scottish Fold. En terme de lésions radiographiques osseuses et de symptômes cliniques associés, nos résultats ne montrent pas de différence nette entre les Scottish Fold de catégorie 1 (comportant une branche d'ascendance cent pour cent British Shorthair) et ceux de catégorie 2 (comportant des Scottish Fold dans leurs deux branches d'ascendance). En effet :

- sur les trois Scottish Fold montrant des signes cliniques, seul le chat V est en catégorie 2.
- sur les six Scottish Fold montrant des lésions radiographiques ostéo-articulaires graves à très graves, deux sont en catégorie 2 (M et U) et quatre sont en catégorie 1 (N, P, V et W).

Avec la réserve que le nombre de chats observés reste assez faible, nos observations ne vont pas dans le sens de l'hypothèse de gènes modificateurs délétères accumulés en race Scottish Fold et qui détermineraient chez les sujets hétérozygotes *Fd/+* le passage du statut sain au statut d'animal malade. Deux autres résultats de cette étude vont dans le même sens :

1. les quatre sujets « Straight » examinés, bien qu'âgés de plus de deux ans, ne présentaient aucune lésion radiographique ostéo-articulaire et aucun symptôme ostéo-articulaire. Or ces sujets ont un génotype proche de celui des Scottish Fold de catégorie 1, au locus *Fd* près.

2. sur deux fratries (mâle Z et femelle N d'une part, mâle A' et femelle Q d'autre part) comportant chacune un individu Scottish Fold et un individu « Scottish Straight », seuls les sujets possédant une copie du gène *Fd* mutant étaient affectés de lésions ostéo-articulaires. Pourtant, chez ces sujets à coefficient de parenté élevé, le risque d'avoir accumulé d'éventuels gènes modificateurs délétères en provenance des parents est élevé.

En conclusion sur ce point, nos observations laissent penser que l'allèle mutant *Fd* est fortement déterminant, même en un seul exemplaire, dans l'apparition des lésions ostéo-articulaires observées chez le Scottish Fold. Nous ne pouvons pas avec nos données confirmer l'existence de gènes modificateurs délétères. La variabilité de l'expression de l'ostéochondrodysplasie chez les Scottish Fold hétérozygotes existe pourtant. Elle pourrait s'expliquer par le fait que les éventuels gènes modificateurs délétères n'auraient pas d'effet direct sur le développement osseux, mais agiraient au travers de processus fortement dépendants d'éléments extrinsèques (alimentation, exercice,...).

### III.B. Age des animaux et lésions ostéo-articulaires

Notre étude confirme la précocité d'apparition des lésions puisque tous les chats Scottish Fold de plus d'un an ont des lésions radiographiques qui peuvent apparaître bien avant douze mois comme sur le chat (U) radiographié dès sept mois. Concernant la précocité d'apparition d'une gène locomotrice, notre étude sous-estime sans doute l'âge minimum d'expression clinique de l'ostéochondrodysplasie sur les chats examinés. Ainsi, le chat mâle W a-t-il eu une gène locomotrice qui a motivé une consultation à deux ans et demi. Cependant, lors de l'anamnèse, les propriétaires ont déclaré que leur chat avait la queue anormalement raide dès 6 mois (détection en exposition), et une certaine raideur des postérieurs au réveil dès un an et demi. La gène locomotrice n'a motivé une consultation qu'à deux ans et demi. Malik et al (1999) ont détecté une gène locomotrice dès trois mois et demi sur une chatte Scottish Fold vraisemblablement hétérozygote.

Jackson (1975) rapporte que les lésions radiographiques sont présentes à l'âge de 50 jours. Bien que ceci ne soit pas clairement exprimé, il semble cependant qu'il n'ait pris en compte que des lésions radiographiques très graves chez des chats présentant des signes cliniques. Les anomalies radiographiques décrites ici comme des anomalies mineures pourraient très bien ne pas être visibles chez des chats jeunes.

Un suivi radiographique de quelques chatons Scottish Fold serait nécessaire pour préciser les modalités de l'évolution précoce de ces lésions mineures.

### III.C. Lésions radiographiques

Les lésions radiographiques retrouvées sur tous les Scottish ou Highland Fold de notre étude ont été visualisées sur des sujets de plus d'un an. Nous avons volontairement travaillé avec des chats arrivés à maturité osseuse et n'avons de ce fait pas étudié les modalités de l'apparition et de l'évolution des signes radiographiques.

Dans notre étude, ces lésions sont visibles sur les membres pelviens, la queue mais aussi les membres thoraciques de manière aussi grave. Jackson (1975) et Mathews et al (1995) ont en revanche rapporté des lésions moins graves sur les membres thoraciques.

### III.C.1. De la queue

Dans notre étude, les lésions de la queue se traduisent par des vertèbres coccygiennes de longueur diminuée et dont les régions épiphysaires sont élargies. L'augmentation de l'épaisseur de ces vertèbres n'est pas constante ici contrairement à ce qu'écrivait Graeme S. Allan (2000). Nous avons observé dans des stades très graves des pontages osseux. Ces lésions sont comparables à celles décrites par Graeme S. Allan (2000). Les lésions observées sont souvent plus marquées à l'extrémité distale de la queue.

### III.C.2. Des membres

Les lésions des membres sont situées distalement sur les membres thoraciques ou pelviens (carpe, tarse, articulations métacarpo-phalangiennes et métatarso-phalangiennes). Dans notre étude, les os métacarpiens ou métatarsiens sont déformés et présentent des épiphyses très élargies. Ce dernier élément signe pour nous le premier stade d'anomalie. Par la suite, les os semblent plus larges dans des stades plus avancés. Dans les lésions très graves s'ajoutent des proliférations osseuses en manchons autour des os du carpe et du tarse et des exostoses importantes sont alors visibles. Une ankylose de ces articulations est présente dans les cas graves ou très graves.

### III.D. Signes locomoteurs et Lésions anatomiques

Dans notre étude, les chats Scottish Fold avec des anomalies cliniques des membres avaient des difficultés locomotrices se traduisant par une faiblesse principalement sur les postérieurs et parfois une démarche raide. La palpation des membres pelviens révélait des articulations volumineuses et déformées par un tissu osseux très dur laissant suspecter la présence d'exostoses. Nous n'avons pas noté d'ankylose ou de douleur sur les sujets examinés. Ces signes locomoteurs et anatomiques sont comparables à ceux décrits par Malik et al en 1999 et par Mathews et al en 1995.

Sur l'échantillon étudié, il faut souligner que les Scottish Fold souffrant d'une gène locomotrice avaient tous des anomalies radiographiques métatarso-phalangiennes nettement visibles (quantifiées « graves » à très « graves »). L'examen radiographique semble donc indiqué et pertinent pour confirmer l'origine des problèmes locomoteurs motivant la consultation de ces Scottish Fold.

Par contre, il est troublant de constater que plusieurs Scottish Fold, ne souffrant *a priori* d'aucune gène locomotrice, se sont révélés avoir des anomalies radiographiques métatarso-phalangiennes classées « modérées » à « graves » (chats K, N, P et S). Avec la réserve du petit nombre de sujets disponibles pour cette étude, il apparaît donc que l'intensité

des lésions radiographiques ostéo-articulaires ne permet pas facilement de prédire l'apparition d'une gène locomotrice.

Sur la queue, les lésions étaient principalement des queues courtes et plus raides à la palpation. Nous n'avons pas réussi à mettre en évidence de façon certaine si les lésions étaient principalement situées en région proximale comme décrit par les auteurs.

Pour les chats Scottish Fold sans anomalie clinique mais présentant des lésions radiographiques, les anomalies de la queue n'ont pas été détectées à l'examen clinique. La principale explication semble être notre manque d'habitude à manipuler la queue de ces chats comme le suggère Mathews et al en 1995.



## CONCLUSION

Cette étude montre une opposition nette entre, d'une part les « Scottish Straight » et les British, d'autre part les Scottish Fold. Les premiers ne montrent pas de signes radiographiques d'ostéochondrodysplasie, alors que les 15 sujets Scottish Fold étudiés ici, tous hétérozygotes sur la base des pedigrees, ont tous montré des anomalies radiographiques spécifiques à des degrés divers.

La première conclusion, d'ordre génétique, est que l'allèle mutant *Fd* semble bien expliquer la majorité du phénotype pathologique d'ostéochondrodysplasie. Avec le nombre limité d'animaux que nous avons pu étudier, nous ne pouvons pas confirmer notre hypothèse de départ, à savoir l'existence de polygènes et/ou de QTLs délétères aggravant l'effet de *Fd*. La variabilité des lésions et symptômes observée chez les Scottish Fold reste donc inexplicée. Il en résulte une impossibilité à définir une stratégie efficace de sélection visant à éradiquer ou limiter le problème de l'ostéochondrodysplasie dans la race.

La seconde conclusion, d'ordre félinotechnique, est que les éleveurs ne peuvent pas garantir actuellement la santé ostéo-articulaire des Scottish Fold qu'ils produisent et vendent, même s'ils sont hétérozygotes au locus *Fd*. En effet, tous ou la grande majorité de ces chats ont des anomalies liées à l'ostéochondrodysplasie héréditaire décrite dans la race. Par rapport aux conclusions alarmistes des articles anglo-saxons sur ce sujet, notre étude montre que, au moins dans la population des Scottish Fold français, existent des chats hétérozygotes qui, tout en montrant des anomalies radiographiques ostéo-articulaires, ne développeront vraisemblablement pas de trouble clinique et auront une vie normale. Cependant, il apparaît aussi que, en l'état actuel des connaissances, il est impossible de prédire à l'éleveur ou à l'acquéreur comment et à quelle vitesse vont évoluer ces lésions, et donc si le chat sera ou non handicapé sur le plan locomoteur.

Cette limite concernant le pronostic, ainsi que les connaissances incomplètes concernant le mode de transmission de l'ostéochondrodysplasie, doivent être impérativement prises en compte par les instances nationales et mondiales qui décident de la reconnaissance des races félines en se basant sur des critères d'esthétique, techniques, mais aussi d'éthique.





## ANNEXE 1

Standards officiels de British Shorthair et du British Longhair (Livre officiel des Origines Félines)
---

« Le British Shorthair est un chat très robuste de taille moyenne à grande. Un chat tout en rondeurs. Le corps est de type semy-cobby, bien musclé, puissant. Les épaules sont larges. Les hanches ont la même largeur.

La poitrine est large et arrondie. La tête est large avec des contours bien arrondis quel que soit l'angle sous lequel on le regarde. Vu de haut, le museau s'inscrit dans un cercle. Les joues sont pleines, le nez est court et large avec une bonne incurvation, mais sans break. Il paraît ainsi petit et droit ; il est dans l'alignement du menton bien ferme.

La robe est courte, épaisse, serrée, pelucheuse et dense, donnant l'apparence d'une protection naturelle ».

Dans cette race, la tête a une forme « ronde, large, aux contours bien arrondis ». Elle a une « forme de pomme ce qui la différencie du chartreux ». Sa taille est « moyenne à grande, en proportion avec le corps ». Le nez est « court et large, droit, avec une bonne incurvation, mais sans cassure ». Le museau est « bien défini mais sans pinch, avec des contours arrondis ». Le crâne possède des « contours arrondis ». Le menton « forme une ligne perpendiculaire avec le nez ». Il est « fort ». Enfin les joues son « pleines »

Les oreilles sont « larges à la base et arrondies au bout ». Elles sont de taille « moyenne » et sont « assez espacées ». Les yeux sont « ronds, grands, bien ouverts, assez espacés par la largeur du nez », ils ont une couleur « conforme à celle de la robe selon les critères du Persan (annexe 2) ». Une couleur intense et brillante est préférée ».

Le cou est « court, trapu et musclé ». Le corps est de forme « semi-cobby », les épaules, la poitrine et les hanches sont « larges », la poitrine est « bien développée ». La musculature est « robuste ».

La queue est « épaisse à la base, s'affinant légèrement jusqu'au bout arrondi » et sa longueur fait « les deux tiers du corps ». Les pattes sont en longueur « moyennes à courtes, légèrement moins que la longueur du corps ». L'ossature est « moyennement lourde, forte » et la musculature est « robuste et solide ». Les pieds sont « ronds ».

La robe du British Shorthair est « courte, légèrement plus longue que celle des poils courts et pas couchée sur le corps ». Sa texture est « ferme, crissante, elle diffère un peu pour les autres couleurs que le bleu ». Elle est « pelucheuse, dense avec un bon sous-poil épais ». Elle donne « l'apparence d'une protection naturelle ». Dans cette variété, les pénalités sont appliquées quand la robe est « longue ou souple, manque de sous-poil » et lorsque « l'ossature est délicate », quand « le crâne est plat, le stop trop marqué ».

La robe du British Longhair est « de longueur moyenne avec un sous-poil épais ». Sa texture est « douce au toucher, pelucheuse, dense avec un bon sous-poils ». Dans cette variété, les pénalités sont appliquées lorsque le chat « manque de sous-poil » et lorsque « l'ossature est délicate »

## ANNEXE 1 (SUITE)

### ECHELLE DES POINTS

TETE	15 POINTS	
COU	5 POINTS	
OREILLES	5 POINTS	
YEUX	10 POINTS	[ FORME 5 POINTS / COULEUR 5 POINTS]
NEZ	5 POINTS	
CORPS	20 POINTS	
PATTES ET PIEDS	5 POINTS	
QUEUE	5 POINTS	
ROBE	15 POINTS	[ LONGUEUR 7 POINTS / TEXTURE 8 POINTS]
COULEUR	10 POINTS	
CONDITION	5 POINTS	
TOTAL	100 POINTS	

COULEURS : toutes les couleurs sont reconnues.

DISQUALIFICATION CHEZ LE BRITISH SHORTHAIR : des médaillons blancs. Une apparence d'« Exotic Shorthair ».

DISQUALIFICATION CHEZ LE BRITISH LONGHAIR : des médaillons blancs. Une apparence de Persan.

Dans ces races, les mariages autorisés sont très stricts et parfaitement établis :

- mariage British Shorthair et British Shorthair,
- mariage British Longhair et British Longhair,
- mariage British Shorthair et British Longhair,
- mariage British Shorthair et Scottish Fold,
- mariage British Shorthair et Highland Fold,
- mariage British Longhair et Scottish Fold,
- mariage British Longhair et Highland Fold.

## ANNEXE 2

### Couleurs des yeux chez le British Shorthair et le Scottish Fold

Principales couleurs des yeux conformes à la robe selon les critères du Persan (Alderton D. 1973).

Couleur de robe	Couleur des yeux
Blanche ou bicolore	Orange ou bleue On accepte les yeux vairons ( ou impairs) c'est-à-dire un œil bleu et un œil orange.
Chinchilla <i>Silver tabby</i> <i>Silver shaded</i>	Verte
Autres robes	Orange ou cuivre

## ANNEXE 3

### Standards officiels du Scottish Fold et du Highland Fold (Livre Officiel des Origines Félines)

« Le Scottish Fold est un chat « très robuste de taille moyenne à grande ». Un chat « tout en rondeurs ». Le corps est de type « semy-cobby, bien musclé, puissant. Les épaules sont larges. Les hanches ont la même largeur. Le train-arrière doit être souple lors de la manipulation ».

La tête est bien arrondie et lorsque le chat s'observe vu de dessus, « quel que soit l'angle, le museau s'inscrit dans un cercle ». Les yeux sont « largement ouverts avec une expression douce ». Ils sont « grands bien ronds et séparés par un large nez », leur couleur est conforme à celle de la robe suivant les critères identiques à la race Persan (annexe 2). Le nez est « court et incurvé mais sans break ». Il paraît ainsi petit et droit ; il est dans l'alignement du menton bien ferme. Dans cette variété, les pénalités sont appliquées lorsque « un break est défini au nez ».

Les oreilles sont « petites et pliées vers l'avant », on préfère des oreilles petites bien pliées à de plus grandes aux plis desserrés. Elles doivent être placées de façon à mettre la « rondeur du crâne en évidence » comme une « casquette ». Le bout des oreilles, bien espacées, doit être arrondi.

La queue est « épaisse à la base, s'affinant légèrement jusqu'au bout arrondi » et sa longueur fait « les deux tiers du corps ». Les pattes sont en proportion avec le corps ». L'ossature est « moyenne à solide » et la musculature est « robuste ». Les pieds sont « larges, arrondis avec des doigts compacts ».

La robe du Scottish Fold a une texture est « ferme, crissante, elle diffère un peu pour les autres couleurs que le bleu ». Elle est « pelucheuse, dense avec un bon sous-poil épais ». Elle donne « l'apparence d'une protection naturelle ».

La robe du Highland Fold est « de longueur moyenne avec un sous-poil épais ». Sa texture est « douce au toucher, pelucheuse, dense avec un bon sous-poil ».

#### ECHELLE DES POINTS

TETE	15 POINTS	
COU	5 POINTS	
OREILLES	5 POINTS	
YEUX	10 POINTS	[ FORME 5 POINTS / COULEUR 5 POINTS ]
NEZ	5 POINTS	
CORPS	20 POINTS	
PATTES ET PIEDS	5 POINTS	
QUEUE	5 POINTS	
ROBE	15 POINTS	[ LONGUEUR 7 POINTS / TEXTURE 8 POINTS ]
COULEUR	10 POINTS	
CONDITION	5 POINTS	
TOTAL	100 POINTS	

COULEURS : toutes les couleurs sont reconnues.

## ANNEXE 3 (SUITE)

DISQUALIFICATION CHEZ LE SCOTTISH ET LE HIGHLAND FOLD : une queue trop courte et qui manque de flexibilité en raison de vertèbres anormalement épaisses, un faciès d'« Exotic Shorthair, de Chartreux ou d'européen».

Dans cette race, les mariages autorisés sont très stricts et parfaitement établis :

- mariage Scottish Fold et British Shorthair,
- mariage Scottish Fold et British Longhair,
- mariage Highland Fold et British Shorthair,
- mariage Highland Fold et British Longhair.

Les mariages Scottish Fold et Scottish Fold, Highland Fold et Highland Fold ainsi que Scottish Fold et Highland Fold sont strictement interdits et ne donnent pas droit à pedigree. Le chaton « oreilles droites » issu d'un mariage Scottish/British ou Highland/British sera classé en British s'il possède parmi ses trente ancêtres au moins dix-huit British. Dans le cas contraire, il sera classé en chat de maison et n'aura pas accès au livre.

## ANNEXE 4

Informations données par les pedigrees. Sexes, couleurs de robe et génotypes sur trois générations des ascendants retenus dans l'étude personnelle

### A: BRITISH SHORTHAIK mâle bleu

<b>Mâle British Shorthair Bleu + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Bleu + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Bleu + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair Bleu + / +</b>
	<b>Femelle British Shorthair Lilac + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Lilac + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair Ecaillé et bleu + / +</b>
<b>Femelle British Shorthair Bleu + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Bleu + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Bleu + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair Bleu + / +</b>
	<b>Femelle British Shorthair Bleu + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair Lilac + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair Bleu + / +</b>

### B: BRITISH SHORTHAIK femelle chinchilla

<b>Mâle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair + / +</b>
	<b>Femelle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair + / +</b>
<b>Femelle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair + / +</b>
	<b>Femelle British Shorthair + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair + / +</b>
		<b>Femelle British Shorthair + / +</b>

## ANNEXE 4 (SUITE)

### C: BRITISH SHORTHAIR femelle crème

Mâle Scottish Straight * crème +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-
		Femelle Chartreux Bleu +/-
	Femelle Scottish straight Bleu crème +/-	Mâle Scottish Fold Crème et blanc <i>Fd</i> /+
		Femelle British Shorthair Bleu crème +/-
Femelle British Shorthair Bleu crème +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-
		Femelle Chartreux Bleu +/-
	Femelle British Shorthair Crème +/-	Mâle British Shorthair +/-
		Femelle British Shorthair +/-

\*cet animal, malgré sa dénomination sur pedigree est plus à considérer comme étant un « chat de maison » selon la nomenclature actuelle du LOOF.

### D : BRITISH SHORTHAIR mâle crème

Mâle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-
	Femelle British Shorthair Bleu +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-
Femelle British Shorthair Crème +/-	Mâle British Shorthair Crème +/-	Mâle Persan Crème +/-
		Femelle British Shorthair Crème +/-
	Femelle British Shorthair Bleu crème +/-	Mâle British Shorthair Crème +/-
		Femelle British Shorthair Bleu crème +/-



## ANNEXE 4 (SUITE)

### E: BRITISH SHORTHAIR mâle

<b>Mâle</b> <b>British Shorthair</b> +/-	<b>Mâle</b> Non communiqué	<b>Mâle</b> Non communiqué
		<b>Femelle</b> Non communiqué
	<b>Femelle</b> Non communiqué	<b>Mâle</b> Non communiqué
		<b>Femelle</b> Non communiqué
<b>Femelle</b> <b>British Shorthair</b> +/-	<b>Mâle</b> Non communiqué	<b>Mâle</b> Non communiqué
		<b>Femelle</b> Non communiqué
	<b>Femelle</b> Non communiqué	<b>Mâle</b> Non communiqué
		<b>Femelle</b> Non communiqué

### F: BRITISH SHORTHAIR femelle bleu crème et blanc

<b>Mâle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu et blanc</b> +/-	<b>Mâle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu +/-</b>	<b>Mâle British Shorthair</b> <b>Bleu +/-</b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu +/-</b>
	<b>Femelle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu et blanc +/-</b>	<b>Mâle British Shorthair</b> <b>Bleu +/-</b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc +/-</b>
<b>Femelle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc</b> +/-	<b>Mâle</b> <b>Chartreux</b> <b>Bleu +/-</b>	<b>Mâle British Shorthair</b> <b>Bleu +/-</b>
		<b>Femelle Chartreux</b> <b>Bleu +/-</b>
	<b>Femelle</b> <b>British Shorthair *</b> <b>Bleu crème blanc +/-</b>	<b>Mâle Scottish Fold</b> <b>Arlequin bleu / blanc Fd/+</b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu crème +/-</b>

\* la dénomination « British Shorthair » est celle indiquée sur le pedigree. Cet animal est en fait un « Scottish Straight »

## ANNEXE 4 (SUITE)

### G: BRITISH SHORTHAIR femelle écaille de tortue ombrée

Mâle British Shorthair Chinchilla +/-	Mâle British Shorthair Chinchilla +/-	Mâle British Shorthair Chinchilla +/-
		Femelle British Shorthair Chinchilla +/-
	Femelle British Shorthair Chinchilla +/-	Mâle British Shorthair Chinchilla +/-
		Femelle British Shorthair Chinchilla +/-
Femelle British Shorthair Ecaille de tortue argentée tachetée +/-	Mâle Persan Roux +/-	Mâle Persan Noir +/-
		Femelle Persan Crème +/-
	Femelle British Shorthair tabby argenté tâché +/-	Mâle Européen tabby argenté rayé +/-
		Femelle British Shorthair Ecaille de tortue +/-

### H: SCOTTISH FOLD femelle bleue

Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd</i> /+	Mâle Scottish Fold Crème argenté tabby Tacheté <i>Fd</i> /+	Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd</i> /+
		Femelle British Shorthair Ecaille tortue ombrée +/-
	Femelle Exotic Shorthair Bleu +/-	Mâle Exotic Shorthair Bleu +/-
		Femelle Persan Blanc +/-
Femelle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Lilas +/-	Mâle British Shorthair Lilas +/-
		Femelle British Shorthair Chocolat +/-
	Femelle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-

## ANNEXE 4 (SUITE)

### I: SCOTTISH FOLD mâle Bleu

<b>Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i></b>	Mâle Scottish Fold tabby crème/argenté tacheté <i>+/+</i>
		Femelle Exotic Shorthair Bleu <i>+/+</i>
	<b>Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i></b>	Mâle British Shorthair Lilas <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>
<b>Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i></b>	<b>Mâle British Shorthair Bleu <i>+/+</i></b>	Mâle British Shorthair Lilas <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>
	<b>Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i></b>	Mâle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>

### J: SCOTTISH FOLD femelle crème

<b>Mâle Européen Sans pedigree <i>+/+</i></b>	<b>Mâle Non communiqué</b>	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué
	<b>Femelle Non communiqué</b>	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué
<b>Femelle Scottish Fold <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Non communiqué</b>	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué
	<b>Femelle Non communiqué</b>	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué

ANNEXE 4 (SUITE)

K : SCOTTISH FOLD mâle bleu

Mâle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Lilac +/-
	Femelle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-
Femelle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu +/-
	Femelle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Lilac +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-

L: SCOTTISH FOLD mâle crème

Mâle British Shorthair +/-	Mâle British Shorthair +/-	Mâle British Shorthair +/-
		Femelle British Shorthair +/-
	Femelle British Shorthair +/-	Mâle British Shorthair +/-
		Femelle British Shorthair +/-
Femelle Scottish Fold <i>Fd/+</i>	Mâle Non communiqué	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué
	Femelle Non communiqué	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué

## ANNEXE 4 (SUITE)

### M : SCOTTISH FOLD femelle écaille de tortue

Mâle British Shorthair * Blanc + / +	Mâle Scottish Fold Blanc <i>Fd/+</i>	Mâle British Shorthair Blanc + / +
		Femelle Scottish Fold Ecaille tortue et blanc <i>Fd/+</i>
	Femelle British Shorthair Chinchilla bleu crème tabby tâcheté + / +	Mâle Chartreux Bleu + / +
		Femelle Cymric Chinchilla roux + / +
Femelle Scottish Fold Ecaille et blanc <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Tabby rayé roux et blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>	Mâle Scottish Fold Tabby rayé roux <i>Fd/+</i>
		Femelle Scottish Fold Ecaille tortue et blanc <i>Fd/+</i>
	Femelle British Shorthair Bleu crème + / +	Mâle Chartreux Bleu + / +
		Femelle British Shorthair Bleu crème + / +

\* la dénomination « British Shorthair » est celle indiquée sur le pedigree. Cet animal est en fait un « Scottish Straight »

### N: SCOTTISH FOLD femelle tabby argenté

Mâle Scottish Fold Tabby tâcheté <i>Fd/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Argenté ombré + / +	Mâle Persan Argenté ombré + / +
		Femelle Exotic Shorthair Orange ombré + / +
	Femelle Scottish Fold Tabby tâcheté <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold <i>Fd/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu + / +
Femelle British Shorthair Chinchilla noir + / +	Mâle British Shorthair Chinchilla noir + / +	Mâle Persan Chinchilla + / +
		Femelle British Shorthair Chinchilla noir + / +
	Femelle British Shorthair Chinchilla noir + / +	Mâle British Shorthair Chinchilla noir + / +
		Femelle British Shorthair Chinchilla noir + / +

## ANNEXE 4 (SUITE)

### O: SCOTTISH FOLD mâle blanc

<b>Mâle British Shorthair * Blanc + / +</b>	<b>Mâle Scottish Fold Blanc <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle British Shorthair Blanc + / +</b>
		<b>Femelle Scottish Fold Ecaille tortue et blanc <i>Fd/+</i></b>
	<b>Femelle British Shorthair Chinchilla bleu crème tabby tâché + / +</b>	<b>Mâle Charteux Bleu + / +</b>
		<b>Femelle Cymric Chinchilla roux + / +</b>
<b>Femelle Scottish Fold <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Européen Sans pedigree + / +</b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>
	<b>Femelle Scottish Fold <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>

\* la dénomination « British Shorthair » est celle indiquée sur le pedigree. Ces animaux sont en fait des « Scottish Straight »

### P: SCOTTISH FOLD mâle bleu et blanc

<b>Mâle Scottish Fold Crème et blanc <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle British Shorthair <i>Colour point</i> bleu + / +</b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>
	<b>Femelle Scottish Fold Bleu crème et blanc <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>
<b>Femelle British Shorthair Tabby bleu crème + / +</b>	<b>Mâle British Shorthair tabby bleu et blanc + / +</b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>
	<b>Femelle British Shorthair Crème + / +</b>	<b>Mâle Non communiqué</b>
		<b>Femelle Non communiqué</b>

## ANNEXE 4 (SUITE)

### Q : SCOTTISH FOLD femelle bleu crème et blanc

<b>Mâle</b> <b>Highland Fold</b> <b>Tabby bleu et blanc</b> <i>Fd/+</i>	<b>Mâle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Tabby bleu / blanc +/+</b>	<b>Mâle Scottish Fold</b> <b>Tabby crème <i>Fd/+</i></b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc +/+</b>
	<b>Femelle</b> <b>Highland Fold</b> <b>Noir <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Scottish Fold</b> <b>Noir <i>Fd/+</i></b>
		<b>Femelle Chartreux</b> <b>Bleu +/+</b>
<b>Femelle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc</b> <i>+/+</i>	<b>Mâle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu et blanc +/+</b>	<b>Mâle British Shorthair</b> <b>Bleu +/+</b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu et blanc +/+</b>
	<b>Femelle</b> <b>British Shorthair Bleu</b> <b>crème et blanc +/+</b>	<b>Mâle Chartreux</b> <b>Bleu +/+</b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc +/+</b>

### R: HIGHLAND FOLD mâle tabby bleu et blanc

<b>Mâle</b> <b>British Shorthair *</b> <b>Tabby bleu et blanc</b> <i>+/+</i>	<b>Mâle</b> <b>Scottish Fold</b> <b>Tabby crème <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle British Shorthair</b> <b>Noir +/+</b>
		<b>Femelle Highland Fold</b> <b>Bleu crème <i>Fd/+</i></b>
	<b>Femelle</b> <b>British Shorthair</b> <b>Bleu crème / blanc +/+</b>	<b>Mâle Highland Fold</b> <b>Blanc <i>Fd/+</i></b>
		<b>Femelle British Shorthair</b> <b>Bleu crème et blanc +/+</b>
<b>Femelle</b> <b>Highland Fold</b> <b>Noir</b> <i>Fd/+</i>	<b>Mâle</b> <b>Scottish Fold</b> <b>Noir <i>Fd/+</i></b>	<b>Mâle Persan</b> <b>Noir +/+</b>
		<b>Femelle Scottish Fold</b> <b>Noir et blanc <i>Fd/+</i></b>
	<b>Femelle</b> <b>Chartreux</b> <b>Bleu +/+</b>	<b>Mâle Chartreux</b> <b>Bleu +/+</b>
		<b>Femelle Chartreux</b> <b>Bleu +/+</b>

- la dénomination « British Shorthair » est celle indiquée sur le pedigree. Cet animal est en fait un « Scottish Straight »

ANNEXE 4 (SUITE)

S: SCOTTISH FOLD mâle noir « doré » tabby tacheté

Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Crème argenté tabby Tacheté <i>Fd /+</i>	Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>
		Femelle British Shorthair Ecaille tortue ombrée <i>+/+</i>
	Femelle Exotic Shorthair Bleu <i>+/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Persan Blanc <i>+/+</i>
Femelle Exotic Shorthair Noir « doré » tabby tacheté <i>+/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Noir « doré » tabby tacheté <i>+/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Chinchilla noir argenté <i>+/+</i>
		Femelle Exotic Shorthair n Noir «doré» tacheté <i>+/+</i>
	Femelle Exotic Shorthair Noir «doré» ombré <i>+/+</i>	Mâle Persan Noir «doré» ombré <i>+/+</i>
		Femelle Exotic Shorthair Noir «doré» ombré <i>+/+/+/+</i>

T: SCOTTISH FOLD femelle orange

Mâle Scottish Fold Tabby crème <i>Fd/+</i>	Mâle British Shorthair Noir <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Noir <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu crème <i>+/+</i>
	Femelle Highland Fold Bleu crème <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>	Mâle Scottish Fold Tabby orange <i>Fd/+</i>
		Femelle Scottish Fold Ecaille tortue / blanc <i>Fd/+</i>
Femelle British Shorthair <i>+/+</i>	Mâle Non communiqué	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué
	Femelle Non communiqué	Mâle Non communiqué
		Femelle Non communiqué



## ANNEXE 4 (SUITE)

### U: SCOTTISH FOLD femelle bleu crème

Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu crème <i>+/+</i>
	Femelle Highland Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Scottish Fold Bleu crème <i>Fd/+</i>
Femelle Scottish Fold Bleu crème et blanc <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Arlequin bleu /blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>	Mâle Scottish Fold chinchil -la tabby roux / blanc <i>Fd/+</i>
		Femelle Scottish Fold Bleue et blanc <i>Fd/+</i>
	Femelle British <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Crème <i>+/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i>

### V: SCOTTISH FOLD femelle bleu et blanc

Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
	Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
Femelle Scottish Fold Bleu crème tabby blanc <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Tabby argenté blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>	Mâle Scottish Fold tabby ar -genté blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>
		Femelle Scottish Fold Ecaïl -le et blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>
	Femelle British Shorthair Chinchilla bleu crème tabby tâcheté <i>+/+</i>	Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Cymric Chinchilla roux <i>+/+</i>

ANNEXE 4 (SUITE)

W: SCOTTISH FOLD mâle bleu

Mâle British Shorthair Lilac +/-	Mâle British Shorthair Lilac +/-	Mâle British Shorthair Noir +/-
		Femelle British Shorthair Lilac +/-
	Femelle British Shorthair Lilac +/-	Mâle Persan <i>Colour point seal point</i> +/-
		Femelle British Shorthair +/-
Femelle Scottish Fold Blanc <i>Fd/+</i>	Mâle British Shorthair Blanc +/-	Mâle Chartreux Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Blanc +/-
	Femelle Scottish Fold Bleu crème <i>Fd/+</i>	Mâle Chartreux Bleu +/-
		Femelle Scottish Fold Bleu crème et blanc <i>Fd/+</i>

X: SCOTTISH STRAIGHT mâle blanc

Mâle Scottish Fold Blanc <i>Fd/+</i>	Mâle British Shorthair Blanc +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-
		Femelle British Shorthair Blanc +/-
	Femelle Scottish Fold Ecaille et blanc <i>Fd/+</i> ou <i>Fd/Fd</i>	Mâle Scottish Fold Roux et blanc <i>Fd/+</i>
		Femelle Scottish Fold Ecaille et blanc <i>Fd/+</i>
Femelle British Shorthair Bleu crème +/-	Mâle British Shorthair Bleu +/-	Mâle British Shorthair Crème +/-
		Femelle British Shorthair Bleu +/-
	Femelle British Shorthair Bleu crème +/-	Mâle British Shorthair Crème +/-
		Femelle British Shorthair Bleu crème +/-

## ANNEXE 4 (SUITE)

### Y: HIGHLAND STRAIGHT femelle bleu

Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold tabby crème/argenté <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold Bleu <i>Fd/+</i>
		Femelle British Shorthair <i>+/+</i>
	Femelle Exotic Shorthair Bleu <i>+/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Bleu <i>+/+</i>
		Femelle Persan Blanc <i>+/+</i>
Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Lilas <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Lilas <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Chocolat <i>+/+</i>
	Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Bleu <i>+/+</i>

### Z: SCOTTISH STRAIGHT femelle tabby argenté rayé

Mâle Scottish Fold Tabby tâcheté <i>Fd/+</i>	Mâle Exotic Shorthair Argenté ombré <i>+/+</i>	Mâle Persan Argenté ombré <i>+/+</i>
		Femelle Exotic Shorthair Orange ombré <i>+/+</i>
	Femelle Scottish Fold Tabby tâcheté <i>Fd/+</i>	Mâle Scottish Fold <i>Fd/+</i>
		Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i>
Femelle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>	Mâle Persan Chinchilla <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>
	Femelle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>	Mâle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>
		Femelle British Shorthair Chinchilla noir <i>+/+</i>

ANNEXE 4 (SUITE)

A': SCOTTISH STRAIGHT mâle tabby crème et blanc

<p>Mâle Highland Fold Tabby bleu et blanc <i>Fd/+</i></p>	<p>Mâle British Shorthair * Tabby bleu / blanc <i>+/+</i></p>	<p>Mâle Scottish Fold Tabby crème <i>Fd/+</i></p>
		<p>Femelle British Shorthair Bleu crème et blanc <i>+/+</i></p>
	<p>Femelle Highland Fold Noir <i>Fd/+</i></p>	<p>Mâle Scottish Fold Noir <i>Fd/+</i></p>
		<p>Femelle Chartreux Bleu <i>+/+</i></p>
<p>Femelle British Shorthair Bleu crème et blanc <i>+/+</i></p>	<p>Mâle British Shorthair Bleu et blanc <i>+/+</i></p>	<p>Mâle British Shorthair Bleu <i>+/+</i></p>
		<p>Femelle British Shorthair Bleu et blanc <i>+/+</i></p>
	<p>Femelle British Shorthair Bleu crème et blanc <i>+/+</i></p>	<p>Mâle Chartreux Bleu <i>+/+</i></p>
		<p>Femelle British Shorthair Bleu crème et blanc <i>+/+</i></p>

\* la dénomination « British Shorthair » est celle indiquée sur le pedigree. Cet animal est en fait un « Scottish Straight »

## ANNEXE 5

### Répartition et gravité des lésions sur les quatre membres et la queue chez les chats de race British Shorthair

	Antérieur Gauche		Antérieur Droit		Postérieur Gauche		Postérieur Droit		Queue
	carpe	mt-cp-ph	carpe	mt-cp-ph	tarse	mt-trs-ph	tarse	mt-trs-ph	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mineure	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Très grave	0	0	0	0	0	0	0	0	0

mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne

mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

# : anomalie ostéo-articulaire mineure

## : anomalie ostéo-articulaire modérée

### : anomalie ostéo-articulaire grave

#### : anomalie ostéo-articulaire très grave

## ANNEXE 6

Répartition et gravité des lésions sur les quatre membres et la queue chez les chats de race  
« Scottish Straight »

	Antérieur Gauche		Antérieur Droit		Postérieur Gauche		Postérieur Droit		Queue
	carpe	mt-cp-ph	carpe	mt-cp-ph	tarse	mt-cp-ph	tarse	mt-trs-ph	
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A'	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mineure	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Très grave	0	0	0	0	0	0	0	0	0

mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne

mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

# : anomalie ostéo-articulaire mineure

## : anomalie ostéo-articulaire modérée

### : anomalie ostéo-articulaire grave

#### : anomalie ostéo-articulaire très grave

## ANNEXE 7

Répartition et gravité des lésions sur les quatre membres et la queue chez les chats de race  
Scottish Fold sans anomalie clinique

	Antérieur Gauche		Antérieur Droit		Postérieur Gauche		Postérieur Droit		Queue
	carpe	mt-cp-ph	carpe	mt-cp-ph	tarse	mt-trs-ph	tarse	mt-trs-ph	
H	#	0	#	0	#	#	0	#	#
I	#	0	#	#	#	0	#	0	0
J	0	0	#	#	#	#	#	#	##
K	#	0	#	0	#	0	##	0	#
L	#	#	#	#	#	0	#	0	0
M	0	0	0	#	#	#	#	#	###
N	##	###	##	###	##	###	##	###	###
O	0	?	0	#	0	0	0	0	#
P	##	##	##	##	#	###	##	###	##
Q	0	0	#	?	#	?	#	?	0
R	0	?	0	#	#	?	#	?	#
S	#	#	#	#	##	##	##	##	##
T	0	0	0	0	0	0	0	0	#
Total	7	4 et 2 ?	9	9 et 1 ?	11	6 et 2 ?	10	6 et 2 ?	10

Mineure	5	2	7	7	9	3	6	3	5
Modérée	2	1	2	1	2	1	3	1	3
Grave	0	1	0	1	0	2	1	1	2
Très grave	0	0	0	0	0	0	0	1	0

mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne      ? clichés ininterprétables  
mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

# : anomalie ostéo-articulaire mineure  
## : anomalie ostéo-articulaire modérée

### : anomalie ostéo-articulaire grave  
#### : anomalie ostéo-articulaire très grave

## ANNEXE 8

### Répartition et gravité des lésions sur les quatre membres et la queue chez les chats de race Scottish Fold avec des anomalies cliniques

	Antérieur Gauche		Antérieur Droit		Postérieur Gauche		Postérieur Droit		Queue
	carpe	mt-cp-ph	carpe	mt-cp-ph	tarse	mt-trs-ph	tarse	mt-trs-ph	
U	###	###	##	####	####	####	####	####	###
V	0	#	#	0	#	#	###	###	###
W	###	###	###	###	####	####	####	####	##
Total	2	3	3	2	3	3	3	3	3

Mineure	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Modérée	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Grave	2	2	1	1	0	0	1	1	1
Très grave	0	0	0	1	2	2	2	2	1

mt-cp-ph : articulation métacarpo-phalangienne

mt-trs-ph : articulation métatarso-phalangienne

# : anomalie ostéo-articulaire mineure

## : anomalie ostéo-articulaire modérée

### : anomalie ostéo-articulaire grave

#### : anomalie ostéo-articulaire très grave





## BIBLIOGRAPHIE

Allan G.S. (2000). Radiographic Features of Feline Joint Diseases. *Vet Clinics of North America: Small Animal Practice*, 30(2): 281-302.

Barone R. (1986). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 ostéologie, troisième édition Vigot Frères, 49-77.

Bellon V. (1998). Les races félines caractérisées par une particularité du squelette ou des cartilages : Manx, Scottish Fold, American Curl, Bobtail japonais, Munchkin cat. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Alfort.

Bernot A. (1996). L'analyse des génomes – Cartographie, séquençage, identification des gènes. Ed. Nathan, 128 pages.

Bossé P. (2000). Pathologie liée à la sélection sur l'esthétique, *in* Actualités sur les maladies génétiques du chat, éditeur Société Française de Félinotechnie, 87-102.

Dyte C.E. and Turner P. (1969). Preliminary note on the inheritance of folded ears in the domestic cat. *Carnivore Genetic Newsletter*, 1(16), 125-126.

Dyte C.E. and Turner P. (1973). Further data on folded ears cats. *Carnivore Genetic Newsletter*, 2(5), 112.

Feingold J., Fellous M. et Solignac M. (1998). Principes de génétique humaine. Ed. Hermann.

Fontaine J.J. (1993). Cours d'histologie. Unité pédagogique d'histologie-anatomie pathologique, fascicule 7, les tissus squelettiques, les tissus nerveux, le tissu musculaire strié.

Jackson O.F.(1975). Congenital bone lesions in cats with folded-ears. *The Bulletin of Feline Advisory Bureau*. 14(4): 2-4.

Malik R., Allan G.S., Howlett C.R., Thompson D.E., James G., Mc Whirter C. and Kendall K.(1999). Osteochondrodysplasia in Scottish Fold Cats. *J. Aust. Vet*, 77(2), 85-92.

Mathews K.G., Koblik P.D., Knoeckel M.J., Pool R.R. and Fyfe J.C. (1995). Resolution of Lameness Associated with Scottish Fold Osteodystrophy Following Bilateral Osteotomies and Pantarsal Arthrodeses: A Case Report. *JAAHA*, 31, 280-288.

Partington B.P., Williams J.F., Pechman R.D., Beach R.T. (1996). What is your diagnosis? (Osteodystrophy in a kitten), *J Am Vet Med Ass*, 209 (7), 1235-1236.

Soriano B. (1997). Le Scottish Fold. *Atout chat P.B. éditions*, 13-109.

Todd N.B. (1972). Folded-eared cats: further observations. *Carnivore Genetic Newsletter*, 2(3), 64-65.

# CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PHENOTYPE CHEZ LE SCOTTISH FOLD

NOM et PRENOM : BALANDRAUD-BERNEZ Virginie

## RESUME :

La mutation génétique, « *folded ear* », responsable de la pliure des oreilles vers l'avant chez les chats de race Scottish Fold, est autosomique dominante. Les sujets porteurs de ce gène développent à des degrés divers des anomalies ostéo-articulaires sur les extrémités distales des membres et sur la queue. Elles correspondent à une ostéochondrodysplasie et sont décelables aux examens clinique et radiographique.

Dans les années soixante-dix, des scientifiques ont montré que ces anomalies osseuses sont toujours présentes chez les individus homozygotes pour le gène « *folded ear* » ce qui a conduit à interdire les mariages entre deux chats à oreilles pliées. Récemment, ces lésions ont également été suspectées sur des individus hétérozygotes.

Notre étude, destinée à dresser un bilan dans les élevages français de race Scottish Fold, est basée sur une étude parallèle de pedigrees et de clichés radiographiques sur des chats Scottish Fold, « Scottish Straight » et British Shorthair. Elle confirme que les chats de race Scottish Fold hétérozygotes ont des anomalies ostéo-articulaires de gravité variable et décelables à l'examen radiographique. Aucun des seize chats Scottish Fold examinés n'était indemne d'anomalie radiographique ostéo-articulaires.

Le gène « *folded ear* » semble déterminant dans la présence de l'ostéochondrodysplasie chez les chats Scottish Fold.

La présence de polygènes et ou de QTLs délétères aggravants n'a pu être clairement démontrée dans cette étude. Ainsi, la cause de la variabilité des lésions et des troubles locomoteurs observée chez les Scottish Fold hétérozygotes reste à expliquer.

Mots-Clés : Scottish Fold, Scottish Straight, hétérozygotes, ostéochondrodysplasie, radiographies, affections héréditaires.

## JURY :

Président : Professeur

Directeur : Professeur P. BOSSE

Assesseur : Professeur D. BEGON

Invitée : Mme DONSIMONI

## Adresse l'auteur :

Mme BALANDRAUD-BERNEZ Virginie  
11 rue de Sainte Suzanne  
53600 EVRON

# CONTRIBUTION TO THE STUDY OF PHENOTYPE IN SCOTTISH FOLD

NAME and SURNAME : BALANDRAUD-BERNEZ Virginie

## SUMMARY :

The genetic mutation, “folded ear”, responsible for folded ear in Scottish Fold cats is caused by an autosomal-dominant inherited trait. “Folded ear” cats have osteoarticular abnormalities, in various degrees, on the distal extremities of the members and on the tail. These lesions correspond to osteochondrodysplasia and are visible at clinical or X-ray examination.

In the seventies, scientists showed that these bone abnormalities are found in homozygous Scottish Fold. Therefore, breeding between two Scottish Fold is forbidden. Recently, data suggest that these lesions also exist in heterozygous Scottish Fold cats.

In this study, we investigated the relation between the radiologic lesions and the genetic background of cats in French Scottish Fold breeding. Therefore, X-rays and pedigrees of Scottish Fold, “Scottish Straight” and British Shorthair were analysed. Data show that radiologic bone abnormalities are present in heterozygous Scottish Fold cats. None of the sixteen Scottish Fold cats are free of radiologic lesions.

Folded ear mutation seems determinant in osteochondrodysplasia in Scottish Fold cats.

The presence of “polygenes” and/or QTLs that increase the expression of the disease could not shown in this study. Therefore, the origin of the variability of the lesions and the locomotion problems observed in Scottish Fold cats remains to be elucidated.

Key Words : Scottish Fold, Scottish Straight, heterozygous, ostéochondrodysplasia, X ray, Hereditary Diseases.

## JURY :

Président : Professeur  
Director : Professeur P. BOSSE  
Assessor : Professeur D. BEGON  
Guest : Mme Donsimoni

## Author's Address :

Mrs BALANDRAUD-BERNEZ Virginie  
11 rue de Sainte Suzanne  
53600 EVRON