

## Standards, Santé et Génétique chez le Chien CHAPITRE II - SANTÉ ET GÉNÉTIQUE

Liens entre la génétique, les pratiques de sélection et la santé des chiens

### Grégoire Leroy

Maître de Conférences INRA/AgroParisTech, Dr.

*Lecturer INRA/AgroParisTech - Dr.*

UMR 1313 INRA/AgroParisTech - Génétique Animale et Biologie Intégrative

UFR Génétique, Elevage et Reproduction

AgroParisTech - 16 rue Claude Bernard - 75231 PARIS - Cedex05 (France)

INRA - Domaine de Vilvert - Bâtiment 211, 78352 JOUY-EN-JOSAS Cedex (France)

[gregoire.leroy@agroparistech.fr](mailto:gregoire.leroy@agroparistech.fr)

**Résumé** - Au sein de ce chapitre, nous nous intéressons aux spécificités de l'élevage et de la sélection du chien, afin de mieux comprendre en quoi ces pratiques impactent la santé des races. La sélection au sein de l'espèce est caractérisée par un élevage essentiellement en race pure, des objectifs de sélection généralement orientés vers la conformation au standard, des animaux avec un suivi vétérinaire conséquent, une sélection souvent empirique utilisant un petit nombre de reproducteurs, et de manière plus ponctuelle l'usage de pratiques telles que les accouplements entre proches apparentés.

Ces pratiques peuvent avoir différentes conséquences, directes ou indirectes, sur la santé des races. On notera principalement les impacts que peut avoir sur la santé la sélection sur la morphologie (hypertypes...), et les phénomènes de dérives génétiques, liés à une base de sélection réduite, menant notamment à la diffusion d'affections héréditaires. Face à ces problèmes récurrents, il est important, pour les clubs et éleveurs désireux d'améliorer la santé de leurs races, d'adapter leurs pratiques et de disposer d'outils adéquats, notamment en termes de stratégies d'élevage et de diagnostics.

**Mots-clés** : Chien, Génétique, Affections héréditaires, Consanguinité, Élevage.

## INTRODUCTION

Après avoir rappelé les liens entre le standard et la notion même de race, et avant d'aborder plus dans le détail certains problèmes de santé que connaissent nos populations canines, il apparaît important d'aborder la question de la sélection et comment elle est gérée chez le chien. Plus précisément, après un bref rappel historique sur la manière dont les populations canines se sont différenciées au travers des siècles, nous nous intéresserons aux pratiques d'élevage qui caractérisent la cynophilie actuelle. Nous étudierons en quoi ces pratiques impactent la santé des races, et nous discuterons de pistes de réflexions pour améliorer celle-ci.

## QUELQUES RAPPELS HISTORIQUES

Jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, les modalités de sélection sont essentiellement guidées par l'empirisme. Ainsi d'Yauville (1788) déconseille dans son traité de vénerie de faire reproduire des chiens atteints de défauts naturels tels que l'épilepsie et note que « si le chien ou la lice sont aveugles par accident, on n'a rien à craindre pour la portée ».

Ce n'est cependant qu'au XIX<sup>e</sup> siècle qu'apparaissent les bases de ce qui constituera la cynophilie actuelle, avec les premières expositions canines, le développement des standards, et la formation des livres généalogiques, allant de pair avec le concept de race pure. Dans la plupart des cas, les races ont été formées à partir d'un petit nombre d'individus fondateurs, ce qui a accru les phénomènes de dérive génétique au sein de ses dernières (voir plus loin). En cela, les éleveurs de chiens s'inspirent des premières expériences de sélection sur les espèces de production, notamment en ovin et en bovin

(Russel, 1986). En conséquence, la différenciation phénotypique des populations canines va être accrue, avec un développement croissant de nouvelles races.

Au cours du XXe siècle les espèces de production vont voir leur sélection rationalisée, avec la mise en place de programmes visant à améliorer la productivité des animaux, à partir de caractères de type quantitatif (production laitière, croissance, prolificité). **Chez les animaux de compagnie en revanche, les objectifs de sélection restent orientés autour de la conformation au standard ou des traits comportementaux**, ces derniers caractères étant difficiles à sélectionner du fait d'une héritabilité généralement faible. L'organisation de la sélection est aussi restée essentiellement aux mains d'amateurs passionnés, par contraste avec les espèces de production. En cela, la cynophilie actuelle n'a que peu évolué et reste donc l'héritière de l'organisation des pratiques d'élevage mises en place au XIXe siècle.

## LES CARACTÉRISTIQUES DE LA SÉLECTION CANINE

À l'heure actuelle, les grandes lois de l'hérédité sont généralement bien intégrées par les éleveurs de chiens. L'organisation, généralement collective, et les principes restent les mêmes que pour les autres espèces domestiques, il existe de nombreuses similarités particulièrement avec les mammifères d'agrément (chat et cheval notamment) et dans une moindre mesure avec les ruminants. La sélection canine reste caractérisée par un certain nombre de pratiques, plus ou moins spécifiques de celle-ci, comme nous allons le voir.

### Une sélection en race pure

Plus que dans n'importe quelle autre espèce domestique, la sélection en race pure reste un paradigme chez le chien, qui impacte de manière inhérente la structure génétique de l'espèce (Leroy, 2015). En France par exemple, les inscriptions au livre d'attente (pour les 21 races au livre fermé) ou à titre initial (pour les races au livre ouvert) ne correspondaient qu'à 0,3% des naissances en 2015 (Leroy, 2016). À l'échelle de la FCI (FCI, 2015), des directives récentes autorisent les croisements seulement entre variétés de couleur, de taille ou de longueur de poil. Enfin on notera quelques initiatives, telles que celles du Kennel Club Finlandais (FKK, 2014 ; Maki, 2015), recourant à des croisements de retrempe en général dans le but d'améliorer la variabilité génétique au sein de races à petits effectifs.

À titre de comparaison, les croisements entre races sont une pratique courante dans les autres espèces domestiques, que cela soit chez les chats (Leroy *et al.*, 2014), les chevaux (Piraut, 2013) ou les bovins (Lauvie *et al.*, 2008). Il convient cependant de noter qu'au sein de ces espèces, les situations sont contrastées en fonction des races, certaines restant gérées de manière fermée, d'autres étant soumises à des croisements récurrents.

### Des objectifs de sélection essentiellement liés au standard

Quoique le chien ait été sélectionné au cours de son histoire pour une large diversité d'utilisations, ce dernier est désormais avant tout utilisé pour la compagnie qu'il offre. La morphologie et la conformité au standard sont désormais le principal objectif de sélection pour les éleveurs : en 2007, une enquête auprès de 985 producteurs français montrait que la morphologie était le principal objectif de sélection, devant le comportement, la santé et les aptitudes au travail, avec néanmoins des différences en fonction des groupes raciaux (Leroy *et al.*, 2007).

On pourrait croire, au premier abord, que la sélection sur un standard de race ne va avoir que peu de conséquences sur l'évolution morphologique de celle-ci ; l'expérience a montré qu'il n'en est rien. Au cours des décennies, les standards et leur interprétation par les éleveurs, juges et clubs, ont pu largement évoluer (Fondon *et al.*, 2004). Ainsi l'étude de Drake *et al.* (2008) a illustré l'évolution continue du crâne des Saint-Bernard au cours des 120 dernières années, avec notamment un élargissement du crâne et une diminution de la taille du museau. Et lorsque, en conséquence de différents effets de mode, on s'est mis à produire des phénotypes miniatures dont les caractéristiques sortaient des limites du

standard, de nouvelles races et variétés ont ainsi été développées. De telles évolutions ne sont cependant pas anodines pour la santé des races, comme nous le verrons plus tard.

### **Des animaux fortement médicalisés**

De par la proximité affective qu'entretiennent les animaux de compagnie avec l'homme, les chiens de race ont souvent un suivi vétérinaire conséquent, ce qui peut avoir des conséquences en termes de reproduction et de sélection. Le développement de la médecine vétérinaire permet à des individus, qui en d'autres circonstances auraient été incapables de survivre ou de se reproduire, de produire des descendants, si l'éleveur les considère comme intéressants pour la sélection. Or si les problèmes de santé de ces animaux ont une composante génétique, il est fort probable que ceux-ci seront transmis en conséquence.

### **Une sélection utilisant un nombre limité de reproducteurs**

Toute sélection, artificielle ou naturelle, passe par la restriction de la base de reproduction, en lien pour les animaux domestiques, avec le choix par l'éleveur des animaux amenés à reproduire. La sélection va être d'autant plus intense que le nombre de reproducteurs, mâles et femelles, employés pour produire la génération suivante, va être réduit. À ce titre, une pratique commune chez les animaux domestiques consiste à n'employer qu'un petit nombre d'étalons considérés comme améliorateurs, ces derniers pouvant produire au cours de leur carrière un nombre très important de descendants par rapport aux femelles.

À titre d'exemple, le développement de l'insémination artificielle chez les bovins a permis à certains taureaux de produire des centaines de milliers de descendants au cours de leur carrière (Funk, 2006). Bien que cette technologie soit moins développée chez le chien, du fait de la prolificité de l'espèce, **le nombre de descendants produits par certains étalons peut dépasser les 2000 chiots** (Calboli *et al.*, 2008 ; Taubert *et al.*, 2007). En Golden Retriever, Calboli *et al.* (2008) avaient estimé que 10% des étalons anglais produisaient plus de 100 chiots au cours de leur carrière. En 2010, la FCI émettait au sein de ses recommandations qu'un étalon ne devrait pas produire un nombre de chiots supérieur à 5% du nombre total de chiots enregistrés sur une période de 5 ans pour la race (FCI, 2010). Il est cependant difficile d'évaluer les conséquences pratiques de ces recommandations.

### **Une sélection qui reste essentiellement empirique**

Comme il l'a été indiqué précédemment, en contraste avec les espèces de production, il n'existe pas vraiment d'objectif de sélection quantitatif chez le chien. De plus, du fait que la sélection est traditionnellement vue comme une passion, sans conséquence financière à l'échelle de la race, il n'existe généralement pas de schéma de sélection rationalisé, et les programmes sont rarement contraignants pour les éleveurs. En fonction des pays et des clubs, il peut exister ou non des contraintes de mise à la reproduction sur la base de critères de morphologie ou de santé (par exemple l'examen de confirmation en France), et les éleveurs sont en général libres de choisir leurs reproducteurs dans un pool d'animaux relativement large. Pour cela, l'analyse des pedigrees, l'examen du reproducteur et de ses descendants, les résultats en concours et la réputation de l'éleveur vont jouer sur le choix du reproducteur (Leroy *et al.*, 2007). La sélection effectuée par les éleveurs reste donc relativement libre et essentiellement empirique.

Cette situation est cependant en train d'évoluer avec le développement d'un nombre croissant de tests de santé, cliniques, moléculaires, voire quantitatifs. La problématique croissante de la santé des races impose aux éleveurs de sélectionner dans la direction d'une meilleure santé de leurs races. Dans le cas des tests cliniques et moléculaires, se pose la question de la prise en compte de caractères de déterminisme simple, (en général en lien avec le fait que les chiens soient porteurs ou atteints d'une affection héréditaire), dans les choix des éleveurs et les contraintes éventuellement imposées par les clubs. **Pour des affections de déterminisme plus complexes (notamment la dysplasie de la hanche), plusieurs Kennel Clubs (notamment anglais et suédois) ont récemment mis en place des évaluations génétiques quantitatives** permettant d'évaluer le niveau génétique d'atteinte d'un chien

(Fikse *et al.*, 2013 ; Asnaghi, 2016), ce qui offre des perspectives importantes en termes d'objectivisation de la sélection.

### **L'utilisation de la consanguinité**

La dernière pratique d'importance pour l'espèce canine, que l'on retrouve chez d'autres espèces de compagnie comme le chat (Leroy *et al.*, 2014a), concerne l'utilisation de la consanguinité, notamment proche, comme pratique de sélection. Dans une étude effectuée sur sept races de chiens élevées en France (Leroy *et al.*, 2014b), il avait été estimé que dans près de 5 % des portées, le coefficient de consanguinité mesuré était supérieur à 12,5 % (équivalent à un accouplement entre demi-frère/soeur). L'ampleur de la pratique est cependant sujette à des variations en fonction des races et des pays (Wang *et al.*, 2016). La raison pour laquelle les éleveurs de chiens utilisent la consanguinité est probablement en lien avec l'objectif d'accroître, dans les origines d'un individu, l'influence d'un ancêtre considéré comme améliorateur, avec pour objectif de se rapprocher du phénotype idéal.

### **IMPACTS DES PRATIQUES D'ÉLEVAGE SUR LA SANTÉ DES RACES**

Au cours des dernières années, des éleveurs, propriétaires et certains médias ont fait part d'une inquiétude croissante à propos des conséquences de la sélection sur la santé du chien de race, à l'image du reportage de la BBC *Pedigree Dogs Exposed* (2008). Le chien est en effet, la deuxième espèce en termes de nombre de maladies génétiques identifiées après l'homme, avec plusieurs centaines d'affections génétiques répertoriées (OMIA, 2016). Quoique ce résultat ne soit pas indépendant du fait que l'espèce soit fortement médicalisée, tel qu'évoqué plus haut, de nombreuses affections sont spécifiques de certaines races, et il a souvent été suggéré que les animaux croisés étaient en meilleure santé que les chiens de race (Bellumori, 2013). Il convient en conséquence de s'interroger dans quelle mesure la sélection impacte la santé des races.

En 2009, une double étude britannique (Asher, 2009 ; Summers, 2009) a répertorié 396 affections spécifiques du chien de race, dont 84 pouvaient être liées directement ou indirectement aux standards, et 312 ne semblaient pas liées à la conformation des chiens. Cette classification en deux groupes apparaît tout à fait pertinente, dans le sens où l'on peut considérer que les pratiques de sélection chez le chien impliquent deux mécanismes différents, susceptibles d'affecter la santé des races : la sélection sur des caractéristiques phénotypiques délétères, et les phénomènes de dérive génétique liés à l'intensité de la sélection.

#### **La sélection sur des phénotypes délétères**

**La santé des chiens est intimement liée à leur morphologie.** Il suffit pour s'en rendre compte de regarder l'espérance de vie moyenne qui est de manière générale plus faible pour les races de grande taille. Mais la santé des animaux peut aussi être impactée par toute une série de caractéristiques morphologiques. Ainsi la surdité est-elle souvent associée à des couleurs de poils ou d'yeux spécifiques, les mélanocytes ayant un rôle important dans le processus d'audition. Comme l'illustre le chapitre de Gilles Chaudieu consacré à l'ophtalmologie (Chaudieu, 2017), certaines lésions oculaires sont liées aux caractères morphologiques généraux ou exagérés de certaines races. Un autre exemple récent (Packer *et al.*, 2015) concerne le syndrome obstructif des chiens brachyc phales (*Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome*, BOAS) dont l'expression s'est avérée largement corrélée au rapport longueur du museau / longueur du crâne des animaux. Au-dessus d'un rapport de 0,5, aucun des 700 individus de l'étude n'est apparu affecté, le risque augmentant drastiquement en dessous de 0,2, avec plus de la moitié des individus de l'étude affectés.

Or au cours des cent dernières années, les morphologies des animaux ont pu largement évoluer pour suivre certaines tendances. Des animaux hypertyp s, c'est-à-dire exprimant à l'extrême les caractéristiques phénotypiques propres à leur race, ont pu être considérés par les juges, clubs et éleveurs comme améliorateurs, et être largement utilisés comme reproducteurs. Chez les brachyc phales, la tendance au raccourcissement du museau, pour produire des animaux ressemblant

aux illustrations de bandes dessinées, a probablement considérablement augmenté l'ampleur de problèmes de santé tel que le BOAS. Les relations qui peuvent exister entre la santé et l'importance prépondérante donnée au phénotype au sein des objectifs de sélection chez les races canines ont pu donc largement impacter le bien-être de ces dernières. À cela s'ajoute le fait que la possibilité de soigner certains syndromes a permis la reproduction de chiens dont la santé était compromise par leur morphologie.

### **Phénomènes de dérive génétique**

**Les pertes de variabilité génétique et l'augmentation de la consanguinité sont souvent vues comme le second versant des problèmes de santé des chiens de race.** Pour l'essentiel, ce problème est d'abord lié à des phénomènes de dérive génétique, c'est-à-dire à une fluctuation aléatoire des fréquences alléliques, fluctuation qui va être d'autant plus importante que les bases de reproduction (le nombre de reproducteurs) sont faibles au sein de la population. En lien avec cette dérive, un allèle donné, par exemple un allèle d'expression récessive codant pour une maladie, pourrait voir sa fréquence augmenter soudainement au sein de la population. Dans les faits, cet événement arrive fréquemment avec la surutilisation d'un reproducteur donné qui va diffuser massivement les allèles dont il est porteur. Dans le cas d'une maladie d'expression récessive, qui constitue le déterminisme le plus courant chez le chien, le reproducteur lui-même n'exprimera pas la maladie. Ce n'est que quelques générations après, que ses descendants, ayant hérité par consanguinité de cet allèle à l'état homozygote, exprimeront la maladie.

Dans le cas du chien, le fait d'avoir des populations fermées de taille limitée, et d'employer des reproducteurs de manière intensive est bien illustré par les effectifs efficaces limités que l'on a pu calculer au sein des races canines. Ces effectifs efficaces, qui correspondent à une population fictive suivant la même tendance en termes de dérive génétique que la population étudiée, dépassent rarement 100 à 200 individus, y compris pour des races enregistrant plus d'un millier de naissances par an, comme l'illustre la figure a. (*next page*)



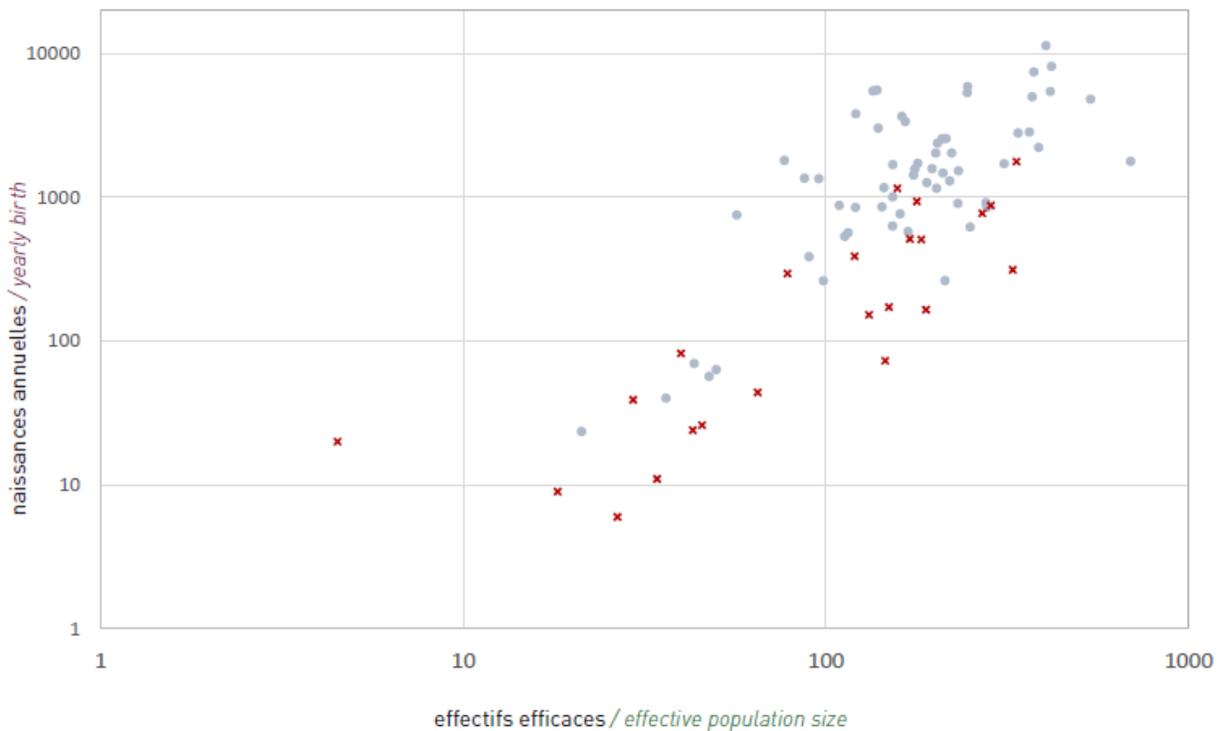


Fig a. Nombre de naissances annuelles et effectifs efficaces estimés sur 60 races françaises (•) et 21 races belges (x) (D'après Leroy *et al.*, 2013 et Wijnroxc *et al.*, 2016) / Number of births per year and effective population size estimated for 60 French breeds (•) and 21 Belgian breeds (x) (from Leroy *et al.*, 2013 and Wijnroxc *et al.*, 2016)

Pour certaines races, les effectifs efficaces ne dépassent pas 100 individus, ce qui témoigne de la variabilité génétique limitée au sein de ces populations.

**La faiblesse des bases génétiques, ainsi que, dans une moindre mesure, la pratique de la consanguinité ont probablement largement contribué à la diffusion**

**d'affections génétiques via la dérive génétique.** Les mécanismes de diffusion fonctionnent de la même manière pour des affections au déterminisme plus complexe. Pour des allèles dont les effets délétères sont limités, ce n'est que par l'accumulation des effets exprimés par consanguinité que l'on peut mesurer ce qu'on appelle la dépression de consanguinité. Chez le chien, il a pu être montré que pour l'Épagneul breton ou le Berger Allemand notamment, entre les chiens avec des coefficients de consanguinité inférieurs à 6,25% et ceux avec des coefficients de consanguinité supérieurs à 12,5%, on observait, du fait de la dépression de consanguinité, une diminution moyenne de longévité de plus d'une année (Leroy *et al.*, 2014b).

## Discussion

À partir du diagnostic qui a été établi au cours de ce chapitre, il convient de s'interroger sur les solutions qui peuvent être apportées aux problèmes que rencontre le chien de race à l'heure actuelle. Celles-ci pourraient être de plusieurs ordres.

D'une part, **il apparaît vital que les objectifs de sélection soient réorientés de manière à donner un poids plus important à la santé des chiens**. Il est assez clair que la volonté, inconsciente ou non, de produire des chiens de plus en plus hypertypés, au mépris de leur bien-être, a causé des dommages conséquents et parfois irrémédiables, à nombre de races canines. Ceci passe par une volonté politique de la part des clubs et une sensibilisation des éleveurs à la problématique de la santé des animaux.

D'autre part, il apparaît important que les acteurs de la cynophilie envisagent d'adapter leurs pratiques de manière à limiter les conséquences que celles-ci pourraient avoir sur la santé des races. En cela il conviendrait d'ouvrir les bases de sélection à un nombre plus important de reproducteurs, d'envisager si nécessaire le recours au croisement, et de décourager l'usage de la consanguinité, comme le font la plupart des Kennels Clubs Scandinaves.

L'adaptation des pratiques d'élevage passe par la mise en place de politiques d'élevage et de schémas de sélection permettant d'orienter la sélection que font les éleveurs vers l'amélioration de la santé de leur race. Ceci peut amener à la mise en place de mesures, parfois contraignantes dans le choix des reproducteurs. **Dans le contexte d'une sélection vue comme une passion et un hobby, il convient d'être pédagogique et de bien expliquer les choix nécessaires sous peine de décourager un grand nombre de passionnés qui font de la cynophilie ce qu'elle est.**

Pour aider les clubs et les éleveurs à améliorer la santé des races, le développement de tests de diagnostics génétiques peut s'avérer un atout précieux. Encore faut-il bien informer les utilisateurs sur les intérêts et limites de ces tests (Abitbol, 2017), ce qui nécessite un dialogue continu entre le milieu de l'élevage, les vétérinaires et les généticiens.

## BIBLIOGRAPHIE

**Abitbol M, 2017**, Utilisation des tests génétiques chez le chien. *Standards, santé et génétique chez le Chien*.

**Asher L, Diesel G, Summers JF, McGreevy PD, Collins LM, 2009**, Inherited defects in pedigree dogs. Part 1: Disorders related to breed standards. *The Veterinary Journal*, 182(3), 402-411.

**BBC, 2008**, Pedigree Dogs Exposed. BBC.

**Bennett D, Campbell G, Timm RM, 2016**, The dogs of Roman Vindolanda: Morphometric techniques in differentiating domestic and wild canids. *Archaeofauna* 25, 79-106.

**Bellumori TP, Famula TR, Bannasch DL, Belanger JM, Oberbauer AM, 2013**, Prevalence of inherited disorders among mixed-breed and purebred dogs: 27,254 cases (1995–2010). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242(11), 1549-1555.

**Calboli FC, Sampson J, Fretwell N, Balding DJ, 2008**, Population structure and inbreeding from pedigree analysis of purebred dogs. *Genetics*, 179(1), 593-601.

**Chaudieu G, 2017**, L'ophtalmologie et la génétique chez le Chien. *Standards, santé et génétique chez le Chien*.

**Drake AG, Klingenberg CP, 2008**, The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1630), 71-76.

**FCI, 2010**, Stratégies internationales d'élevage de la FCI. [www.fci.be/medias/ELE-REG-STR-fr-452.pdf](http://www.fci.be/medias/ELE-REG-STR-fr-452.pdf)

**FCI, 2015**, Directives de la FCI (générales et propres à certaines races) pour les croisements de races et de variétés de races. [www.fci.be/medias/SCI-REG-CRO-RAC-VAR-1992.pdf](http://www.fci.be/medias/SCI-REG-CRO-RAC-VAR-1992.pdf)

**Fondon III JW, Garner HR, 2004**, Molecular origins of rapid and continuous morphological evolution. *PNAS* 101, 18058-18063.

**FKK, 2014**, Instructions for implementing and monitoring crosses between breeds. [http://dogwellnet.com/files/file/142-fkk\\_instructions-for-implementing-and-monitoring-crosses-between-breeds/?do=download&confirm=1](http://dogwellnet.com/files/file/142-fkk_instructions-for-implementing-and-monitoring-crosses-between-breeds/?do=download&confirm=1).

**Fikse WF, Malm S, Lewis TW, 2013**, Opportunities for international collaboration in dog breeding from the sharing of pedigree and health data. *The Veterinary Journal*, 197(3), 873-875.

**Funk DA, 2006**, Major advances in globalization and consolidation of the artificial insemination industry. *Journal of dairy science*, 89(4), 1362-1368.

**Lauvie A, Danchin-Burge C, Audiot A, Brives H, Casabianca F, Verrier E, 2008**, A controversy about crossbreeding in a conservation programme: The case study of the Flemish Red cattle breed. *Livestock Science*, 118(1), 113-122.

**Leroy G, Verrier E, Wisner-Bourgeois C, Rognon X, 2007**, Breeding goals and breeding practices of French dog breeders: results from a large survey. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 158(10), 496.

**Leroy G, Mary-Huard T, Verrier E, Danvy S, Charvolin E, Danchin-Burge C, 2013**, Methods to estimate effective population size using pedigree data: Examples in dog, sheep, cattle and horse. *Genetics Selection Evolution*, 45(1), 1.

**Leroy G, Vernet E, Pautet MB, Rognon X, 2014**, An insight into population structure and gene flow within purebred cats. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 131(1), 53-60.

**Leroy G, Phocas F, Hedan B, Verrier E, Rognon X, 2014**, Inbreeding impact on litter size and survival in selected canine breeds. *The Veterinary Journal*, 203(1), 74-78.

**Leroy, 2015**, When dog looks like a star: the purebred paradigm.

<http://dogwellnet.com/blogs/entry/30-when-dog-looks-like-a-star-the-purebred-paradigm/>

**Leroy, 2016**, Inscriptions au LOF 2015 en léger recul. *Centrale Canine Magazine*, 180 : 4-10.

**Mäki, 2015**, More on crossbreeding in Finland.

<http://dogwellnet.com/blogs/entry/39-more-on-crossbreeding-in-finland/>

**OMIA, 2016**, Online Mendelian Inheritance in Animals. The University of Sidney.

<http://omia.angis.org.au/home/> **Packer RM, Hendricks A, Tivers MS, Burn CC, 2015**, Impact of Facial Conformation on Canine Health: Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome. *PloS One*, 10(10), e0137496.

**Pirault P, Danvy S, Verrier E, Leroy G, 2013**, Genetic structure and gene flows within horses: a genealogical study at the french population scale. *PloS one*, 8(4), e61544.

**Summers JF, Diesel G, Asher L, McGreevy PD, Collins LM, 2010**, Inherited defects in pedigree dogs. Part 2: disorders that are not related to breed standards. *Vet J*. 183(1):39-45.

**Täubert H, Agena D, Simianer H, 2007**, Genetic analysis of racing performance in Irish greyhounds. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 124(3), 117-123.

**Wijnrocx K, François L, Stinckens A, Janssens S, Buys N, 2016**, Half of 23 Belgian dog breeds has a compromised genetic diversity, as revealed by genealogical and molecular data analysis. *Journal of Animal Breeding and Genetics*.

**Yauville J. Le Fournier d'—, 1987**, *Traité de Vénerie* [1788], P., Pygmalion.