

# REPETABILITE DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION CHEZ LA CHIENNE

---

THESE  
pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**BATAC Joanna**

Née le 31/12/1995 à BERGERAC (24)

**Directrice de thèse : Mme Sylvie CHASTANT**

---

## JURY

PRESIDENT :

**M. Xavier NOUVEL**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :

**Mme Sylvie CHASTANT**

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**M. Alain DUCOS**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITEES :

**Mme Amélie MUGNIER**

Docteur vétérinaire, Ingénieure de Recherche NeoCare

**Mme Ingrid DAVID**

Chargée de Recherches, INRAé GeoPhySE



**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

## **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*  
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*  
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mme **PRIYENKO Nathalie**, *Alimentation*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## **MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*  
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*  
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*  
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*  
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*  
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*  
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*  
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## **INGENIEURS DE RECHERCHE**

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*  
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*  
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*  
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*  
Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*  
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*  
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*  
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*  
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*  
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*  
M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*  
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*

# Remerciements

**A Monsieur le Docteur Laurent-Xavier NOUVEL,**

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Pathologie de la reproduction*

*Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,*

*Hommage respectueux.*

**À Madame le Professeur Sylvie CHASTANT,**

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Reproduction*

*Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse, pour votre bienveillance et votre accompagnement,*

*Toute l'expression de ma reconnaissance et de mes plus sincères remerciements.*

**À Monsieur le Professeur Alain Ducos,**

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Génétique animale*

*Pour avoir aimablement accepté de faire partie du jury de thèse,*

*Toute l'expression de ma reconnaissance et de mes plus sincères remerciements*

**À Madame le Docteur Amélie MUGNIER,**

Docteure vétérinaire et ingénieure de recherche au sein du centre NeoCare

*Pour avoir co-encadré ce travail, pour ta pédagogie et tes conseils,*

*Toute l'expression de ma reconnaissance et de mes plus sincères remerciements.*

**À Madame le Docteur Ingrid DAVID,**

Chargée de recherches au sein du laboratoire GenPhySE (INRAE)

*Pour avoir participé à l'élaboration des statistiques des données,*

*Toute l'expression de ma reconnaissance et de mes plus sincères remerciements.*

**À l'éleveur canin qui a rendu possible ce travail,**

*Pour le temps passé à collecter assidûment toutes ces données et pour nous avoir fait confiance dans l'exploitation de celles-ci,*

*Toute l'expression de ma reconnaissance et de mes plus sincères remerciements.*

# Table des matières

LISTE DES FIGURES .....	9
LISTE DES TABLEAUX .....	11
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	13
INTRODUCTION .....	15
I. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	19
<b>A. Collecte et saisie des données</b> .....	19
<b>B. Création de la base de travail</b> .....	19
1. Dictionnaire des variables .....	19
a) <i>Âge de la mère</i> .....	19
b) <i>Taille de portée</i> .....	19
c) <i>Moyenne des poids de naissance des chiots intra-portée</i> .....	20
d) <i>Coefficient de variation du poids de naissance intra-portée</i> .....	20
e) <i>Pourcentage intra-portée de chiots de petit poids de naissance</i> .....	20
2. Critères d'éligibilité des données .....	22
<b>C. Analyse des données</b> .....	22
1. Modèle de calcul de la répétabilité des paramètres d'intérêt .....	22
2. Formules des modèles .....	23
<b>D. Application du modèle à trois races de la base de données</b> .....	24
II. RÉSULTATS .....	25
<b>A. Population d'étude</b> .....	25
<b>B. Evaluation de la répétabilité de la taille de portée</b> .....	29
1. Analyse descriptive .....	29
2. Facteurs de variation et répétabilité .....	29
<b>C. Evaluation de la répétabilité du poids de naissance moyen</b> .....	31
1. Analyse descriptive .....	31
2. Facteurs de variation et répétabilité .....	31

<b>D. Evaluation de la répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance</b> .....	33
1. Analyse descriptive.....	33
2. Facteurs de variation et répétabilité.....	34
<b>E. Evaluation de la répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance</b> .....	36
1. Analyse descriptive.....	36
2. Facteurs de variation et répétabilité.....	37
<b>III. DISCUSSION</b> .....	39
<b>A. Limites de l'étude</b> .....	39
1. Récolte des données.....	39
2. Représentativité et fiabilité des données .....	39
3. Effectifs disponibles.....	39
<b>B. Résultats</b> .....	40
1. Taille de portée.....	40
a) <i>Population générale</i> .....	40
b) <i>Facteurs de variation de la taille de portée</i> .....	40
c) <i>Répétabilité de la taille de portée</i> .....	41
2. Poids de naissance moyen.....	44
a) <i>Population générale</i> .....	44
b) <i>Facteurs de variation du poids de naissance</i> .....	44
c) <i>Répétabilité du poids de naissance moyen</i> .....	45
3. Coefficient de variation du poids de naissance intra-portée .....	47
a) <i>Population générale</i> .....	47
b) <i>Facteurs de variation du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée</i> .....	48
c) <i>Répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance</i> .....	49
4. Pourcentage de chiots de petit poids de naissance .....	50
a) <i>Population générale</i> .....	50
b) <i>Facteurs de variation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance</i> .....	52
c) <i>Répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance</i> .....	53
<b>CONCLUSION</b> .....	55
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	57



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Définition des quartiles de poids de naissance.

Figure 2 : Modèle de calcul de la répétabilité des différents paramètres

Figure 3 : Diagramme de flux.

Figure 4 : Distribution des portées selon la race (n=732).

Figure 5 : Distribution des portées selon l'âge de la chienne à la mise bas (n=732).

Figure 6 : Âge des chiennes à la mise bas selon la race (n=183).

Figure 7 : Distribution des chiennes selon le nombre de portées incluses dans la base de données (n=183).

Figure 8 : Distribution des portées selon la taille de portée (n=732).

Figure 9 : Taille de portée selon la race de la chienne (n=732).

Figure 10 : Distribution des portées par format racial et selon le poids de naissance moyen intra-portée (n=732).

Figure 11 : Poids de naissance moyen selon la race de la chienne (n=732).

Figure 12 : Distribution des portées selon le coefficient de variation du poids de naissance (n=732).

Figure 13 : Coefficient de variation du poids de naissance selon la race de la chienne (n=732).

Figure 14 : Distribution des portées selon le pourcentage de chiots de petit poids de naissance (n=732).

Figure 15 : Pourcentage de chiots de petit poids de naissance selon la race de la chienne (n=732).



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Premier quartile des poids de naissance par race.

Tableau 2 : Distribution des effectifs de portées, chiennes et chiots selon la race

Tableau 3 : Distribution des races et effectifs de portées, de chiennes et de chiots selon le format racial.

Tableau 4 : Résultats de la modélisation de la taille de portée.

Tableau 5 : Résultats de la modélisation du poids de naissance moyen intra-portée.

Tableau 6 : Résultats de la modélisation du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée.

Tableau 7 : Résultats de la modélisation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance.

Tableau 8 : Valeurs de répétabilité de taille de portée obtenues dans d'autres espèces.

Tableau 9 : Valeurs de répétabilité du poids de naissance moyen obtenues dans d'autres espèces.

Tableau 10 : Seuils définissant le petit poids de naissance dans différentes races canines. Comparaison dans la littérature.



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

PN : Poids de naissance

PPN : Petit poids de naissance

CV : Coefficient de variation



## INTRODUCTION

Les performances de reproduction en élevage canin ont une importance à la fois dans la connaissance fondamentale de la santé animale et les performances économiques de l'élevage mais aussi dans l'optimisation du bien-être animal. Les performances de reproduction chez la chienne peuvent être décrites grâce à de nombreux paramètres parmi lesquels la prolificité et la mortalité jusqu'à deux mois d'âge (de la naissance à la vente légale des chiots).

La littérature scientifique peine à apporter des connaissances sur ce sujet car les études menées sur de larges effectifs restent peu nombreuses. La plus grande base de données constituée à ce jour concernait un peu plus de 27 000 chiennes issues d'élevages français et ayant donné naissance à pratiquement 205 000 chiens (Chastant-Maillard et al. 2017). Cette étude avait révélé que la taille de portée, toutes races confondues, s'élevait à  $5,4 \pm 2,8$  chiots, au sens du nombre total de chiots nés. La mortalité des chiots avant le sevrage, un autre facteur de performances, constitue un enjeu majeur pour l'éleveur, pour des raisons économiques d'une part et pour des considérations de bien-être animal d'autre part.

Plusieurs études ont mis en évidence que la taille de portée était influencée par de nombreux paramètres. Les auteurs s'accordent à dire que la prolificité augmente avec le gabarit de la chienne (Borge et al. 2011 ; Chastant-Maillard et al. 2017). Ces deux études ont également montré que la taille de portée était dépendante de l'âge de la chienne, suivant une relation curvilinéaire décroissante. La taille de portée serait reliée de la même façon à la parité de la chienne ; elle augmenterait entre les parités 1 et 3 puis décroîtrait (Bobic Gavrilovic 2007). La méthode d'accouplement semblerait aussi affecter la prolificité, l'accouplement naturel étant associé à de meilleures prolificités en comparaison aux inséminations artificielles en semence fraîche ou congelée (Borge et al. 2011). Plusieurs études montrent également que le coefficient de consanguinité de la mère serait négativement corrélé à la taille de portée (Urfer 2009 ; Leroy et al. 2015 ; Chu et al. 2019).

La mortalité néonatale correspond à l'ensemble des chiots nés vivants mais morts entre la naissance et le 21<sup>ème</sup> jour de vie. On distingue la mortalité néonatale précoce, ayant lieu entre la naissance et le 7<sup>ème</sup> jour de vie, de la mortalité néonatale tardive, qui s'étend du 7<sup>ème</sup> au 21<sup>ème</sup> jour de vie. D'après une étude de Nielen et al. (1998), la mortalité néonatale précoce était évaluée à 7,5% et la mortalité néonatale tardive à 2,7%. Ces taux de mortalité sont en accord les taux de mortalité néonatale

d'autres études (6,9% pour Indrebø et al. 2007 ; 9% pour Mugnier et al. 2019). La mortalité néonatale s'explique par l'effort important d'adaptation à la vie extra-utérine (Grundy 2006). Elle est donc particulièrement élevée dans la première semaine de vie (Brevaux 2018).

Le taux de mortalité néonatale pourrait être influencé par la taille de portée. Des études montrent que les grandes tailles de portées chez la truie pourraient être associées à des taux de mortalité néonatale plus élevés (Johnson et al. 1999 ; Lund et al. 2002). Chez le chien, Tønnessen et al. (2012) a mis en évidence que les grandes tailles de portée étaient associées à une mortalité néonatale plus élevée que les petites tailles de portée. Ainsi, le risque de mortalité néonatale dans la première semaine de vie augmente de 4% par chiot né dans la portée. A l'inverse, Groppetti et al. (2015) n'a pas rapporté de relation entre la taille de portée et la mortalité néonatale. Des différences dans la sélection de la population d'étude pourraient expliquer en partie les différentes conclusions de ces deux études.

Plusieurs études révèlent qu'un poids de naissance plus faible augmente les risques de mortalité néonatale (Groppetti et al. 2015 ; Mila et al. 2015 ; Mugnier et al. 2019 ; Fusi et al. 2020), ce qui pourrait être expliqué par une diminution du ratio surface corporelle / masse et donc une régulation altérée de la température centrale et de la glycémie, menant à une hypothermie et / ou hypoglycémie pouvant être fatal (Grundy 2006). La pesée des chiots à la naissance semble donc être un paramètre de prédiction peu coûteux et facile à réaliser sur le terrain. Le pesée a pour objectif de détecter rapidement les chiots à « petit poids de naissance ». Une étude de Mugnier et al. (2020) a pu établir des seuils de petits poids de naissance chez 10 races canines, calculés selon les méthodes CART (Classification and Regression Tree) et ROC (Receiving Operating Characteristics). Les chiots à petit poids de naissance ont des taux de mortalité de 8,8% contre 4,2% chez les chiots à poids de naissance normal. Une autre méthode pour définir des seuils de petit poids de naissance chez le chien serait d'utiliser le premier quartile, cette valeur délimitant les 25% des valeurs les plus faibles au sein d'une population (Gill 2001 ; Ikejiofor et al. 2016). Par ailleurs, les poids de naissance étant variables selon le format racial du chiot, il est commun de définir le premier quartile de poids de naissance selon la race ou le format racial (Mila et al. 2015).



L'hétérogénéité des poids de naissance intra-portée peut être mathématiquement représentée par le coefficient de variation des poids de naissance. Il s'agit d'un indicateur encore peu documenté dans l'espèce canine. A ce jour, très peu d'études se sont intéressées à cet indicateur chez le chien (Breaux 2018 ; Mugnier et al. 2020). Le coefficient de variation du poids de naissance évalué chez plus de 1100 portées issues de 27 races différentes s'élevait à 9,7% (Breaux 2018). De nombreuses études concernant les performances de reproduction chez le porc s'intéressent au coefficient de variation pour son effet sur la mortalité dans les premiers jours de vie. Une forte hétérogénéité de poids de naissance des porcelets, en particulier dans les portées ayant une moyenne de poids de naissance faible, est associée à des faibles chances de survie, indépendamment de la taille de portée et de la parité de la truie (Milligan et al. 2002). La moyenne du coefficient de variation est généralement comprise entre 15 et 21% chez le porc (Milligan et al. 2002; Quesnel et al. 2008).

Les programmes d'élevage chez les espèces polytoques ont souvent pour objectif d'augmenter le nombre de jeunes sevrés par femelle. L'amélioration génétique d'un caractère nécessite de connaître la variabilité génétique de celui-ci, sachant qu'un caractère a un déterminisme génétique complexe et est soumis à de très nombreux facteurs environnementaux. On définit l'héritabilité comme la part de variabilité des performances (un caractère quantitatif) qui peut être expliquée par des différences de valeurs génétiques additives entre les individus d'une population. Si l'héritabilité est élevée, alors la variabilité des performances s'explique par des différences génétiques et l'environnement n'a quasiment aucune prise sur ce caractère. Une héritabilité élevée pourra donc donner un progrès génétique important. La réponse à la sélection d'un caractère est donc en partie dépendante de l'héritabilité de ce caractère (Visscher et al. 2008). Concernant le poids de naissance d'un chiot à la naissance par exemple, des études rapportent des coefficients très différents : 0,62 chez le boxer (Nielen et al. 2001), 0,14 à 0,17 chez le Berger allemand en fonction des modèles statistiques utilisés (Helmink et al. 2001), 0,17 à 0,21 chez le Labrador (Schelling et al. 2019). Bien qu'une sélection selon le poids de naissance soit possible, la réponse à la sélection sera variable car elle dépend de nombreux facteurs et notamment des corrélations génétiques entre les caractères. Différents modèles statistiques, nécessitant du temps et du matériel conséquent, sont utilisés afin de prendre en considération les corrélations entre les différents caractères (Jaffrézic et al. 2004 ; Huynh-Tran, Gilbert, David 2017 ; David et al. 2017).

Un autre paramètre génétique d'importance est la répétabilité des performances. Dans les modèles statistiques, la répétabilité est définie comme la proportion de la somme de la variance génétique additive et de la variance des effets fixes sur la variance phénotypique totale (Rastogi et al. 2000). La répétabilité est fréquemment mesurée pour mesurer la capacité d'un animal à répéter un niveau de production semblable à des intervalles de temps successifs. Un caractère présentant une répétabilité faible, inférieure à 0,2 selon Harper (1994), signifie qu'il est nécessaire de considérer plusieurs occurrences de ce caractère chez un individu pour connaître les performances moyennes de l'individu. La répétabilité permet de juger de la pertinence de sélectionner un individu sur la base d'une performance. Bien qu'une répétabilité élevée ne signifie pas que l'animal présentera strictement les mêmes performances au cours des cycles de production, elle peut néanmoins permettre de prédire les performances de l'animal sous des conditions environnementales stables.

A notre connaissance, aucune étude n'a décrit la répétabilité des performances de reproduction de la chienne. L'intérêt de cette étude est d'estimer la répétabilité de certaines performances de reproduction. In fine, cela permettrait de pouvoir décider le plus précocement possible de garder une chienne d'élevage ou de la réformer selon ses performances reproductives dans l'hypothèse où les autres paramètres génétiques le permettraient, optimisant ainsi le revenu de l'éleveur tout en préservant le bien-être animal.

A partir d'une base de données fournie par un éleveur français, cette étude décrira tout d'abord quatre indicateurs d'intérêt que nous nous sommes fixés : la taille de portée, le poids de naissance moyen intra-portée, l'hétérogénéité des poids de naissance caractérisée par le coefficient de variation ainsi que le pourcentage de chiots de petit poids de naissance intra-portée, ces derniers étant caractérisés par le premier quartile. La répétabilité de chaque paramètre sera ensuite évaluée en s'appuyant sur les données des mises bas successives de chaque chienne. Dans un deuxième temps, cette étude mettra en perspective les valeurs de répétabilité obtenues avec les données disponibles dans la littérature scientifique, notamment chez l'homme ou chez d'autres espèces animales.

# I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

## A. Collecte et saisie des données

La base de données de cette étude a été construite à partir des fichiers de données (de format Excel®) fournies par un éleveur canin français. Deux types de fichiers ont été fournis par l'éleveur. Le premier fichier listait l'ensemble des chiennes reproductrices de l'élevage ayant mis bas entre le 08/12/2006 et le 20/10/2020. Il indiquait leur numéro d'identification, leur race, leur date de naissance et la date de mise bas. Le deuxième type de fichiers était un groupe de treize fichiers sous format Excel® donnant des informations pour chaque mise bas ayant eu lieu à l'élevage entre le 13/12/2016 et le 08/11/2020 : date de mise bas, race, nom de la chienne, sexe des chiots, identification de chaque chiot par un code couleur, ainsi que les données de poids (mesurées à des moments très variés : à la naissance noté « H0 », puis aux jours X soit « JX » avec X allant de 2 à 36).

Chaque portée s'est vue attribuer un numéro unique dans l'ordre chronologique des mises bas. Les données ont ensuite été saisies dans un unique fichier Excel®. Nous avons choisi comme notation celle utilisée par l'éleveur, H0 pour le jour de naissance, J2 pour le deuxième jour de vie, etc.

## B. Création de la base de travail

### 1. Dictionnaire des variables

Les variables ont été calculées à partir des données renseignées par l'éleveur.

#### a) *Âge de la mère*

L'âge de la mère au moment de la mise-bas a été calculé par soustraction de la date de naissance à la date de mise bas.

#### b) *Taille de portée*

La taille de portée a été calculée en additionnant la totalité des chiots de la portée. Elle correspond aux chiots nés-vivants, les mort-nés n'ayant pas été renseignés par l'éleveur.

c) *Moyenne des poids de naissance des chiots intra-portée*

La moyenne des poids de naissance des chiots a été calculée pour chaque portée en utilisant la fonction MOYENNE sur Excel. Dans le cas où le poids de naissance d'un chiot (parmi les nés vivants) n'avait pas été renseigné, la moyenne n'était pas calculée.

d) *Coefficient de variation du poids de naissance intra-portée*

Le coefficient de variation (CV) de poids de naissance intra-portée a été utilisé pour représenter l'hétérogénéité des poids de naissance au sein d'une même portée.

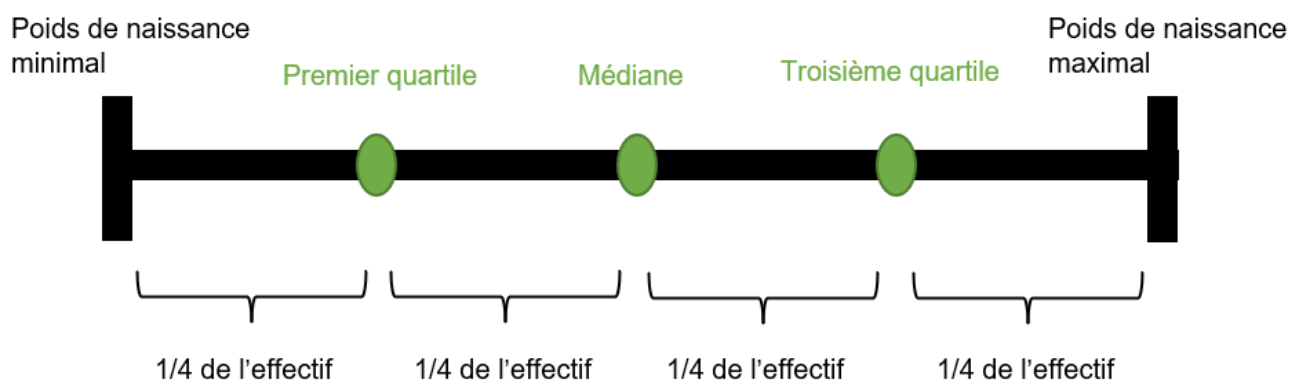
Sa formule est la suivante :

$$\frac{\text{Ecart type des poids de naissance de la portée}}{\text{Moyenne des poids de naissance de la portée}}$$

e) *Pourcentage intra-portée de chiots de petit poids de naissance*

Dans notre étude, les chiots ayant un petit poids de naissance ont été définis comme ayant un poids de naissance inférieur au premier quartile des chiots de la même race dans la base de données.

Les quartiles sont les trois valeurs qui permettent de diviser les données triées en quatre parts égales représentant chacune un quart de l'effectif de l'échantillon analysé. Le premier quartile (Q1) délimite les 25% des valeurs les plus petites tandis que le 3ème quartile (Q3) délimite les 25% des valeurs les plus grandes. Le 2ème quartile (Q2) correspond à la médiane (Figure 1).



*Figure 1 : Définition des quartiles de poids de naissance.*

Le calcul du premier quartile (Q1) a été réalisé en utilisant la fonction QUARTILE sur Excel. Ce calcul a pris en compte les poids de naissance de tous les chiots de la base de données initiale, et non pas de la base de données de travail, c'est-à-dire avant d'appliquer les critères d'éligibilité des données (détaillés ci-après). Les valeurs du premier quartile de poids de naissance par race ainsi que l'effectif à partir duquel elles ont été calculées sont présentés dans le tableau 1.

*Tableau 1 : Premier quartile des poids de naissance par race.*

<b>Race</b>	<b>Premier quartile (Q1) (en grammes)</b>	<b>Nombre de valeurs de poids de naissance</b>
Berger australien	325	663
Berger Blanc Suisse	389	249
Bichon frisé	161	439
Bichon Maltais	149	480
Bouvier Bernois	406	489
Boxer	393	269
Caniche	158	319
Cavalier King Charles	178	132
Cocker anglais	263	597
Golden Retriever	337	1104
Jack Russell Terrier	208	135
Labrador	364	703
Lhasa Apso	165	189
Shetland	184	228
Shih Tzu	154	198
Spitz	151	187

Le pourcentage intra-portée de chiots de petit poids de naissance a donc pour formule :

$$\frac{\text{Nombre de chiots dont le poids à la naissance est inférieur au premier quartile}}{\text{Nombre total de chiots de la portée}}$$

Dans le cas où le poids de naissance d'un chiot n'avait pas été renseigné (parmi les nés vivants), le pourcentage intra-portée de chiots de petit poids de naissance n'était pas calculé.

## 2. Critères d'éligibilité des données

A partir de l'ensemble des données transmises par l'éleveur, une sélection a été appliquée pour définir la population d'étude. Les portées qui ont été conservées :

- Présentaient des données complètes pour l'ensemble des variables suivantes : identité de la mère (identification, race et âge à la mise bas), taille de portée, moyenne des poids de naissance des chiots, coefficient de variation des poids de naissance et pourcentage de chiots ayant un poids de naissance inférieur au premier quartile de la race ;
- Appartenaient à une race représentée par au moins 5 chiennes différentes ;
- Etaient issues de chiennes dont au moins trois portées avec des données complètes étaient présentes dans la base de données.

### C. Analyse des données

L'analyse descriptive des données a été réalisée sous Excel (tableaux et graphiques réalisés à partir des tableaux croisés dynamiques du logiciel). Les résultats sont exprimés sous la forme moyenne  $\pm$  écart-type.

Pour chacun des paramètres étudiés (taille de portée, poids de naissance moyen intra-portée, coefficient de variation du poids de naissance, pourcentage de chiots de petit poids de naissance), un modèle mixte a été construit en mettant en effet aléatoire la mère afin de pouvoir calculer la répétabilité selon la formule suivante : variance femelle / (variance femelle + variance résiduelle). Il s'agit de calculer la corrélation entre des mesures répétées, c'est-à-dire provenant de différentes portées d'une même chienne.

Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R (version 4.1.2.). Dans les différents modèles multivariés, l'impact d'une variable a été considéré comme significatif lorsque la p - value (p) était inférieure à 0,05.

#### 1. Modèle de calcul de la répétabilité des paramètres d'intérêt

Les différents paramètres ont été traités comme des variables quantitatives. La figure 2 présente le modèle sur lequel s'est basé le calcul de la répétabilité de ces paramètres.

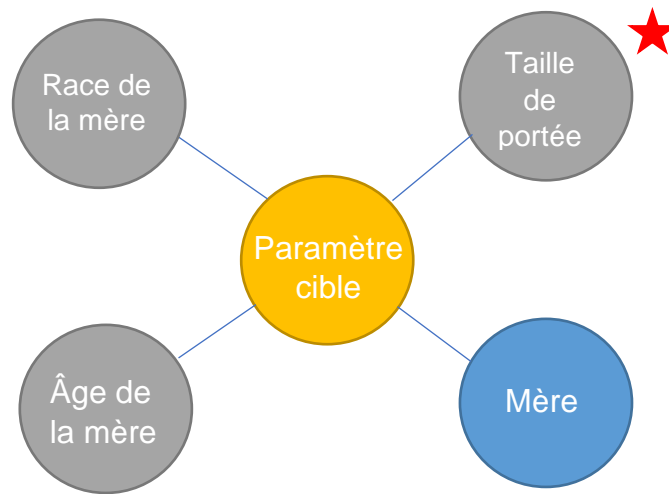


Figure 2 : Modèle de calcul de la répétabilité des différents paramètres.

En jaune : le paramètre cible (taille de portée, poids de naissance moyen intra-portée, coefficient de variation du poids de naissance moyen et pourcentage de chiots de petit poids de naissance)

En bleu : Effet aléatoire de la mère

En gris : Effet fixe de la race de la mère, de l'âge de la mère, de la taille de portée

★ Variable explicative n'apparaissant pas dans le modèle dans lequel la taille de portée est le paramètre cible

## 2. Formules des modèles

Les formules des quatre modèles sont données ci-après. La transformation Arcsin du modèle centré sur le pourcentage de chiots de petit poids de naissance permet de transformer une variable de type proportion en variable quantitative et donc d'appliquer un modèle linéaire.

Taille de portée ~ Age de la mère + Race de la mère + (1|Mère)

Moyenne du poids de naissance moyen intra-portée ~ Age de la mère + Race de la mère + Taille de portée + (1|Mère)

Coefficient de variation du poids de naissance intra-portée ~ Age de la mère + Race de la mère + Taille de portée + (1|Mère)

Arcsin(Pourcentage de chiots de petit poids de naissance) ~ Age de la mère + Race de la mère + Taille de portée + (1|Mère)

#### **D. Application du modèle à trois races de la base de données**

Après avoir établi des modèles mixtes permettant de connaître les facteurs de variation des différents paramètres et les valeurs de répétabilité dans la population générale, il nous a semblé intéressant de connaître également ces informations dans certaines races précises afin de mettre éventuellement en évidence des disparités entre les races.

Le modèle a été appliqué à trois races : le Golden Retriever, le Cocker anglais et le Bichon maltais. Ces races ont été sélectionnées pour leur effectif dans la base de données (111 portées pour 26 chiennes pour le Golden Retriever, 59 portées pour 16 chiennes pour le Cocker anglais, 81 portées et 18 chiennes pour le Bichon maltais) et pour leur différence de format.



## II. RÉSULTATS

### A. Population d'étude

Les données transmises par l'éleveur concernaient 1247 portées. Après application des trois critères d'éligibilité, 59% de ces portées ont été conservées pour constituer la population d'étude, qui comportait finalement 732 portées rassemblant 4518 chiots nés vivants (Figure 3).

Seize races étaient représentées avec des effectifs variables : 111 portées issues de 26 mères de race Golden Retriever contre 16 portées issues de 5 mères chez le Boxer (Figure 4 et Tableau 2). 34% des portées sont issues de mères de petit format racial, 17% de format moyen, 43% de grand format et 5% de format géant (Tableau 3).

L'âge des chiennes à la mise bas était en moyenne de  $3,7 \pm 1,5$  ans. 60% des portées sont issues de chiennes ayant moins de quatre ans à la mise bas (Figure 5). L'âge moyen des chiennes selon la race est donné dans la figure 6. Les barres d'erreur représentent l'écart-type dans la race considérée.

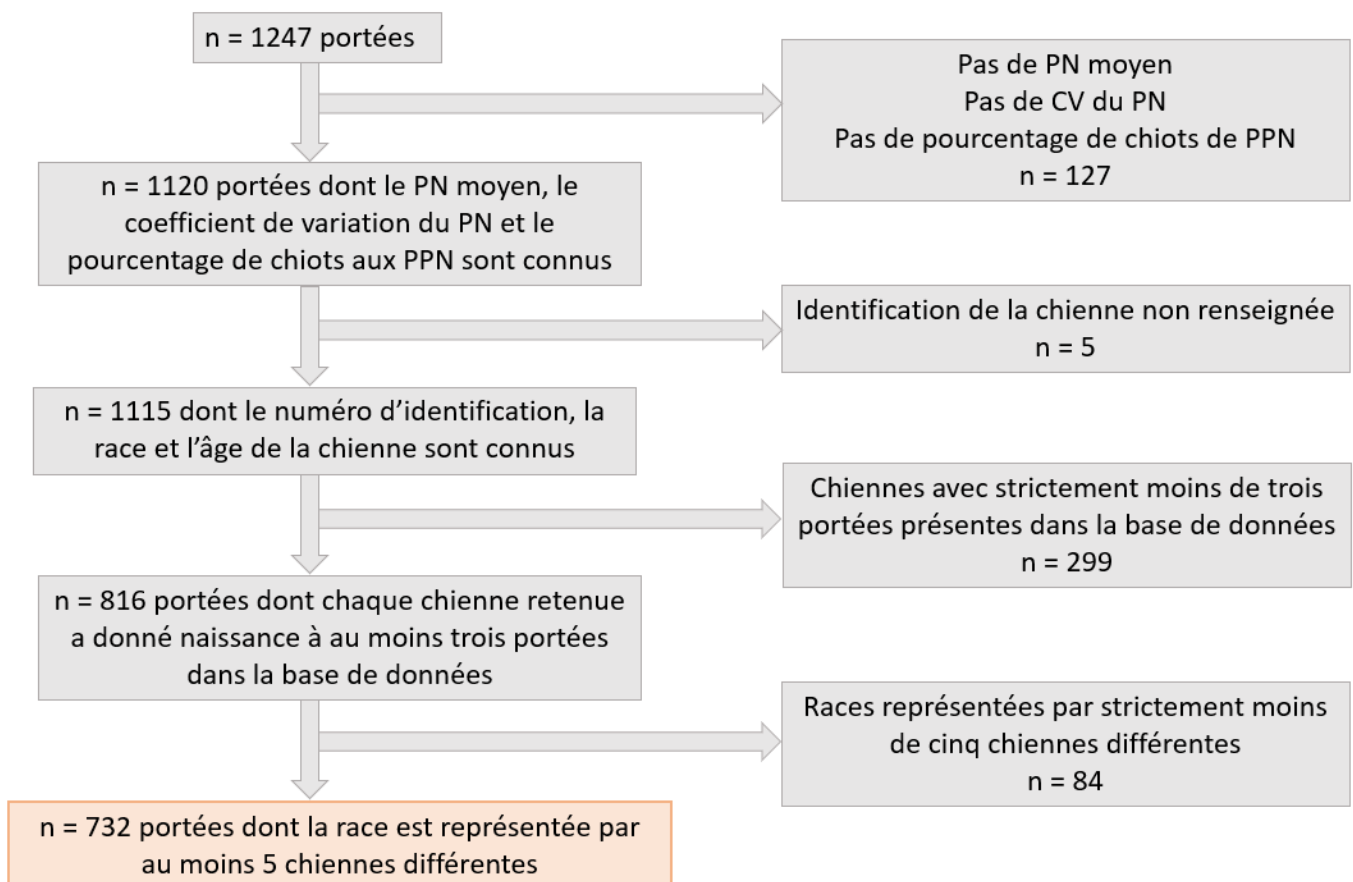


Figure 3 : Diagramme de flux.

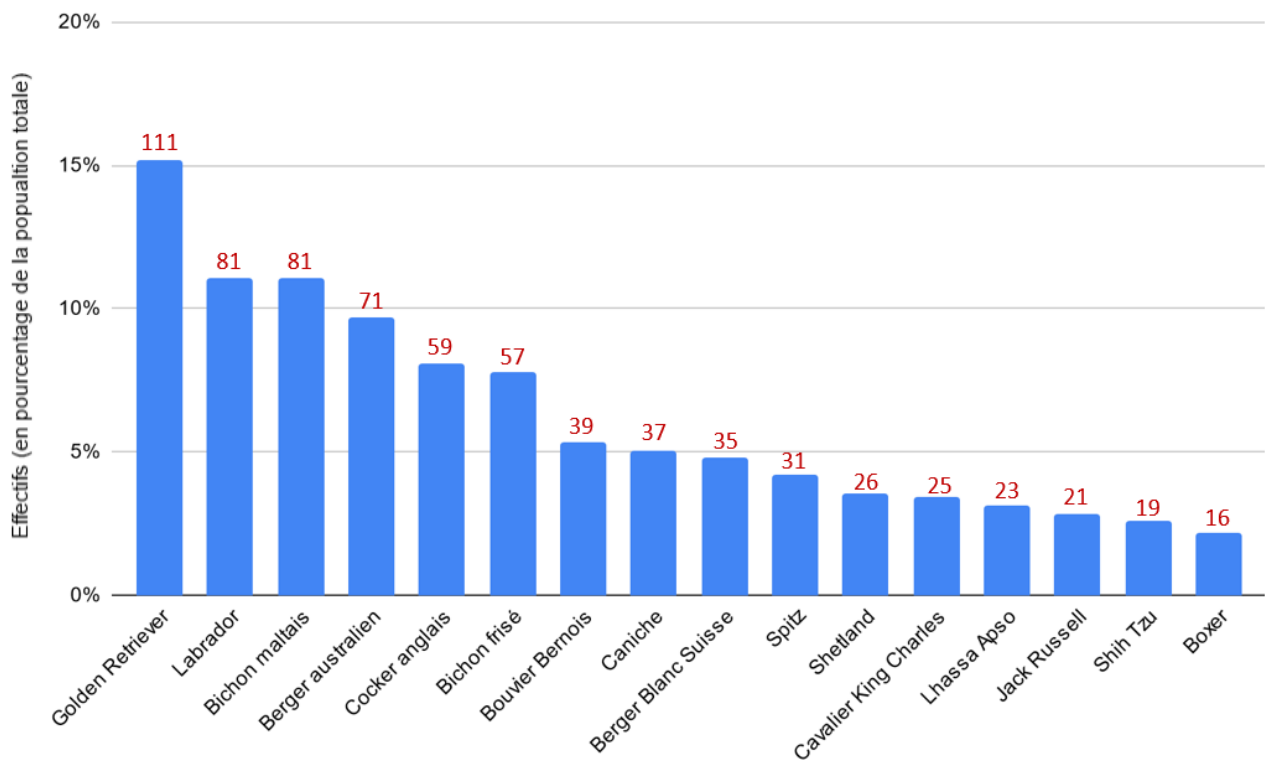
PN : Poids de naissance, CV : Coefficient de variation, PPN : Petit poids de naissance

Tableau 2 : Distribution des effectifs de portées, chiennes et chiots selon la race.

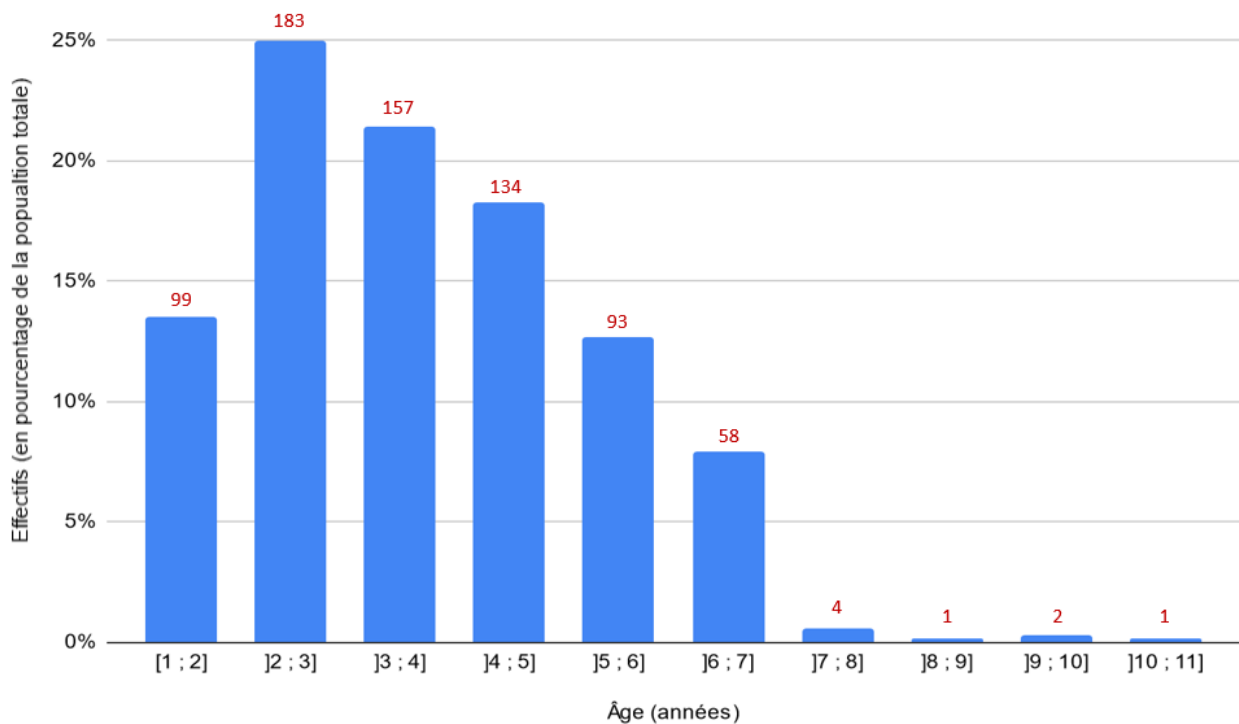
Race	Portées		Chiennes		Chiots nés vivants	
	Effectifs	Proportion de la population totale (n=732)	Effectifs	Proportion de la population totale (n=183)	Effectifs	Proportion de la population totale (n=4518)
Berger australien	71	10%	16	9%	483	11%
Berger Blanc Suisse	35	5%	10	5%	222	5%
Bichon frisé	57	8%	15	8%	330	7%
Bichon maltais	81	11%	18	10%	383	8%
Bouvier Bernois	39	5%	10	5%	293	6%
Boxer	16	2%	5	3%	117	3%
Caniche	37	5%	7	4%	202	4%
Cavalier King Charles	25	3%	8	4%	123	3%
Cocker anglais	59	8%	16	9%	406	9%
Golden Retriever	111	15%	26	14%	816	18%
Jack Russell	21	3%	6	3%	96	2%
Labrador	81	11%	21	11%	548	12%
Lhasa Apso	23	3%	6	3%	121	3%
Shetland	26	4%	7	4%	138	3%
Shih Tzu	19	3%	6	3%	92	2%
Spitz	31	4%	6	3%	148	3%

Tableau 3 : Distribution des races et effectifs de portées, de chiennes et de chiots selon le format racial. Les catégories ont été définies selon le poids adulte du chien : Petit : < 10kg, Moyen : 10 – 25kg, Grand : 25-40kg et Géant : > 40kg.

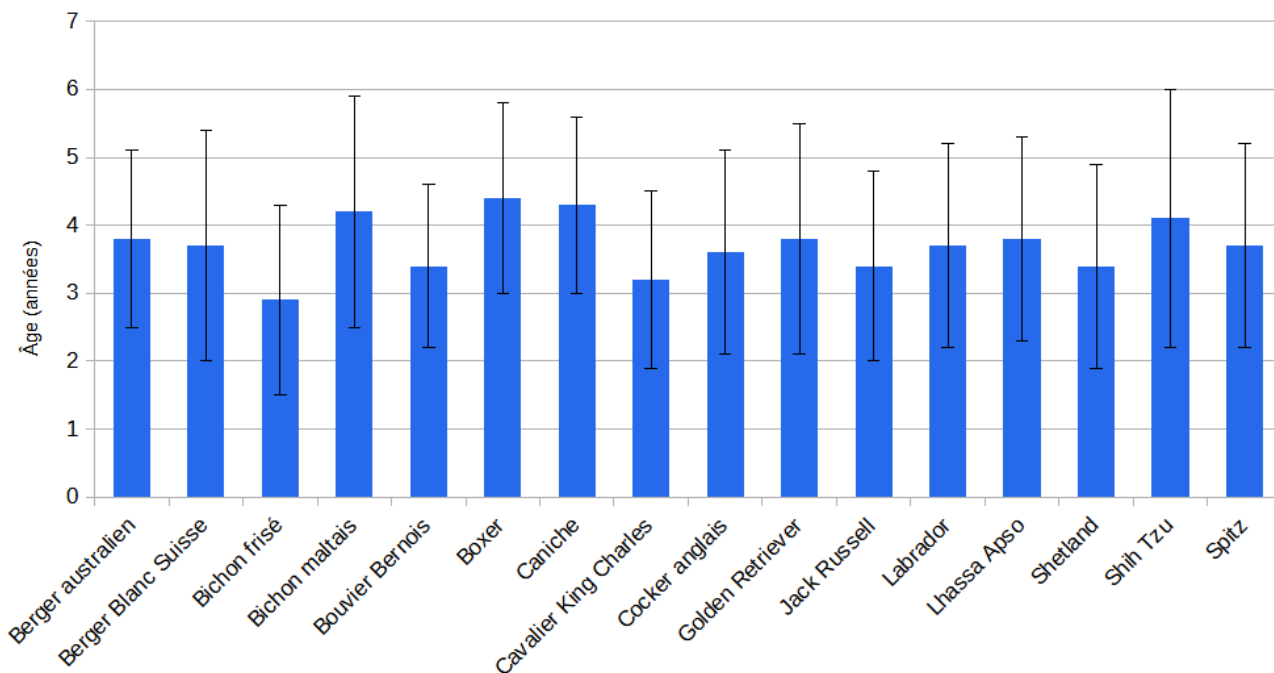
Format racial	Petit	Moyen	Grand	Géant
<b>Races</b>	Bichon frisé Bichon maltais Cavalier King Charles Jack Russell Lhasa Apso Shetland Shih Tzu	Caniche Cocker anglais Spitz	Berger australien Berger Blanc Suisse Boxer Golden Retriever Labrador	Bouvier Bernois
<b>Nombre de portées</b>	252	127	314	39
<b>Nombre de chiennes</b>	66	29	78	10
<b>Nombre de chiots</b>	1283	756	2186	293



**Figure 4 :** Distribution des portées selon la race (n=732). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.

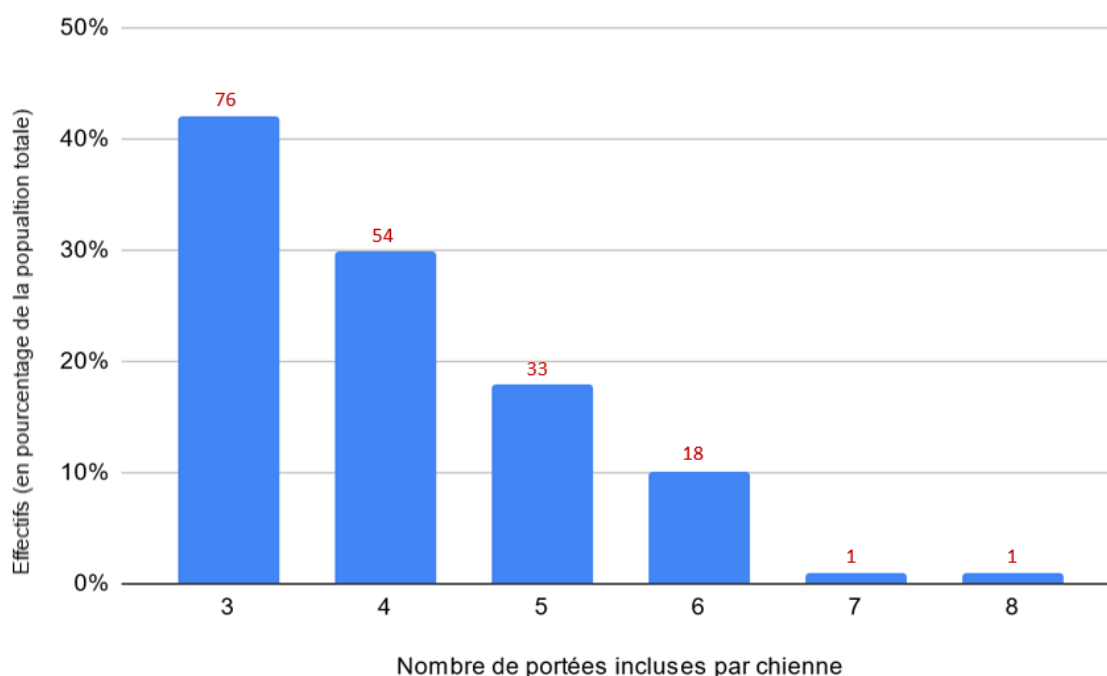


**Figure 5 :** Distribution des portées selon l'âge de la chienne à la mise bas (n=732). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.



**Figure 6 :** Âge des chiennes à la mise bas selon la race (n=183). La moyenne d'âge toutes races confondues est de  $3,7 \pm 1,5$  ans.

Les chiennes ont contribué en moyenne pour  $4 \pm 1$  portées sur la période d'étude. La distribution des chiennes selon le nombre de portées est représentée dans la figure 7. Plus de 70% des chiennes de la base de données ont produit 3 ou 4 portées sur la période d'étude.

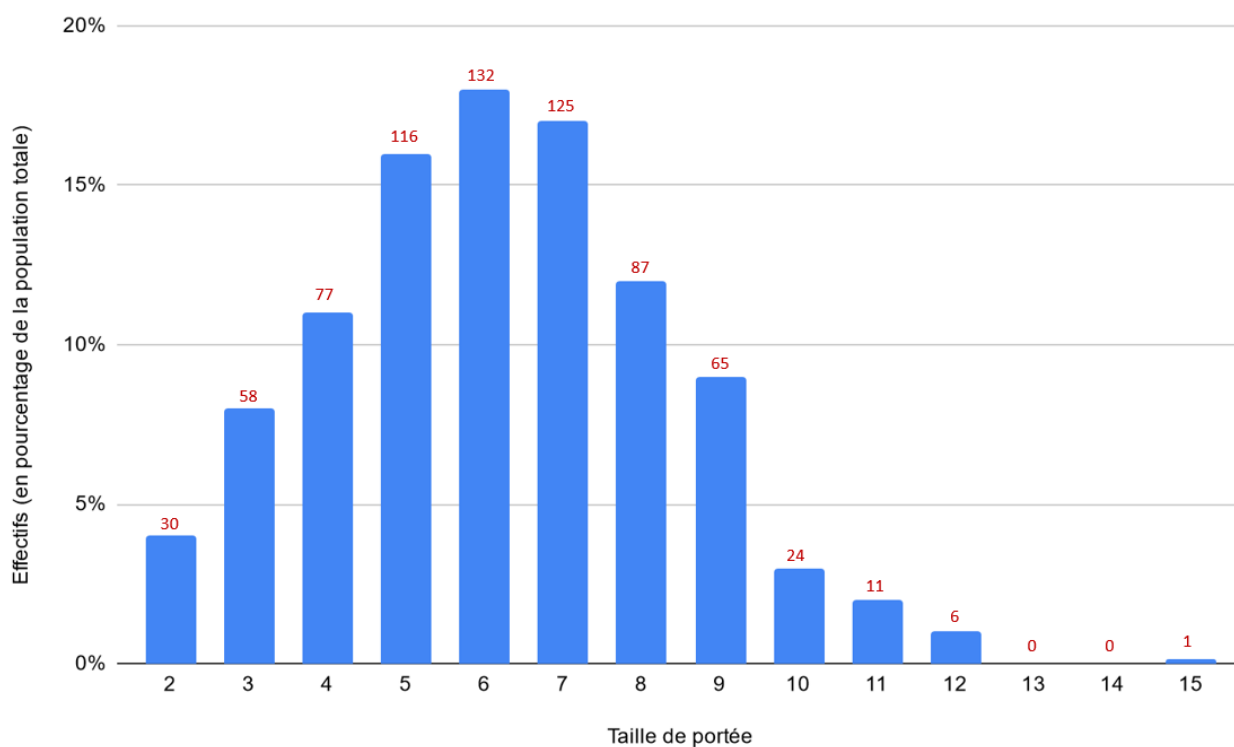


**Figure 7 :** Distribution des chiennes selon le nombre de portées incluses dans la base de données (n=183). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.

## B. Evaluation de la répétabilité de la taille de portée

### 1. Analyse descriptive

La taille de portée moyenne, toutes races confondues, était de  $6,2 \pm 2,2$  chiots nés vivants. Les tailles de portée étaient comprises entre 2 et 15 avec 57% des portées constituées de 2 à 6 chiots nés vivants (Figure 8).

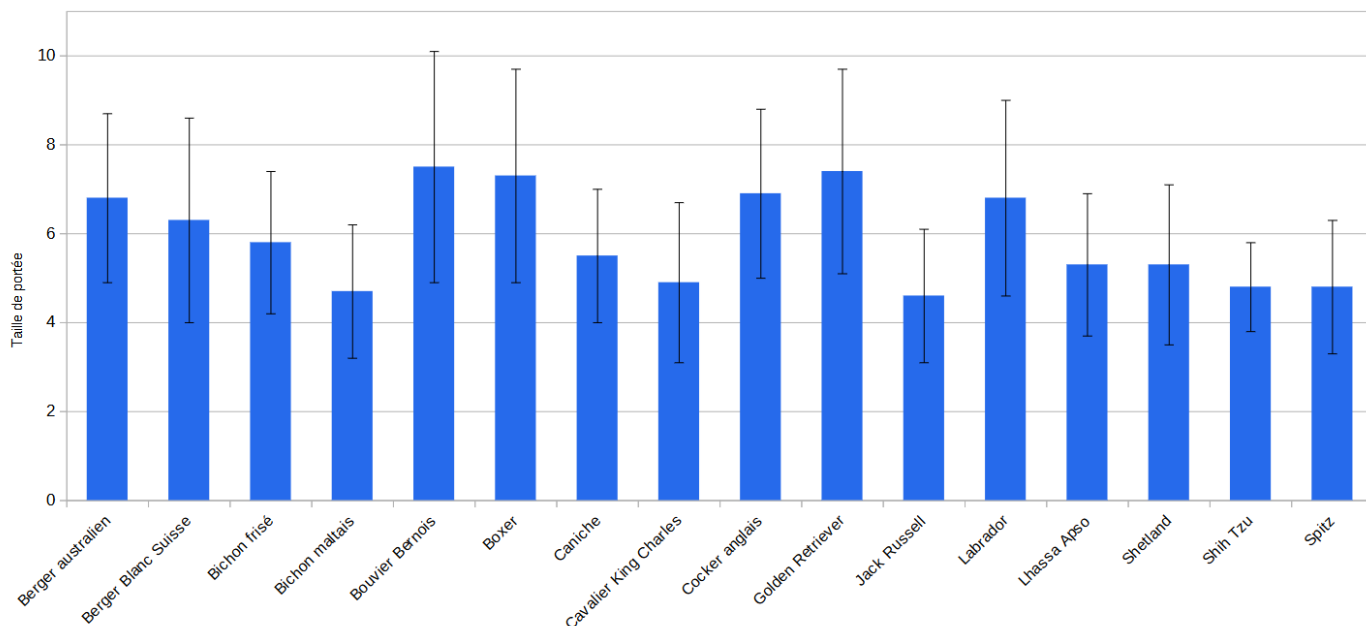


*Figure 8 : Distribution des portées selon la taille de portée (n=732). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.*

### 2. Facteurs de variation et répétabilité

Les résultats de la modélisation de la taille de portée sont rassemblés dans le tableau 4. Dans la population générale, la modélisation met en évidence un effet significatif de la race ( $p < 0,001$ ) sur la taille de portée (Figure 9). Il n'y a pas d'effet de l'âge de la chienne à la mise bas ( $p = 0,290$ ) sur la taille de portée ni dans la population générale, ni dans les 3 races testées (Golden Retriever, Cocker anglais, Bichon Maltais) (Tableau 4).

La répétabilité de la taille de portée dans la population canine analysée a été estimée à  $0,28 \pm 0,04$ . La répétabilité de la taille de portée est de  $0,15 \pm 0,10$  chez le Golden Retriever et le Cocker anglais tandis qu'elle est de  $0,35 \pm 0,13$  chez le Bichon Maltais.



**Figure 9 :** Taille de portée selon la race de la chienne (n=732). La taille de portée moyenne toutes races confondues est de  $6,2 \pm 2,2$  chiots nés vivants.

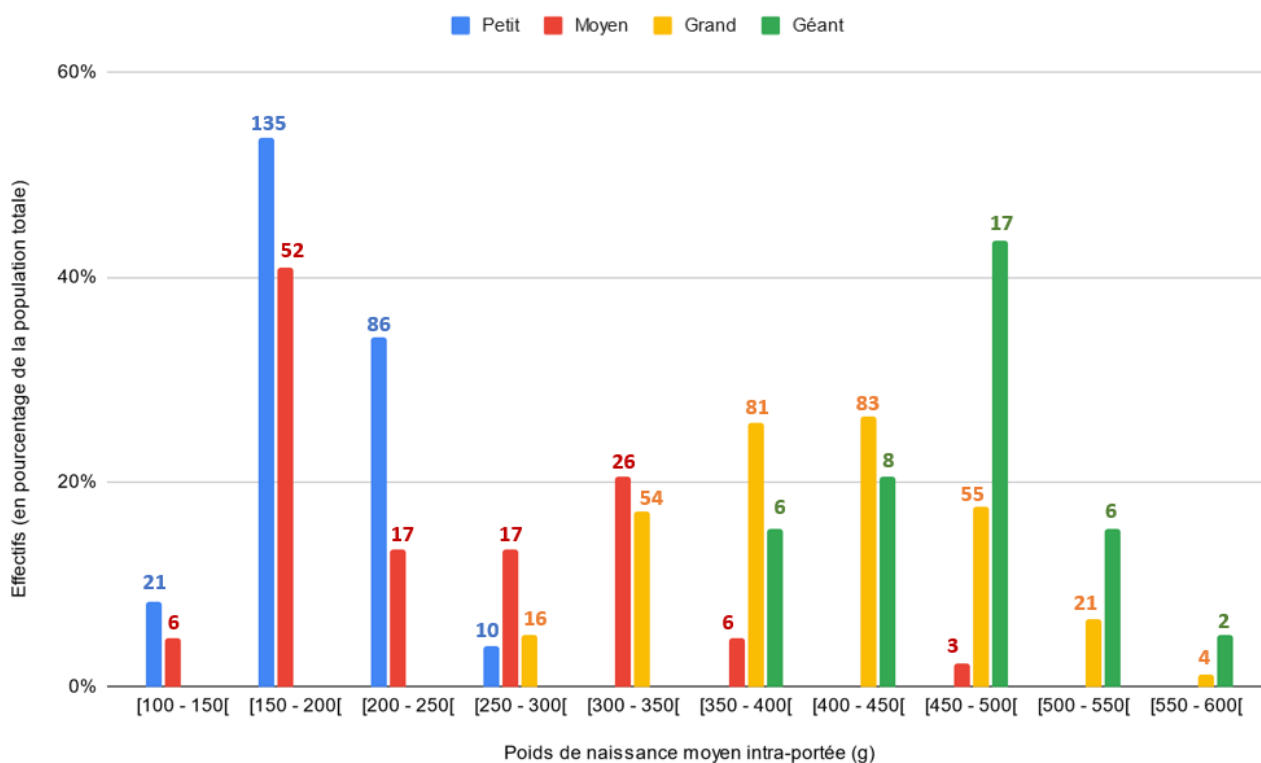
**Tableau 4 :** Résultats de la modélisation de la taille de portée.

	Population générale	Golden retriever	Bichon maltais	Cocker anglais
<b>Effectif</b>	732	111	81	59
<b>Facteur race</b>	Présence d'effet $p < 0,001$			
<b>Facteur âge</b>	Absence d'effet $p = 0,290$	Absence d'effet $p = 0,309$	Absence d'effet $p = 0,68$	Absence d'effet $p = 0,309$
<b>Répétabilité de la taille de portée (moyenne <math>\pm</math> écart-type)</b>	$0,28 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,10$	$0,35 \pm 0,13$	$0,15 \pm 0,10$

## C. Evaluation de la répétabilité du poids de naissance moyen

### 1. Analyse descriptive

Le poids de naissance moyen intra-portée toutes races confondues est de 305,5 ± 118,7 g. La distribution des portées par format racial et selon le poids de naissance moyen intra-portée est représentée dans la figure 10. La moitié des portées de la base de données ont un poids de naissance moyen inférieur à 300g.

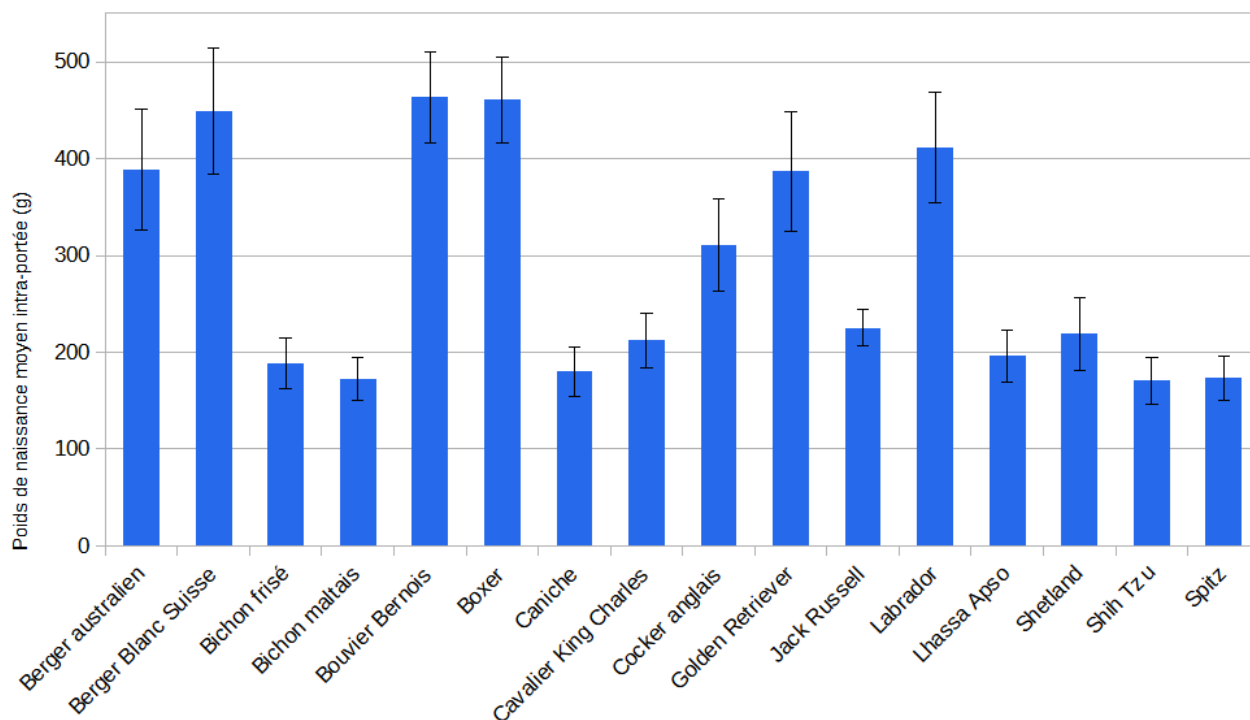


*Figure 10 : Distribution des portées par format racial et selon le poids de naissance moyen intra-portée. Les formats petit, moyen, grand et géant sont représentés par les barres bleu, rouge, orange et vert, respectivement. Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque format.*

### 2. Facteurs de variation et répétabilité

Les résultats de la modélisation du poids de naissance moyen sont rassemblés dans le tableau 5. Dans la population générale, la modélisation met seulement en évidence un effet significatif de la race ( $p < 0,001$ ) sur le poids de naissance (Figure 11). Il n'y a pas d'effet de l'âge de la chienne à la mise bas ( $p = 0,981$ ) ni de la taille de portée ( $p = 0,247$ ) sur le poids de naissance. L'application du modèle dans les trois races montre que la taille de portée a un effet significatif sur le poids de naissance moyen chez les trois races. A l'inverse, il n'y a pas d'effet significatif de l'âge de la chienne sur le poids de naissance moyen dans ces trois races.

La répétabilité du poids de naissance dans la population générale est estimée à  $0,50 \pm 0,04$ . La répétabilité du poids de naissance moyen est de  $0,47 \pm 0,10$  et  $0,59 \pm 0,13$  chez le Golden Retriever et le Cocker anglais respectivement.



*Figure 11 : Poids de naissance moyen selon la race de la chienne.*

*Tableau 5 : Résultats de la modélisation du poids de naissance moyen intra-portée.*

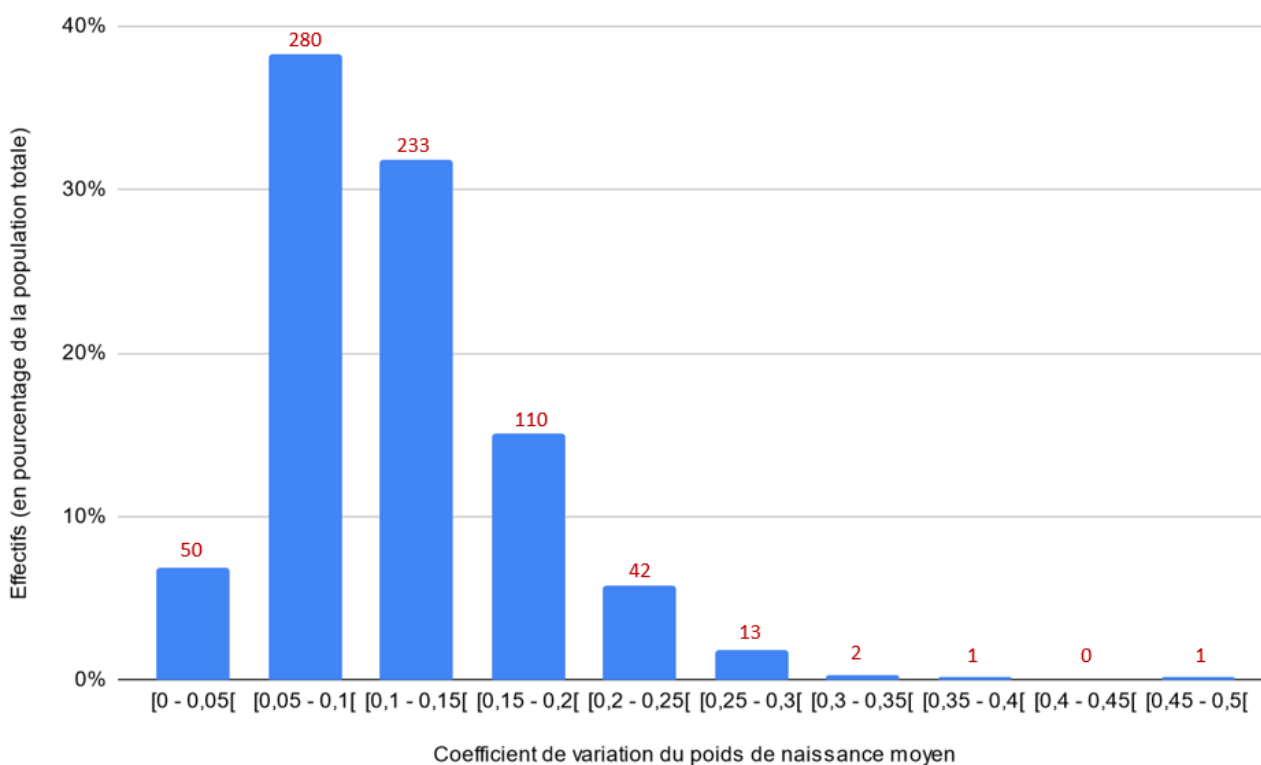
	<b>Population générale</b>	<b>Golden Retriever</b>	<b>Bichon Maltais</b>	<b>Cocker anglais</b>
<b>Effectifs</b>	732	111	81	59
<b>Facteur race</b>	Présence d'effet $p < 0,001$			
<b>Facteur âge</b>	Absence d'effet $p = 0,981$	Absence d'effet $p = 0,254$	Absence d'effet $p = 0,473$	Absence d'effet $p = 0,571$
<b>Facteur taille de portée</b>	Absence d'effet $p = 0,247$	Présence d'effet $p = 0,001$	Présence d'effet $p = 0,016$	Présence d'effet $p = 0,003$
<b>Répétabilité du poids de naissance moyen intra-portée (moyenne <math>\pm</math> écart-type)</b>	$0,50 \pm 0,04$	$0,47 \pm 0,10$	$0,16 \pm 0,12$	$0,59 \pm 0,13$



## D. Evaluation de la répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance

### 1. Analyse descriptive

Le coefficient de variation du poids de naissance est en moyenne de  $0,12 \pm 0,06$ . La distribution du coefficient de variation du poids de naissance est représentée dans la figure 12. Ainsi, plus des trois quarts des portées ont un coefficient de variation inférieur à 20%.



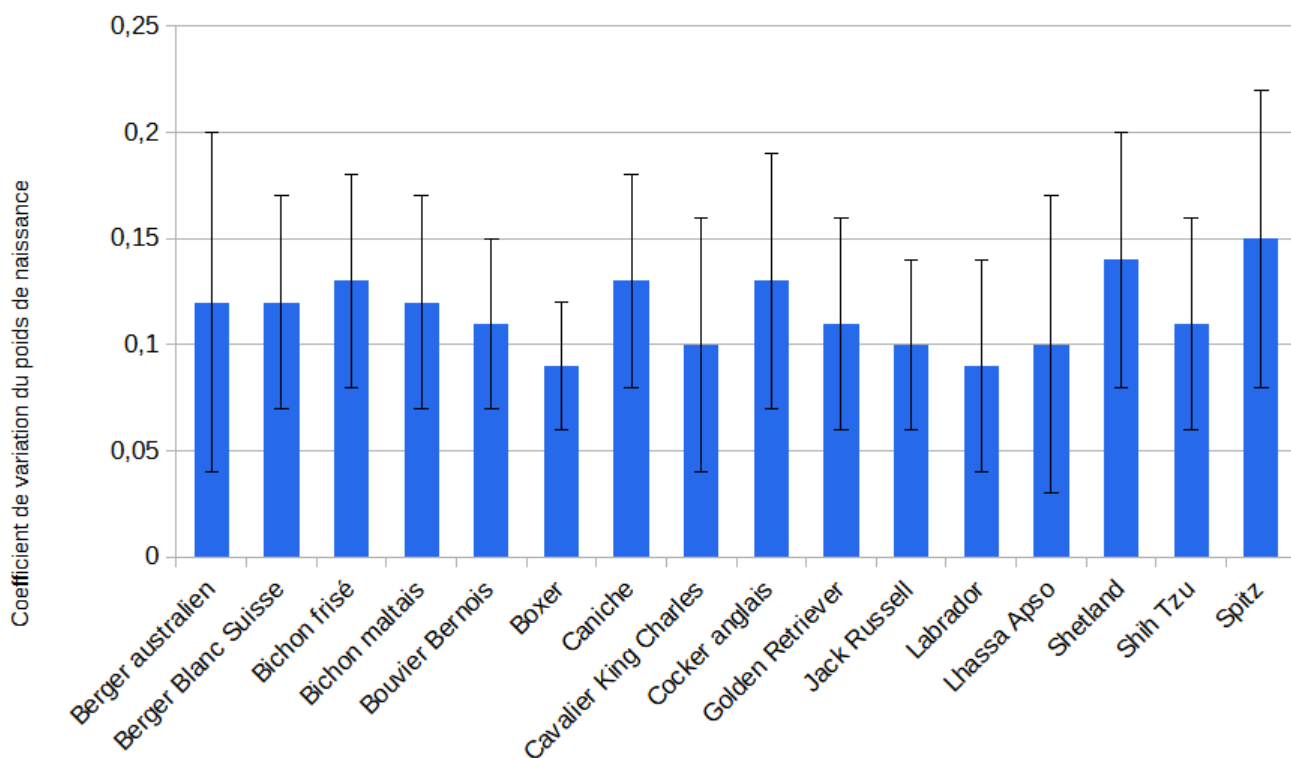
*Figure 12 :* Distribution des portées selon le coefficient de variation du poids de naissance ( $n=732$ ). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.

## 2. Facteurs de variation et répétabilité

Les résultats de la modélisation du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée sont rassemblés dans le tableau 6. Dans la population générale, la modélisation met seulement en évidence un effet significatif de la race ( $p < 0,001$ ) sur le coefficient de variation du poids de naissance (Figure 13). Il n'y a pas d'effet de la taille de portée ( $p = 0,548$ ) et de l'âge de la mère ( $p = 0,105$ ) sur le coefficient de variation du poids de naissance.

L'application du modèle dans les trois races montre que le Bichon maltais est la seule race dans laquelle l'âge de la chienne a un effet significatif sur le coefficient de variation du poids de naissance moyen.

La répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance est estimée à  $0,06 \pm 0,03$ . La répétabilité de cet indicateur est plus élevée que le Golden Retriever et le Bichon maltais (autour de 0,13) comparé à celle du Cocker anglais (0,04 environ).



**Figure 13 :** Coefficient de variation du poids de naissance selon la race de la chienne ( $n=732$ ). Le coefficient de variation du poids de naissance toutes races confondues est en moyenne de  $0,12 \pm 0,06$ .

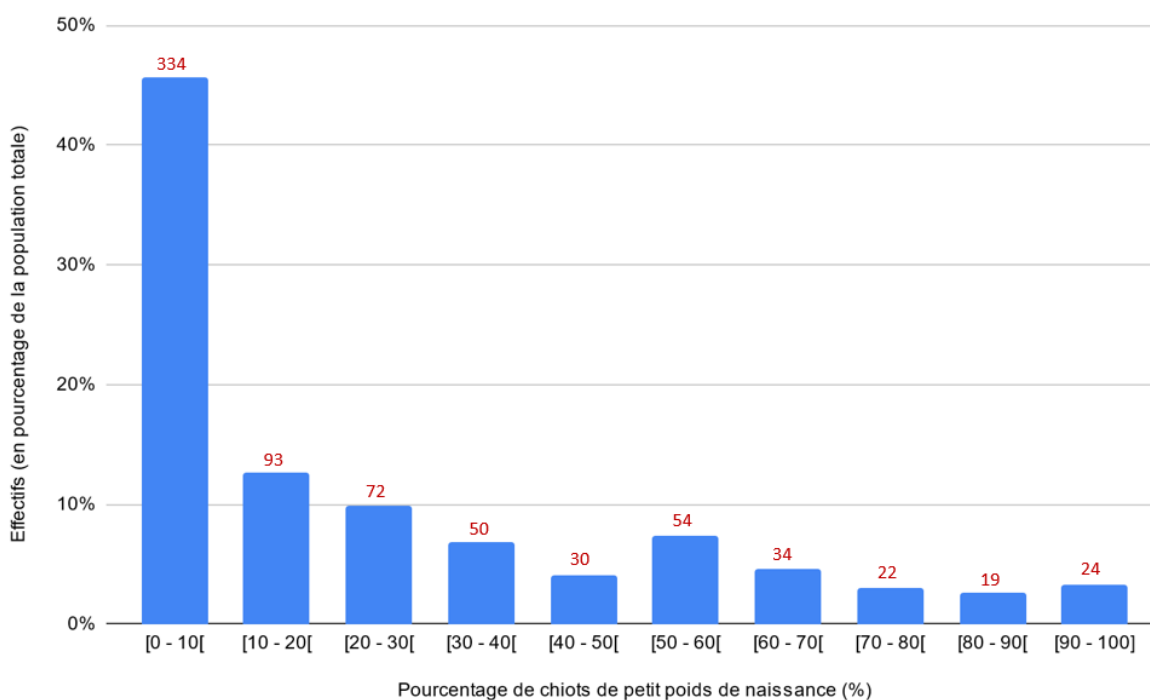
Tableau 6 : Résultats de la modélisation du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée.

	<b>Population générale</b>	<b>Golden retriever</b>	<b>Bichon Maltais</b>	<b>Cocker anglais</b>
<b>Effectifs</b>	732	111	81	59
<b>Facteur race</b>	Présence d'effet $p < 0,001$			
<b>Facteur âge</b>	Absence d'effet $p = 0,105$	Absence d'effet $p = 0,366$	Présence d'effet $p = 0,009$	Absence d'effet $p = 0,759$
<b>Facteur taille de portée</b>	Absence d'effet $p = 0,548$	Absence d'effet $p = 0,917$	Absence d'effet $p = 0,259$	Absence d'effet $p = 0,292$
<b>Répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée (moyenne <math>\pm</math> écart-type)</b>	0,06 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,10	0,16 $\pm$ 0,12	0,04 $\pm$ 0,13

## E. Evaluation de la répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance

### 1. Analyse descriptive

Le pourcentage de chiots de petit poids de naissance intra-portée toutes races confondues est de  $22 \pm 28\%$ . La distribution des portées selon le pourcentage de chiots de petit poids de naissance est représentée dans la figure 14. Près de la moitié des portées ont un pourcentage de chiots nés petits inférieur à 10%.

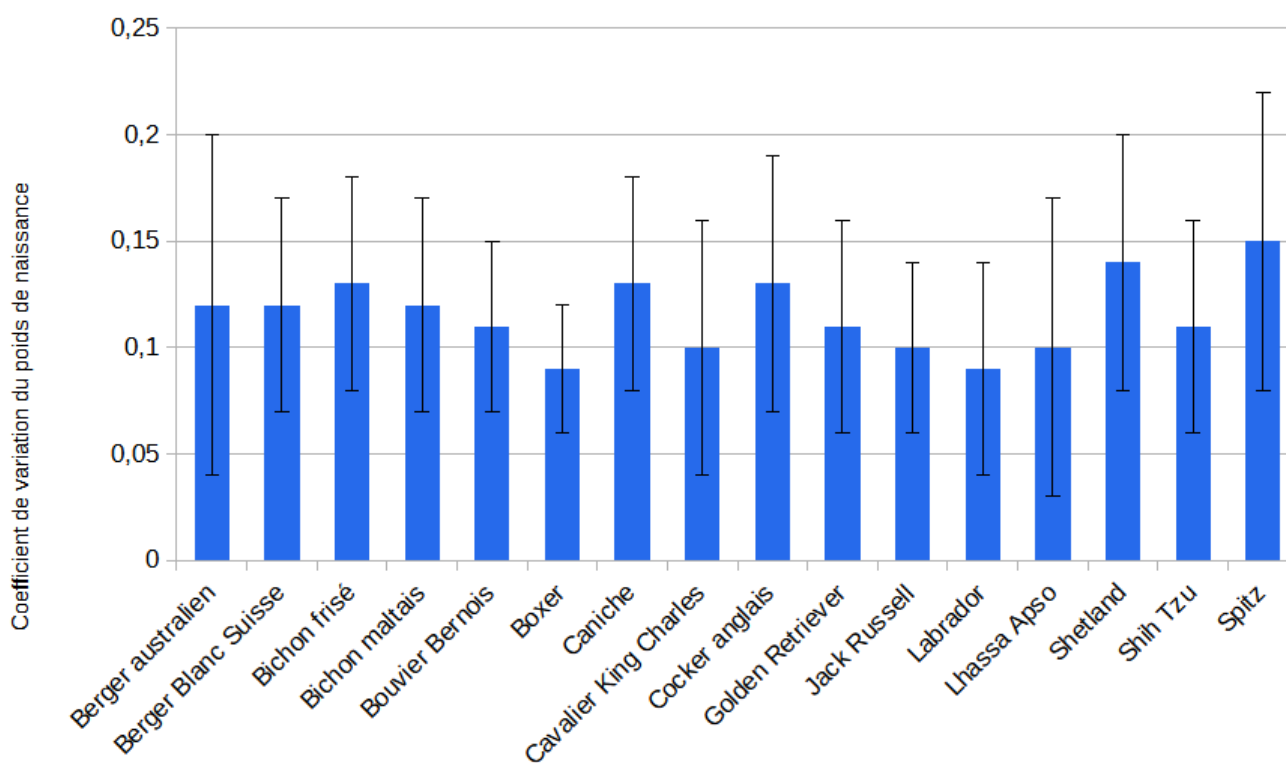


*Figure 14 : Distribution des portées selon le pourcentage de chiots de petit poids de naissance (n=732). Le chiffre placé au-dessus de chaque barre représente l'effectif de portée de chaque race.*

## 2. Facteurs de variation et répétabilité

Les résultats de la modélisation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance sont rassemblés dans le tableau 7. Dans la population générale, la modélisation met seulement en évidence un effet significatif de la taille de portée ( $p < 0,001$ ) sur le pourcentage de chiots de petit poids de naissance (Figure 15). Il n'y a pas d'effet de la race de la chienne ( $p = 0.697$ ) ni de l'âge de la mère ( $p = 0.565$ ) sur le pourcentage de chiots de petit poids de naissance. L'application du modèle dans les trois races met en évidence que le Bichon maltais est la seule race dans laquelle la taille de portée sur le pourcentage de chiots de petit poids de naissance exerce un effet significatif.

La répétabilité de pourcentage de chiots de petit poids de naissance est estimée à  $0,28 \pm 0,04$ . La répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance du Bichon maltais est faible (moyenne de 0,06) comparé à celle des deux autres races (0,35 en moyenne).



*Figure 15 : Pourcentage de chiots de petit poids de naissance selon la race de la chienne.*

Tableau 7 : Résultats de la modélisation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance.

	<b>Population générale</b>	<b>Golden retriever</b>	<b>Bichon Maltais</b>	<b>Cocker anglais</b>
<b>Effectifs</b>	732	111	81	59
<b>Facteur race</b>	Absence d'effet $p = 0,697$			
<b>Facteur âge</b>	Absence d'effet $p = 0,565$	Absence d'effet $p = 0,069$	Absence d'effet $p = 0,486$	Absence d'effet $p = 0,257$
<b>Facteur taille de portée</b>	Présence d'effet $p < 0,001$	Absence d'effet $p = 0,051$	Présence d'effet $p = 0,011$	Absence d'effet $p = 0,060$
<b>Répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance (moyenne <math>\pm</math> écart-type)</b>	0,28 $\pm$ 0,04	0,38 $\pm$ 0,11	0,06 $\pm$ 0,10	0,33 $\pm$ 0,15

### III. DISCUSSION

Cette dernière partie sera consacrée à la discussion de nos résultats expérimentaux concernant d'une part les valeurs de répétabilité en les comparant à d'autres espèces animales, et d'autre part, les facteurs influençant ces différentes valeurs. Nous nous appuyerons sur l'interprétation des valeurs de répétabilité donnée par Harper (1994) : répétabilité très faible pour un coefficient inférieur à 0,2, répétabilité faible pour un coefficient compris entre 0,2 et 0,4, répétabilité modérée pour un coefficient compris entre 0,4 et 0,7, répétabilité élevée pour un coefficient compris entre 0,7 et 0,9 et répétabilité très élevée pour un coefficient supérieur à 0,9.

#### A. Limites de l'étude

##### 1. Récolte des données

Les données utilisées ont toutes été récoltées par un même éleveur qui exerce cette activité à titre professionnel. On ne peut exclure la possibilité que toutes les données ne soient pas strictement correctes et complètes. Les données initialement collectées comprenaient un grand jeu de données : les glycémies et températures à la naissance et 24h après la naissance, les suivis de poids au cours des premiers jours de vie...Mais certains paramètres étant souvent peu renseignés, l'effectif final aurait été très faible, ce pourquoi ces paramètres n'ont donc pas pu être pris en compte dans la base de données de travail.

##### 2. Représentativité et fiabilité des données

L'ensemble de la population provient d'un unique élevage, ce qui ne peut être considéré comme représentatif de l'ensemble des élevages canins en France. Il serait ainsi intéressant d'élargir cette étude à d'autres élevages canins. Néanmoins, la base de données utilisée permet d'éviter les biais possibles liés aux différentes conduites d'élevage et différentes lignées de femelles.

##### 3. Effectifs disponibles

Cette étude regroupe un effectif de 732 portées appartenant à différentes races. Certaines races sont néanmoins plus représentées que d'autres ; 111 portées de

Golden Retriever contre 25 portées chez le Cavalier King Charles ou 21 chez le Jack Russell par exemple. Par ailleurs les portées sont majoritairement issues de mères de format racial petit et grand (34 et 43% respectivement), tandis que les portées de format moyen et géant ne représentent que 17 et 5% de l'effectif total, respectivement. Certaines catégories d'âge sont aussi exclusivement représentées par le format racial petit (notamment les Bichons maltais et frisés dans les 7 ans d'âge et plus), ce qui s'explique facilement par leur espérance de vie plus importante que les chiens de plus grande taille.

## **B. Résultats**

### **1. Taille de portée**

#### *a) Population générale*

La taille de portée moyenne de notre étude est de  $6,2 \pm 2,2$  chiots nés vivants. Cette valeur est relativement élevée par rapport aux autres chiffres fournis dans la littérature : sur 1009 portées appartenant à 114 races différentes (Poinssot 2011),  $5,4 \pm 0,025$  chiots sur 10 810 portées et 224 races différentes (Borge et al. 2011),  $5,7 \pm 0,1$  chiots sur 501 portées de 99 races différentes (Tønnessen et al. 2012) ou encore  $5,9 \pm 2,6$  chiots sur 390 portées et 19 races différentes (Belin 2013). Notre étude révèle une valeur plus proche de celle trouvée par Poinssot (2011) avec  $6,22 \pm 1,45$  chiots ou par Brevaux (2018) avec  $6,3 \pm 2,7$  chiots. La taille de portée calculée dans notre étude est d'autant plus élevée qu'elle ne comprend pas les chiots mort-nés. En effet, l'éleveur ne prend pas le temps de peser ceux-ci, dans la mesure où cette information ne lui est pas directement utile.

#### *b) Facteurs de variation de la taille de portée*

Les différences de taille de portée entre les études peuvent s'expliquer par une représentation différente des races dans chacune d'entre elles. L'analyse statistique de notre étude révèle un effet significatif de la race sur la taille de portée. Plusieurs articles s'accordent ainsi sur le fait que la taille de portée augmente avec le format racial (Gill 2001 ; Borge et al. 2011 ; Poinssot 2011 ; Groppetti et al. 2015 ; Chastant-Maillard et al. 2017).



Étonnamment, nos résultats ne révèlent pas un effet de l'âge de la chienne sur la taille de portée. D'autres publications rapportent pourtant un tel effet. Une étude rétrospective sur 37 946 portées a mis en évidence que les chiennes seniors (d'âge supérieur à 6 ans) avaient des portées de taille inférieure à celle des portées issues de jeunes chiennes (d'âge inférieure à 2 ans), elles-mêmes ayant des portées de taille plus petite par rapport aux chiennes adultes (d'âge compris entre 2 et 6 ans) :  $4,9 \pm 2,7$  pour les seniors,  $5,2 \pm 2,6$  chiots pour les jeunes et  $5,4 \pm 2,7$  pour les adultes (Chastant-Maillard et al. 2017). Cette relation curvilinéaire décroissante est retrouvée dans d'autres études comme celle de Bobic Gavrilovic (2007), Borge et al. (2011) et Mir et al. (2011). Münnich et Küchenmeister (2009) rapportent par ailleurs que les chiennes primipares de plus de 6 ans ont plus tendance à avoir des portées de chiot unique en comparaison de chiennes primipares plus jeunes. Groppetti et al. (2015) ont observé une taille de portée significativement diminuée pour les chiennes âgées de 8 ans et plus par rapport aux chiennes plus jeunes.

Plusieurs autres facteurs auraient une influence sur la taille de portée, par exemple la saison (Mutembei et al. 2000 ; Bobic Gavrilovic 2007 ; Chatdarong et al. 2007), le taux de consanguinité de la mère (Urfer 2009 ; Leroy et al. 2015 ; Chu et al. 2019), le nombre de mises bas par an (Šichtař et al. 2016) ou la méthode d'accouplement (Borge et al. 2011 ; Groppetti et al. 2015).

### c) *Répétabilité de la taille de portée*

La répétabilité de la taille de portée dans la population générale de cette étude est estimée à  $0,28 \pm 0,04$ . Elle varie selon la race et a été estimée plus de deux fois plus élevée chez le Bichon maltais que chez le Golden Retriever et le Cocker anglais ( $0,35 \pm 0,13$  contre  $0,15 \pm 0,10$  respectivement). Aucune autre valeur de répétabilité de taille de portée dans l'espèce canine n'étant disponible dans la littérature, il est intéressant de comparer ces résultats avec des valeurs disponibles chez d'autres mammifères polytoques.

Les valeurs de répétabilité de taille de portée obtenues dans notre étude sont relativement faibles voire modérées selon la race canine considérée. Ces coefficients sont globalement de l'ordre de grandeur de ceux calculés dans d'autres espèces animales (Tableau 8). Les valeurs obtenues sont en effet majoritairement faibles voire modérées et une seule étude (Kabir et al. 2012) obtient des répétabilités élevées. Par ailleurs, des disparités entre les races peuvent être observées, que ce soit dans

l'espèce canine pour notre étude, ou dans d'autres espèces comme indiqué dans le tableau 8. De plus, une même race peut se voir attribuer des répétabilités différentes selon les études (par exemple, la répétabilité de la taille de portée du New Zealand White est estimée à 0,27 par Iraqi (2008) tandis qu'elle s'élève à 0,50 pour Kabir et al. (2012). Cette observation peut s'expliquer par des populations structurées différemment, avec des effectifs variés et des lignées de femelles différentes.

La répétabilité de la taille de portée semble également influencer par la taille du troupeau. En effet, Akpa et al. (2010) a rapporté que la répétabilité diminuait avec l'accroissement de la taille du troupeau : 0,71, 0,61 et 0,32 pour des tailles de troupeaux inférieure à 10 chèvres, entre 11 et 20 chèvres et entre 21 et 30 chèvres, respectivement. Toutes ces valeurs restent néanmoins modérées à élevées, et sont une preuve que la prolificité de la chèvre est probablement influencée par un seul gène majeur suggérant que la réforme des animaux improductifs pourrait être une pratique permettant d'augmenter la taille de portée moyenne du cheptel.

Bien que les valeurs de répétabilités soient globalement faibles voire très faibles, il semblerait que des résultats consécutifs à une sélection sur la taille de portée soient envisageables. Hagger (2002) a ainsi montré que le gain génétique sur la taille de portée attendu chez la brebis est compris entre 3 et 9% selon la race. Le gain génétique prend aussi en compte les valeurs d'héritabilité du caractère d'intérêt.

Tableau 8 : Valeurs de répétabilité de taille de portée obtenues dans d'autres espèces.

Espèce	Race	Effectifs	Répétabilité	Auteurs	Année
Mouton	• Blackface • Welsh	• 3504 brebis • 2018 brebis	• 0,19 ± 0,01 • 0,24 ± 0,02	Purser	1965
	Rasa Aragonesa	2370 brebis	0,13	Gabiña	1989
	Mérinos de Rambouillet	355 brebis	0,19	Bunge et al.	1990
	Australian Dorset	2488 brebis	0,14 ± 0,01	Brash et al.	1994
	• Valais Black-Nose • Brown-Headed Meat • White Alpine • Black-Brown Mountain	• 21726 brebis • 18913 brebis • 26274 brebis • 14953 brebis	• 0,066 • 0,119 • 0,134 • 0,164	Hagger	2002
	Elsenburg Dormer	2551 brebis	0,13	van Wyk et al.	2003
	Mérinos polonais	3844 brebis	0,064 - 0,118	Piwczyński et al.	2011
	Porc	Large White	135 / 150 truies selon les lignées	0,24 - 0,26	King et Gajić
Large White		38 000 portées	0,15	Strang et King	1970
Landrace danois		523 truies	0,32 ± 0,05	Wang et al.	1994
Landrace		1891 truies	0,19	Crump et al.	1997
Yorkshire danois		3534 truies	0,22 - 0,24	Sorensen et al.	2000
Large White		7983 truies	0,15 ± 0,01	Dube et al.	2012
Korean Berkshire		781 truies	0,16 - 0,18	Lee et al.	2015
• Landrace • Large White		• 12 677 truies • 10 405 truies	• 0,18 - 0,31 • 0,19 - 0,29	Ogawa et al.	2019
Chèvre	West African Dwarf	163 chèvres	0,33 - 0,38	Odubote	1996
	Alpine	383 chèvres	0,061 ± 0,003	Mourad	1996
	Alpine	130 chèvres	0,010 - 0,383	Mourad	2001
	Kano Brown	116 chèvres	0,41	Akpa et al.	2010
	Black Bengal	90 chèvres	0,15	Faruque et al.	2010
	Arsi-Bale	181 chèvres	0,15	Kebede et al.	2012
	Raeini Cashmere	1653 chèvres	0,15	Mohammadi et al.	2012
Lapin	• Chinchilla • California • New Zealand White • Croisements des trois races	260 portées au total	0,45 ± 0,12	Odubote et Somade	1992
	• New Zealand White • Californian	163 lapines au total	• 0,16 ± 0,05 • 0,02 ± 0,04	Khalil	1993
	• New Zealand White • Flemish Giant • Croisements des deux races	• 12 lapines • 11 lapines • 12 lapines	0,33 ± 0,11	Lukefahr et al.	1984
	New Zealand White	121 lapines	0,32	Rastogi et al.	2000
	New Zealand White	127 lapines	0,27	Iraqi	2008
	• Chinchilla • New Zealand White • California White	36 lapines au total	• 0,72 ± 0,32 • 0,50 ± 0,28 • 0,70 ± 0,33	Kabir et al.	2012
	Mélanges : New Zealand White, Chinchilla, Grey, Dutch, Californian	35 lapines	0,27	Zaharaddeen et Kabir	2018

## 2. Poids de naissance moyen

### a) *Population générale*

Le poids de naissance moyen intra-portée de notre étude est de  $305,5 \pm 118,7$  g. La moitié des portées ont un poids de naissance moyen inférieur à 300g. Le poids de naissance chez le chien est extrêmement variable en fonction de la race. Dans une étude de Groppetti et al. (2017), les poids de naissance variaient de 124g pour le Spitz jusqu'à 1250g pour le mâtin de Naples. Cette variabilité explique que le poids de naissance moyen toutes races confondues n'est pas une valeur exploitée dans les études. Néanmoins le poids de naissance moyen intra-portée est la moyenne des poids de naissance de chaque chiot donc est influencé par les mêmes facteurs de variation.

### b) *Facteurs de variation du poids de naissance*

Cette étude met en évidence un effet significatif de la race sur le poids de naissance, ce qui est largement reporté par d'autres études. Les races de petit format à l'âge adulte présentent des poids de naissance moyens bien inférieurs aux races de grand format en accord avec d'autres études (Fiszdon et Kowalczyk 2009 ; Groppetti et al. 2017 ; Schrank et al. 2019). Néanmoins les poids de naissance dans une même race sont variables d'une étude à l'autre : par exemple dans notre étude, le Bouvier bernois pèse en moyenne  $463,3 \pm 46,5$ g à la naissance alors que d'autres études rapportent des valeurs différentes ( $588,9 \pm 88,4$ g pour Groppetti et al. (2015)). Les différences observées peuvent être expliquées par de nombreux facteurs comme des variabilités génétiques individuelles imputables à des lignées différentes ou des paramètres environnementaux comme des conduites d'élevage différentes. Au-delà des différences liées au format racial, le type morphologique de la race entre aussi en compte. En effet, les chiennes brachycéphales auraient des chiots de poids de naissance 1,29 à 1,69 fois inférieur à celui de chiots de races de même format mais de type morphologique différent (Groppetti et al. 2017).

L'âge de la chienne à la mise bas n'influence pas le poids de naissance moyen dans notre travail, alors que son impact a été mis en évidence dans plusieurs publications. Dans une étude comptant 789 chiots pour 31 races différentes, les femelles âgées de 2 à 8 ans ont mis bas des chiots plus lourds que les chiots des femelles plus jeunes et plus âgées (Groppetti et al. 2015). A l'inverse, certaines études

réalisées chez le chien (Tesi et al. 2020) ou dans d'autres espèces telles que le chat (Sparkes et al. 2006 ; Gatel et al. 2011) ou le cheval (Elliott et al. 2009), ne mettent pas en évidence d'effet de l'âge de la mère sur le poids de naissance.

Si l'on considère la population totale de notre étude, la taille de portée n'a pas d'influence sur le poids de naissance moyen. Néanmoins notre modèle a mis en évidence un effet de la taille de portée si l'on considère les races Golden Retriever, Bichon Maltais et Cocker anglais séparément. Groppetti et al. (2015) avaient déjà observé un effet de la taille de portée sur le poids de naissance et avait montré que les faibles tailles de portée étaient associées à une plus grande proportion de chiots lourds que dans les tailles de portée élevées, en particulier pour les chiens de taille moyenne (40 à 35 cm à l'âge adulte). Le même phénomène a été observé dans d'autres études réalisées chez le chien (Nielen et al. 2001 ; Schelling et al. 2019) mais aussi dans d'autres espèces telles que le chat (Gatel et al. 2011), le cheval (Beythien et al. 2017), le mouton (Gardner et al. 2007) ou le porc (Milligan et al. 2002 ; Damgaard et al. 2003).

Plusieurs autres paramètres auparavant investigués chez le chien ou dans d'autres espèces animales pourraient influencer le poids de naissance du chiot comme le statut nutritionnel de la mère (Vasudevan et al. 2011), la durée de gestation (Schelling et al. 2019), le sex ratio de la portée (Trangerud et al. 2007 ; Bigliardi et al. 2013 ; Groppetti et al. 2017), la saison de naissance (Holt et al. 2005 ; Thiruvankadan et al. 2011).

### *c) Répétabilité du poids de naissance moyen*

La répétabilité du poids de naissance moyen dans la population générale de cette étude est estimée à  $0,50 \pm 0,04$ . Les trois races sur lesquelles le modèle a été appliqué révèlent des valeurs différentes de répétabilité. Le Bichon Maltais présente la valeur la plus faible ( $0,16 \pm 0,12$ ) tandis que le Cocker anglais présente la valeur la plus élevée ( $0,59 \pm 0,13$ ), le Golden Retriever ayant une valeur intermédiaire ( $0,47 \pm 0,10$ ). Là encore, aucune autre valeur de répétabilité de poids de naissance n'étant disponible dans l'espèce canine, ces résultats seront maintenant comparés à ceux obtenus chez d'autres mammifères polytoques.

Tableau 9 : Valeurs de répétabilité du poids de naissance moyen obtenues dans d'autres espèces.

Espèce	Race	Effectifs	Répétabilité	Auteurs	Année
Mouton	Elsenburg Dormer	2551 brebis	0,18	van Wyk et al.	2003
	Mérinos turc	681 brebis	0,0787	Ekiz et al.	2005
	Lori-Bakhtiari	1797 brebis	0,28	Vatankhah et Talebi	2008
	Kerman	860 brebis	0,23	Mokhtari et al.	2010
	Akkaraman	1333 agneaux	0,130 ± 0,036	Öztürk et al.	2018
	Baluchi	4371 brebis	0,18	Jafaroghli et al.	2019
	Ile de France	422 brebis	0,27 - 0,29	Laleva et al.	2021
Porc	Large White	135 / 150 truies selon les lignées	0,35 - 0,45	King et Gajić	1969
	Landrace	1891 truies	0,22	Crump et al.	1997
	South African Large White	7983 truies	0,16 ± 0,01	Dube et al.	2012
	• Landrace • Large White	• 12 677 truies • 10 405 truies	• 0,24 • 0,23	Ogawa et al.	2019
Chèvre	Black Bengal	90 chèvres	0,47	Faruque et al.	2010
	Raeini Cashmere	1653 chèvres	0,39	Mohammadi et al.	2012
	Arsi-Bale	181 chèvres	0,16	Kebede et al.	2012
	• Red Sokoto • West African Dwarf • Croisements des deux races	Non renseignés	• 0,23 ± 0,20 • 0,01 ± 0,24 • 0,09 - 0,16	Yusuff et Fayeye	2018
Lapin	• New Zealand White • Flemish Giant • Croisements des deux races	• 12 lapines • 11 lapines • 12 lapines	0,04 ± 0,11	Lukefahr et al.	1984
	• Chinchilla • California • New Zealand White • Croisements des trois races	260 portées au total	0,23 ± 0,10	Odubote et Somade	1992
	• New Zealand White • Californian	163 lapines au total	• 0,17 ± 0,06 • 0,07 ± 0,05	Khalil	1993
	New Zealand White	127 lapines	0,21	Iraqi	2008
	• Chinchilla • New Zealand White • California White	36 lapines au total	• 0,86 ± 0,37 • 0,74 ± 0,32 • 0,69 ± 0,30	Kabir et al.	2012
	Domestic (South Eastern Nigeria)	21 lapines	0,034 ± 0,243	Okoro et al.	2012
	Mélanges : New Zealand White, Chinchilla, Grey, Dutch, Californian	35 lapines	0,50	Zaharaddeen et Kabir	2018
Vache	Madura	93 vaches	0,46 ± 0,15	Tribudi et Prihandini	2019
	Holstein	2583 veaux	0,34 ± 0,02	Bakir et al.	2004
	White Fulani	148 veaux	0,28 ± 0,01	Olawumi et Salako	2010
	Tuli	1154 veaux	0,35	Magwaba et al.	2019

Les valeurs de répétabilité du poids de naissance moyen obtenus dans notre étude sont donc globalement modérées. Les coefficients de notre travail sont globalement de l'ordre de grandeur de ceux estimés chez le porc et la vache notamment (Tableau 9). A l'inverse, le lapin, le mouton et la chèvre sont des espèces où les répétabilités du poids de naissance sont globalement faibles. Il existe néanmoins des disparités selon les publications considérées. Par exemple Kabir et al. (2012) mettent en évidence des répétabilités élevées (variant de 0,70 à 0,90) dans trois races de lapin alors que Odubote et Somade (1992) rapportent une valeur bien plus faible ( $0,23 \pm 0,10$ ) dans ces mêmes races.

Des différences sont également visibles selon la race considérée. Chez le chien, le Bichon Maltais a une valeur de répétabilité du poids de naissance inférieure aux Golden Retriever et Cocker anglais. Dans d'autres espèces animales également, de pareilles observations peuvent être faites : par exemple la vache White Fulani a une répétabilité faible tandis que la vache Madura a une répétabilité modérée ( $0,28 \pm 0,01$  pour Olawumi et Salako (2010) et  $0,46 \pm 0,15$  pour Tribudi et Prihandini (2019) respectivement). Ces résultats indiquent que la sélection basée sur le poids de naissance moyen chez une race peut permettre d'obtenir une réponse génétique intéressante. Néanmoins les répétabilités restent à confronter aux valeurs d'héritabilité.

### 3. Coefficient de variation du poids de naissance intra-portée

#### a) *Population générale*

Le coefficient de variation du poids de naissance de notre étude est de  $12\% \pm 6\%$ . Plus des trois quarts des portées ont un coefficient de variation inférieur à 20%. Ces résultats sont en accord avec l'étude réalisée par Brevaux (2018) sur 1140 portées de 27 races différentes, et qui rapporte un coefficient de variation du poids de naissance intra-portée de 11% pour la population totale, avec 92% des portées ayant un coefficient de variation inférieur à 20%. Néanmoins peu d'études chez le chien ont étudié ce paramètre alors qu'il présente un intérêt certain, notamment car il est associé à une mortalité néonatale précoce plus élevée (Brevaux 2018 ; Mugnier et al. 2019). Les portées fortement hétérogènes étaient en effet associées à un taux de mortalité néonatale précoce de 6,4% contre 2% pour les portées moyennement hétérogènes (Mugnier et al. 2019).

*b) Facteurs de variation du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée*

Nos résultats mettent en évidence que la race a un effet significatif sur le coefficient de variation du poids de naissance, ce qui est en accord avec les quelques études qui évaluent ce paramètre dans l'espèce canine. Les valeurs estimées sont par ailleurs de l'ordre de grandeur de celles trouvées par d'autres auteurs. Le travail réalisé par Brevaux (2018) rapporte un coefficient de variation des poids de naissance intra-portée entre 7,7 et 14,9% selon la race. Dans l'étude de Mugnier et al. (2019) portant sur 1202 portées et 27 races, l'hétérogénéité du poids de naissance moyen intra-portée variait de 8 à 15,9% selon la race. Il était en moyenne de 9,4% pour le Golden Retriever, 11,8% pour le Bichon Maltais et de 11% pour le Cocker anglais. L'effet de la race sur le coefficient de variation se retrouve chez d'autres espèces, notamment chez le porc (Damgaard et al. 2003 ; Canario et al. 2010).

Selon notre étude, il n'y a pas d'effet de la taille de portée sur l'hétérogénéité des poids de naissance des chiots. C'est pourtant une relation qui est régulièrement mise en évidence dans l'espèce porcine (Milligan et al. 2002 ; Quiniou et al. 2002). Dans une étude réalisée par Quesnel et al. (2008) sur 1596 portées, le coefficient de variation du poids de naissance est estimé à 0,15, 0,21 et 0,24 pour des tailles de portée inférieures à 9, de 12 à 13 et supérieures à 16 porcelets, respectivement. Par ailleurs l'augmentation de l'hétérogénéité de portée avec la taille de portée s'accompagne à la fois d'une augmentation du pourcentage de petits porcelets et d'une augmentation de porcelets lourds, ces derniers ayant un risque accru de mort lors de la mise bas d'après Canario et al. (2010).

L'analyse menée sur la population totale n'a pas montré d'influence de l'âge de la chienne sur l'hétérogénéité des poids de naissance intra-portée alors qu'un effet a été mis en évidence lorsque l'analyse a été menée au sein de la race Bichon Maltais. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les chiennes Bichon Maltais de la base de données étaient âgées de 1,4 à 10,3 ans, alors que la grande majorité des autres races n'est pas représentée au-delà de 6 ans. L'effet de l'âge sur l'hétérogénéité de portée semble exister chez le porc. Ainsi Quesnel et al. (2008) ont montré que les truies de première et deuxième parité avaient des portées plus homogènes que des truies de parité plus élevée. Une autre étude menée par Wientjes et al. (2012) révèle un effet significatif de la parité de la truie sur l'hétérogénéité des poids de naissance, avec un coefficient de variation variant de 0,21, 0,23 et 0,25 pour les parités 2, 3 et 4 et supérieure à 5. Chez le mouton, Juengel et al. (2018) ne rapportent pas d'effet de



l'âge de la mère sur l'hétérogénéité des poids de naissance contrairement à Mathias-Davis et al. (2010).

D'autres paramètres pouvant influencer sur le coefficient de variation du poids de naissance, et étudiés chez le porc notamment, mériteraient d'être investigués chez le chien également, comme le score corporel de la mère au début et à la fin de la gestation (Quesnel et al. 2008), la provenance de l'ovocyte (ovaire gauche, droit ou des deux côtés) (Juengel et al. 2018), le statut nutritionnel de la mère (Robertson 1997 ; Ashworth et al. 1999 ; Whaley et al. 2000 ; Antipatis et al. 2008 ; Van Den Brand et al. 2009 ; Feng et al. 2020), la saison à la conception (Xue et al. 1994 ; Quesnel et al. 2008). La distribution des poids de naissance des porcelets serait déjà établi dès 30 à 35 jours de gestation (van der Lende et al. 1990 ; Wise et al. 1997 ; Finch et al. 2002) : les événements ayant lieu avant le deuxième mois de gestation joueraient donc un rôle clé dans l'hétérogénéité de portée.

#### *c) Répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance*

La répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance intra-portée dans la population générale de cette étude est estimée à  $0,06 \pm 0,03$ . Les trois races sur lesquelles le modèle a été appliqué révèlent des valeurs différentes de répétabilité. Le Cocker anglais présente la valeur la plus faible ( $0,04 \pm 0,13$ ) tandis que le Bichon Maltais présente la valeur la plus élevée ( $0,16 \pm 0,12$ ), le Golden Retriever ayant une valeur intermédiaire ( $0,12 \pm 0,10$ ). Bien qu'il existe des différences raciales, les valeurs de répétabilité sont très faibles. Le coefficient de variation du poids de naissance ne semble donc pas un caractère répétable dans l'espèce canine. Aucune autre valeur de répétabilité de coefficient de variation n'étant disponible dans l'espèce canine, ces résultats seront maintenant comparés à ceux obtenus chez le porc, seule espèce où des données sont disponibles.

L'étude de Quesnel et al. (2008) a estimé la répétabilité du coefficient de variation entre 0,10 et 0,15 chez des truies Landrace et Large White. Ce résultat est en accord avec celui trouvé par Damgaard et al. (2003) de 0,17. La répétabilité de la variance des poids de naissance intra-portée a été estimée à 0,02 à partir de 275 portées issues de 109 truies Berkshire (Chapman 1962). Ces études rapportent donc que l'hétérogénéité de portée ne semble pas être un caractère répétable chez le porc.

#### 4. Pourcentage de chiots de petit poids de naissance

##### a) *Population générale*

###### ➤ Définition du petit poids de naissance

Dans notre étude, un petit poids de naissance est défini comme une valeur inférieure au premier quartile de la race. Cette définition a auparavant été utilisée par d'autres auteurs (Mosier 1978 ; Gill 2001 ; Brevaux 2018 ; Mugnier et al. 2019). Mila et al. (2015) avaient défini le premier quartile à l'intérieur d'une population de chiots de même format plutôt que par la race et ont ainsi rapporté des valeurs de premier quartile de 151, 225 et 330g pour les races de petit format (adultes de moins de 15 kg), de format moyen (adultes dont le poids est compris entre 15 et 25kg) et de grand format (adultes de plus de 25kg) respectivement. Dans notre travail, le quartile a été défini par race à partir des valeurs de poids de naissance des chiots nés dans l'élevage. Ce calcul a été effectué avant application des caractères d'exclusion de façon à bénéficier d'une population la plus grande possible. D'autres méthodes comme les analyses CART (Classification And Regression Tree) et ROC (Receiver Operating Characteristic) seraient plus sensibles et permettraient de diminuer le risque de faux négatif, c'est-à-dire de ne pas classer un chiot comme à petit poids de naissance alors que c'est le cas (Brevaux 2018 ; Mugnier et al. 2020). Les différents seuils de poids de naissance des races incluses dans notre étude et dans d'autres publications, sont représentés dans le tableau 10.

Si l'on considère le petit poids de naissance comme le premier quartile, on remarque que des valeurs différentes peuvent être obtenues pour une même race. Par exemple le premier quartile du Cocker anglais est de 263g dans notre étude tandis qu'il est de 228g pour Brevaux (2018) et de 223g pour Mugnier et al. (2019). Globalement les premiers quartiles de Brevaux (2018) et Mugnier et al. (2019) sont plus proches entre elles que de notre travail. Cette observation pourrait s'expliquer par des différences dans la population d'étude et notamment les lignées de femelles. D'autre part, on peut observer que l'ensemble des seuils de petit poids de naissance sont plus faibles avec la méthode du premier quartile qu'avec les méthodes CART et ROC (sauf pour le Jack Russell). Cela voudrait donc dire qu'il y a des chiots de notre base de données qui sont classés en poids de naissance normal alors qu'ils pourraient être de petit poids de naissance et à risque plus élevé de mort dans les premiers jours de vie.

Tableau 10 : Seuils définissant le petit poids de naissance dans différentes races canines. Comparaison dans la littérature.

	Seuil de poids de naissance selon le premier quartile (g)			Seuil de petit poids de naissance selon l'analyse CART et ROC (g)	
	Notre étude	Brevaux 2018	Mugnier et al. 2019	Brevaux 2018	Mugnier et al. 2020
Berger australien	325	315	315	375	375
Berger Blanc Suisse	389		420		
Bichon frisé	161		162		181
Bichon maltais	149	146	140,5	162	163
Bouvier Bernois	406	445	445	445	
Boxer	393		415		
Caniche	158				
Cavalier King Charles	178		202		
Cocker anglais	263	228	223	270	280
Golden Retriever	337		350		417
Jack Russell Terrier	208	185	185	202	
Labrador	364	365	363,2	402	406
Lhasa Apso	165	165	165	180	
Shetland	184				
Shih Tzu	154		158		176
Spitz	151				

## ➤ Résultats

Le pourcentage de chiots de petit poids de naissance toutes races confondues s'élève à  $22 \pm 28\%$  dans notre étude. Près de la moitié des portées ont un pourcentage de chiots de petit poids de naissance inférieur à 10%. En médecine humaine, une étude relate un pourcentage de petits poids de naissance de 17%, variant de 5 à 7% dans les pays développés à 19% dans les pays en voie de développement (Bernabé et al. 2004). Dans un hôpital situé à Dehli en Inde, la proportion de nouveau-nés de petit poids de naissance a été mesurée à 23,9% (Bhattachariya et al. 2015). Au Mexique, l'incidence des petits poids de naissance chez les nouveau-nés a augmenté avec les années, passant de 6,2% en 2008 à 7,1% en 2017 (Ancira-Moreno et al. 2021).

Plusieurs études ont rapporté un effet du petit poids de naissance sur la mortalité néonatale chez le chien (Groppetti et al. 2015 ; Mila et al. 2015 ; Mugnier et al. 2019). Les chiots de petit poids de naissance ont des réserves énergétiques limitées et des difficultés à téter et obtenir le colostrum (Mila et al. 2017). De plus, ces

chiots ont un rapport surface / masse plus élevé, une difficulté à maintenir une température corporelle et une glycémie dans les normes comparés aux autres chiots de la portée. Ils nécessitent donc un soin particulier de la part de l'éleveur afin d'augmenter leur chance de survie. La relation entre petit poids de naissance et mortalité néonatale a également été observée dans d'autres espèces telles que chez le chat et le porc (Lawler 2008 ; Devillers et al. 2011).

D'après nos résultats, une proportion importante des chiots de notre étude serait donc à risque de mort dans les premiers jours de vie si la proportion de petits poids de naissance est le seul facteur pris en compte. Il aurait été intéressant de savoir quels chiots de notre population sont morts dans les premiers jours de vie afin de vérifier si le premier quartile du poids de naissance est réellement un seuil approprié pour détecter les chiots à risque élevé de mortalité néonatale.

*b) Facteurs de variation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance*

Les facteurs de variation du pourcentage de chiots de petit poids de naissance n'ont pas été investigués dans l'espèce canine jusqu'à ce jour à notre connaissance. Un aperçu de quelques facteurs investigués dans d'autres espèces sera donc introduit ci-après.

Dans notre étude, la taille de portée a un effet significatif sur le pourcentage de chiots de petit poids de naissance. Chez l'homme, une étude réalisée aux Etats-Unis révèle que les jumeaux et triplés ont respectivement 10,3 et 18,8 plus de risques de naître avec un petit poids à la naissance par rapport à un enfant unique (Luke, Keith 1992), ce qui est en accord avec la publication de Dahlui et al. (2016) et Tessema et al. (2021). Chez le porc, une augmentation de la taille de portée de 9 à 16 porcelets est associée à une augmentation de 3 à 15% de porcelets pesant moins de 1kg (Quesnel et al. 2008).

L'âge de la chienne à la mise bas n'aurait pas d'effet sur la proportion de chiots de petit poids de naissance. Pourtant dans l'espèce humaine, les mères âgées de plus de 35 ans (Yadav et Lee 2013), de même que les très jeunes femmes (d'âge inférieur à 24 ans) (Baghianimoghadam et al. 2015; Dahlui et al. 2016), ont un risque accru de donner naissance à un enfant de petit poids de naissance.

D'autres paramètres pourraient affecter la proportion de chiots de petit poids de naissance, comme cela a été proposé dans d'autres espèces, telles que des affections

des trompes, favorisées par des infections pelviennes (Sunkara et al. 2021), le score corporel de la mère (Waits et al. 2021), le statut nutritionnel de la mère (Fang et al. 2021), les affections médicales telles que l'hypertension artérielle chez la mère (Lopez, Choonara 2009), des facteurs environnementaux comme l'exposition à la pollution lors de la gestation (Lee et al. 2003 ; Lu et al. 2020 ; Cao et al. 2021) ou le stress ressenti lors de la gestation (Rondó et al. 2003 ; Dahlui et al. 2016).

c) *Répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance*

La répétabilité du pourcentage de chiots de petit poids de naissance dans la population est estimée à  $0,28 \pm 0,04$  dans notre étude. Elle est variable selon la race :  $0,06 \pm 0,10$  pour le Bichon Maltais,  $0,38 \pm 0,11$  pour le Golden Retriever et  $0,33 \pm 0,15$  pour le Cocker anglais. Ces valeurs sont modérées sauf celle du Bichon Maltais. Ces résultats suggèrent qu'il est relativement possible de se fier à une seule performance pour connaître le pourcentage de chiots de petit poids de naissance. Aucune autre donnée de répétabilité n'a pu être trouvée dans la littérature, que ce soit dans l'espèce canine ou dans d'autres espèces animales. Des investigations supplémentaires restent donc à mener.



## CONCLUSION

A notre connaissance, cette étude est la première à estimer la répétabilité de des performances de reproduction chez la chienne. Les résultats obtenus sur 732 portées appartenant à 16 races différentes ont permis de proposer des valeurs de répétabilité pour quatre paramètres d'intérêt : la taille de portée à la naissance, le poids de naissance moyen intra-portée et le pourcentage de chiots de petit poids de naissance ainsi que le coefficient de variation du poids de naissance moyen intra-portée. Nos résultats montrent que les répétabilités sont faibles à modérées selon les paramètres. Ce travail met ainsi en évidence qu'il pourrait être pertinent de sélectionner une chienne sur la base d'une occurrence, notamment sur le poids de naissance moyen intra-portée et, dans une moindre mesure, sur la taille de portée à la naissance et le pourcentage de chiots de petit poids de naissance. Ainsi, on peut s'attendre à ce qu'une chienne ayant des mauvaises performances reproductives dans ces trois paramètres ait également de mauvaises performances dans ses portées futures. A l'inverse, la répétabilité du coefficient de variation du poids de naissance moyen intra-portée est très faible. Ainsi une chienne ayant une portée très hétérogène ne laisse rien présager sur l'hétérogénéité des portées futures. D'un point de vue de l'éleveur, il aurait par ailleurs été intéressant d'estimer la répétabilité de la taille de portée au sevrage (à 2 mois) car c'est à ce moment-là que les chiots sont légalement vendables. Néanmoins il est important de rappeler que les seules valeurs de répétabilité ne suffisent pas à sélectionner une chienne ou non. Un programme de sélection doit notamment prendre en compte l'héritabilité des caractères et leurs corrélations génétiques. Ainsi des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux caractériser les paramètres génétiques des performances de reproduction de la chienne et permettre une meilleure sélection des chiennes en élevage.

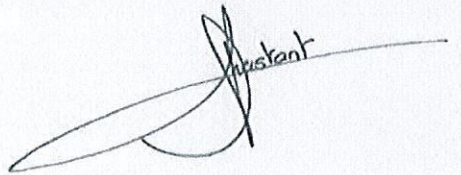
Cette étude a enfin permis de dresser des comparaisons avec les valeurs de répétabilité existant dans d'autres espèces animales. Les différences observées entre les différentes publications pourraient être dues aux espèces animales en elles-mêmes, à l'environnement, aux effets fixes pris en compte dans les modèles ou encore la structure des données.

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussignée, Sylvie CHASTANT, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directrice de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **BATAC Joanna** intitulée « **Répétabilité des performances de reproduction chez la chienne** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 17/12/2021  
Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Professeure Sylvie CHASTANT



Vu :  
Le Directeur de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
M. Pierre SANS



Vu :  
Le Président du jury  
Docteur Xavier NOUVEL



Vu et autorisation de l'impression :  
Le Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Monsieur Jean-Marc BROTO  
Par délégation, le Doyen de la faculté de  
Médecine de Toulouse-Rangueil  
Monsieur Elie SERRANO



Mme BATAC Joanna  
a été admis(e) sur concours en : 2016  
a obtenu son certificat de fin de scolarité le: 06/07/2020  
a validé son année d'approfondissement le: 15/07/2021  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



## BIBLIOGRAPHIE

AKPA, G.N., ALPHONSUS, C., DAHLA, S.Y. et GARBA Y., 2010. Goat breeding structure and repeatability of litter size in smallholder goat herds in Kano, Nigeria. *Animal Research International*. Vol. 7, n° 3, pp. 1274-1280.

ANCIRA-MORENO, M., MONTERRUBIO-FLORES, E., HERNÁNDEZ-CORDERO, S., OMAÑA-GUZMÁN, I., SOLOAGA, Isidro, TORRES, F., REYES, M., BURROLA-MENDEZ, Y. et MORALES-LÓPEZ, A., 2021. Incidence of low birth weight in Mexico: A descriptive retrospective study from 2008–2017. *PLOS ONE*. Vol. 16, n° 9, pp. e0256518. DOI 10.1371/journal.pone.0256518.

ANTIPATIS, C., FINCH, A. M. et ASHWORTH, C. J., 2008. Effect of controlled alterations in maternal dietary retinol on foetal and neonatal retinol status and pregnancy outcome in pigs. *Livestock Science*. Vol. 118, n° 3, pp. 247-254. DOI 10.1016/j.livsci.2008.01.026.

ASHWORTH, C J, BEATTIE, L, ANTIPATIS, C et VALLET, J L, 1999. Effects of pre- and post-mating feed intake on blastocyst size, secretory function and glucose metabolism in Meishan gilts. *Reproduction, Fertility, and Development*. Vol. 11, n° 6, pp. 323-327. DOI 10.1071/rd99040.

BAGHIANIMOGHADAM, M. H., BAGHIANIMOGHADAM, B., ARDIAN, N. et ALIZADEH, E., 2015. Risk factors of low birth weight and effect of them on growth pattern of children up to sixth months of life: A cross-sectional study. *Journal of Education and Health Promotion*. Vol. 4, pp. 40. DOI 10.4103/2277-9531.157226.

BAKIR, G., KAYGISIZ, A. et ULKER, H., 2004. Estimates of genetic and phenotypic parameters for birth weight in Holstein Friesian cattle. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 7, pp. 1221-1224. DOI 10.3923/pjbs.2004.1221.1224.

BELIN, M., 2013. *Croissance et mortalité du chiot en élevage* [en ligne]. Thèse de Doctorat vétérinaire de l'Université de Toulouse. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/10834/>

BERNABÉ, J. V. D., SORIANO, T., ALBALADEJO, R., JUARRANZ, M., CALLE, M. E., MARTÍNEZ, D. et DOMÍNGUEZ-ROJAS, V., 2004. Risk factors for low birth weight: a review. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*. Vol. 116, n° 1, pp. 3-15. DOI 10.1016/j.ejogrb.2004.03.007.

BEYTHIEN, E., AURICH, C., WULF, M. et AURICH, J., 2017. Effects of season on placental, foetal and neonatal development in horses. *Theriogenology*. Vol. 97, pp. 98-103. DOI 10.1016/j.theriogenology.2017.04.027.

BHATTACHARJYA, H., DAS, S. et GHOSH, D., 2015. Proportion of low birth weight and related factors in a tertiary care institute of Tripura. *International Journal of Medicine and Public Health*. Vol. 5, n° 1, pp. 10-13. DOI 10.4103/2230-8598.151236.

BIGLIARDI, E., IANNI, F. D., PARMIGIANI, E., MORINI, G. et BRESCIANI, C., 2013. Physiological weight loss in newborn puppies of Boxer breed. *Italian Journal of Animal Science*. Vol. 12, n° 4, pp. e77. DOI 10.4081/ijas.2013.e77.

BOBIC GAVRILOVIC, B., 2007. Reproductive patterns in the domestic dog : a retrospective study with the Drever breed as model. *Theriogenology*. Vol. 70, n° 5, pp. 783-794.

BORGE, KS., TØNNESSEN, R., NØDTVEDT, A. et INDREBØ, A., 2011. Litter size at birth in purebred dogs-a retrospective study of 224 breeds. *Theriogenology*. Vol. 75, n° 5, pp. 911-919. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.10.034.

- BRASH, L. D., FOGARTY, N. M. et GILMOUR, A. R., 1994. Reproductive performance and genetic parameters for Australian Dorset Sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 45, n° 2, pp. 427-441. DOI 10.1071/ar9940427.
- BREVAUX, J., 2018. *Relation entre le poids de naissance, la croissance précoce, l'hétérogénéité du poids de naissance au sein de la portée et le risque de mortalité néonatale et pédiatrique* [en ligne]. Thèse de Doctorat vétérinaire de l'Université de Toulouse. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/21643/>
- BUNGE, R., THOMAS, D. L. et STOOKEY, J. M., 1990. Factors affecting productivity of Rambouillet ewes mated to ram lambs. *Journal of Animal Science*. Vol. 68, n° 8, pp. 2253-2262. DOI 10.2527/1990.6882253x.
- CANARIO, L., LUNDGREN, H., HAANDLYKKEN, M. et RYDHMER, L., 2010. Genetics of growth in piglets and the association with homogeneity of body weight within litters. *Journal of Animal Science*. Vol. 88, pp. 1240-7. DOI 10.2527/jas.2009-2056.
- CAO, T., QU, A., LI, Z., WANG, W., LIU, Ran, WANG, X., NIE, Y., SUN, S., ZHANG, X. et LIU, X., 2021. The relationship between maternal perfluoroalkylated substances exposure and low birth weight of offspring: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 28, pp. 1-13. DOI 10.1007/s11356-021-15061-4.
- CHAPMAN, V. M., 1962. *Genetic and environmental influences upon litter size and variation of birth weights in Berkshire swine* [en ligne]. Thèse de Doctorat. Oregon State University. Disponible à l'adresse : [https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate\\_thesis\\_or\\_dissertations/dj52w810p](https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/dj52w810p)
- CHASTANT-MAILLARD, S., GUILLEMOT, C., FEUGIER, A., MARIANI, C., GRELLET, A. et MILA, H., 2017. Reproductive performance and pre-weaning mortality: Preliminary analysis of 27,221 purebred female dogs and 204,537 puppies in France. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 52, n° S2, pp. 158-162. DOI 10.1111/rda.12845.
- CHATDARONG, K., TUMMARUK, P., SIRIVAIYAPONG, S. et RAKSIL, S., 2007. Seasonal and breed effects on reproductive parameters in bitches in the tropics: a retrospective study. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 48, n° 8, pp. 444-448. DOI 10.1111/j.1748-5827.2007.00342.x.
- CHU, ET., SIMPSON, MJ., DIEHL, K., PAGE, RL., SAMS, AJ. et BOYKO, AR., 2019. Inbreeding depression causes reduced fecundity in Golden Retrievers. *Mammalian Genome: Official Journal of the International Mammalian Genome Society*. Vol. 30, n° 5-6, pp. 166-172. DOI 10.1007/s00335-019-09805-4.
- CRUMP, R. E., HALEY, C. S., THOMPSON, R. et MERCER, J., 1997. Individual animal model estimates of genetic parameters for reproduction traits of landrace pigs performance tested in a commercial nucleus herd. *Animal Science*. Vol. 65, n° 2, pp. 285-290. DOI 10.1017/S1357729800016593.
- DAHLUI, M., AZAHAR, N., OCHE, O. M. et AZIZ, N. A., 2016. Risk factors for low birth weight in Nigeria: evidence from the 2013 Nigeria Demographic and Health Survey. *Global Health Action*. Vol. 9, n° 1, pp. 28822. DOI 10.3402/gha.v9.28822.
- DAMGAARD, L. H., RYDHMER, L., LØVENDAHL, P. et GRANDINSON, K., 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *Journal of Animal Science*. Vol. 81, n° 3, pp. 604-610. DOI 10.2527/2003.813604x.
- DAVID, I., GARREAU, H., BALMISSE, E., BILLON, Y. et CANARIO, L., 2017. Multiple-trait structured antedependence model to study the relationship between litter size and birth weight in pigs and rabbits. *Genetics, Selection, Evolution*. Vol. 49, n°1, pp. 1-10. DOI 10.1186/s12711-017-0288-3.

- DEVILLERS, N., LE DIVIDICH, J. et PRUNIER, A., 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal*. Vol. 5, n° 10, pp. 1605-1612. DOI 10.1017/S175173111100067X.
- DUBE, B., MULUGETA, Sendros D. et DZAMA, K., 2012. Estimation of genetic and phenotypic parameters for sow productivity traits in South African Large White pigs. *South African Journal of Animal Science*. Vol. 42, n° 4, pp. 389-397. DOI 10.10520/EJC129755.
- EKIZ, B., ÖZCAN, M. et YILMAZ, A., 2005. Estimates of phenotypic and genetic parameters for ewe productivity traits of Turkish Merino (Karacabey Merino) sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. Vol. 29, n° 2, pp. 557-564.
- ELLIOTT, C., MORTON, J. et CHOPIN, J., 2009. Factors affecting foal birth weight in Thoroughbred horses. *Theriogenology*. Vol. 71, n° 4, pp. 683-689. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.09.041.
- FANG, K., HE, Y., MU, M. et LIU, K., 2021. Maternal vitamin D deficiency during pregnancy and low birth weight: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. Vol. 34, n° 7, pp. 1167-1173. DOI 10.1080/14767058.2019.1623780.
- FARUQUE, S., CHOWDHURY, S. A., SIDDIQUEE, N. U. et AFROZ, M. A., 2010. Performance and genetic parameters of economically important traits of Black Bengal goat. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. Vol. 8, n° 1, pp. 67-78.
- FENG, C., YUAN, T., WANG, S., LIU, T., TAO, S., HAN, D. et WANG, J., 2020. Glucosamine supplementation in pre-mating drinking water improves within-litter birth weight uniformity of rats partly through modulating hormone metabolism and genes involved in implantation. *BioMed Research International*. Vol. 2020, pp. 1630890. DOI 10.1155/2020/1630890.
- FINCH, AM, ANTIPATIS, C, PICKARD, AR et ASHWORTH, CJ, 2002. Patterns of fetal growth within Large White x Landrace and Chinese Meishan gilt litters at three stages of gestation. *Australian journal of scientific research. Ser. B: Biological sciences*. Vol. 14, pp. 419-425.
- FISZDON, K. et KOWALCZYK, I., 2009. Litter size, puppy weight at birth and growth rates in different breeds of dogs. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*. Vol. 46, pp. 161-8.
- FUSI, J., FAUSTINI, M., BOLIS, B. et VERONESI, M C., 2020. Apgar score or birthweight in Chihuahua dogs born by elective Caesarean section: which is the best predictor of the survival at 24 h after birth? *Acta Veterinaria Scandinavica*. Vol. 62, n° 1, pp. 39. DOI 10.1186/s13028-020-00538-y.
- GABIÑA, D, 1989. Improvement of the reproductive performance of Rasa Aragonesa flocks in frequent lambing systems. II. Repeatability and heritability of sexual precocity, fertility and litter size. Selection strategies. *Livestock Production Science*. Vol. 22, n° 1, pp. 87-98. DOI 10.1016/0301-6226(89)90126-7.
- GARDNER, D.S., BUTTERY, P.J., DANIEL, Z. et SYMONDS, M.E., 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction*. Vol. 133, n° 1, pp. 297-307. DOI 10.1530/REP-06-0042.
- GATEL, L., ROSSET, E., CHALVET-MONFRAY, K., BUFF, S. et RAULT, D. N., 2011. Relationships between fetal biometry, maternal factors and birth weight of purebred domestic cat kittens. *Theriogenology*. Vol. 76, n° 9, pp. 1716-1722. DOI 10.1016/j.theriogenology.2011.07.003.
- GILL, M. A., 2001. *Perinatal and late neonatal mortality in the dog*. Thèse de Doctorat. Australie : Sydney. Disponible à l'adresse : <http://hdl.handle.net/2123/4137>
- GROPETTI, D., RAVASIO, G., BRONZO, V. et PECILE, A., 2015. The role of birth weight on litter size and mortality within 24h of life in purebred dogs: What aspects are involved? *Animal Reproduction Science*. Vol. 163, pp. 112-119. DOI 10.1016/j.anireprosci.2015.10.005.

- GROPETTI, D., PECILE, A., PALESTRINI, C., MARELLI, S P. et BORACCHI, P., 2017. A national census of birth weight in purebred dogs in Italy. *Animals*. Vol. 7, n° 6, pp. 43. DOI 10.3390/ani7060043.
- GRUNDY, S A., 2006. Clinically relevant physiology of the neonate. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. Vol. 36, n° 3, pp. 443-459. DOI 10.1016/j.cvsm.2005.12.002.
- HAGGER, C., 2002. Multitrait and repeatability estimates of random effects on litter size in sheep. *Animal Science*. Vol. 74, n° 2, pp. 209-216. DOI 10.1017/S1357729800052371.
- HARPER, David G.C., 1994. Some comments on the repeatability of measurements. *Ringling & Migration*. Vol. 15, n° 2, pp. 84-90. DOI 10.1080/03078698.1994.9674078.
- HELMINK, S. K., RODRIGUEZ-ZAS, S. L., SHANKS, R. D. et LEIGHTON, E. A., 2001. Estimated genetic parameters for growth traits of German shepherd dog and Labrador retriever dog guides. *Journal of Animal Science*. Vol. 79, n° 6, pp. 1450-1456. DOI 10.2527/2001.7961450x.
- HOLT, M., MEUWISSEN, T. et VANGEN, O., 2005. Long-term responses, changes in genetic variances and inbreeding depression from 122 generations of selection on increased litter size in mice. *Journal of animal breeding and genetics*. Vol. 122, n° 3, pp. 199-209. DOI 10.1111/J.1439-0388.2005.00526.X.
- HUYNH-TRAN, V. H., GILBERT, H. et DAVID, I., 2017. Genetic structured antedependence and random regression models applied to the longitudinal feed conversion ratio in growing Large White pigs. *Journal of Animal Science*. Vol. 95, n° 11, pp. 4752-4763. DOI 10.2527/jas2017.1864.
- IKEJIOFOR, O., OCHAI, S. et DANLADI M. A, M., 2016. A review of neonatal mortality in dogs. *International Journal of Life Sciences*. Vol. 4, pp. 451-460.
- INDREBØ, A., TRANGERUD, C. et MOE, L., 2007. Canine neonatal mortality in four large breeds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Vol. 49, n° 1, pp. S2. DOI 10.1186/1751-0147-49-S1-S2.
- IRAQI, M. M., 2008. Estimation of heritability and repeatability for maternal and milk production traits in New Zealand White rabbits raised in hot climate conditions. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 20, n° 8, pp. 2008.
- JAFAROGHLI, M., SAFARI, A., SHADPARVAR, A. A. et GHAVI HOSSEIN-ZADEH, N., 2019. Genetic Analysis of Ewe Productivity Traits in Baluchi Sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. Vol. 9, n° 4, pp. 651-657.
- JAFFRÉZIC, F., VENOT, E., LALOË, D., VINET, A. et RENAND, G., 2004. Use of structured antedependence models for the genetic analysis of growth curves. *Journal of Animal Science*. Vol. 82, n° 12, pp. 3465-3473. DOI 10.2527/2004.82123465x.
- JOHNSON, R. K., NIELSEN, M. K. et CASEY, D. S., 1999. Responses in ovulation rate, embryonal survival, and litter traits in swine to 14 generations of selection to increase litter size. *Journal of Animal Science*. Vol. 77, n° 3, pp. 541-557. DOI 10.2527/1999.773541x.
- JUENGEL, J. L., DAVIS, G. H., WHEELER, R., DODDS, K. G. et JOHNSTONE, P. D., 2018. Factors affecting differences between birth weight of littermates (BWTD) and the effects of BWTD on lamb performance. *Animal Reproduction Science*. Vol. 191, pp. 34-43. DOI 10.1016/j.anireprosci.2018.02.002.
- KABIR, M., AKPA, G. N., NWAGU, B. I. et ADEYINKA, I. A., 2012. Diallel Crossing of Three Rabbit Breeds in Northern Guinea Savannah Zone of Nigeria: 1. Genetic Parameter Estimates for Litter Traits. *Nigerian Journal of Animal Science*. Vol. 14, pp. 1-9. DOI 10.4314/tjas.v14i1.

- KEBEDE, T., HAILE, A., DADI, H. et ALEMU, T., 2012. Genetic and phenotypic parameter estimates for reproduction traits in indigenous Arsi-Bale goats. *Tropical Animal Health and Production*. Vol. 44, n° 5, pp. 1007-1015. DOI 10.1007/s11250-011-0034-8.
- KHALIL, M. H., 1993. Diversity of repeatability between parities for litter traits and reproductive intervals in doe rabbits. *World Rabbit Science*. Vol. 1, n° 4, pp. 147-154. DOI 10.4995/wrs.1993.208.
- KING, J. W. B. et GAJIĆ, Z., 1969. The repeatability of maternal performance in inbred, outbred and linecross large white sows. *Animal Science*. Vol. 11, n° 1, pp. 47-51. DOI 10.1017/S000335610002660X.
- LALEVA, S., SLAVOVA, P., IVANOVA, T., KALAYDZHIEV, G., POPOVA, Y., SLAVOVA, S., IVANOV, N. et METODIEV, N., 2021. Study of the genetic parameters of selection traits in Ile de France sheep. *Zhivotnovadni Nauki*. Vol. 58, n° 4, pp. 12-18.
- LAWLER, D. F., 2008. Neonatal and pediatric care of the puppy and kitten. *Theriogenology*. Vol. 70, n° 3, pp. 384-392. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.04.019.
- LEE, B.E., HA, E.H., PARK, H.S., KIM, Y.J., HONG, Y.C., KIM, H. et LEE, J.T., 2003. Exposure to air pollution during different gestational phases contributes to risks of low birth weight. *Human Reproduction*. Vol. 18, n° 3, pp. 638-643. DOI 10.1093/humrep/deg102.
- LEE, J. H., SONG, K. D., LEE, H. K., CHO, K. H., PARK, H. C. et PARK, K. D., 2015. Genetic parameters of reproductive and meat quality traits in Korean Berkshire pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 28, n° 10, pp. 1388-1393. DOI 10.5713/ajas.15.0097.
- LEROY, G., PHOCAS, F., HEDAN, B., VERRIER, E. et ROGNON, X., 2015. Inbreeding impact on litter size and survival in selected canine breeds. *The Veterinary Journal*. Vol. 203, n° 1, pp. 74-78. DOI 10.1016/j.tvjl.2014.11.008.
- LOPEZ, N. B. et CHOONARA, I., 2009. Can we reduce the number of low-birth-weight babies? The cuban experience. *Neonatology*. Vol. 95, n° 3, pp. 193-197. DOI 10.1159/000155649.
- LU, C., ZHANG, W., ZHENG, X., SUN, J., CHEN, L. V. et DENG, Q., 2020. Combined effects of ambient air pollution and home environmental factors on low birth weight. *Chemosphere*. Vol. 240, pp. 124836. DOI 10.1016/j.chemosphere.2019.124836.
- LUKE, B. et KEITH, L. G., 1992. The contribution of singletons, twins and triplets to low birth weight, infant mortality and handicap in the United States. *The Journal of reproductive medicine*. Vol. 37, n° 8, pp. 661-666.
- LUKEFAHR, S., HOHENBOKEN, W. D., CHEEKE, P. R. et PATTON, N. M., 1984. Genetic effects on maternal performance and litter pre-weaning and post-weaning traits in rabbits. *Animal Science*. Vol. 38, n° 2, pp. 293-300. DOI 10.1017/S0003356100002300.
- LUND, M., PUONTI, M., RYDHMER, L. et JENSEN, J., 2002. Relationship between litter size and perinatal and pre-weaning survival in pigs. *Animal Science*. Vol. 74, n° 2, pp. 217-222. DOI 10.1017/S1357729800052383.
- MAGWABA, T., SUNGIRAI, M., HOVE, K. et AWALA, S. K., 2019. Genetic and non-genetic factors influencing birth weight in the Tuli cattle breed of Zimbabwe. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 1, pp. 49-58. DOI 10.32642/wijas.v1i0.1359.
- MATHIAS-DAVIS, H. C., YUAN, J. V. et EVERETT-HINCKS, J. M., 2010. Effect of litter weight variation on cause of death and survival in triplet lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. Vol. 70, pp. 175-179.

- MILA, H., GRELLET, A., FEUGIER, A. et CHASTANT-MAILLARD, S., 2015. Differential impact of birth weight and early growth on neonatal mortality in puppies. *Journal of Animal Science*. Vol. 93, n° 9, pp. 4436-4442. DOI 10.2527/jas.2015-8971.
- MILA, H., GRELLET, A., DELEBARRE, M., MARIANI, C., FEUGIER, A. et CHASTANT-MAILLARD, S., 2017. Monitoring of the newborn dog and prediction of neonatal mortality. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 143, pp. 11-20. DOI 10.1016/j.prevetmed.2017.05.005.
- MILLIGAN, B. N., FRASER, D. et KRAMER, D. L., 2002. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livestock Production Science*. Vol. 76, n° 1-2, pp. 181-191. DOI 10.1016/S0301-6226(02)00012-X.
- MIR, F., BILLAULT, C., FONTAINE, E., SENDRA, J. et FONTBONNE, A., 2011. Estimated pregnancy length from ovulation to parturition in the bitch and its influencing factors: a retrospective study in 162 pregnancies. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 46, n° 6, pp. 994-998. DOI 10.1111/j.1439-0531.2011.01773.x.
- MOHAMMADI, Hossein, MORADI SHAHREBABA, Mohammad et MORADI SHAHREBABA, Hossein, 2012. Genetic parameter estimates for growth traits and prolificacy in Raeini Cashmere goats. *Tropical Animal Health and Production*. Vol. 44, n° 6, pp. 1213-1220. DOI 10.1007/s11250-011-0059-z.
- MOKHTARI, M. S., RASHIDI, A. et ESMAILIZADEH, A. K., 2010. Estimates of phenotypic and genetic parameters for reproductive traits in Kermani sheep. *Small Ruminant Research*. Vol. 88, n° 1, pp. 27-31. DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.11.004.
- MOSIER, J. E., 1978. The puppy from birth to six weeks. *Veterinary Clinics of North America*. Vol. 8, n° 1, pp. 79-100. DOI 10.1016/S0091-0279(78)50006-3.
- MOURAD, M., 1996. Estimation of repeatability of litter size of common African goats and crosses with alpine in Rwanda. *Small Ruminant Research*. Vol. 19, n° 3, pp. 263-266. DOI 10.1016/0921-4488(95)00742-3.
- MOURAD, M., 2001. Estimation of repeatability of milk yield and reproductive traits of Alpine goats under an intensive system of production in Egypt. *Small Ruminant Research*. Vol. 42, n° 1, pp. 1-4. DOI 10.1016/S0921-4488(01)00214-0.
- MUGNIER, A., MILA, H., GUIRAUD, F., BRÉVAUX, J., LECARPENTIER, Manon, MARTINEZ, C., MARIANI, C., ADIB-LESAUX, A., CHASTANT-MAILLARD, S., SAEGERMAN, C. et GRELLET, A., 2019. Birth weight as a risk factor for neonatal mortality: Breed-specific approach to identify at-risk puppies. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 171, pp. 104746. DOI 10.1016/j.prevetmed.2019.104746.
- MUGNIER, A., CHASTANT-MAILLARD, S., MILA, H., LYAZRHI, F., GUIRAUD, F., ADIB-LESAUX, A., GAILLARD, V., SAEGERMAN, C. et GRELLET, A., 2020. Low and very low birth weight in puppies: definitions, risk factors and survival in a large-scale population. *BMC veterinary research*. Vol. 16, n° 1, pp. 354. DOI 10.1186/s12917-020-02577-z.
- MÜNNICH, A. et KÜCHENMEISTER, U., 2009. Dystocia in numbers - evidence-based parameters for intervention in the dog: causes for dystocia and treatment recommendations. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 44 Suppl 2, pp. 141-147. DOI 10.1111/j.1439-0531.2009.01405.x.
- MUTEMBEI, H. M., MUTIGA, E. R. et TSUMA, V. T., 2000. A retrospective study on some reproductive parameters of German shepherd bitches in Kenya. *Journal of the South African Veterinary Association*. Vol. 71, n° 2, pp. 115-117. DOI 10.4102/jsava.v71i2.692.

- NIELEN, A. L. J., GAAG, I. van der, KNOL, B. W. et SCHUKKEN, Y. H., 1998. Investigation of mortality and pathological changes in a 14-month birth cohort of Boxer puppies. *Veterinary Record*. Vol. 142, n° 22, pp. 602-606. DOI 10.1136/vr.142.22.602.
- NIELEN, A. L. J., JANSS, L. L. G. et KNOL, B. W., 2001. Heritability estimations for diseases, coat color, body weight, and height in a birth cohort of Boxers. *American Journal of Veterinary Research*. Vol. 62, n° 8, pp. 1198-1206. DOI 10.2460/ajvr.2001.62.1198.
- ODUBOTE, I. K., 1996. Genetic parameters for litter size at birth and kidding interval in the West African Dwarf goats. *Small Ruminant Research*. Vol. 20, n° 3, pp. 261-265. DOI 10.1016/0921-4488(95)00786-5.
- ODUBOTE, I. K. et SOMADE, B., 1992. Genetic Analysis Of Rabbit Litter Traits At Birth And Weaning. *Nigerian Journal of Animal Production*. Vol. 19, pp. 64-69. DOI 10.51791/njap.v19i.2082.
- OGAWA, S., KONTA, A., KIMATA, M., ISHII, K., UEMOTO, Y. et SATOH, M., 2019. Genetic parameter estimation for number born alive at different parities in Landrace and Large White pigs. *Animal Science Journal*. Vol. 90, n° 9, pp. 1111-1119. DOI 10.1111/asj.13252.
- OKORO, V. M. O., OGUNDU, U. E., OKOLI, I. C., ANYANWU, G. A., CHIKAIRE, J., RAJI, A. O. et MADUKA, C. G., 2012. Estimation of heritability and repeatability for pre-weaning and post weaning litter weights of unselected domestic rabbits in South Eastern Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 2, n° 1, pp. 7-10.
- OLAWUMI, S O et SALAKO, A E, 2010. Genetic Parameters and Factors affecting Reproductive Performance of White Fulani cattle in Southwestern, Nigeria. *Global Veterinaria*. Vol. 5, n° 5, pp. 255-258.
- ÖZTÜRK, A., DOĞAN, Ş., ZÜLKADIR, U. et KAYAR, H., 2018. The effects of some environmental factors on birth weight and estimation of heritability and repeatability for birth weight of Akkaraman sheep in Kenya Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. Vol. 6, n° 12, pp. 1755-1757. DOI 10.24925/turjaf.v6i12.1755-1757.2068.
- PIWCZYŃSKI, D., KOWALISZYN, B. et MROCZKOWSKI, S., 2011. Heritability and repeatability of the number of lambs born and reared estimated using linear and threshold models. *Archives Animal Breeding*. Vol. 54, n° 3, pp. 271-279. DOI 10.5194/aab-54-271-2011.
- POINSSOT, M., 2011. *Etude des performances de reproduction du chien de race*. [en ligne]. Thèse de Doctorat vétérinaire de l'Université d'Alfort. Disponible à l'adresse : <https://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1253>
- PURSER, A. F., 1965. Repeatability and heritability of fertility in hill sheep. *Animal Science*. Vol. 7, n° 1, pp. 75-82. DOI 10.1017/S0003356100022303.
- QUESNEL, H., BROSSARD, L., VALANCOGNE, A. et QUINIOU, N., 2008. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animals*. Vol. 2, n° 12, pp. 1842-1849. DOI 10.1017/S175173110800308X.
- QUINIOU, N, DAGORN, J et GAUDRÉ, D, 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science*. Vol. 78, n° 1, pp. 63-70. DOI 10.1016/S0301-6226(02)00181-1.
- RASTOGI, R. K., LUKEFAHR, S. D. et LAUCKNER, F. B., 2000. Maternal heritability and repeatability for litter traits in rabbits in a humid tropical environment. *Livestock Production Science*. Vol. 67, n° 1, pp. 123-128. DOI 10.1016/S0301-6226(00)00180-9.

- ROBERTSON, J. A., 1997. *Investigations of the action of vitamin A and beta carotene on reproductive performance in pigs* [en ligne]. PhD. Australia : Victoria University of Technology. Disponible à l'adresse : <http://vuir.vu.edu.au/>
- RONDÓ, P. H. C., FERREIRA, R. F., NOGUEIRA, F., RIBEIRO, M. C. N., LOBERT, H. et ARTES, R., 2003. Maternal psychological stress and distress as predictors of low birth weight, prematurity and intrauterine growth retardation. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 57, n° 2, pp. 266-272. DOI 10.1038/sj.ejcn.1601526.
- SHELLING, C., GAILLARD, C., RUSSENBERGER, J., MOSELEY, L. et DOLF, G., 2019. Heritabilities for the puppy weight at birth in Labrador retrievers. *BMC Veterinary Research*. Vol. 15, n° 1, pp. 395. DOI 10.1186/s12917-019-2146-8.
- SCHRANK, M., MOLLO, A., CONTIERO, B. et ROMAGNOLI, S., 2019. Bodyweight at birth and growth rate during the neonatal period in three canine breeds. *Animal*. Vol. 10, n° 1, pp. 8. DOI 10.3390/ani10010008.
- ŠICHTAŘ, J., DOKOUPILOVÁ, A., VOŠTRÝ, L., RAJMON, R. et JÍLEK, F., 2016. Factors affecting reproductive efficiency in German Shepherd bitches producing litters for Police of the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*. Vol. 61, n° No. 12, pp. 578-585. DOI 10.17221/89/2015-CJAS.
- SORENSEN, D., VERNERSEN, A. et ANDERSEN, S., 2000. Bayesian analysis of response to selection: a case study using litter size in Danish Yorkshire pigs. *Genetics*. Vol. 156, n° 1, pp. 283-295.
- SPARKES, A. H., ROGERS, K., HENLEY, W. E., GUNN-MOORE, D. A., MAY, J. M., GRUFFYDD-JONES, T. J. et BESSANT, C., 2006. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. Vol. 8, n° 3, pp. 145-157. DOI 10.1016/j.jfms.2005.10.003.
- STRANG, G. S. et KING, J. W. B., 1970. Litter Productivity in Large White Pigs: 2. Heritability and repeatability estimates. *Animal Science*. Vol. 12, n° 2, pp. 235-243. DOI 10.1017/S0003356100038800.
- SUNKARA, S. K., ANTONISAMY, B., REDLA, A. C. et KAMATH, M. S., 2021. Female causes of infertility are associated with higher risk of preterm birth and low birth weight: analysis of 117 401 singleton live births following IVF. *Human Reproduction*. Vol. 36, n° 3, pp. 676-682. DOI 10.1093/humrep/deaa283.
- TESI, M., MIRAGLIOTTA, V., SCALA, L., ARONICA, E., LAZZARINI, G., FANELLI, Diana, ABRAMO, Francesca et ROTA, Alessandra, 2020. Relationship between placental characteristics and puppies' birth weight in toy and small sized dog breeds. *Theriogenology*. Vol. 141, pp. 1-8. DOI 10.1016/j.theriogenology.2019.08.017.
- TESSEMA, Z. T., TAMIRAT, K. S., TESHALE, A. B. et TESEMA, G. A., 2021. Prevalence of low birth weight and its associated factor at birth in Sub-Saharan Africa: A generalized linear mixed model. *PLOS ONE*. Vol. 16, n° 3, pp. e0248417. DOI 10.1371/journal.pone.0248417.
- THIRUVENKADAN, A. K., KARUNANITHI, K., DHARAN, M. et BABU, R., 2011. Genetic analysis of pre-weaning and post-weaning growth traits of Mecheri sheep under dry land farming conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 24, n° 8, pp. 1041-1047. DOI 10.5713/ajas.2011.10361.
- TØNNESEN, R., BORGE, K. S., NØDTVEDT, A. et INDREBØ, A., 2012. Canine perinatal mortality: a cohort study of 224 breeds. *Theriogenology*. Vol. 77, n° 9, pp. 1788-1801. DOI 10.1016/j.theriogenology.2011.12.023.
- TRANGERUD, C., GRØNDALEN, J., INDREBØ, A., TVERDAL, A., ROPSTAD, E. et MOE, L., 2007. A longitudinal study on growth and growth variables in dogs of 4 large breeds raised in domestic environments. *Journal of Animal Science*. Vol. 85, pp. 76-83. DOI 10.2527/jas.2006-354.



- TRIBUDI, Y. A. et PRIHANDINI, P. W., 2019. Repeatability estimates for birth, weaning and yearling weight in Madura cattle. *international Research Journal of Advanced Engineering and Science*. Vol. 4, n° 1, pp. 2.
- URFER, S. R., 2009. Inbreeding and fertility in Irish Wolfhounds in Sweden: 1976 to 2007. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Vol. 51, pp. 21. DOI 10.1186/1751-0147-51-21.
- VAN DEN BRAND, H., VAN ENCKEVORT, L. C. M., VAN DER HOEVEN, E. M. et KEMP, B., 2009. Effects of dextrose plus lactose in the sows diet on subsequent reproductive performance and within litter birth weight variation. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 44, n° 6, pp. 884-888. DOI 10.1111/j.1439-0531.2008.01106.x.
- VAN DER LENDE, T., HAZELEGER, W. et DE JAGER, D., 1990. Weight distribution within litters at the early foetal stage and at birth in relation to embryonic mortality in the pig. *Livestock Production Science*. Vol. 26, pp. 53-65. DOI 10.1016/0301-6226(90)90055-b.
- VAN WYK, J., FAIR, M. et CLOETE, S., 2003. Revised models and genetic parameter estimates for production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *South African Journal of Animal Sciences*. Vol. 33, pp. 213-222. DOI 10.4314/sajas.v33i4.3777.
- VASUDEVAN, C., RENFREW, M. et MCGUIRE, W., 2011. Fetal and perinatal consequences of maternal obesity. *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition*. Vol. 96, n° 5, pp. 378-382. DOI 10.1136/adc.2009.170928.
- VATANKHAH, M. et TALEBI, M. A., 2008. Heritability estimates and correlations between production and reproductive traits in Lori-Bakhtiari sheep in Iran. *South African Journal of Animal Science*. Vol. 38, n° 2, pp. 110-118. DOI 10.4314/sajas.v38i2.4116.
- VISSCHER, P. M., HILL, W. G. et WRAY, N. R., 2008. Heritability in the genomics era--concepts and misconceptions. *Nature Reviews. Genetics*. Vol. 9, n° 4, pp. 255-266. DOI 10.1038/nrg2322.
- WAITS, A., GUO, C. Y. et CHIEN, L. Y., 2021. Inadequate gestational weight gain contributes to increasing rates of low birth weight in Taiwan: 2011–2016 nationwide surveys. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*. Vol. 60, n° 5, pp. 857-862. DOI 10.1016/j.tjog.2021.07.013.
- WANG, C. S., GIANOLA, D., SORENSEN, D. A., JENSEN, J., CHRISTENSEN, A. et RUTLEDGE, J. J., 1994. Response to selection for litter size in Danish Landrace pigs: a Bayesian analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 88, n° 2, pp. 220-230. DOI 10.1007/BF00225901.
- WHALEY, L., HEDGPETH, V., FARIN, C., MARTUS, N., JAYES, F.C.L. et BRITT, J., 2000. Influence of vitamin A injection before mating on oocyte development, follicular hormones, and ovulation in gilts fed high-energy diets. *Journal of Animal Science*. Vol. 78, pp. 1598-607. DOI 10.2527/2000.7861598x.
- WIEN TJES, J. G. M., SOEDE, N. M., VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C., VAN DEN BRAND, H. et KEMP, B., 2012. Piglet uniformity and mortality in large organic litters: Effects of parity and pre-mating diet composition. *Livestock Science*. Vol. 144, n° 3, pp. 218-229. DOI 10.1016/j.livsci.2011.11.018.
- WISE, T., ROBERTS, A. et CHRISTENSON, R., 1997. Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental weight, gestational age, and fetal cholesterol concentrations. *Journal of Animal Science*. Vol. 75, pp. 2197-207. DOI 10.2527/1997.7582197x.
- XUE, J. L., DIAL, G. D., MARSH, W. E. et DAVIES, P. R., 1994. Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 204, n° 9, pp. 1486-1489.

YADAV, H. et LEE, N., 2013. Maternal factors in predicting low birth weight babies. *The Medical Journal of Malaysia*. Vol. 68, n° 1, pp. 44-47.

YUSUFF, A. T. et FAYEYE, T. R., 2018. Repeatability estimates for body weight, skin and leather properties in pure and reciprocal crosses of Nigerian goats. *Nigerian Journal of Animal Science*. Vol. 20, n° 4, pp. 317-322. DOI 10.4314/tjas.v20i4.

ZAHARADDEEN, M. M. et KABIR, M., 2018. Repeatability Estimates and Principal Component Analysis of Birth and Weaning Traits in Domestic Rabbits. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*. Vol. 5, pp. 7-12.

**Nom** : BATAC

**Prénom** : JOANNA

**Titre** : RÉPÉTABILITÉ DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION CHEZ LA CHIENNE

**Résumé** : L'objectif de cette étude était d'estimer la répétabilité de quatre performances de reproduction de la chienne, à partir de 732 portées (4 518 chiots) issues de 183 chiennes de 16 races différentes au sein d'un même élevage. La taille de portée moyenne était de  $6,2 \pm 2,2$  chiots nés vivants, le poids de naissance moyen intra-portée de  $305,5 \pm 118,7$  g, le coefficient de variation du poids de naissance de  $0,12 \pm 0,06$  et le pourcentage de chiots de petit poids de naissance de  $22 \pm 28\%$  des chiots nés vivants. Grâce à des modèles linéaires mixtes, tenant compte de la race et de l'âge de la chienne, la répétabilité des paramètres a été estimée dans la population générale à  $0,28 \pm 0,04$  pour la taille de portée,  $0,50 \pm 0,04$  pour le poids de naissance moyen intra-portée,  $0,06 \pm 0,03$  pour le coefficient de variation du poids de naissance moyen et  $0,28 \pm 0,04$  pour le pourcentage de chiots de petit poids de naissance. Des estimations de répétabilité ont également été calculées pour les races Golden Retriever, Bichon maltais et Cocker anglais. Ces estimations suggèreraient principalement que seules quelques mises bas sont nécessaires pour connaître certaines performances reproductives de la chienne.

**Mots-clés** : Chiot ; Taille de portée ; Poids de naissance ; Petit poids de naissance ; Hétérogénéité du poids de naissance ; Répétabilité

**Title**: REPEATABILITY OF THE REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF BITCHES

**Abstract**: The purpose of this study was to estimate the repeatability of four reproductive parameters of the bitch based on 732 litters (4,518 puppies) from 183 bitches of 16 different breeds within one breeding facility. The mean litter size was  $6,2 \pm 2,2$  pups born alive, the within litter mean birth weight was  $305,5 \pm 118,7$  g, the coefficient of variation of birth weight was  $0,12 \pm 0,06$  and the proportion of low-birth-weight puppies was  $0,22 \pm 0,28$  of born alive pups. The repeatability of the four parameters in the total population were estimated with mixed linear models which took into account the age and race of the bitch. The estimates were  $0,28 \pm 0,04$  for litter size,  $0,50 \pm 0,04$  for within litter mean birth weight,  $0,06 \pm 0,03$  for the coefficient of variation of the mean birth weight and  $0,28 \pm 0,04$  for the proportion of low-birth-weight puppies. Estimates of repeatability were also calculated for the Golden retriever, Maltese and Cocker breeds. These estimates mainly suggest that only a few litters are needed to evaluate some reproductive performance of the bitch.

**Key words**: Puppy; Litter size; Birth weight; low-birth-weight puppies; heterogeneity of birth weight; Repeatability