




OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <https://oatao.univ-toulouse.fr/27440/>

Cane, Thibault . *Poids de naissance du chaton : facteurs de variation et impact sur la croissance et la mortalité néonatales.*  
Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2020, 93 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# POIDS DE NAISSANCE DU CHATON : FACTEURS DE VARIATION ET IMPACT SUR LA CROISSANCE ET LA MORTALITE NEONATALES

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*

**CANE Thibault**  
Né, le 10/04/1994 à UVEA (98600)

---

**Directrice de thèse : Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD**

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Jean PARINAUD**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD**  
**Mme Agnès WARET-SZKUTA**

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



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

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*  
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie –Thérapeutique*  
Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*  
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*  
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*  
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*  
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*  
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*  
M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*  
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*  
Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*  
M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*  
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*  
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*  
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*  
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*  
Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*  
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*  
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*  
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*  
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*  
M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

#### MAÎTRES DE CONFÉRENCES (HORS CLASSE)

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- 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 **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

#### MAÎTRES DE CONFÉRENCES (CLASSE NORMALE)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie-Bactériologie-Pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie – Analgésie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LHERMIE Guillaume**, *Economie de la santé animale*
- 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*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales règlementées*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

#### ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
- Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophtalmologie*
- Mme **ROMANOS Lola**, *Pathologie des ruminants*

#### ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
- M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
- M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

# Remerciements

**A Monsieur le Professeur Jean PARINAUD**

Professeur des Universités,  
Praticien hospitalier, Biologie de la reproduction

Qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse,  
*Hommage respectueux.*

**A Madame le Professeur Sylvie CHASTANT-MAILLARD**

Professeur à l'école nationale vétérinaire de Toulouse,  
Pathologie de la reproduction,

Qui m'a confié ce sujet et guidé dans l'élaboration de ce travail,  
*Pour son caractère passionné, sa gentillesse et son efficacité.*  
*Sincères remerciements.*

**A Madame le Professeur Agnès WARET-SZKUTA**

Professeur à l'école nationale vétérinaire de Toulouse  
Production et pathologie porcine

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,  
*Sincères remerciements.*

**A Madame Amélie MUGNIER**

Ingénieurs de recherche à l'école nationale vétérinaire de Toulouse,  
Neocare,

Qui m'a guidé pour l'ensemble de la partie expérimentale de cette étude,  
*Pour son aide précieuse, sa disponibilité, sa patience,*  
*Sincères remerciements.*



# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>5</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>7</b>
<b>Table des illustrations</b> .....	<b>11</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>13</b>
<b>Liste des annexes</b> .....	<b>15</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>17</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>19</b>
<b>I. Matériel et méthodes</b> .....	<b>23</b>
A. Collecte des données .....	23
1. Questionnaire à destination des éleveurs .....	23
2. Diffusion du questionnaire et recrutement des éleveurs .....	23
B. Création de la base de données .....	23
1. Saisie .....	23
2. Tri et nettoyage des données .....	24
3. Critères d'éligibilité des chatons .....	24
C. Analyse de la base de données .....	24
1. Description du poids de naissance .....	25
2. Description et codage des variables .....	25
3. Etude des facteurs influençant le poids de naissance .....	27
4. Etude de l'influence du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale des chatons .....	31
<b>II. Résultats</b> .....	<b>33</b>
A. Description générale de la population .....	33
1. Sélection de la population .....	33
2. Description de la population finale .....	35
B. Description du poids de naissance .....	38
C. Facteurs de variation du poids de naissance .....	38



1.	Influence de la race sur le poids de naissance .....	39
2.	Influence du sexe .....	40
3.	Influence de la taille de portée.....	41
4.	Influence de la présence ou l'absence de mort-né dans la portée.....	42
5.	Influence de la saison de naissance.....	43
6.	Bilan .....	44
D.	Effets du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale .....	45
1.	Effets du poids de naissance sur la mortalité néonatale .....	45
2.	Effets du poids de naissance sur la croissance néonatale.....	48
<b>III.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>51</b>
A.	Limites de l'étude.....	51
1.	Questionnaire.....	51
2.	Récolte des données .....	52
3.	Fiabilité des données .....	53
B.	Population étudiée .....	54
1.	Effectifs .....	54
2.	Race.....	55
3.	Elevage d'origine.....	57
C.	Description du poids de naissance .....	57
D.	Facteurs de variation du poids de naissance .....	58
1.	Influence du sexe .....	58
2.	Influence de la race .....	59
3.	Influence de la taille de portée.....	60
4.	Influence de l'âge de la mère et de la parité.....	63
5.	Influence de la saison de naissance.....	66
6.	Présence de mort-né dans la portée.....	66
7.	Limite de l'utilisation du poids de naissance comme prédicteur de mortalité .....	68
E.	Influence du poids de naissance sur la mortalité .....	68
F.	Influence du poids de naissance sur la croissance .....	70
G.	Ouverture : Programmation fœtale.....	71
	<b>Conclusion .....</b>	<b>73</b>

<b>Bibliographie .....</b>	<b>75</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>87</b>



# Table des illustrations

<u>Figure 1 : Paramètres envisagés pour le développement du modèle linéaire mixte.</u> .....	288
<u>Figure 2 : Paramètres retenus dans le modèle linéaire mixte développé.</u> .....	30
<u>Figure 3 : Diagramme de sélection des chatons inclus dans l'étude.</u> .....	344
<u>Figure 4 : Distribution des individus et des élevages au sein des groupes de race. (<math>n_{\text{chatons}} = 6106</math> ;</u> .....	366
<u>Figure 5 : Distribution des mères selon leur âge (<math>n = 1390</math>).</u> .....	37
<u>Figure 6 : Distribution des portées selon leur taille (<math>n = 1229</math>).</u> .....	37
<u>Figure 7 : Distribution du poids à la naissance, toutes races confondues (<math>n = 6106</math> chatons).</u>	38
<u>Figure 8 : Distribution du poids de naissance des chatons selon leurs groupes racial.</u> .....	39
<u>Figure 9 : Distribution du poids de naissance des chatons en fonction de leur sexe (<math>n_{\text{mâles}} = 2979</math> ; <math>n_{\text{femelles}} = 2614</math>). (<math>p &lt; 0,001</math>)</u> .....	40
<u>Figure 10 : Distribution du poids de naissance des chatons en fonction de leur sexe, détaillés selon leur groupe racial.</u> .....	41
<u>Figure 11 : Distribution des poids de naissance des chatons en fonction de la taille de portée, mort-nés pris en compte.</u> .....	42
<u>Figure 12 : Distribution des poids de naissance des chatons en fonction de la présence ou l'absence de mort-né dans la portée. (<math>p = 0,005</math>).</u> .....	43
<u>Figure 13 : Répartition des poids de naissance selon la saison de mise-bas.</u> .....	44
<u>Figure 14 : Nombre de décès recensés au cours de la période néonatale (<math>n = 349</math> chatons morts).</u> .....	46
<u>Figure 15 : Distribution du poids de naissance selon le statut du chaton sur les périodes 0-2 jours et 2-21 jours.</u> .....	47
<u>Figure 16 : Taux de mortalité selon le poids de naissance par quartile sur les périodes 0-2 jours et 2-21j</u> .....	47
<u>Figure 17 : Distribution du taux de croissance 0-2 jours (<math>n = 5059</math> chatons).</u> .....	48
<u>Figure 18 : Distribution du taux de croissance 2-21 jours (<math>n = 4244</math> chatons).</u> .....	49
<u>Figure 19 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction du poids de naissance (<math>n = 5059</math>).</u> .....	50
<u>Figure 20 : Taux de croissance 2-21 jours en fonction du poids de naissance (<math>n = 4244</math>).</u> .....	50
<u>Figure 21 : Comparaison de la distribution des effectifs de chatons dans notre base de données (<math>n = 6106</math>) et dans celle du LOOF (<math>n = 469\ 007</math> entre 2003 et 2019).</u> .....	56

Figure 22 : Schéma expliquant la variation de croissance entre les différents fœtus d'une portée par l'augmentation de fœtus dans la corne ainsi que la position du fœtus dans la corne (Mc Laren et Michie, (1960)).....63

# Table des tableaux

<u>Tableau 1 : Description des variables utilisées dans le modèle final.</u> .....	26
<u>Tableau 2 : Proportions de données manquantes pour chaque paramètre considéré dans le premier modèle.</u> .....	29
<u>Tableau 3 : Seuils représentant la taille d'effet ou « effect size » (Cohen, 1988).</u> .....	31
<u>Tableau 4 : Distribution de l'effectif de chatons selon leur groupe racial (n = 6106 chatons).</u>	35
<u>Tableau 5 : Résumé de l'influence des différents paramètres sur le poids de naissance et taille d'effet associée.</u> .....	45
<u>Tableau 6 : Principales études et effectifs associés chez le chat.</u> .....	54
<u>Tableau 7 : Variation du poids de naissance en fonction de l'origine géographique des différentes lignées au sein de la race Sacré de Birmanie.</u> .....	55
<u>Tableau 8 : Nombre d'élevages, de portées totales et de portées incluses par élevages selon les études.</u> .....	57
<u>Tableau 9 : Comparaison des poids de naissance moyens (en grammes) de différentes races selon les études disponibles dans la littérature.</u> .....	58
<u>Tableau 10 : Taille de portée à l'échelle d'une population féline multiraciale dans la littérature.</u> .....	60
<u>Tableau 11 : Description de l'âge moyen de la mère selon les études.</u> .....	64
<u>Tableau 12 : Taux de mortalité néonatales et pédiatrique chez le chaton dans différentes études disponibles dans la littérature.</u> .....	69



# Liste des annexes

<u>Annexe 1</u> : Questionnaire envoyé aux éleveurs lors de la récolte des données.....	88
<u>Annexe 2</u> : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des groupes racial.....	91
<u>Annexe 3</u> : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des individus issus de différentes tailles de portées. ....	92
<u>Annexe 4</u> : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des individus nés aux différentes saisons.....	92
<u>Annexe 5</u> : Comparaison 2 à 2 du taux de mortalité néonatale précoce et tardif des groupes [min ; q1] ; ]q1 ; q2] ; ]q2 ; q3] ; ]q3 ; max].....	93





# Liste des abréviations

LOOF = Livre Officiel des Origines Félines

Individu RCIU = Individu ayant subi un retard de croissance intra-utérin

IGF = Insulin-like Growth Factors



# Introduction

En 2020, le chat est considéré comme l'animal domestique préféré des français et 50 % des propriétaires de chats considèrent leur animal comme un membre de leur famille. En France, la population féline ne cesse de croître depuis 10 ans, passant de 10,7 millions d'individus en 2008 à 14,2 millions en 2018 au détriment de l'espèce canine, jugée plus contraignante (Facco Kantar, 2018). L'élevage des chats de race est aujourd'hui en plein essor avec près de 43 000 naissances enregistrées en 2018 contre 18 000 en 2008 ; il représenterait 11 % des naissances totales de chatons en France (Facco Kantar, 2018 ; LOOF, 2020).

Chez le chat de race, le taux de mortalité pré-sevrage, c'est-à-dire le pourcentage de chatons morts dans les 60 premiers jours de vie (mort-nés exclus), varie entre 8 et 24 % selon les races et les études (Sparkes et al., 2006 ; Ström Holst, Frössling, 2009 ; Fournier et al., 2017 ; Romagnoli et al., 2019). Parmi les facteurs de risque de mortalité néonatale, le poids de naissance a une importance capitale, comme chez de nombreuses autres espèces (Chat : Mugnier et al., 2019a ; Chien : Mila 2015 ; Groppetti et al., 2015 ; Mugnier et al., 2019b ; Porc : Quiniou et al., 2002 ; Milligan et al., 2002 ; Homme : Chen et al., 2013 ; de Castro et al., 2016 ; Vilanova et al., 2019). Dans l'espèce féline, 70 % des individus morts entre 0 et 2 mois ont un poids de naissance inférieur au 1<sup>er</sup> quartile (Lecourtois, 2018 ; Mugnier et al., 2019a). La majorité des décès pendant cette période est liée à des infections, anomalies congénitales, traumatismes, à des causes environnementales ou à du cannibalisme (Cave et al., 2002 ; Mila et al., 2015). La morbidité néonatale est également supérieure pour les individus dont le poids de naissance est faible, avec en particulier des risques élevés d'hypoxie, d'hypothermie et d'hypoglycémie (Mellor, 1983 ; Doctor et al., 2001 ; Quiniou et al., 2002 ; Wu et al., 2006 ; Sacy et al., 2010). Les risques d'hypothermie et d'hypoglycémie s'expliquent par des pertes de chaleurs accrues dues au fort ratio surface/volume de ces individus et de leurs faibles réserves énergétiques en glycogène et en graisse (Grundy, 2006 ; Theil et al., 2014 ; Vicente-Pérez et al., 2019). L'hypothermie diminue la mobilité, ce qui pour les espèces nidicoles, diminue la prise de colostrum lorsqu'aucune aide humaine n'est apportée (Gill, 2001 ; Sacy et al., 2010 ; Theil et al., 2014 ; Mila et al., 2015). Chez le nouveau-né, la protection de l'organisme contre les agents pathogènes passe tout d'abord par des protections physiques et mécaniques telles que la peau, la flore ou les sécrétions muqueuses mais ces dernières sont rarement suffisantes et

nécessitent l'intervention d'autres mécanismes dont le système immunitaire (Tizard et al., 2013). Le système immunitaire inné est opérationnel dès la naissance pour les individus dont la croissance intra-utérine s'est déroulée sans anomalie mais ce dernier reste « naïf » puisqu'il nécessite un temps au contact de l'environnement et des pathogènes pour devenir fonctionnel (Day, 2007 ; Tizard et al., 2013). Les nouveau-nés restent donc vulnérables pendant leurs premières semaines de vie et c'est l'immunité maternelle transmise lors de la gestation et de la prise colostrale qui assure la protection du nouveau-né par l'intermédiaire des immunoglobulines (Devillers et al., 2011 ; Tizard et al., 2013). Le chat est une espèce à placentation endothéliochoriale, qui ne permet qu'un très faible transfert d'immunoglobulines pendant la gestation (Chappuis, 1998 ; Day, 2007). La prise colostrale devient donc essentielle dans la protection du nouveau-né et peut être indirectement évaluée par la croissance de l'individu entre 0 et 2 jours (Devillers et al., 2011 ; Mila et al., 2015 ; Chastant-Maillard et al., 2017a ; Viaud, 2018). Cela est d'autant plus vrai pour les individus à petit poids de naissance car leur système immunitaire est souvent immature et moins performant (Tønnessen, 2011 ; Macpherson et al., 2017 ; Helmo et al., 2018). On comprend ainsi que la pesée du nouveau-né est nécessaire pendant les premières heures de vie car le poids de naissance, reflet de la croissance intra-utérine et donc la maturité du nouveau-né, est pronostique de la survie néonatale.

Bien que les progrès dans la gestion de la période néonatale aient amélioré le pronostic des individus ayant un faible poids de naissance, la meilleure stratégie reste toujours de réaliser de la prévention en analysant les facteurs favorisant les petits poids de naissance avant et pendant la gestation, ce que notre thèse s'attardera à réaliser. De nombreuses études et ouvrages synthétisent les facteurs influençant le poids de naissance chez l'homme, cependant, l'extrapolation à l'animal est souvent difficile car les facteurs ayant une importance majeure dans l'espèce humaine sont souvent liés aux conditions socio-économiques de la mère. Pour l'espèce féline, les facteurs influençant le poids de naissance n'ont été que très peu étudiés, ce qui a motivé cette étude. Ils peuvent être distingués et classés selon deux catégories : les facteurs extrinsèques, c'est-à-dire les facteurs environnementaux, et les facteurs intrinsèques, qui recouvrent les facteurs maternels, génétiques et épigénétiques. Les facteurs environnementaux sont difficiles à prendre en compte lors d'enquêtes à grande échelle car ils relèvent de la conduite d'élevage (propreté, alimentation, vaccination, bien-être). Les combinaisons de facteurs sont très nombreuses et les facteurs eux-mêmes sont souvent difficiles à objectiver. Les facteurs maternels sont liés à la physiologie de la mère pendant la gestation, qui peut être

partiellement décrite par l'âge, le poids, la note d'état corporel, la taille de la portée, la parité ou la durée de gestation. Les facteurs génétiques reprennent l'influence de la génétique des parents, notamment leur race et le sexe du nouveau-né.

Dans un premier temps et tout en distinguant différentes races de l'espèce féline, l'objectif de notre étude est de décrire la distribution du poids de naissance d'une population de chatons. Dans un deuxième temps, nous chercherons à évaluer l'influence de certains facteurs sur le poids de naissance dans l'espèce féline. Enfin, nous estimerons l'influence du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale. Cette thèse est réalisée sous la forme d'une étude expérimentale où une discussion permettra de comparer les résultats obtenus avec ceux décrits dans la littérature pour d'autres espèces telles que le chien, le porc, le lapin et l'homme.



# I. Matériel et méthodes

## A. Collecte des données

### 1. Questionnaire à destination des éleveurs

Afin de récolter des données sur le poids des chatons élevés ainsi que différentes informations sur les portées, un questionnaire de 3 pages a été construit (Annexe 1). Après une courte introduction permettant de présenter l'étude et ses objectifs, ce questionnaire comportait différentes sections permettant d'obtenir des informations sur l'élevage, la portée (date de saillie, de mise-bas...), les parents (date de naissance, poids, parité ...) et les chatons (sexe, poids de naissance...). Il a été demandé aux éleveurs d'y joindre leurs données concernant l'évolution du poids de leurs chatons. Le dossier d'une portée donnée comportait donc, d'une part, le questionnaire complété et, d'autre part, les valeurs de poids enregistrées par l'éleveur.

### 2. Diffusion du questionnaire et recrutement des éleveurs

Le questionnaire a été distribué à des éleveurs de chats français par courriel, par Facebook, via des sites fréquentés par les éleveurs ou encore en mains propres lors d'expositions félines ou lors de visites d'élevage. La récolte des données s'est déroulée entre janvier 2016 et mars 2020. Tous les formats ont été acceptés (photo de documents papiers, données Excel, PDF, Word...) afin de faciliter le travail des éleveurs et de stimuler le partage des données.

## B. Création de la base de données

### 1. Saisie

Afin de faciliter le traitement et de garantir l'anonymat des éleveurs, un identifiant par portée et chaton ont été attribués. Les données ont été saisies par plusieurs opérateurs dans un fichier Excel. Les informations complémentaires sortant du cadre de l'étude comme l'alimentation, les maladies et vermifugations n'ont pas été renseignées. Lors d'échanges insuffisamment complets avec les éleveurs, les informations relatives au père et à la mère (nom complet enregistré au Livre Officiel des Origines Félines (LOOF), date de naissance, poids de



forme, race) ont été recherchées sur internet (sur le site de l'élevage, via le site [www.pawpeds.com](http://www.pawpeds.com), [www.chats-de-france.com](http://www.chats-de-france.com), [www.loof.asso.fr](http://www.loof.asso.fr)). De même, la date de décès a été renseignée lorsque que celle-ci était fournie par l'éleveur ou déduite de l'arrêt de suivi de poids d'un chaton alors que les poids des autres individus de la portée sont renseignés. En cas de doute, un courriel a été envoyé à l'éleveur pour confirmation.

## 2. Tri et nettoyage des données

La première étape de nettoyage des données a consisté à identifier les doublons dans la base de données et de les supprimer. En effet, de par le mode de collecte, certaines portées ont pu être envoyées plusieurs fois par l'éleveur et ainsi saisies plusieurs fois par différents opérateurs. Ensuite, les données collectées ont été vérifiées afin de corriger ou supprimer les valeurs aberrantes (date de mort antérieure à la date de naissance, date de naissance de la mère postérieure à la date de mise-bas, mise-bas d'une mère âgée de moins de 6 mois, poids aberrants...). Chacune des valeurs aberrantes rencontrée a été directement corrigée lors de faute de frappe évidente et vérifiée sur le dossier d'origine. Les valeurs impossibles à corriger (suspicion d'erreur de saisie par l'éleveur, dossier d'origine non retrouvé...) ont été simplement supprimées.

## 3. Critères d'éligibilité des chatons

Il a été décidé de retirer de l'étude les chatons issus de chatterie étrangère ou d'origine inconnue, nés avant le 01/01/2000, mort-nés, de statut inconnu à la naissance, dont le poids de naissance n'est pas renseigné ou appartenant à un groupe racial représenté par moins de 100 individus dans la base de données.

## C. Analyse de la base de données

L'ensemble des données ont été traitées (graphiques, tableaux croisés dynamiques) grâce au logiciel Excel 2016. Les analyses statistiques (tests bivariés et modèle multivarié) ont quant à elles été réalisées à l'aide du logiciel R (package `lme4` pour le modèle multivarié). Pour la suite de la thèse, les résultats sont exprimés sous la forme moyenne  $\pm$  écart-type.

Les graphiques construits sous la forme de « box-plot » ou « boîte à moustache » sont construits de la façon suivante : la croix indique la moyenne, la barre horizontale centrale

indique la médiane, les limites inférieures et supérieures des boîtes sont les premiers et troisièmes quartiles des données exploitées : 50 % des données sont concentrées entre ces deux limites. Pour chaque boîte, les points situés au-dessus et en dessous des extrémités supérieures et inférieures des moustaches peuvent être considérées comme des valeurs hors normes. La largeur horizontale des boîtes ne correspond à rien en particulier.

## 1. Description du poids de naissance

Pour chaque groupe racial, une représentation graphique de la répartition des poids de naissance de la base de données a été réalisée sur Excel.

Par la suite, il a été réalisé entre chaque groupe racial une analyse statistique en deux étapes :

- (1) Un test de Kruskal-Wallis pour rechercher l'existence d'une différence de distribution des poids de naissance entre les groupes.
- (2) Des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney avec une correction de Bonferroni pour comparer les distributions des groupes pris deux à deux.

## 2. Description et codage des variables

Les variables du modèle sont détaillées Tableau 1. Il est renseigné pour chaque variable son type (qualitatif ou quantitatif) ainsi que les sous-groupes assignés aux variables quantitatives.

Certaines races ont été regroupées selon leur proximité pour constituer la variable « Groupe racial ». Par exemple, deux parents Persans peuvent mettre au monde des chatons Persan ou Exotic shorthair, le Persan étant la variation « poil long » de l'Exotic shorthair. De la même façon, le Highland est la variation « poil long » du Scottish, le Somali est la variation « poil long » de l'Abyssin et le Russe est la variation « poil mi-long » du Nebelung. Concernant le groupe des Orientaux, le Mandarin est la variation « poil longs » de l'Oriental ; le Siamois et le Balinais sont les variations « colorpoint » de l'Oriental et du Mandarin respectivement. Finalement, 15 groupes de races ont été définis. Ceux-ci sont détaillés Tableau 1.

La parité a été défini comme étant le nombre de portée réalisées par la mère avant la portée étudié (0,1,2, ...,6).

La taille de portée a été définie comme étant le nombre total de chaton né lors de la mise-bas, qu'ils soient vivants ou morts.

La catégorie d'élevage a été définie selon le nombre de chaton produit. Les élevages de catégorie 1, 2 et 3 correspondent respectivement à des élevages produisant moins de 10 chatons par an, entre 10 et 50 chatons par an ou plus de 50 chatons par an.

Enfin, certains paramètres ont été calculés à partir des données renseignées par l'éleveur :

- l'âge de la mère au moment de la mise-bas a été calculé en soustrayant la date de mise bas à la date de naissance de la mère lorsque ces deux données étaient disponibles,

- la durée de gestation représente la différence entre la date de mise bas et la date de la première saillie renseignée par l'éleveur, exprimée en jours

*Tableau 1 : Description des variables utilisées dans le modèle final.*

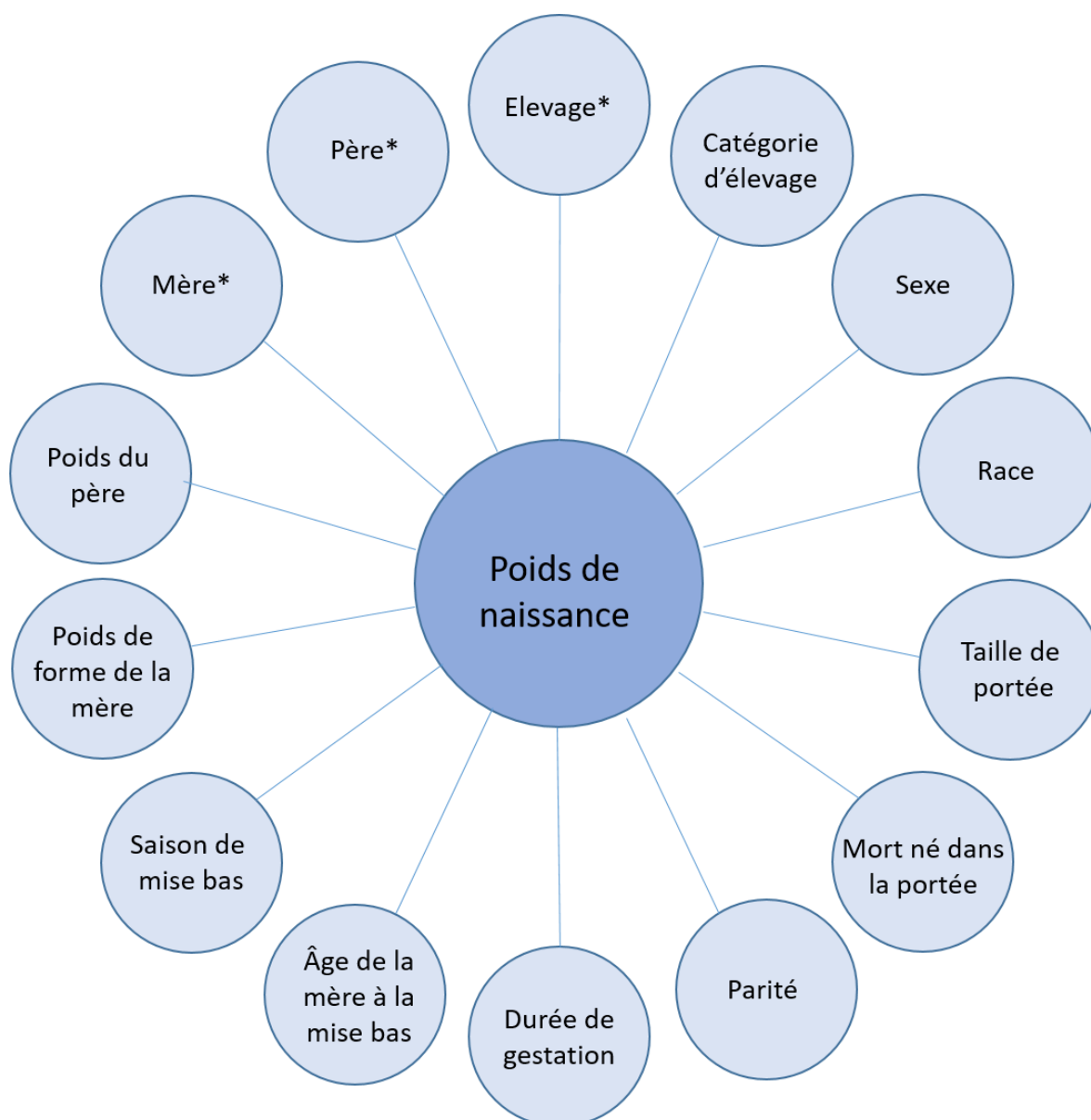
Paramètre étudié	Type de variable	Groupes utilisés	
Poids de naissance	Quantitatif		
Groupe racial	Qualitatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persan / ExoticShorthair</li> <li>- Scottish / Highland</li> <li>- Bengal</li> <li>- Sphynx</li> <li>- Mau Egyptien</li> <li>- Russe / Nebelung</li> <li>- Sacré de Birmanie</li> <li>- Balinais / Mandarin / Oriental / Siamois</li> <li>- Abyssin / Somali</li> <li>- British</li> <li>- Sibérien</li> <li>- Ragdoll</li> <li>- Chartreux</li> <li>- Norvégien</li> <li>- Maine Coon</li> </ul>	
Sexe	Qualitatif	Mâle	Femelle
Mort-né dans la portée	Qualitatif	Présence de mort-né	Absence de mort-né
Taille de la portée	Quantitatif	Taille de portée = 1, 2, 3, ..., 10	
Âge de la mère à la mise bas	Qualitatif	[6mois ; 1an], [1 ; 2ans], [2 ; 3ans], ... , [11 ; 12ans]	

Paramètre étudié	Type de variable	Groupes utilisés			
Saison de mise-bas	Qualitatif	Hiver = 1 <sup>er</sup> Décembre au 28 février	Printemps = 1 <sup>er</sup> mars au 31 mai	Eté = 1 <sup>er</sup> Juin au 31 août	Automne = 1 <sup>er</sup> Septembre au 30 novembre
Parité	Quantitatif	Parité = 0, 1, 2, 3, ..., 6			
Catégorie d'élevage	Qualitatif	1 : ]1 ; 10[ chatons ; 2 : [10 ; 50] chatons, 3 : > 50 chatons			

### 3. Etude des facteurs influençant le poids de naissance

Afin d'étudier l'influence de certains facteurs impliqués dans la variation du poids de naissance dans l'espèce féline, un modèle linéaire mixte a été utilisé. Cet outil mathématique permet d'analyser simultanément un ensemble de paramètres où chaque variable est considérée soit comme un facteur fixe dont l'influence sur le poids de naissance est directement évaluée, soit comme un facteur aléatoire, qui permet de prendre en considération la non-indépendance de groupes de données. Dans notre cas, trois facteurs aléatoires ont été introduits dans le modèle (la mère, le père et l'élevage) afin de prendre en compte que deux chatons issus d'une mère ou père identique, ou d'un même élevage, sont potentiellement plus proches entre eux que ne le sont des individus issus d'élevages ou de parents différents. Les paramètres initialement envisagés du modèle linéaire mixte sont représentés Figure 1.

Cependant, il est nécessaire de prendre en compte les limitations du modèle. Pour éviter de le déstabiliser ou d'en réduire la qualité, il est primordial de ne pas inclure de paramètres dont le pourcentage de données manquantes est trop élevé. Il a donc été choisi de retirer de l'analyse tous les paramètres ayant plus de 30 % de données manquantes. Le Tableau 2 récapitule la proportion de données manquantes pour les paramètres initialement considérés.

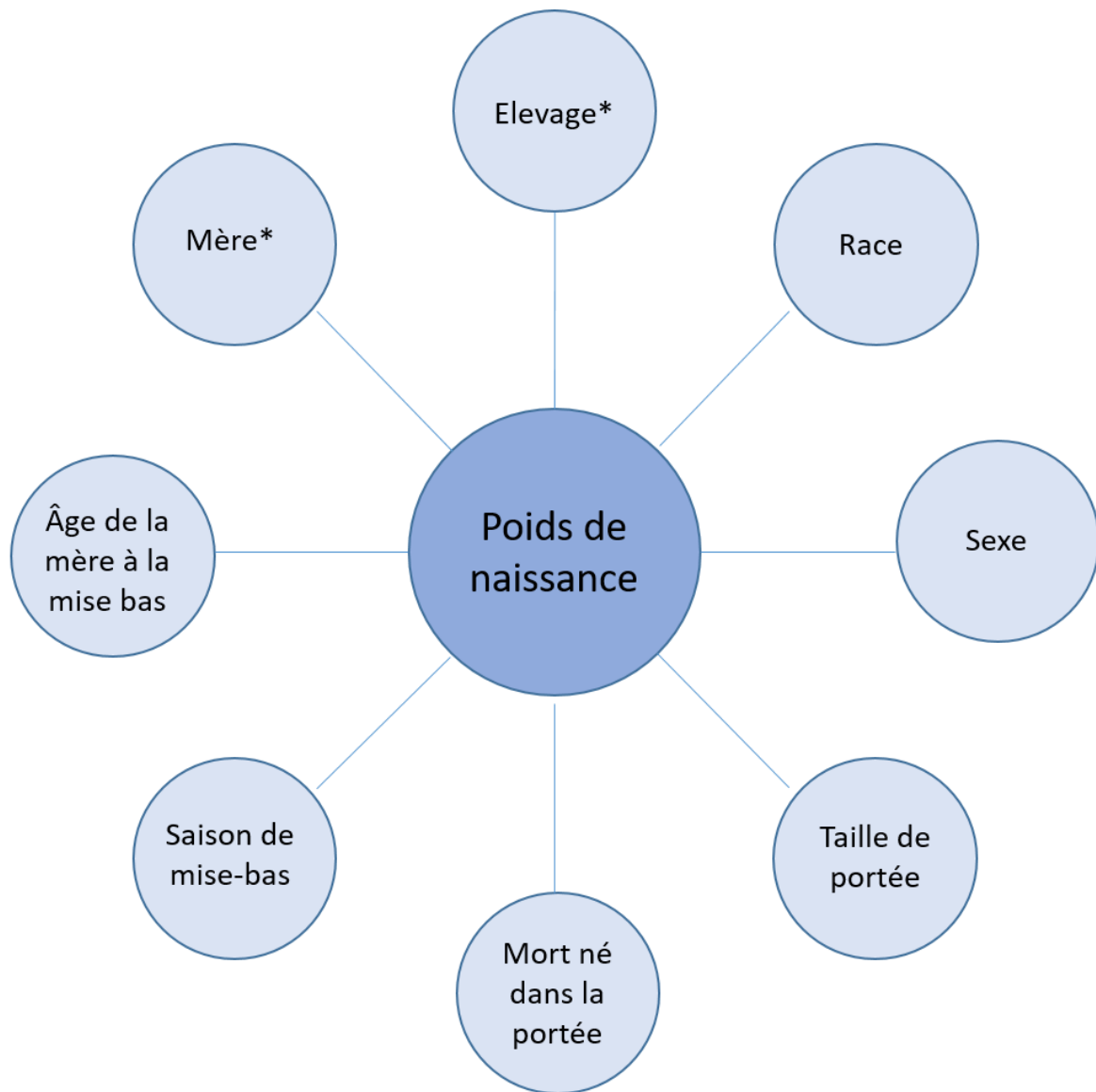


*Figure 1 : Paramètres envisagés pour le développement du modèle linéaire mixte. Les paramètres présentant un astérisque sont considérés comme variables aléatoires.*

Par ailleurs, utiliser un modèle linéaire mixte impose de ne pas utiliser de variables colinéaires (comme la parité et l'âge de la mère) sous peine de le déstabiliser. Suite à la première phase de tri, cette condition a été vérifiée pour chaque paramètre restant. Cette sélection nous a amené à réduire les variables initiales au jeu de paramètres représentés Figure 2. Le père n'a pas été introduit afin de ne pas affaiblir le modèle avec un trop grand nombre de variables aléatoires.

*Tableau 2 : Proportions de données manquantes pour chaque paramètre considéré dans le premier modèle. Les données en gras sont celles dont la proportion de données manquantes est inférieure à 30 %.*

		Proportion de données manquantes
Elevage	<b>Nom de l'élevage</b>	<b>3,6 %</b>
	Catégorie d'élevage	58,5 %
Femelle	<b>Nom connu</b>	<b>10,7 %</b>
	<b>Saison de mise-bas</b>	<b>0,0 %</b>
	Poids	50,9 %
	Parité	62,0 %
	<b>Âge à la mise-bas</b>	<b>22,1 %</b>
Mâle	<b>Nom connu</b>	<b>22,4 %</b>
	Poids	61,7 %
Durée de gestation		66,4 %
Portée	<b>Taille de la portée</b>	<b>22,1 %</b>
	<b>mort-né</b>	<b>23,5 %</b>
Individu	<b>Sexe du chaton</b>	<b>8,4 %</b>



*Figure 2 : Paramètres retenus dans le modèle linéaire mixte développé. Les paramètres présentant un astérisque sont considérés comme variables aléatoires.*

Afin d'apprécier l'importance clinique des paramètres influençant le poids de naissance, nous avons calculé la taille d'effet ou « effect size » de chaque paramètre étudié. Pour cela, nous avons utilisé la formule de comparaison de deux moyennes établie par Cohen (Cohen, 1988) :

$$\text{Effect size} = \frac{(\text{moyenne du groupe expérimental} - \text{moyenne du groupe témoin})}{\text{Ecart - type des deux groupes}}$$

L'interprétation se fait selon les seuils proposés par Cohen, résumés Tableau 3.

*Tableau 3 : Seuils représentant la taille d'effet ou « effect size » (Cohen, 1988).*

Quantification de l'effet observé	Taille d'effet	Pourcentage du groupe témoin sous la moyenne du groupe expérimental
Nul	0	50 %
Faible	0,2	58 %
Moyen	0,5	69 %
Important	0,8	79 %
	1,4	92 %

#### 4. Etude de l'influence du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale des chatons

Le taux de croissance estime la prise de poids du chaton sur une période donnée. Dans cette étude, deux taux de croissance ont été définis. Les taux de croissance 0-2j et 2-21j correspondent respectivement au taux de croissance entre le jour de la mise bas  $J_0$  et le 2<sup>ème</sup> jour de vie  $J_2$  et au taux de croissance entre le 2<sup>ème</sup> jour de vie  $J_2$  et le 21<sup>ème</sup> jour de vie  $J_{21}$ . Les deux taux de croissance ont été calculés comme suit :

$$\text{Taux de croissance } 0 - 2j = \frac{(\text{Poids à } J_2 - \text{Poids à } J_0)}{(\text{Poids à } J_0)}$$

$$\text{Taux de croissance } 2 - 21j = \frac{(\text{Poids à } J_{21} - \text{Poids à } J_2)}{(\text{Poids à } J_2)}$$

De façon similaire, deux taux de mortalités ont été définis sur les périodes 0-2 jours et 2-21 jours.

Ici, nous nous intéressons d'une part à l'influence du poids de naissance sur la mortalité néonatale et d'autre part à la corrélation entre le poids de naissance et le taux de croissance néonatale. L'influence du poids de naissance sur la mortalité néonatale a été estimée à l'aide de tests de Student alors que la corrélation entre le poids de naissance et le taux de croissance néonatale est évaluée grâce au coefficient de corrélation de Pearson.





# II. Résultats

Nous rappelons ici que notre objectif est de décrire la répartition du poids de naissance d'un groupement de chatons puis de déterminer certains facteurs influençant le poids de naissance dans l'espèce féline. Par la suite, nous estimerons l'influence du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale.

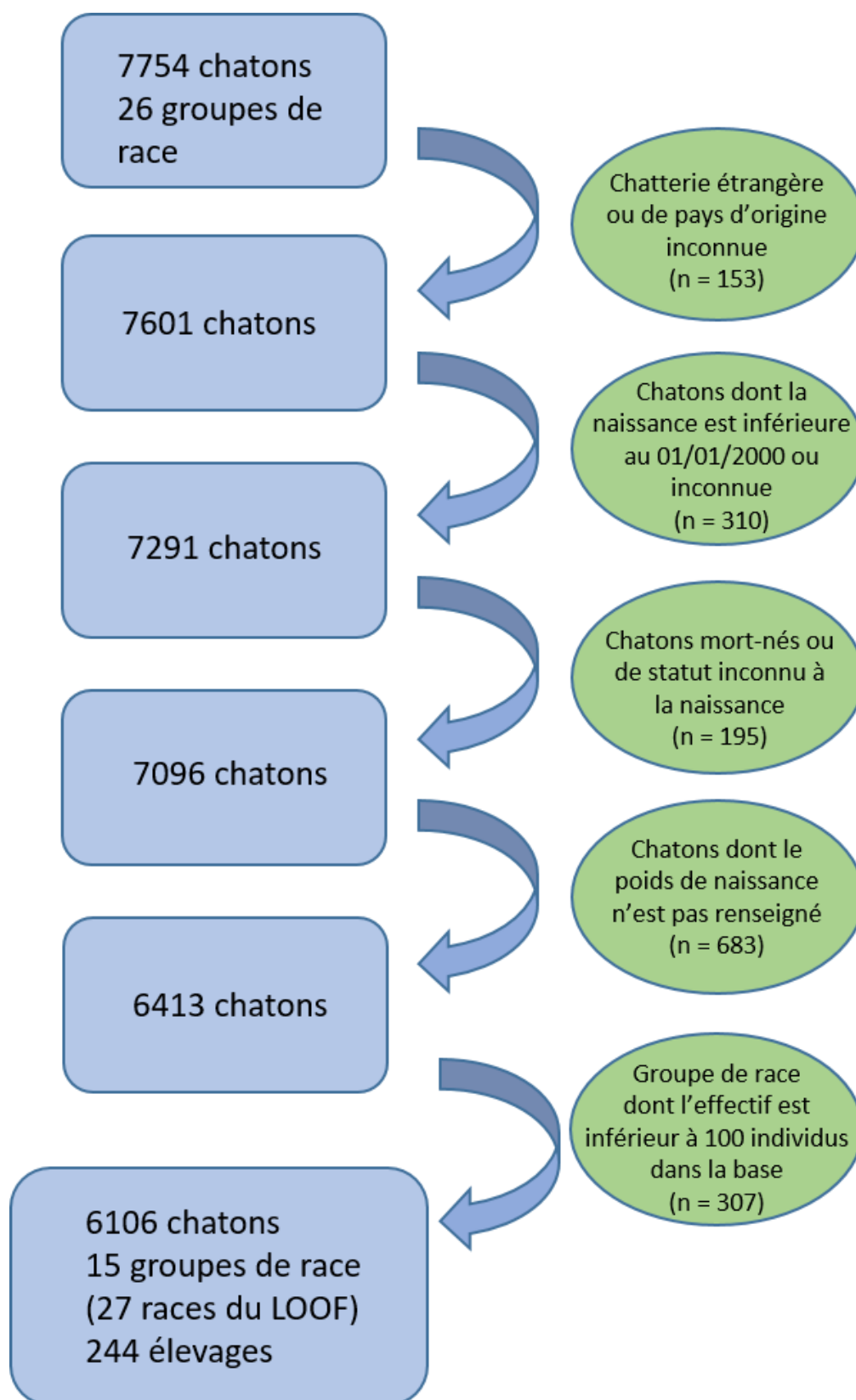
## A. Description générale de la population

### 1. Sélection de la population

Les données récoltées ont permis de constituer une base de données regroupant des informations sur 7754 chatons. De ceux-ci ont été exclus :

- les chatons issus de chatterie étrangère ou d'origine inconnue (153 chatons),
- les chatons dont la mise bas date d'avant les années 2000 (310 chatons),
- les chatons mort-nés ou de statut inconnu (195 chatons),
- les chatons dont le poids de naissance n'est pas renseigné (683 chatons),
- les chatons appartenant à un groupe racial représenté par moins de 100 individus (307 chatons).

La base de données finale considérée dans cette thèse est alors constituée de 6106 chatons, soit 79 % de l'effectif de la base initiale (Figure 3).



*Figure 3 : Diagramme de sélection des chatons inclus dans l'étude.*

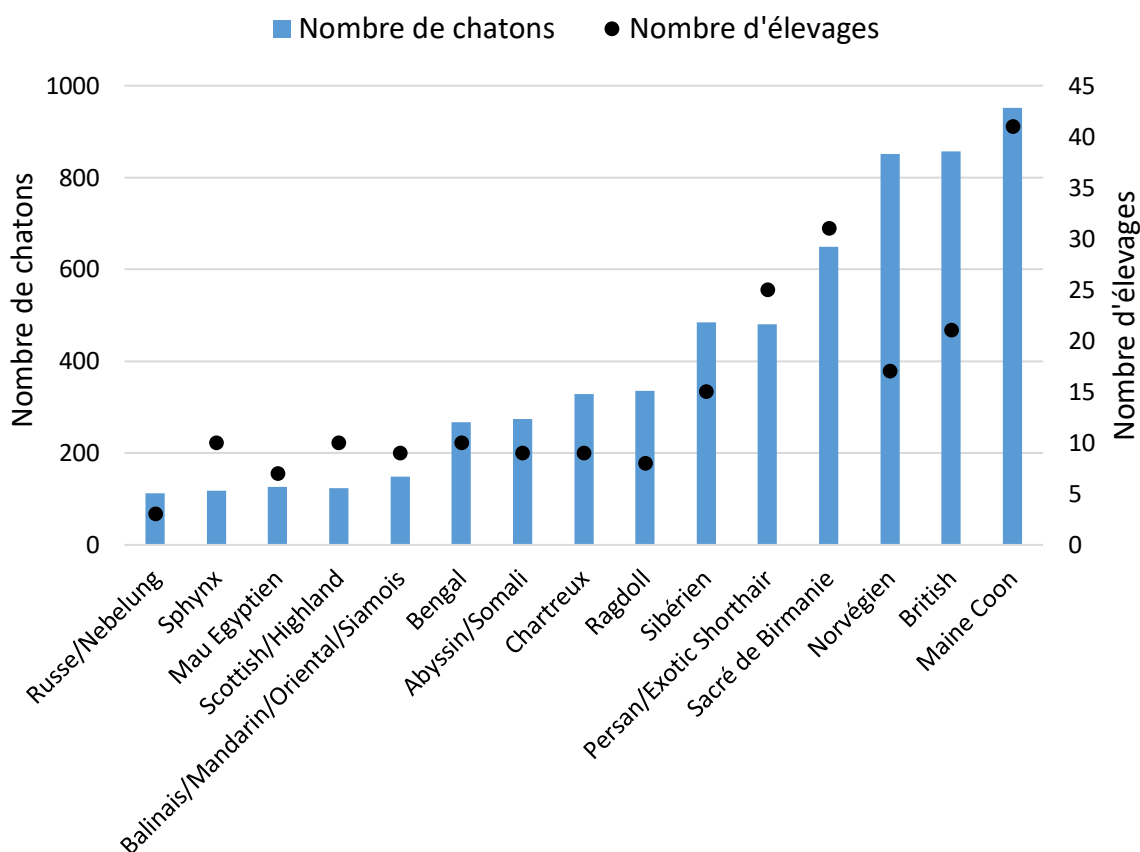
## 2. Description de la population finale

Après filtrage, la population d'étude finale compte 6106 chatons répartis sous 15 groupes de races (Tableau 4).

*Tableau 4 : Distribution de l'effectif de chatons selon leur groupe racial (n = 6106 chatons).*

Groupe racial	Nombre de chatons	Proportion dans la population totale étudiée
Russe/Nebelung	112	1,8 %
Sphynx	118	1,9 %
Mau Egyptien	126	2,1 %
Scottish/Highland	123	2,0 %
Balinois/Mandarin/Oriental/Siamois	149	2,4 %
Bengal	267	4,4 %
Abyssin/Somali	274	4,5 %
Chartreux	328	5,4 %
Ragdoll	336	5,5 %
Sibérien	484	7,9 %
Persan/Exotic Shorthair	481	7,9 %
Sacré de Birmanie	649	10,6 %
Norvégien	851	13,9 %
British	857	14,0 %
Maine Coon	951	15,6 %

L'élevage d'origine est connu pour 97 % des chatons de la base de donnée (5887/6106). Les 244 élevages connus ont partagé des données concernant 1 à 90 portées (médiane = 4 portées ; 1<sup>er</sup> quartile = 2 portées ; 3<sup>ème</sup> quartile = 9 portées). Sur la Figure 4 sont représentés l'effectif de chatons de chacun des groupes racial et la distribution du nombre d'élevages en fonction du groupe racial.



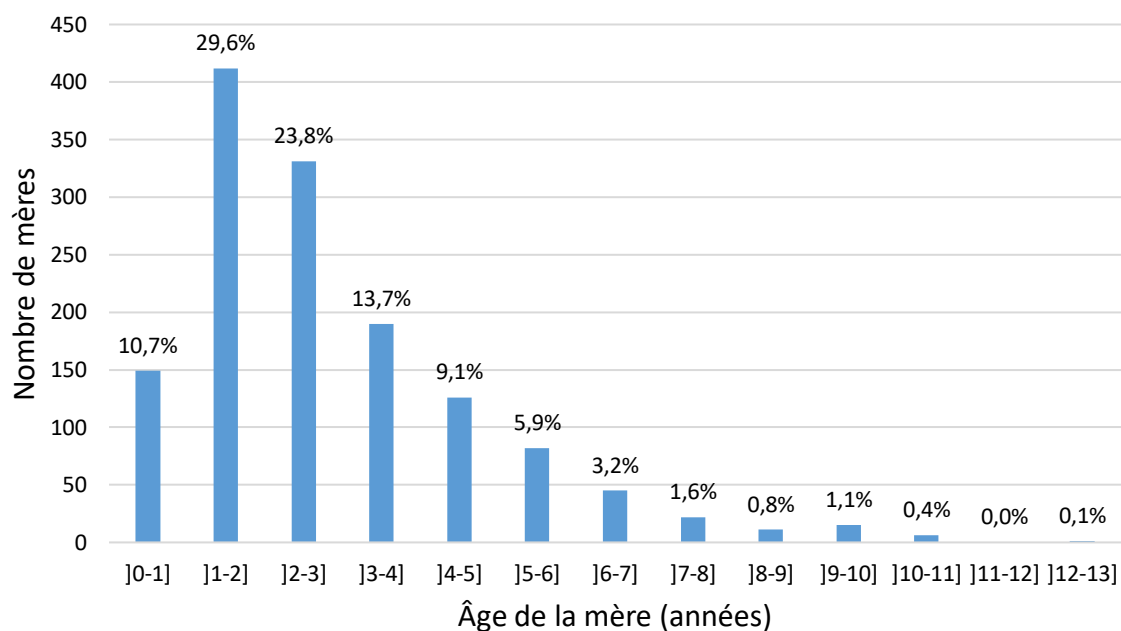
*Figure 4 : Distribution des individus et des élevages au sein des groupes de race. ( $n_{\text{chatons}} = 6106$  ;  $n_{\text{élevages}} = 244$ ).*

L'âge de la mère à la mise bas est renseigné pour 78 % des chatons de la base de données (4757 chatons) et varie entre 7 mois et demi et 12 ans avec une moyenne de  $2,8 \pm 2,0$ . Près de 78% des mères de l'étude ont moins de 4 ans. La distribution des mères selon leur âge est détaillée Figure 5.

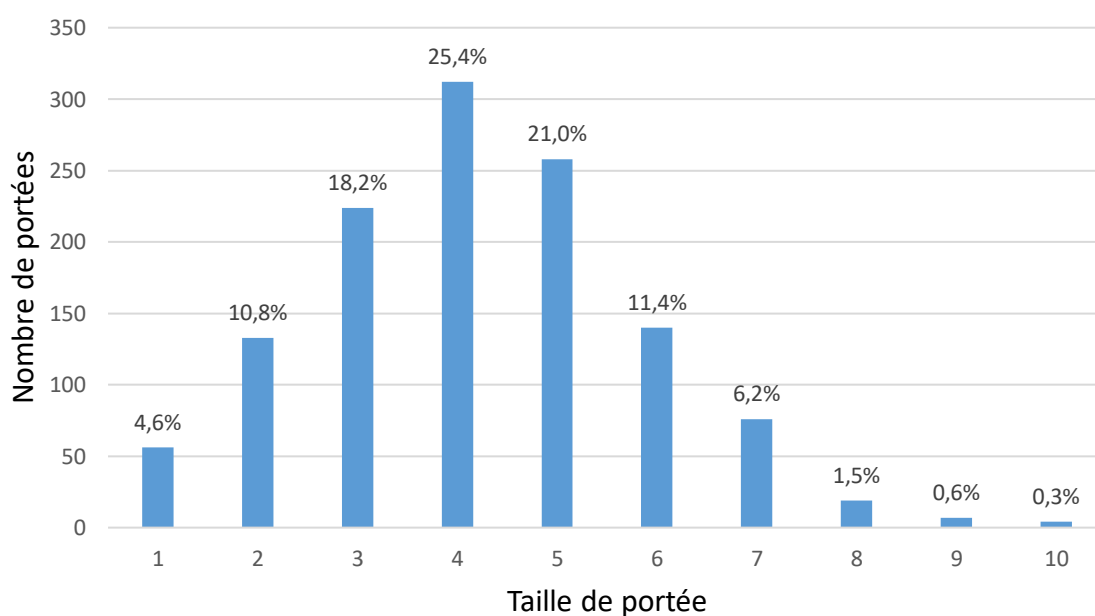
Enfin, sur les 6106 chatons pris en compte, 2979 sont des mâles, 2614 sont des femelles et 513 sont de sexe inconnu (non renseigné). En ignorant les chatons de sexe inconnu, le sex ratio vaut 1,1 (2979 mâles/2614 femelles). La taille de portée, renseignée pour 4754 chatons (soit 78% de la population), varie entre 1 et 10 chatons avec une moyenne de  $4,2 \pm 1,6$  chatons.

La

Figure 6 représente la distribution des individus selon la taille de portée.



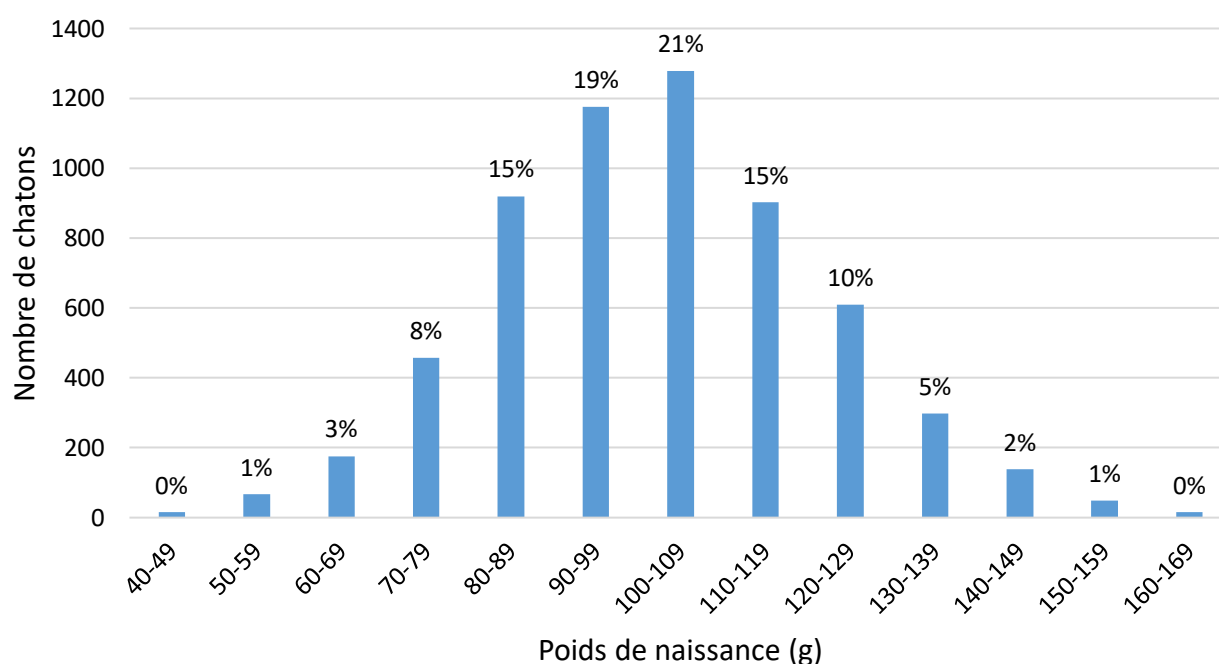
*Figure 5 : Distribution des mères selon leur âge (n = 1390). Les pourcentages indiqués au-dessus des barres de l'histogramme représentent les proportions de mères selon leur tranche d'âge.*



*Figure 6 : Distribution des portées selon leur taille (n = 1229). Les pourcentages indiqués au-dessus des barres de l'histogramme représentent les proportions de portées selon le nombre d'individu qui les composent.*

## B. Description du poids de naissance

Dans la base de données finale, les poids de naissance toutes races confondues varient entre 40 grammes (chaton de race British) et 182 grammes (chaton de race Norvégien) avec une moyenne de  $101,5 \pm 19,5$  g. La Figure 7 représente la distribution du poids de naissance des chatons, toutes races confondues. La distribution des poids de naissance des chatons pour chaque groupe racial est décrit lors de l'analyse des facteurs de variation du poids de naissance (Figure 8).



*Figure 7 : Distribution du poids à la naissance, toutes races confondues (n = 6106 chatons). Les pourcentages indiqués au-dessus des barres de l'histogramme représentent le pourcentage d'individus dans la tranche de poids par rapport à la population totale étudiée.*

## C. Facteurs de variation du poids de naissance

Afin d'identifier certains facteurs influençant le poids de naissance, un modèle multivarié a été généré avec 6 variables considérées fixes (la race, le sexe, la taille de portée, la présence d'au moins un mort-né dans la portée, l'âge de la mère à la mise bas et la saison de mise bas) et 2 paramètres en effets aléatoires (la mère et l'élevage) (Figure 2). La variabilité des poids de naissance entre les différentes mères et les différents élevages est significative, ce qui rend pertinent l'inclusion de ces deux effets aléatoires. Parmi les 6 paramètres évalués, 5 ont révélé un effet significatif sur le poids de naissance : la race, le sexe, la taille de portée, la présence

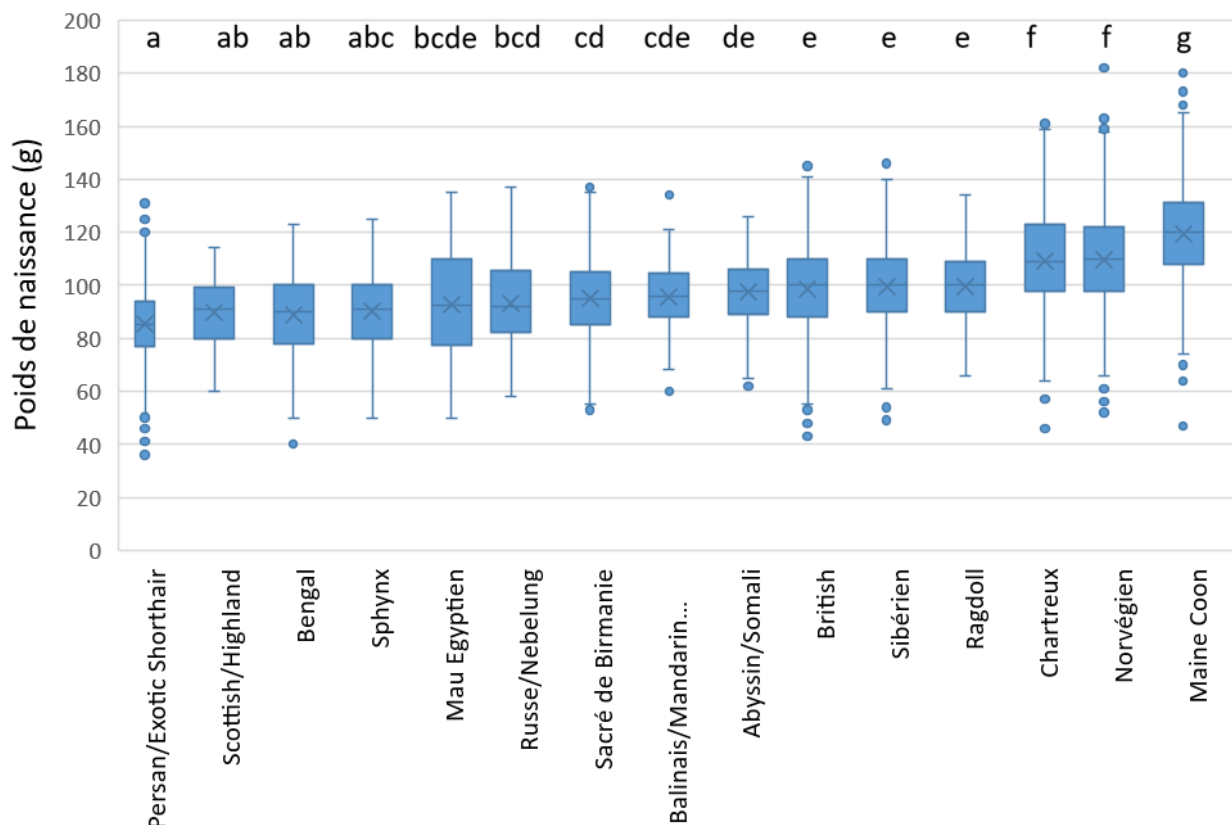
d'au moins un chaton mort-né dans la portée et la saison de mise bas. L'âge de la mère, quant à lui, ne semble pas avoir d'effet significatif sur le poids de naissance des chatons.

## 1. Influence de la race sur le poids de naissance

La moyenne des poids de naissance varie entre  $85,2 \pm 14,6$  g pour le Persan et  $119,3 \pm 18,7$  g pour le Maine Coon (Figure 8). D'un point de vue statistique, la race a une influence sur le poids de naissance.

Les données statistiques utilisées pour réaliser les groupes de races (a, b, ..., g) sont présentées en annexe 2.

La taille d'effet calculée entre les différents groupes de races est comprise entre 0 (groupes sans différence significative) et 1,4 entre les couples Persan/Exotic shorthair et Maine Coon, ce qui correspond à un effet clinique très fort.

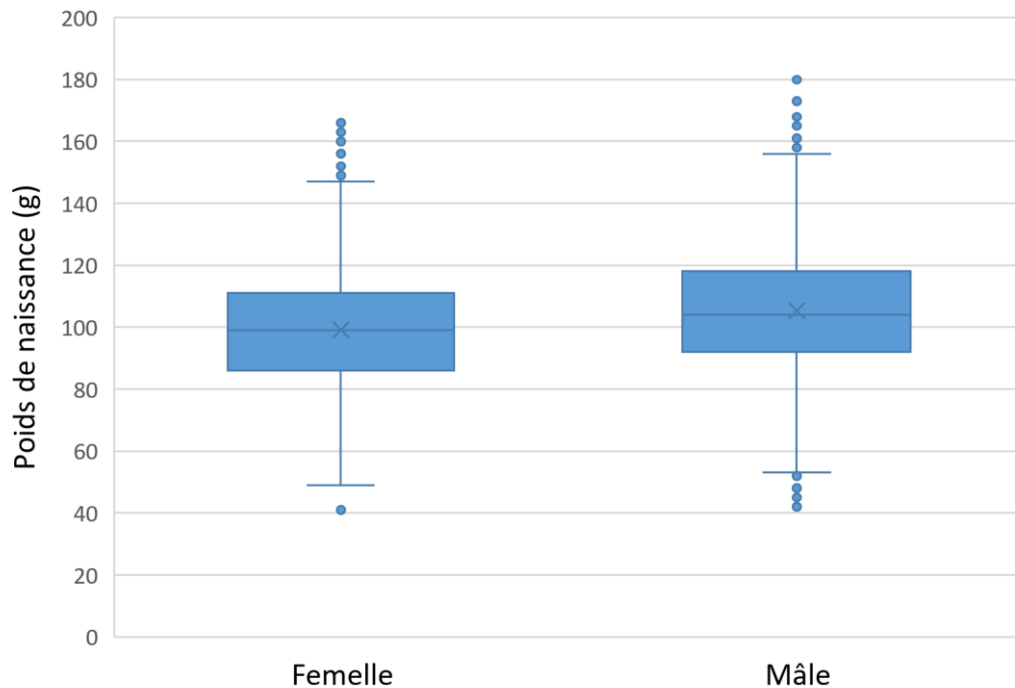


*Figure 8 : Distribution du poids de naissance des chatons selon leurs groupes raciaux. Les groupes de races présentant des poids de naissance significativement différents (comparaison 2 à 2) portent des lettres différentes.*

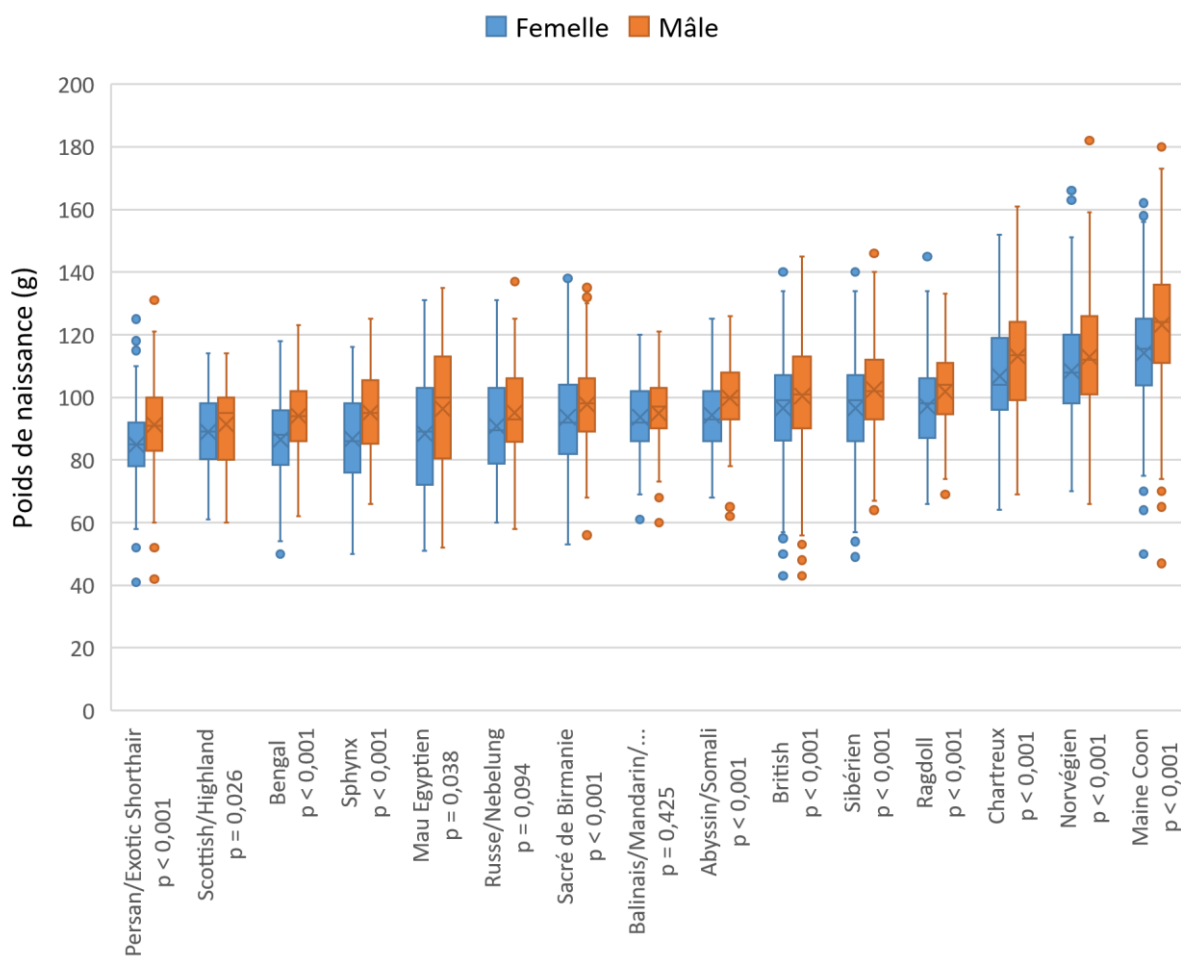


## 2. Influence du sexe

Dans la population étudiée, le poids de naissance moyen des femelles est de  $99,2 \pm 18,3$  g contre  $105,3 \pm 19,2$  g pour les mâles (Figure 9 et Figure 10). Le modèle a mis en évidence une influence significative du sexe du chaton sur le poids de naissance ( $p < 0,001$ ). Les mâles pèsent en moyenne 5,1 grammes de plus que les femelles, ce qui correspond à une variation d'environ 5 % du poids de l'individu à la naissance. Cela correspond à une taille d'effet de 0,3, soit un effet clinique faible. La Figure 9 représente sous forme de « box-plot » la répartition des poids de naissance des individus mâles et femelles, sans distinction de la race. La Figure 10, quant à elle, détaille plus précisément la distribution des poids à la naissance des individus mâles et femelles selon leur groupe racial.



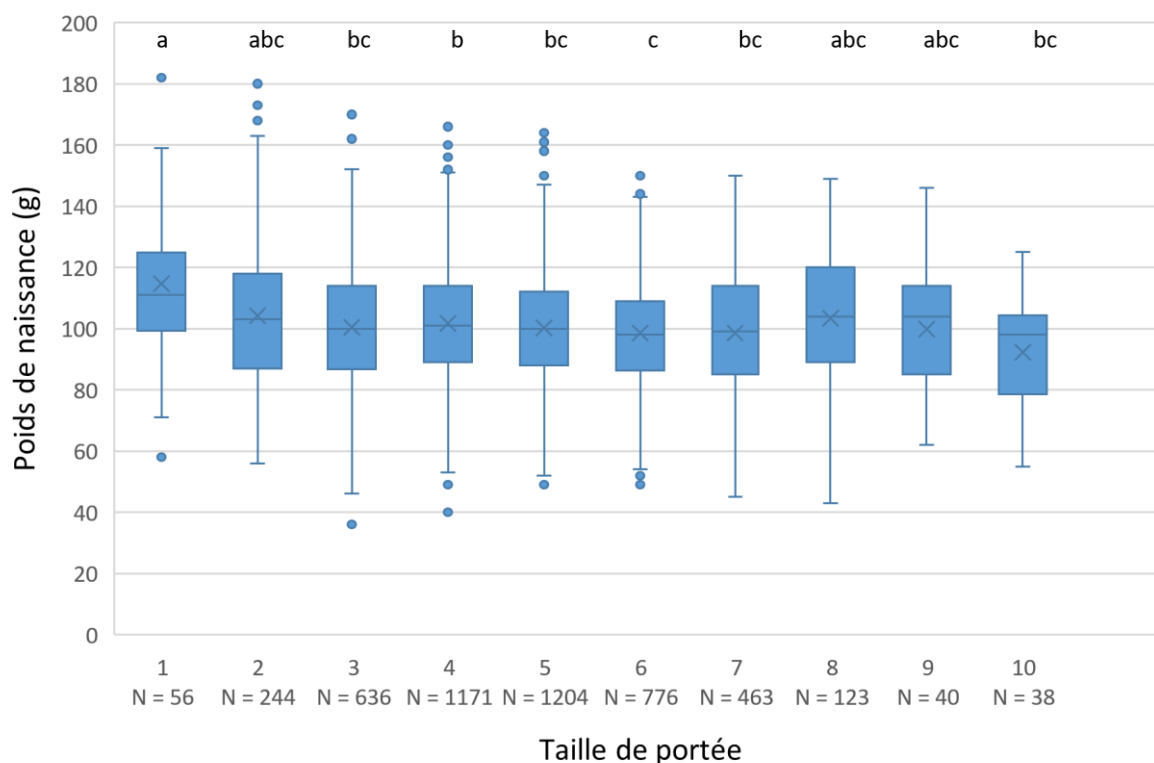
*Figure 9 : Distribution du poids de naissance des chatons en fonction de leur sexe ( $n_{mâles} = 2979$  ;  $n_{femelles} = 2614$ ). ( $p < 0,001$ )*



*Figure 10 : Distribution du poids de naissance des chatons en fonction de leur sexe, détaillés selon leur groupe racial.*

### 3. Influence de la taille de portée

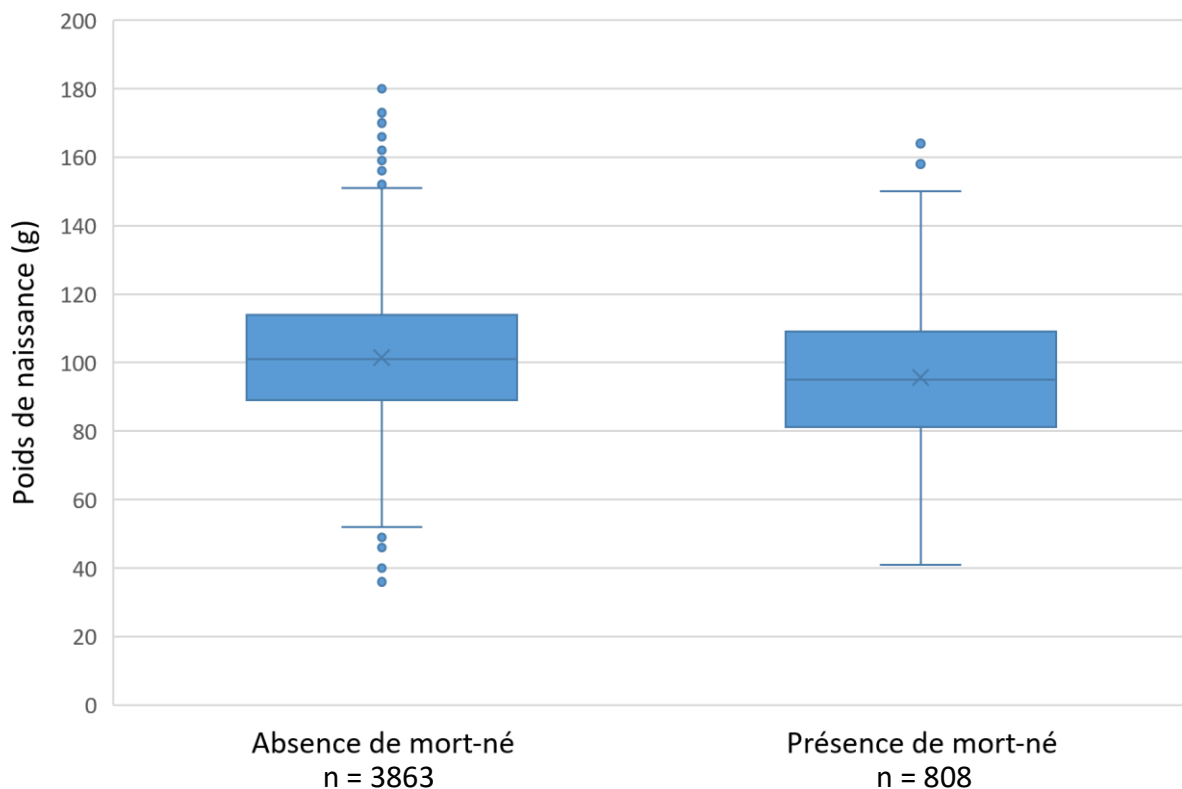
Le modèle multivarié indique un effet statistiquement significatif de la taille de portée sur le poids de naissance. Les données statistiques utilisées pour réaliser les groupes a, b, c sont présentées en Annexe 3. Le poids de naissance moyen, par portée, s'étend de 114,7 grammes pour les portées à un seul chaton à 92,2 grammes pour les portées comportant 10 chatons (Figure 11). Il est à noter que les poids de naissance moyens diminuent lorsque la taille de portée augmente. La taille d'effet des effets cliniques observés varie entre 0 et 1,1 selon les groupes comparés. Un effet faible est observé en comparant les portées de taille intermédiaire (3 à 9 chatons) entre elles. Un effet moyen à fort apparaît entre les portées de taille intermédiaire et les portées de petite (1-2 chatons) ou de grande taille (10 chatons). Enfin, un effet très fort est observé entre les portées de petite taille et celles de grande taille.



*Figure 11* : Distribution des poids de naissance des chatons en fonction de la taille de portée, mort-nés pris en compte. Les tailles de portées présentant des poids de naissance significativement différents (comparaison 2 à 2) portent des lettres différentes.

#### 4. Influence de la présence ou l'absence de mort-né dans la portée

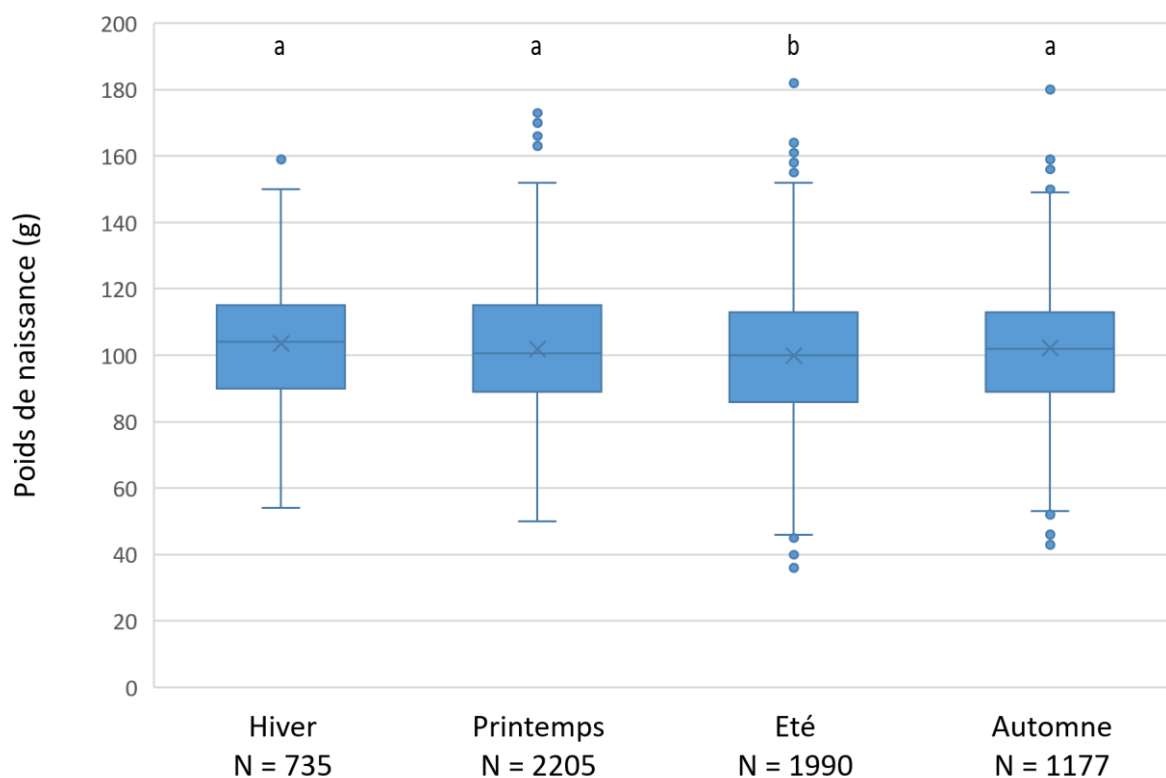
Le nombre de chatons mort-nés par portée varie entre 0 et 4 avec une moyenne de  $0,2 \pm 0,6$  chatons. Enfin, 17 % des chatons (797/4671) sont issus d'une portée comportant au moins 1 mort-né. Le poids moyen des chatons nés dans une telle portée est de  $98,8 \pm 20,5$  g contre  $101,5 \pm 19$  g pour les chatons issus de portées sans mort-né ( $p = 0,005$  ; Figure 12). L'effet clinique est considéré faible à moyen avec une taille d'effet de 0,3. La Figure 12 représente la distribution des poids de naissance des chatons selon la présence ou l'absence de mort-né dans la portée.



*Figure 12 : Distribution des poids de naissance des chatons en fonction de la présence ou l'absence de mort-né dans la portée. ( $p = 0.005$ ). L'effectif total est renseigné sous le groupe étudié.*

## 5. Influence de la saison de naissance

Le modèle linéaire mixte développé a permis de mettre en évidence une influence statistiquement significative de la saison de mise-bas sur le poids de naissance des chatons (Annexe 4). La tendance est telle que les chatons naissant en été sont plus légers de 2 à 3 grammes que les chatons naissant aux autres saisons. Cela correspond à une variation de 2 à 3 % du poids de naissance. La Figure 13 exprime la répartition des poids de naissance selon la saison de mise-bas. Les tailles d'effet calculées sur les différents groupes sont toutes inférieures à 0,2 (entre 0,01 et 0,1), indiquant un effet clinique faible.



*Figure 13* : Répartition des poids de naissance selon la saison de mise-bas. Les saisons présentant des poids de naissance significativement différents (comparaison 2 à 2) portent des lettres différentes.

## 6. Bilan

Le modèle que nous avons développé a permis d'expliquer 68 % de la variation du poids de naissance. Les effets fixes expliquent 33 % des variations observées et les effets aléatoires (mère, chatterie) en expliquent 35 %. Le Tableau 5 synthétise les résultats obtenus pour les différents effets fixes envisagés dans le modèle multivarié.

*Tableau 5 : Résumé de l'influence des différents paramètres sur le poids de naissance et taille d'effet associée.*

Paramètre fixe	p-value	Taille d'effet
Groupe racial	< 0,05 ou > 0,05 selon la race	0 à 1,4
Sexe du chaton	< 0,001	0,3
Taille de portée	< 0,05 ou > 0,05 selon les tailles de portée	0 à 1,1
Présence de mort-né dans la portée	< 0,001	0,3
Âge de la mère à la mise-bas	> 0,05	0
Saison de naissance	< 0,05 entre l'hiver et les autres saisons > 0,05 sinon.	0,01 à 0,1

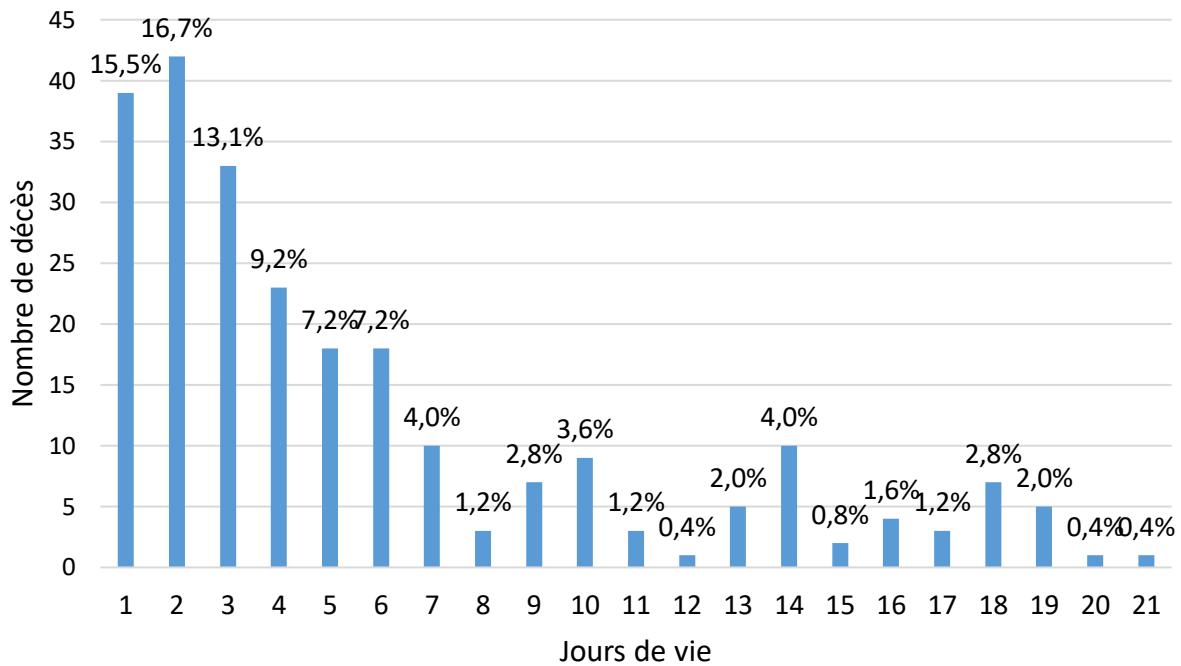
## D. Effets du poids de naissance sur la croissance et la mortalité néonatale

Après avoir identifié un certain nombre de paramètres influençant la valeur du poids de naissance dans l'espèce féline, cette dernière partie va présenter les effets du poids de naissance en terme de croissance et mortalité néonatale.

### 1. Effets du poids de naissance sur la mortalité néonatale

#### a) Description de la mortalité néonatale

La période néonatale a été subdivisée en période néonatale précoce (0-2 jours) et période néonatale tardive (2-21 jours). Parmi les 6106 chatons de la base de données, 349 sont morts lors des 21 premiers jours de vie, ce qui représente un taux de mortalité néonatale de 5,7 %. Les mort-nés ont déjà été exclus de la base donnée lors du tri initial et ne sont donc pas considérés. Décomposé selon les deux périodes précédemment définie, cela correspond à une mortalité néonatale précoce de 2,4 % (144 chatons) et à une mortalité néonatale tardive de 3,4 % (205 chatons). Parmi les décès pendant la période néonatale (0-21 jours). On observe environ 70 % de la mortalité dans les 6 premiers jours de vie. La Figure 14 représente la distribution des décès au cours de la période néonatale.



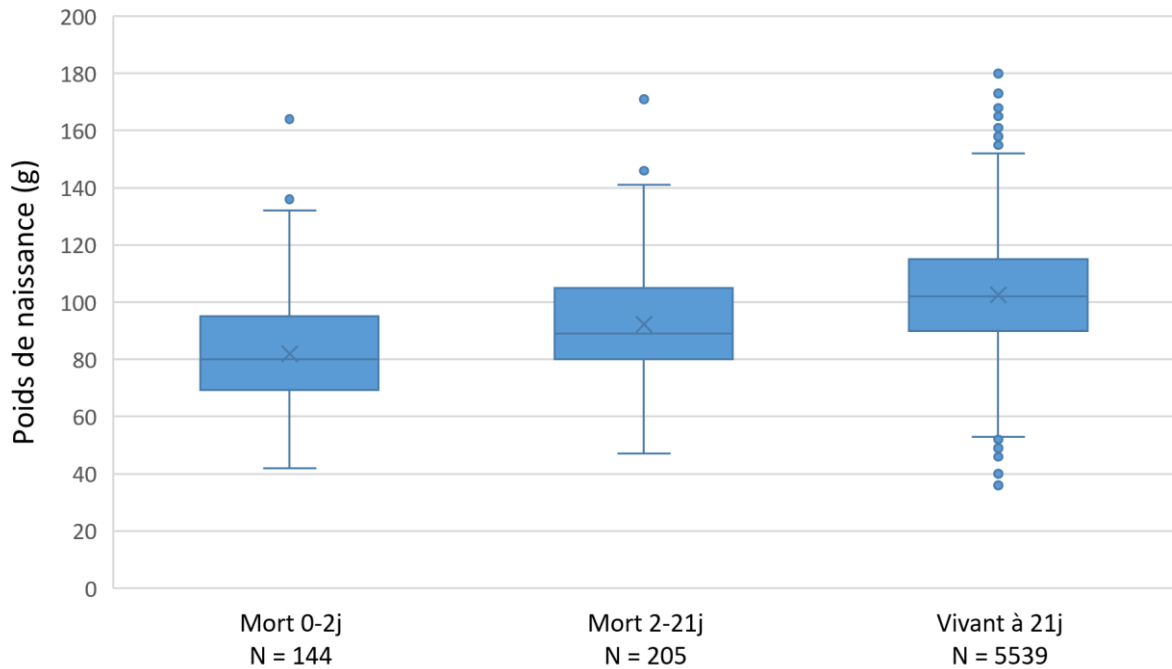
*Figure 14 : Nombre de décès recensés au cours de la période néonatale (n = 349 chatons morts). Les pourcentages notés au-dessus des barres de l'histogramme représentent le pourcentage d'individus morts dans la journée par rapport au nombre total de morts au cours des 21 premiers jours de vie.*

### b) Relation entre poids de naissance et mortalité néonatale

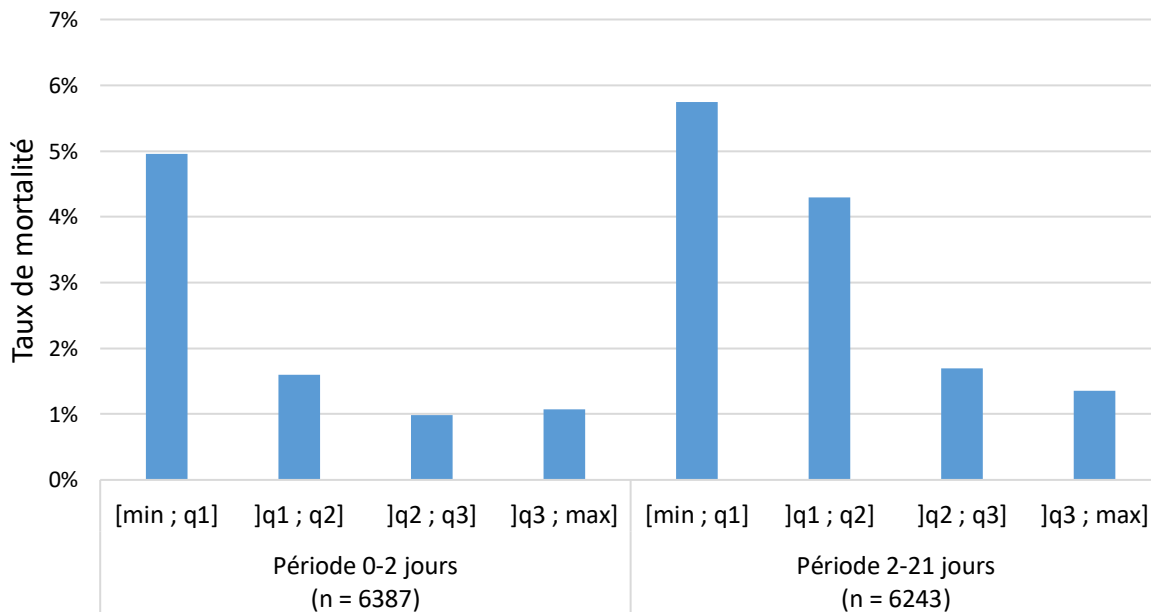
La réalisation de tests de Student sur la base de données a permis de mettre en évidence des différences significatives de poids de naissance entre les individus morts en période néonatale précoce, ceux morts en période néonatale tardive et ceux vivants à 21 jours ( $p < 0,001$ ). La Figure 15 détaille la distribution du poids de naissance selon le statut du chaton sur les périodes 0-2 jours et 2-21 jours. Les tailles d'effet associées au statut « vivant » ou « décédé » du chaton sur les périodes néonatales précoces et tardives sont respectivement de 1,04 et 0,53, ce qui représente un effet du poids de naissance sur la mortalité néonatale précoce très important et un effet du poids de naissance sur la mortalité néonatale tardive moyen.

Afin de tenir compte des différences de poids de naissance entre les races, nous avons calculé les quartiles de poids de naissance dans chaque groupe racial afin de regrouper les individus de petite, moyen et grand poids de naissance de chaque groupe racial (Figure 16). Les 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles (q1, q2 et q3) d'un groupe racial sont les seuils au-dessous desquels se situent respectivement 25 % , 50 % et 75 % des poids de naissance des chatons du groupe racial considéré. Ainsi, le taux de mortalité recensé pour la catégorie [min ; q1] reprend les individus dont le poids de naissance est inférieur ou égal au 1<sup>er</sup> quartile de leur groupe racial.

Le taux de mortalité néonatale précoce est significativement différent entre le groupe [min ; q1] et les autres groupes. Le taux de mortalité néonatale tardif est significativement différent entre le groupe [min ; q1] et les autres groupes et entre le groupe ]q1 ; q2] et les autres groupes. Les données statistiques sont présentées en Annexe 5.



*Figure 15* : Distribution du poids de naissance selon le statut du chaton sur les périodes 0-2 jours et 2-21 jours. Les nombres situés en dessous du nom de groupe représentent les effectifs utilisés (mort/vivant,  $p < 0,001$ ).



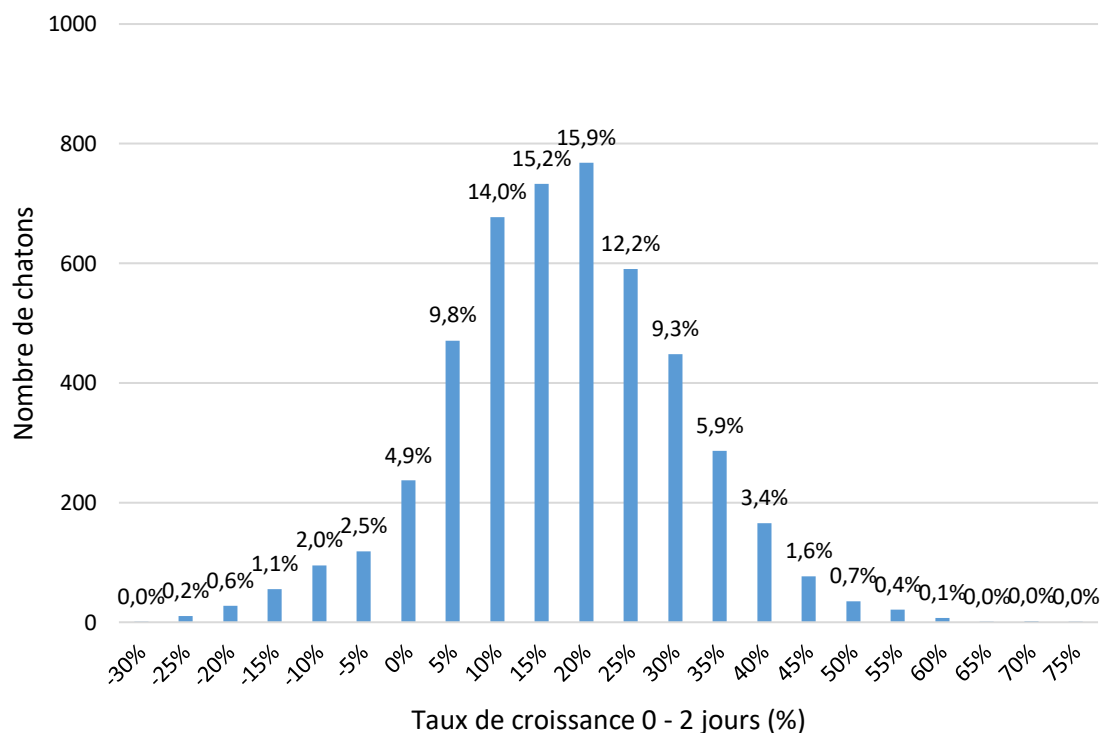
*Figure 16* : Taux de mortalité selon le poids de naissance par quartile sur les périodes 0-2 jours et 2-21 jours.



## 2. Effets du poids de naissance sur la croissance néonatale

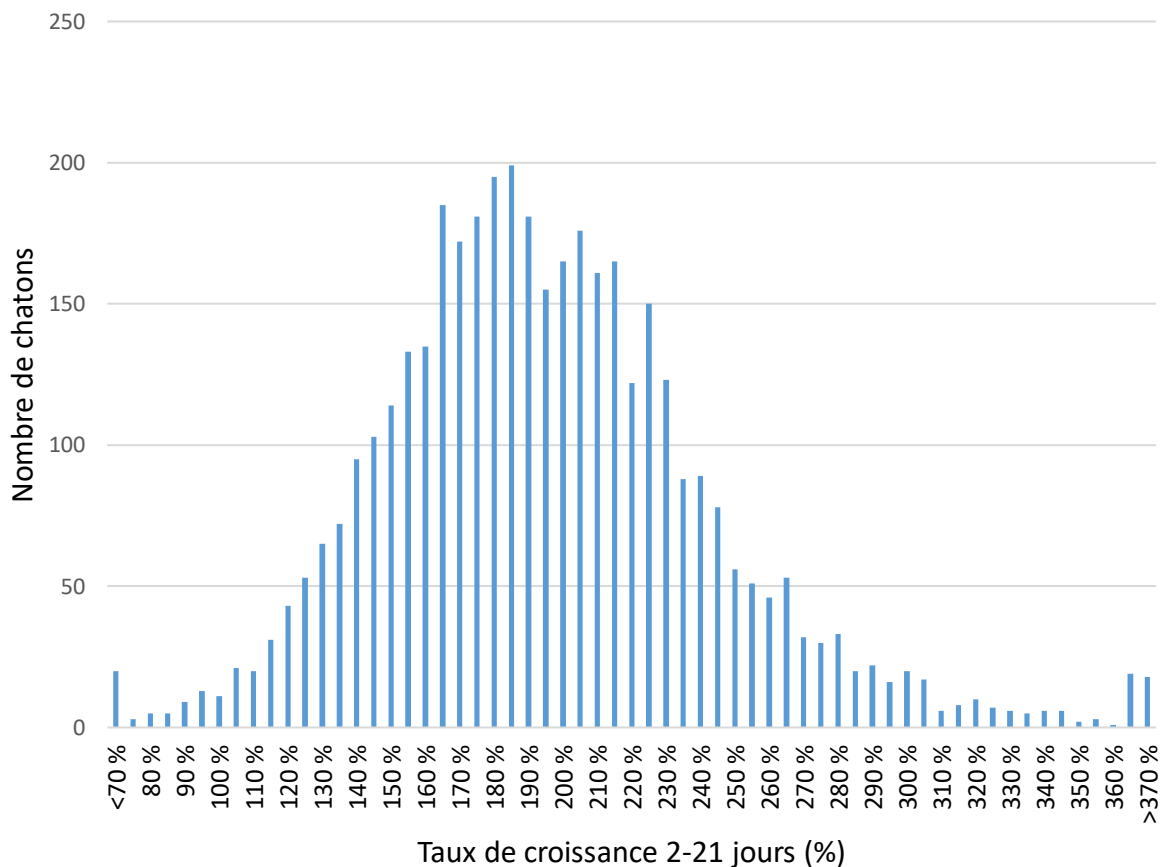
### a. Description de la croissance néonatale

Le taux de croissance entre 0 et 2 jours est calculable pour 84 % de la population et varie entre -26 % et 76 % avec une moyenne de  $19,8 \pm 13,3$  %. Sur les deux premiers jours de vie, 6,4 % des chatons de l'étude présentent un taux de croissance négatif. La Figure 17 représente la distribution de chatons pour différents taux de croissance néonataux précoces (0-2 jours).



*Figure 17* : Distribution du taux de croissance 0-2 jours ( $n = 5059$  chatons). La colonne « T » représente la tranche d'individus dont le taux de croissance appartient à  $]T ; T + 5 \%$ .

Le taux de croissance néonatal tardif (2-21 jours) a été calculé sur 71 % de la population et est compris entre 8,6 % et 554,1 % pour une moyenne de  $197,8 \pm 49,3$  %. La Figure 18 représente la distribution de chatons pour différents taux de croissance néonataux tardifs (0-2 jours).



*Figure 18 : Distribution du taux de croissance 2-21 jours (n = 4244 chatons). La colonne annotée « T » représente la tranche d'individu dont le taux de croissance appartient à ]T ; T + 5 %].*

### b. Corrélation entre poids de naissance et croissance néonatale

La corrélation entre le poids de naissance et le taux de croissance néonatale précoce (0-2 jours) d'une part et tardive (2-21 jours) d'autre part a été évaluée à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson, Figure 19 et Figure 20. La Figure 19 représente le taux de croissance néonatal précoce en fonction du poids de naissance des chatons et la Figure 20 représente le taux de croissance tardif précoce en fonction du poids de naissance des chatons. Dans les deux cas, la corrélation observée dans la population est négative et significative ( $p < 0,001$  pour les deux tests). L'association est faible pour la période néonatale précoce ( $\rho = -0,07$ ) et moyenne pour la période néonatale tardive ( $\rho = -0,98$ ).

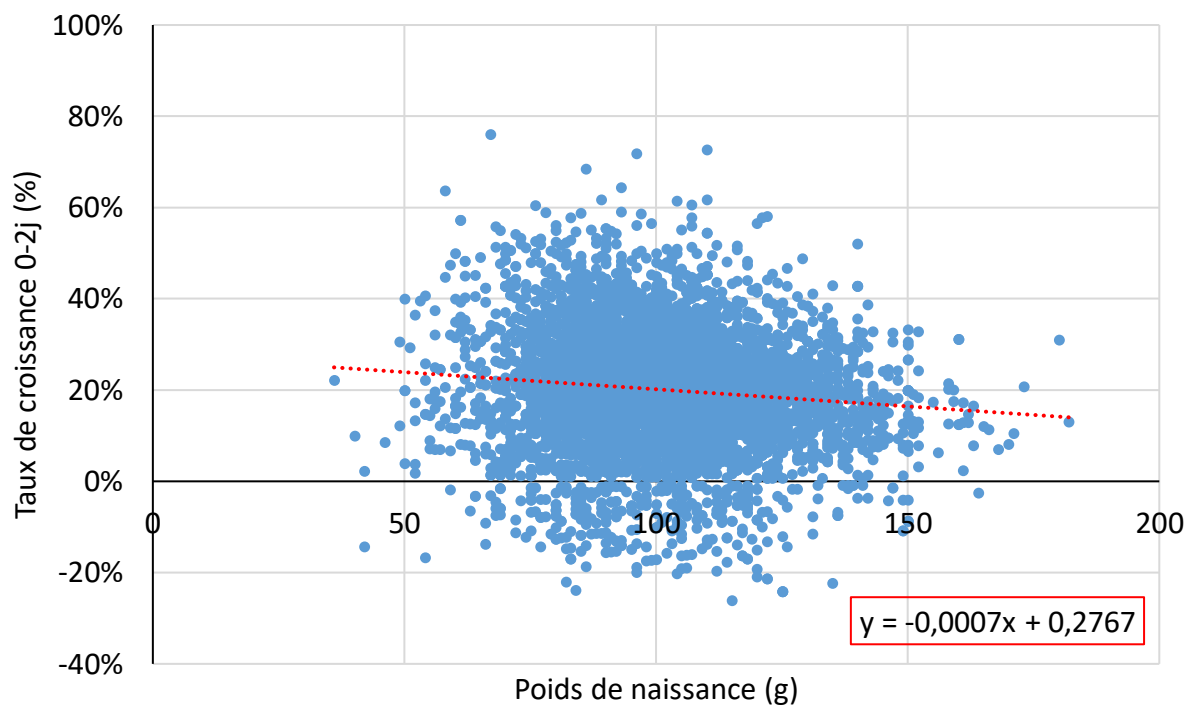


Figure 19 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction du poids de naissance (n = 5059).

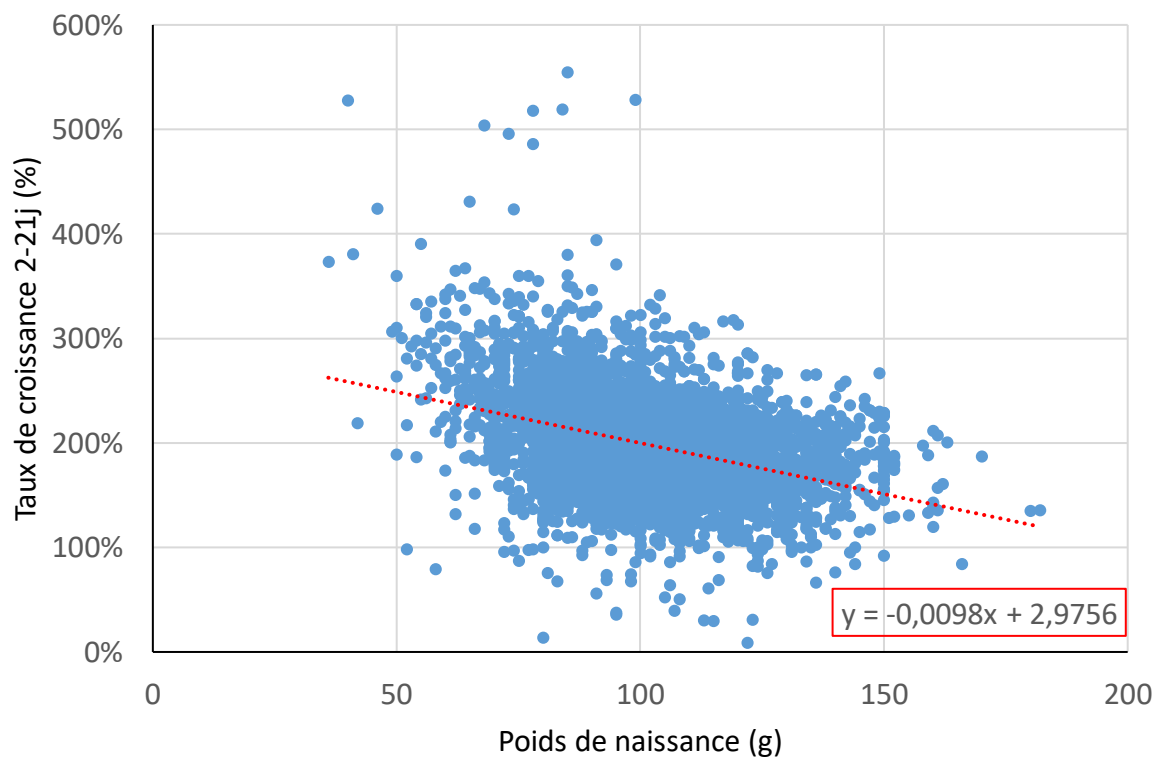


Figure 20 : Taux de croissance 2-21 jours en fonction du poids de naissance (n = 4244).

# III. Discussion

## A. Limites de l'étude

### 1. Questionnaire

La réalisation d'un questionnaire bien conçu est primordial pour la récolte des données car toute imprécision peut induire un biais sur le paramètre concerné. Le questionnaire utilisé dans notre étude a été initialement conçu par le centre Neocare dans le cadre d'une étude sur la mortalité néonatale et la réalisation de courbes de croissance chez le chien (Lecarpentier et Martinez, 2017 ; Brevaux, 2018). Ce dernier a ensuite été adapté à l'élevage félin.

Les différentes questions se voulaient exhaustives afin que différentes études puissent être réalisées à partir d'une même base de données. Cependant, un trop grand nombre de questions peut décourager certains éleveurs, qui ne participeront pas à l'étude, augmentant par ce fait le biais de sélection sur la motivation ou le temps-libre des éleveurs. Un formulaire trop long risque également d'augmenter le nombre de réponses laissées vides, ce qui peut aboutir au retrait de paramètres pour des raisons statistiques. De nombreux paramètres, spécifiques à chaque étude, auraient donc pu être ajoutés mais agissent contre l'intérêt d'une base de données commune bien fournie et documentée. Par exemple, pour notre étude, il serait intéressant de connaître la note d'état corporel de la mère en plus de son poids afin de mieux qualifier l'influence de la taille de la mère sur le poids du chaton. De la même façon, connaître le statut vaccinal de la mère, la fréquence des vermifugations, la fréquence de déplacement des chats (exposition, déplacement d'un mâle pour une saillie) permettrait de mieux appréhender l'influence de paramètres infectieux sur la croissance des chatons pendant la gestation. Il serait également intéressant de connaître l'alimentation et les quantités ingérées lors de la gestation.

Lors d'échanges réalisés avec les éleveurs, certaines questions ont pu susciter des réponses variables selon l'interprétation de chacun. Les conditions de mise-bas ont été particulièrement discutées, ce qui les rend peu évaluables. Les trois réponses proposées par le questionnaire étaient les suivantes : « a été facile », « a été difficile » ou « s'est terminée par une césarienne ». Or, la difficulté d'une mise-bas est évaluée de façon totalement subjective.

Certains considéreront qu'une mise-bas est difficile dès lors qu'elle dure plusieurs heures alors que d'autres estimeront qu'elle est difficile s'ils ont dû aider la mère ou gérer la mise-bas à l'aide d'un vétérinaire. Le report de la date de saillie a également été inconstant car la femelle est souvent laissée avec le mâle plusieurs jours, parfois sans surveillance. La date exacte de première saillie est donc parfois inconnue de l'éleveur, ce qui rend l'interprétation de ce paramètre difficile.

## 2. Récolte des données

La difficulté majeure rencontrée dans cette étude a été liée à la récupération des données. En effet, de nombreux courriels, bien que ciblés, sont restés sans réponse. Le taux de réponse des éleveurs s'est avéré meilleur lorsque ceux-ci avaient été rencontrés au préalable lors d'une exposition ou contactés par téléphone. Certains des éleveurs rencontrés lors d'expositions, bien que très volontaires, n'avaient que peu de données à partager. Il s'est avéré qu'une proportion importante des éleveurs exerçant leur métier depuis plusieurs années cessent de peser leurs chatons quotidiennement. La pesée ne se fait alors qu'en cas de doute et les valeurs ne sont pas notées. Certains éleveurs n'ont, quant à eux, jamais effectué un suivi de poids de leurs chatons. Une enquête réalisée par le centre NeoCare au sein des membres de son réseau a révélé que 90% des éleveurs pèsent leurs nouveau-nés au moins une fois par jour lors de la première semaine de vie (enquête de septembre 2017, 149 participants, [www.neocare.pro](http://www.neocare.pro)).

La récupération des questionnaires et des feuilles de suivi de poids a souvent été laborieuse. Malgré l'envoi du questionnaire complet sous format modifiable, une grande partie des éleveurs ont envoyé leurs feuilles de suivi de poids sans compléter le questionnaire, en incluant dans leurs courriels quelques lignes concernant la portée. Ainsi, le nom complet des parents (d'après le site du LOOF), leur date de naissance, ainsi que leur poids ont souvent été recherchés sur Internet (sur le site de l'élevage, via le site [www.pawpeds.com](http://www.pawpeds.com), [www.chats-de-france.com](http://www.chats-de-france.com), [www.loof.asso.fr](http://www.loof.asso.fr)) afin que le travail à fournir soit minimal pour les éleveurs lors des échanges ultérieurs. Procéder de cette façon a permis de récupérer une majorité de données manquantes mais certaines questions sont toujours restées sans réponse, par ignorance ou par oubli. Certains élevages ont également partagé leurs données d'élevage sur plusieurs années mais il leur a été impossible de répondre à certaines questions concernant leurs anciennes portées.

### 3. Fiabilité des données

La fiabilité des données concernant la difficulté de mise-bas ou la date de saillie a déjà été abordée et ces données ont été exclues de notre modèle. Le poids de naissance est le facteur le plus important car il est central au modèle. Les discussions avec les éleveurs ont révélé que la pesée du chaton n'était pas systématiquement réalisée après la mise-bas mais parfois 2 à 6 heures après. Les chatons peuvent donc prendre du poids pendant cet intervalle de temps (tétée), comme en perdre. Par ailleurs, il est conseillé d'utiliser dans les premiers jours de vie des balances alimentaires, précises au gramme, pour peser les chatons. Cependant, un certain nombre d'éleveurs utilisent des balances précises aux 5 grammes comme cela a été observé lors de la retranscription des valeurs de poids. Une différence de 5 grammes à la naissance représente une variation d'environ 5 % du poids du chaton, ce qui n'est pas négligeable (la moyenne des poids de naissance dans notre base de données étant de 101,5 grammes). Le calcul du taux de croissance 0-2 jours se base sur le poids à  $J_0$  et  $J_2$  ; cela entraîne deux incertitudes qui ont d'autant plus d'impact que les mesures sont rapprochées. La pesée des chatons chez les éleveurs n'est pas toujours réalisée à la même heure et dans les mêmes conditions. Suite à la naissance, certains éleveurs s'imposent un horaire de pesée alors que d'autres se permettent des variations de plusieurs heures. Cela n'a aucune influence sur de longues périodes (calcul du taux de croissance 2-21 jours) mais peut avoir une influence sur un intervalle de temps plus court (taux de croissance 0-2 jours). La précision de la balance, la disposition de la balance sur une surface plane ou l'utilisation d'un bac pour peser sont autant de variables qui peuvent avoir une influence sur les pesées entre différents élevages et au sein d'un élevage.

La détermination du sexe d'un chaton est difficile dans les premiers jours de vie. Elle se fait par l'évaluation de la distance ano-génitale, plus faible chez la femelle (0,5 à 1 cm) que chez le mâle (1,2 à 1,4 cm) (Thevenet et al., 2007). Les confusions peuvent être corrigées lorsque le chaton grandit mais lors de mort précoce, le sexe peut rester indéterminé ou avoir été mal déterminé. Ainsi, 18 % des individus morts dans les deux premiers jours de vie sont de sexe inconnu contre 6 % pour ceux encore vivants à deux jours. De plus, 22 % des individus mort-nés sont de sexe indéterminé.

Les différentes méthodes de recrutement des éleveurs induisent un biais de sélection. Les éleveurs partageant leurs données sont souvent les éleveurs les plus sérieux. Certains éleveurs ne souhaitent pas partager leurs données pour des raisons de temps alors que d'autres ne le

peuvent pas car la mesure du poids de naissance de nouveau-nés n'est pas systématique et régulière dans leurs élevages. Parfois, la crainte d'exposer de mauvais résultats a pu pousser les éleveurs à ne pas partager leurs données ou à seulement envoyer des informations sur les portées sans problème. La rencontre des éleveurs dans les expositions félines entraîne également un biais de recrutement en surreprésentant certaines races en raison de l'organisation de « spéciales de race ».

## B. Population étudiée

### 1. Effectifs

Notre étude reprend les informations de 6104 chatons, triés parmi 7754 chatons initialement présents dans la base de données, ce qui constitue une des bases de données des plus complètes à ce jour (Tableau 6). Les études s'intéressant à la période néonatale chez le chat sont rares et leurs effectifs sont souvent moindres. Le Tableau 6 recense les principales études et les effectifs chez le chat.

*Tableau 6 : Principales études et effectifs associés chez le chat.*

Etude	Effectifs	Pays
Musters et al., 2011	887	Pays-Bas
Romagnoli et al., 2019	1 424	Italie
Strom et al., 2009	2 568	Suède
Sparkes et al., 2006	4 819	Angleterre
Fournier et al., 2017	28 065	France

L'étude de Fournier et al., (2017) se distingue de par son effectif important de 28 065 chatons. Cependant, la méthode de récupération des données diffère de celle de notre étude et des autres études citées. La majorité des études ainsi que la nôtre se basent sur des questionnaires envoyés aux éleveurs alors que Fournier et al. (2017) ont utilisé un logiciel de gestion d'élevage (Breeding Management Support, Royal Canin, Aimargues) pour récupérer les données entrées par les éleveurs pour un suivi personnel. Les données ainsi récupérées sont complètement anonymes et la peur d'exposer de mauvaises performances n'est plus à considérer dans les biais.

## 2. Race

L'étude reprend 27 races regroupées en 15 groupes raciaux d'au moins 100 individus. Pour des raisons de représentativité (effectif inférieur à 100 individus), 16 races ont été exclues de la base de données finale. Le regroupement des races se base, dans notre étude sur les différentes versions d'une même race dont seuls diffèrent la longueur ou la couleur du poil. On observe que le regroupement des races diffère selon les études. Ainsi, Musters et al. (2011) se basent sur l'étude de Menotti-Raymond et al. (2008) sur la proximité génétique et regroupent 3 à 9 races par groupe racial. Par exemple, le groupe Oriental reprend 9 races soit l'équivalent de 4 groupes raciaux de notre étude. Cet excès de regroupement des races a été réalisé en raison des faibles effectifs de chaque race. En effet, on observe 18 races représentées par moins de 5 portées dans leur étude. Au contraire, certaines études (Sparkes et al., 2006 ; Ström Holst, Frössling, 2009) regroupent uniquement les races génétiquement très proches (groupe rex : Devon rex et Cornishrex ; Persan et Exotic shorthair) et peuvent mener leurs analyses sans grouper les chatons grâce à des effectifs importants (Sparkes et al., 2006 ; Fournier et al., 2017) ou à cause du faible nombre de races étudiées (Moik, Kienzle, 2011 ; Romagnoli et al., 2019 : 5 races).

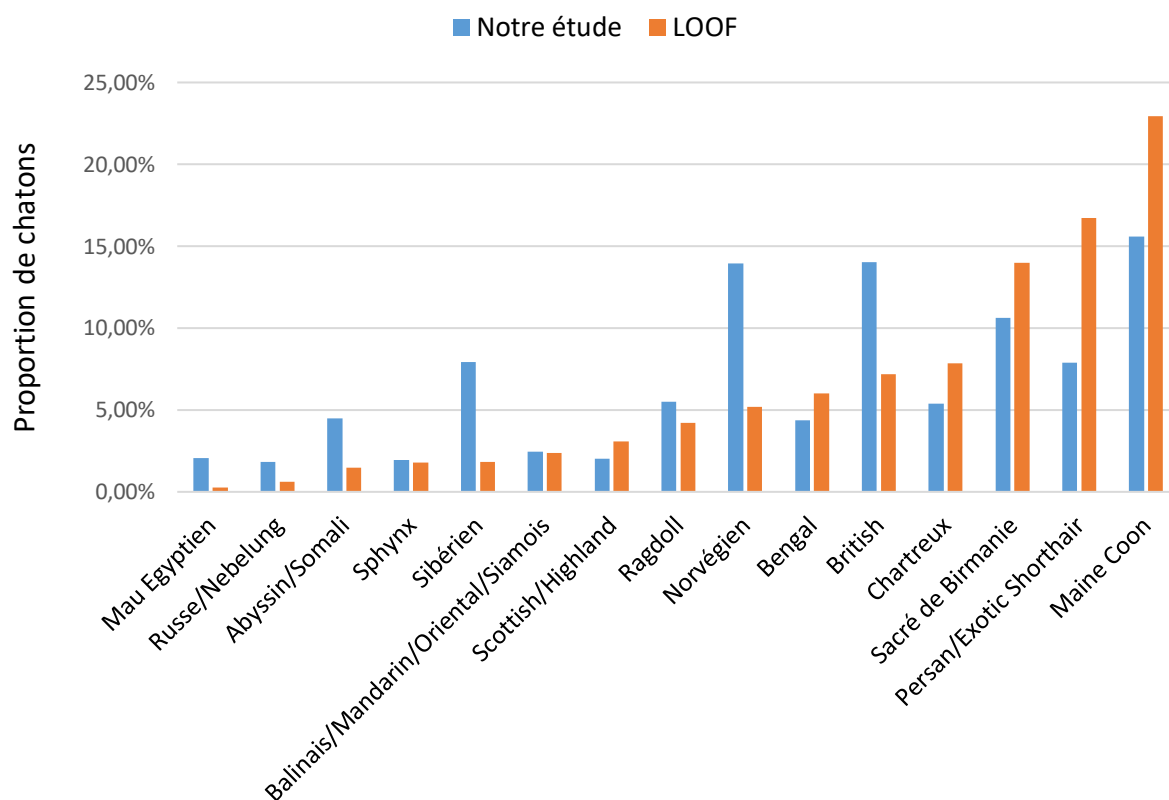
Afin d'éviter de déstabiliser le modèle avec l'évolution des lignées et de proposer une étude représentative aux éleveurs français, il a été choisi de ne pas garder les chatons nés avant l'année 2000 et d'exclure les élevages non français. En effet, la sélection réalisée par les éleveurs varie selon les critères recherchés et fait évoluer les races au cours du temps, ce qui peut logiquement faire évoluer le poids de naissance. La génétique des races, également responsable de la variation du poids de naissance, est également dépendante du pays d'origine. Le Tableau 7 illustre ces différences de lignées entre les pays pour le sacré de Birmanie.

*Tableau 7 : Variation du poids de naissance en fonction de l'origine géographique des différentes lignées au sein de la race Sacré de Birmanie.*

	Poids de naissance moyen	Nombre de chatons
Sparkes et al., 2006 (Grande Bretagne)	101 g	317
Moik et al., 2011 (Allemagne)	97 g	245
Notre étude, 2020 (France)	95,2 g	649



Afin d'estimer la représentativité de notre population de chatons en France, nos effectifs ont été comparées à ceux des pédigrées délivrés par le LOOF (Figure 21), qui est le seul organisme en France habilité à enregistrer des pédigrées pour le chat. Entre 2003 et 2019 (dates pour lesquelles des données sont disponibles sur [www.loof.fr](http://www.loof.fr)), le LOOF a délivré 469 007 pédigrées pour 74 races (LOOF, 2020). Notre étude reprend 27 de ces races dont font partie les 17 premières en nombre de chatons nés par an. Ces 27 races représentent 95,6 % des chatons de race nés en France.



*Figure 21 : Comparaison de la distribution des effectifs de chatons dans notre base de données (n = 6106) et dans celle du LOOF (n = 469 007 entre 2003 et 2019).*

Certains groupes raciaux peu élevés en France tels que le Mau égyptien, le Nebulung, l'Abyssin ou le Somali sont surreprésentés de par la méthode égale de collecte de données réalisée pour les différentes races. D'autres races telles que le Sibérien, le Norvégien ou le British sont parfois surreprésentées car certains éleveurs ont été rencontrés dans des expositions où ces races avaient été mises en avant. L'effet de mode a également une influence, tout comme la motivation des clubs de races qui ont pu relayer plus ou moins activement nos demandes.

### 3. Elevage d'origine

Le nombre d'élevages inclus dans une étude est important car il permet d'estimer la représentativité de l'étude à l'ensemble des élevages du pays. Plus le nombre de portées renseignées par élevage est faible, plus l'effet lié aux conditions d'élevage est minimisé. L'élevage félin est un élevage souvent peu intensif, familial et exercé en parallèle d'une autre activité (Fournier et al., 2017). Le Tableau 8 recense le nombre d'élevages et de portées incluses dans les études disponibles dans la littérature.

*Tableau 8 : Nombre d'élevages, de portées totales et de portées incluses par élevages selon les études.*

	Nombre de portées	Nombre d'élevage	Nombre moyen de portées par élevage
Fournier et al., 2017	7 050	1 521	4,6
Notre étude 2020	1 543	225	6,9
Sparkes et al., 2006	1 056	942	1,1
Strom et al., 2009	694	264	2,6
Romagnoli et al., 2019	337	26	13,0
Musters et al., 2011	197	116	1,7

### C. Description du poids de naissance

Le poids de naissance des différents groupes raciaux a été comparé à ceux de différentes études et sont recensés Tableau 9. L'étude de Lecourtois (2018) n'a pas été incluse car la base de donnée de cette étude est en partie commune à la nôtre.

Comme précédemment discuté, nous observons des différences de poids de naissance qui sont imputables à l'effet de lignée liée au pays, à la date de l'étude et aux biais propres à chacune des études.

*Tableau 9 : Comparaison des poids de naissance moyens (en grammes) de différentes races selon les études disponibles dans la littérature. Les deux valeurs fournies pour certains groupes de race de l'étude de Sparkes et al., sont les valeurs individuelles des deux races regroupées dans notre étude sous un groupe racial.*

Groupe racial	Notre étude, 2020 (n = 6104) France	Sparkes et al., 2006 (n = 4819) Angleterre	Moik et al., 2011 (n = 245) Allemagne	Gatel et al., 2011 (n = 140) France	Keiser et al., 2017 (n = 85) Suisse
Abyssin/Somali	97,5	91 ; 100			
Balinois/Mandarin/ Oriental/Siamois	95,4	85 ; 93	92	85*	
Bengal	88,8			84*	79,3
British	98,4	97 ; 105		95*	
Chartreux	109,3			117*	
Maine Coon	119,3	116	115	119*	82,7
Mau Egyptien	92,5				110,3
Norvégien	109,6		106	112*	
Persan/Exotic Shorthair	85,2	92,8 ; 97,2	82		
Ragdoll	99,5				
Russe/Nebelung	93,1				
Sacré de Birmanie	95,2	101	97	85*	
Scottish/Highland	89,7				
Sibérien	99,6				100,9
Sphynx	90,3				

\* valeur estimée à partir de graphiques de l'étude.

## D. Facteurs de variation du poids de naissance

### 1. Influence du sexe

Notre étude a mis en évidence que les chatons mâles ont un poids de naissance significativement supérieur à celui des femelles. Cette différence est de l'ordre de 5 grammes,

soit environ 5 % du poids de naissance. L'effet clinique associé est faible (taille d'effet = 0,33). L'étude de Musters et al. (2010), menée également dans l'espèce féline, est arrivée à la même conclusion. Dans l'espèce porcine, le poids de naissance moyen des mâles est supérieur de 5 % à celui des femelles (Wittenburg et al., 2011). Cette différence entre mâles et femelles n'est pas mise en évidence chez toutes les espèces. Chez le chien, certaines études montrent une différence significative du poids à la naissance entre mâles et femelles (Trangerud et al., 2007 ; Groppetti et al., 2017) alors que d'autres ne la retrouvent pas (Groppetti et al., 2015 ; Mila et al., 2015). Chez l'homme, des variations de 150 à 200 grammes (5 à 7 % du poids de naissance moyen) entre les enfants mâles et femelles sont observées chez différentes ethnies (Mongelli, 1995 ; Valero de Bernabé et al., 2004 ; Kiserud et al., 2018). Cette différence de poids préexiste lors des différents stades de la gestation comme le montrent la réalisation des courbes de croissance intra-utérine de Janssen et al. (2007).

## 2. Influence de la race

Notre étude a mis en évidence des différences significatives de poids à la naissance entre certains groupes raciaux (Figure 8 et Figure 10). D'autres études comme celles de Sparkes et al. (2006) ; Moik, Kienzle, (2011) ; Keiser et al. (2017), observent également que le poids de naissance varie selon la race. De manière générale, les races de grande taille produisent des chatons dont le poids de naissance est supérieur à ceux des races de taille moyenne. Chez le chien, qui est une espèce à très forte variabilité staturale, le poids de naissance est dépendant de la race de la mère même si l'on considère des races de format racial identique (Gropetti et al., 2017). Ces différences sont également observées chez le porc (Wilson et al., 1998 ; Hagan, Etim, 2019), le cheval (Walton, Hammond, 1938) et entre différentes ethnies, chez l'homme (Valero de Bernabé et al., 2004 ; Janssen et al., 2007).

Pour expliquer ces variations de poids de naissance en fonction de la race, le format de la mère et du père ont été les premiers paramètres étudiés. Walton et Hammond (1938) observent que deux poulains issus d'un croisement des races Shire et Shetland ont une morphologie très différente à la naissance selon le sens du croisement (mère Shire et père Shetland VS mère Shetland et père Shire). Le poulain dont la mère est Shire est 3 fois plus grand à la naissance que le poulain dont la mère est Shetland alors que leur génétique est semblable. Il a alors été supposé que l'environnement utérin a une influence majeure sur la croissance de l'embryon/foetus. Cette même hypothèse a été confirmée pour différentes races de porcs

(Wilson et al., 1998 ; Alves et al., 2018). Pour montrer l'importance de l'environnement intra-utérin sur la croissance fœtale, des expériences de transplantation ont été réalisées sur des moutons (Dickinson et al., 1962), des bovins (Ferrell, 1991) et des chevaux (Allen et al., 2002). La transplantation d'un embryon d'une mère de gros gabarit à une mère de plus faible gabarit entraîne des retards de croissance intra-utérin pour une même race. Et inversement, la transplantation d'un embryon d'une mère de petit gabarit à une mère de grand gabarit entraîne une augmentation de la croissance intra-utérine, ce qui démontre que la taille de la mère influence le poids de naissance. C'est d'ailleurs cela qui a poussé certains chercheurs à améliorer les capacités utérines des mères afin d'augmenter la taille de portée et le poids de naissance moyen, notamment chez le porc (Vallet et al., 2002).

### 3. Influence de la taille de portée

Dans notre étude, la taille de portée moyenne est de  $4,2 \pm 1,6$  chatons, ce qui est similaire aux valeurs rencontrées dans la plupart des études (Tableau 10). Chez le chat, différentes études (Johnston, Raksil, 1987 ; Sparkes et al., 2006 ; Ström Holst, Frössling, 2009 ; Fournier et al., 2017) mettent en évidence une variation de la taille de portée en fonction de la race avec notamment des portées de plus petite taille pour le Persan, le Sacré de Birmanie et l'Abyssin.

*Tableau 10 : Taille de portée à l'échelle d'une population féline multiraciale dans la littérature.*

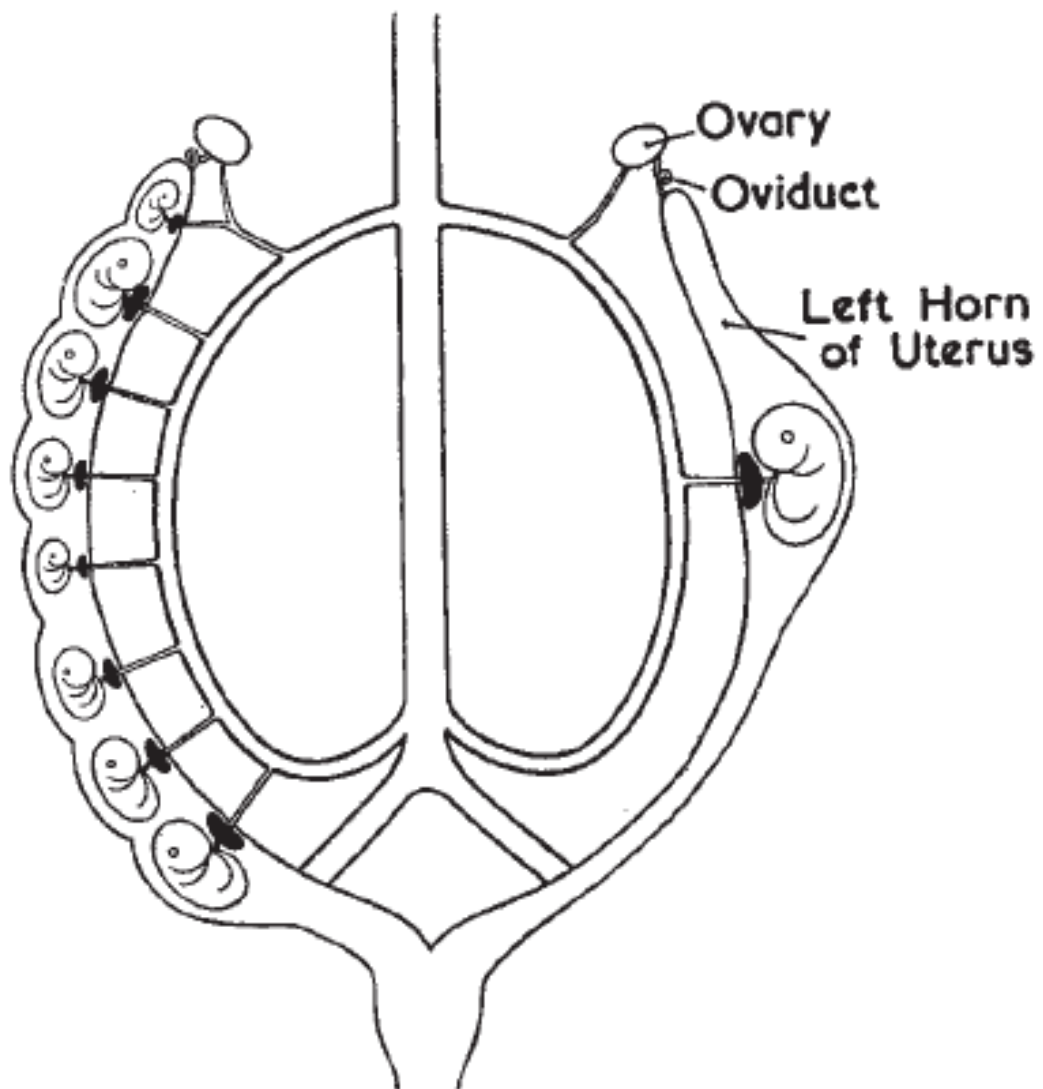
	Taille de portée (moyenne $\pm$ écart-type)	Nombre de races incluses	Nombre d'individus
Fournier et al., 2017	$4 \pm 1,9$	45	28 065
Notre étude	$4,2 \pm 1,6$	27	6 106
Sparkes et al., 2006	4,6	14	4 819
Ström et Frössling, 2009	$3,7 \pm 1,5$	33	2 568
Romagnoli et al., 2019	$4,2 \pm 1,8$	4	1 424
Musters et al., 2011	4,5	29	887
Keiser et al., 2017	$2,3 \pm 1,8$	7	85

Dans notre étude, la taille de portée a une influence significative sur le poids de naissance. Nous notons que plus la taille de la portée augmente, plus les chatons ont des poids de naissance moyens faibles. Ce phénomène est vérifié dans de nombreuses études chez le chat (Sparkes et al., 2006 ; Musters et al., 2011 ; Gatel et al., 2011), le chien (Groppetti et al., 2015 ; Chastant-Maillard et al., 2017b ; Schelling et al., 2019), le lapin (Breuer, Claussen, 1977 ; García-Ximénez, Vicente, 1993 ; David et al., 2017), la souris (McLaren, Michie, 1960), le cochon d'Inde (Eckstein et al., 1955), le porc (Pettigrew et al., 1986 ; Bauer et al., 1998 ; Milligan et al., 2002 ; Wu et al., 2006 ; Yuan et al., 2015) et l'homme (Gielen et al., 2007). L'explication biologique semble simple, à première vue. Une mère ayant une quantité limitée de nutriments pour ses fœtus et une capacité utérine limitée, une portée de trop grande taille entraîne une compétition entre ces derniers, ce qui diminue le poids de naissance moyen, et peut même parfois mener à de la mortalité fœtale. Cependant, un tel modèle suggérerait que les individus d'une même portée ont des poids de naissance proches. Or il a été montré que l'hétérogénéité de la portée augmente lors de l'augmentation de la taille de portée (McLaren, Michie, 1960 ; Quiniou et al., 2002 ; Lecourtois, 2018 ; Brevaux, 2018), ce qui signifie que certains individus sont défavorisés par rapport à d'autres.

L'explication a alors été complétée par Eckstein et al., (1955), qui montrent chez le cochon d'Inde que la croissance des fœtus d'une corne est davantage influencée par le nombre de fœtus dans cette corne que par le nombre total de fœtus (Figure 22, corne gauche). La pression sanguine de chaque corne étant inversement proportionnelle au nombre de fœtus de la corne, plus il y a de fœtus dans une corne, plus le flux sanguin distribué à chaque fœtus sera faible. Par la suite, des expériences de superovulation sur la souris (McLaren, Michie, 1960) ont montré que le poids de naissance d'un individu dépend de sa place géographique dans l'utérus lors de la gestation. De manière plus précise, la vascularisation de l'utérus étant réalisée côté apex via une bifurcation de l'aorte « abdominale » et côté cervical par l'artère iliaque, les plus gros fœtus sont situés là où la pression sanguine est la plus forte, c'est-à-dire en bout de corne ou à la base, alors que les plus petits sont situés là où la pression est la plus faible (Figure 22, corne droite). Cette distribution des poids des fœtus selon leur emplacement dans l'utérus souffre parfois d'une exception lorsque, dans le cas de grande portée, le fœtus le plus en amont est le plus petit. Cela est expliqué par une vascularisation particulière de ce fœtus qui est, dans ce cas, alimenté par une bifurcation qui alimente également l'ovaire. Le fœtus reçoit alors la moitié du flux sanguin habituel (McLaren, Michie, 1960). Ainsi, bien que cela n'ait pas de

conséquence dans la pratique, on sait que le poids de naissance est aussi influencé par la position du fœtus dans l'utérus. Il est tout de même intéressant de noter que l'emplacement du fœtus dans l'utérus n'explique pas entièrement l'hétérogénéité des poids de naissance au sein de la portée et que cette dernière doit être reliée à d'autres facteurs intrinsèques à chaque fœtus tels que le génotype ou à des facteurs épigénétiques (Ferrell, 1991 ; Quesnel et al., 2008 ; Musters et al., 2011).

Afin d'augmenter la productivité chez le porc, la sélection se porte sur l'augmentation de la taille de portée, qui s'accompagne de la diminution du poids de naissance moyen de la portée et d'une augmentation de l'hétérogénéité du poids des individus de la portée (Milligan et al., 2002 ; Quiniou et al., 2002 ; Beaulieu et al., 2010 ; Baxter et al., 2013 ; Yuan et al., 2015). Cette sélection engendre une augmentation importante de la mortalité pré-sevrage (Pettigrew et al., 1986 ; Tuchscherer et al., 2000 ; Milligan et al., 2002 ; Yuan et al., 2015). Le même effet a été montré chez le lapin (García-Ximénez, Vicente, 1993 ; David et al., 2017). Afin de lutter contre cette mortalité, certaines lignées ont été sélectionnées sur la taille de la portée au sevrage plutôt que la taille de la portée à la naissance, ce qui permet de privilégier des portées avec un faible taux de mortalité néonatale (García, Baselga, 2002 ; Savietto et al., 2014). D'autres chercheurs ont également réussi à réduire la mortalité néonatale tout en conservant la taille de portée à la naissance en sélectionnant certaines lignées sur l'homogénéité du poids de naissance chez le lapin (Garreau et al., 2008) et chez le porc (Damgaard et al., 2003 ; Canario et al., 2010). Pour l'élevage d'espèces monotoques, la sélection est davantage centrée sur le poids de naissance afin de favoriser la croissance du nouveau-né (Assan et al., 2002).



*Figure 22 : Schéma expliquant la variation de croissance entre les différents fœtus d'une portée par l'augmentation de fœtus dans la corne ainsi que la position du fœtus dans la corne (Mc Laren et Michie, (1960)).*

#### 4. Influence de l'âge de la mère et de la parité

Le Tableau 11 recense l'âge moyen des mères selon les études. On observe des moyennes d'âge similaires si ce n'est pour l'étude de Musters et al., (2011). Comme suggéré dans certaines publications (Sparkes et al., 2006 ; Fournier et al., 2017), le recensement de mères aussi jeunes (entre 2 et 3,5 ans) est très probablement associé à un renouvellement important des reproducteurs, associé à un système d'élevage peu intensif. Cela est particulièrement vrai en France où l'élevage de chats est souvent familial et correspond à une activité professionnelle secondaire (Fournier et al., 2017).



*Tableau 11 : Description de l'âge moyen de la mère selon les études.*

Etude	Âge moyen de la mère (an)	Minimum et maximum (an)
Musters et al., 2011 (Pays-bas)	1,7	1 - 10
Fournier et al., 2017 (France)	2,7	0,3 - 11,5
Notre étude, 2020 (France)	2,8	0,65 - 12
Sparkes et al., 2006 (Angleterre)	2,8	-
Ström et Frössling, 2009 (Suède)	3,3	0,75 - 10
Romagnoli et al., 2019 (Italie)	3,3	Puberté - 10

Il peut sembler logique que chez une mère de jeune âge, la croissance maternelle entre en compétition avec ses fœtus. Cependant, cet effet n'a pas été mis en évidence chez les jeunes mères, que ce soit chez le chat (Sparkes et al., 2006 ; Gatel et al., 2011), le chien (Groppetti et al., 2015) ou le porc (Quiniou et al., 2002). Chez le chat, certaines études montrent un potentiel déclin de la taille de portée lorsque la mère atteint 6 ou 7 ans (Johnston, Raksil, 1987 ; Ström Holst et Frössling, 2009). D'autres n'ont pas pu montrer une telle corrélation, tout en émettant une réserve liée au faible nombre de portées ayant une mère âgée (6 ans et plus) incluses dans leur étude (Sparkes et al., 2006 ; Gatel et al., 2011). Cette absence de données sur les reproducteurs âgés s'explique par le fait qu'il est rare que des chats âgés soient volontairement mis à la reproduction par les éleveurs. Par ailleurs, la réglementation française interdit la mise à la reproduction des mères âgées de plus de 7 ans, sauf condition exceptionnelle. Une corrélation a alors été supposée entre le poids de naissance et l'âge de la mère (Gatel et al., 2011) mais n'a pas été mise en évidence (Sparkes et al., 2006). Chez le chien, Chastant-Maillard et al., (2017b) montrent que les jeunes mères reproductrices ont des tailles de portées inférieures à celles des adultes et que les séniors ont des tailles de portée inférieure aux jeunes et aux adultes ( $5,2 \pm 2,6$  chiots pour les jeunes,  $5,4 \pm 2,7$  chiots pour les adultes, et  $4,9 \pm 2,7$  chiots pour les séniors ( $p < 0,0001$ )). Groppetti et al., (2015) trouvent également une taille de portée maximale

chez les mères âgées de 2 à 6 ans et plusieurs études montrent que la taille de portée diminue lorsque les mères ont plus de 6 ans (Mir et al., 2011 ; Borge et al., 2011 ; Groppetti et al., 2015).

Chez les animaux de rente tels que le lapin ou le porc, les études s'intéressent rarement à l'âge de la mère mais davantage à sa parité. Ces deux paramètres évoluent de façon très liée dans ces espèces. Ce lien est d'autant plus fort en élevage où la productivité pousse les éleveurs à mettre des individus qui n'ont pas fini leur croissance à la reproduction : les animaux primipares sont toujours les plus jeunes. Chez le porc et le lapin, le poids total de la portée augmente avec l'âge de la mère (Zotte, Paci, 2013 ; Lavery et al., 2019), ce qui s'explique par une capacité utérine de plus en plus importante. Dans l'espèce porcine, la taille de portée augmente avec la parité puis diminue à partir de la 5<sup>ème</sup> portée (Tantasuparuk et al., 2000). Il est à rappeler que l'augmentation de la taille de portée entraîne une diminution du poids de naissance moyen (Milligan et al., 2002 ; Quesnel et al., 2008). La résultante est une augmentation du poids de naissance des porcelets au cours des trois premières portées puis une diminution à partir de la quatrième portée (Tantasuparuk et al., 2000 ; Lavery et al., 2019). Chez le lapin, le poids de naissance augmente avec l'âge et la parité de la mère (Zotte, Paci, 2013).

Chez l'homme, l'âge de la mère influence le poids de naissance des nouveau-nés (Valero de Bernabé et al., 2004 ; Chen et al., 2013). Cela s'explique par des variations anatomiques ou physiologiques liées à l'âge mais de nombreuses études rapportent également de très fortes interactions entre l'âge, le statut socio-économique de la mère et le poids de naissance (Ziadeh, 2001 ; Valero de Bernabé et al., 2004 ; Hillemeier et al., 2007 ; Chen et al., 2013). Une jeune mère qui n'a pas encore fini sa croissance (entre 15 et 19 ans) peut voir celle-ci entrer en compétition avec son fœtus, augmentant alors le risque de petit poids de naissance. Cependant, l'influence réelle de la croissance maternelle sur le poids de naissance n'a pas été démontré et les variations sont surtout liées à l'hygiène de vie de la mère qui est plus à risque de fumer, de boire de l'alcool, de se droguer ou d'avoir une situation instable (faibles revenus, célibataire, ...) (Ziadeh, 2001 ; Valero de Bernabé et al., 2004 ; Garcia-Subirats et al., 2011 ; Chen et al., 2013 ; Xi et al., 2020). Une mère de plus de 45 ans est davantage à risque de mortinatalité, d'une diminution du poids de naissance de l'enfant (Carolan, 2013) et est à risque de développer ou d'avoir développé une maladie chronique telle que du diabète ou de l'hypertension artérielle qui affectent la croissance et le métabolisme du fœtus *in utero* (Brooke et al., 1989 ; Haddad, Sibai, 1999 ; Valero de Bernabé et al., 2004) .

Chez le chat, certaines études ont mis en évidence que le poids de naissance est inversement proportionnel à la parité (Sparkes et al., 2006 ; Gatel et al., 2011) alors que d'autres ne mettent pas en évidence une telle corrélation (Ström Holst, Frössling, 2009). Nous n'avons pas étudié la parité dans notre étude car le nombre de données manquantes excède 30% et qu'inclure deux paramètres très fortement corrélés que sont l'âge de la mère et la parité déstabilise fortement le modèle. Chez le chien, l'augmentation de la parité entraîne une diminution de la taille de portée sans que le poids de naissance ne semble influencé (Groppetti et al., 2017).

## 5. Influence de la saison de naissance

Le chat est un animal dont la reproduction est saisonnière, notamment dans les pays tempérés. La reproduction se fait plus particulièrement lorsque la durée du jour augmente, c'est-à-dire entre le solstice d'hiver en décembre et le solstice d'été en juin dans l'hémisphère nord et à l'inverse entre le solstice d'été et le solstice d'hiver dans l'hémisphère sud (Jemmett, Evans, 1977 ; Johnston, Raksil, 1987 ; Ström Holst, Frössling, 2009 ; Fournier et al., 2017). En France, seulement 9,6 % des naissances de chatons de race ont lieu pendant l'hiver (15 271 / 158 270 portées) (LOOF, 2020). Aucune étude ne mentionne, à notre connaissance, l'influence de la saison de mise-bas sur le poids de naissance du chat. Cependant, la prise alimentaire évolue selon la saison (Bermingham et al., 2013 ; Serisier et al., 2014) ce qui peut influencer le poids de naissance des chatons. Dans notre étude, on observe une différence significative des poids de naissance selon la saison de naissance. Les poids de naissance des individus nés pendant l'été sont inférieurs de 2 à 3 grammes aux individus nés pendant les autres saisons ce qui représente 2 à 3% du poids du chaton, soit une taille d'effet associée très faible. Cela correspond à une gestation induite au printemps ou en début d'été, lorsque la durée du jour augmente.

## 6. Présence de mort-né dans la portée

Lors de la sélection des individus de notre base de données, les chatons mort-nés ont été supprimés, ce qui nous rend l'estimation de la mortinatalité impossible. Dans l'espèce féline, elle est de l'ordre de 5 à 13 % (Jemmett, Evans, 1977 ; Sparkes et al., 2006 ; Ström Holst, Frössling, 2009 ; Musters et al., 2011 ; Fournier et al., 2017) et peut monter jusqu'à 24 % pour certaines races. Le taux de mortinatalité varie avec la race (Sparkes et al., 2006 ; Fournier et al., 2017), ce qui peut expliquer une part des différences entre les études.

Les causes de mortinatalité peuvent être classées en causes infectieuses et causes non infectieuses (Johnston, Raksil, 1987 ; Pretzer, 2008 ; Schlafer, 2008 ; Lamm, Njaa, 2012). Parmi les causes non infectieuses, les plus faciles à objectiver sont les traumatismes ayant eu lieu pendant la gestation ou lors de mise bas dystocique. Les autres causes non infectieuses sont beaucoup plus difficiles à diagnostiquer et reprennent les anomalies congénitales héréditaires, toxiques et les facteurs maternels (Johnston, Raksil, 1987 ; Root Kustritz, 2006 ; Schlafer, 2008). Parmi les facteurs maternels, on distingue lors de la gestation, le stress, les médicaments et les toxines ingérées (Johnston, Raksil, 1987 ; Verstegen et al., 2008) des anomalies métaboliques comme le diabète, l'hypothyroïdie, l'éclampsie ou la toxémie de gestation (Root Kustritz, 2006 ; Panciera et al., 2007 ; Wiebe, Howard, 2009). Les causes infectieuses reprennent surtout les bactéries (*Streptococcus spp*, dans une moindre mesure *Escherichia coli*, *Campylobacter spp*, *Leptospira spp*, *Salmonella spp* (Pretzer, 2008 ; Lamm, Njaa, 2012)), et de manière sporadique, des virus tels que le parvovirus FPV, FIV, FeLV, coronavirus FCoV, calicivirus (Van Vuuren et al., 1999 ; Cave et al., 2002 ; Romagnoli, 2003 ; Weaver et al., 2005 ; Root Kustritz, 2006).

La présence de mort-né dans une portée est informative pour l'éleveur car elle signifie que les autres individus de la portée ont pu être au contact d'agents infectieux ou toxiques. Il est alors possible que ces individus aient souffert d'un retard de croissance intra-utérin. En cas de mortalité due à une mise bas dystocique, cela peut au contraire pointer des chatons de trop gros gabarit par rapport à la taille de la mère. Notre étude montre que les individus issus d'une portée contenant au moins un mort-né ont un poids de naissance moyen inférieur de 5,8 grammes à celui des chatons issus de portées sans mort-nés, ce qui représente 6 % du poids de naissance. La variation de poids de naissance entre les individus nés ou non dans une portée avec mort-né évolue selon les races entre -6,4 grammes pour le groupe racial Scottish/Highland à 19,5 grammes pour le Chartreux. Ces variations et les valeurs négatives sont à mettre en relation avec l'effectif associé et la cause de mortinatalité. Une portée dont un individu est mort d'une cause infectieuse montrera des poids de naissance moyens inférieurs à la moyenne (les fœtus sont touchés par l'infection, ce qui cause un retard de croissance intra-utérin) alors qu'une portée dont la mortinatalité provient d'une mise bas dystocique montrera au contraire des poids de naissance souvent supérieurs à la moyenne.

## 7. Limite de l'utilisation du poids de naissance comme prédicteur de mortalité

Pour l'espèce humaine, cela fait maintenant 50 ans que l'on distingue chez les individus de faible poids de naissance les individus nés prématurément (avant 37 semaines de gestation) des individus nés à terme mais ayant souffert d'un retard de croissance intra-utérin (RCIU) ou encore des individus physiologiquement petits (Valero de Bernabé et al., 2004 ; Hughes et al., 2017). Cette distinction est primordiale car les individus RCIU souffriront davantage de perturbations à long terme que les prématurés (Mostyn, Symonds, 2009 ; Lemos et al., 2010) et nécessiteront un suivi à long terme afin de prévenir d'éventuelles complications. Les individus physiologiquement petits seront, quant à eux, peu impactés par leur faible poids de naissance. Le retard de croissance intra-utérin peut être observé pendant la gestation à l'échographie en mesurant le fœtus et comparant les valeurs à des courbes de croissance. Chez les animaux, la distinction entre les individus RCIU et les prématurés n'est que rarement réalisée et se base sur l'observation de critères physiques à la naissance. Le retard de croissance intra-utérin a été particulièrement étudié chez le porc de par la forte sélection génétique réalisée sur cette espèce. Les organes fœtaux les moins affectés par la diminution de perfusion placentaire sont le système nerveux central, le squelette et le cœur et les plus touchés sont les glandes sécrétrices d'hormones, les organes parenchymateux abdominaux et les reins. Cela se traduit morphologiquement par une tête de taille normale pour le stade gestationnel associée à un corps plus petit. On observe alors des individus à gros crâne (Bauer et al., 1998). Chez le chat, Lamm et Njaa, (2012) affirment que pour évaluer le degré de prématurité, plusieurs critères sont à prendre en compte : le poids de naissance, la taille du chaton, la quantité de fourrure et sa texture ainsi que le degré à partir duquel les dents doivent faire irruption des gencives en fin de gestation. Cependant, aucune norme à laquelle se référer n'a été mentionnée pour ces critères.

### E. Influence du poids de naissance sur la mortalité

Dans notre étude, les trois premières semaines de vie du chaton sont divisées en deux périodes : la période néonatale précoce pendant laquelle se fait la prise colostrale et la période néonatale tardive. Cette distinction est réalisée car la croissance, la prévalence et les causes de mortalité diffèrent pendant les premières semaines de vie du chaton (Mila, 2015). La mortalité est majoritairement liée à la présence d'anomalies congénitales, de traumatismes, de

cannibalisme, ou due à des causes environnementales dans les deux premiers jours de vie alors que les causes infectieuses sont prédominantes entre 2 et 21 jours de vie.

Le taux de mortalité néonatale (0-21 jours) est de 5,7 % dans notre étude. Cependant, ce chiffre n'est probablement pas représentatif du taux de mortalité en France car les éleveurs ayant participé à l'étude sont probablement les plus motivés et/ou techniques. De plus, il est possible que les éleveurs aient préférentiellement communiqué les données des portées où l'on observe le moins de problèmes. La comparaison du taux de mortalité entre les différentes études n'est pas interprétable car les périodes étudiées ne sont pas identiques (Tableau 12).

*Tableau 12 : Taux de mortalité néonatales et pédiatrique chez le chaton dans différentes études disponibles dans la littérature.*

Etude	Taux de mortalité néonatale :	Période
Notre étude 2020 (France)	5,7 %	0 - 21 jours
Fournier et al., 2017 (France)	7,9 %	0 - sevrage
Sparkes et al., (Angleterre)	9,1 %	0 - 8 semaines
Ström Holst et Frössling, 2009 (Suède)	8,3 %	0 - 12 semaines
Romagnoli et al., 2017 (Italie)	14 %	0 - sevrage

Notre étude a pu mettre en évidence que les individus dont le poids de naissance est plus faible ont davantage de chance de mourir pendant les 21 premiers jours de vie (Figure 15 et Figure 16). Le poids de naissance influence davantage la mortalité néonatale précoce (0-2 jours) que la mortalité néonatale tardive (2-21 jours), avec respectivement une taille d'effet de 1,05 contre 0,54. L'augmentation de la mortalité néonatale avec la diminution du poids de naissance a été mise en évidence pour de nombreuses espèces : le chat (Lecourtois, 2018 ; Mugnier et al., 2019a), le chien (Groppetti et al., 2015 ; Mila et al., 2015 ; Breaux, 2018 ; Mugnier et al., 2020), le porc (Quiniou et al., 2002 ; Milligan et al., 2002), l'homme (Chen et al., 2013 ; de Castro et al., 2016 ; Vilanova et al., 2019).

Les individus de petit poids de naissance sont plus à risque d'hypothermie et d'hypoglycémie de par leur faible ratio surface corporelle/masse et leurs faibles réserves énergétiques (Mellor, 1983 ; Doctor et al., 2001 ; Quiniou et al., 2002 ; Wu et al., 2006 ; Sacy et al., 2010). Parallèlement à cela, l'immaturation de ces individus augmente leur difficulté à se déplacer et à avoir accès aux tétines (Gill, 2001 ; Sacy et al., 2010), ce qui réduit la consommation de colostrum, qui est essentielle aussi bien d'un point de vue énergétique (homéothermie et croissance) qu'immunitaire (Chastant-Maillard et al., 2017a). En effet, le système immunitaire des individus de petit poids de naissance est moins performant car souvent immature (Tønnessen, 2011 ; Macpherson et al., 2017 ; Helmo et al., 2018) ce qui rend ces individus davantage sujets aux infections durant la période néonatale. L'ingestion d'immunoglobulines maternelles est alors primordiale car elles représentent le mécanisme principal de défense du chaton dans les premières semaines de vie. Fournir un environnement adapté (lampes chauffantes, isolation du sol) et aider les chatons de faible poids de naissance à se nourrir doit être la priorité des éleveurs pendant la période néonatale.

Dans l'espèce féline, plusieurs facteurs ont également une influence sur le taux de mortalité néonatale : la race (Sparkes et al., 2006 ; Ström Holst, Frössling, 2009 ; Fournier et al., 2017 ; Lecourtois, 2018), l'âge de la mère (chat : Ström Holst, Frössling, 2009 ; chien : Tønnesen et al., 2012), la taille de portée (chat : Sparkes et al., 2006 ; Lecourtois et al., 2018 ; chien : Tønnessen et al. 2012 ; Mila et al., 2015 ; Chastant-Maillard et al., 2017b), l'hétérogénéité de portée (chien : Brevaux et al., 2018 ; porc : Quiniou et al. 2002), le sexe (Lecourtois et al. 2018).

## F. Influence du poids de naissance sur la croissance

A notre connaissance, le taux de croissance néonatale n'a été que peu étudié pour l'espèce féline. Le taux de croissance 0-2 jours est un paramètre qui reflète le transfert d'immunité passive par voie colostrale chez le chiot (Chastant-Maillard et al., 2017a). L'explication est la suivante : la prise colostrale apporte des nutriments assurant la croissance et des immunoglobulines permettant l'acquisition de l'immunité passive du nouveau-né. Ainsi, une prise de poids pendant les 2 premiers jours reflète également un transfert important d'immunité de la mère au nouveau-né ce qui favorise la survie ultérieure du nouveau-né. Cependant, la valeur de ce paramètre reste encore à prouver chez le chaton.

Le poids de naissance a une influence significative sur le taux de croissance 0-2 jours mais le coefficient de variation est faible, ce qui indique que l'effet est minime. Les individus à petit poids de naissance grandissent moins vite que leurs frères et sœurs de poids supérieur durant les 48 premières heures de vie. Cette faible variation peut s'expliquer par le fait que les éleveurs sont conscients des risques associés au poids de naissance en France et qu'une attention particulière est accordée à ces chatons, ce qui leur permet d'avoir accès à une alimentation plus importante auprès de la mère.

Le taux de croissance 2-21 jours reflète, quant à lui, la prise alimentaire ainsi que les potentielles affections du chaton pendant la période néonatale tardive. Il a été montré que les individus de petit poids de naissance présentent une croissance de rattrapage pendant la période néonatale, ce que nous objectivons également dans notre étude (chat : Lecourtois et al., 2018 ; chien : Brevaux et al., 2018 ; homme : Toftlund et al., 2018 ; Anand et al., 2018). Cette dernière compense quantitativement le retard de croissance intra-utérin mais pas qualitativement car elle correspond essentiellement à l'accumulation de tissu adipeux en région viscérale plutôt qu'à une augmentation de la masse musculaire (Ferenc et al., 2014). Cette croissance de rattrapage est à la fois bénéfique car elle permet à l'individu de compenser le déficit de croissance *in utero* mais elle est souvent excessive et s'accompagne de l'augmentation du risque de maladies à l'âge adulte. Cela n'a pas été étudié chez le chat mais l'on note chez l'homme né avec un petit poids de naissance une augmentation de l'incidence de syndrome métabolique, d'insulinorésistance (Langer et al., 1989 ; Sankaran, Kyle, 2009 ; Lemos et al., 2010) ou de maladies cardiovasculaires (Barker, 1990).

## G. Ouverture : Programmation fœtale

Depuis plusieurs années, le concept de « programmation fœtale » correspond à l'idée que la croissance, la physiologie, le développement de maladies à l'âge adulte sont étroitement imbriqués avec des événements s'étant déroulés pendant la gestation (Wu et al., 2006 ; Barker, 2007 ; Nettle, Bateson, 2015 ; Vaiserman, 2018). La très forte plasticité de l'ADN durant le début de vie implique que deux génotypes identiques peuvent, sous l'effet de l'environnement, donner différents phénotypes (Nettle, Bateson, 2015). De nombreux paramètres influencent la future vie du fœtus pendant la gestation. On notera en particulier l'effet de l'alimentation, de la composition corporelle maternelle et des maladies ou anomalies utérines de la mère pendant la



gestation. L'alimentation de la mère influence la croissance du fœtus, son développement, son microbiote ainsi que son immunité (Tarry-Adkins, Ozanne, 2011 ; Turnbaugh et al., 2009 ; Moles et al., 2013 ; Ma et al., 2014 ; David et al., 2014 ; Aagaard et al., 2014). Les modifications épigénétiques (méthylation de l'ADN, acétylation et méthylation des histones) induites par l'alimentation modifient l'expression de certains gènes et donc la traduction des protéines associées, ce qui altère le métabolisme de l'individu (Jaenisch, Bird, 2003 ; Oommen et al., 2005 ; Aagaard-Tillery et al., 2008) et même ceux des descendants sur plusieurs générations (Anderson et al., 2009). La composition corporelle de la mère, souvent caractérisée par l'indice de masse corporelle, peut influencer la croissance, la physiologie (en particulier l'hormone de croissance (GH) et les Insulin-like Growth Factors (IGF) et influence l'apparition de maladies chroniques (Poston et al., 2016 ; Hanson et al., 2016 ; Vaiserman, 2018). Des études mettent également en évidence que le vieillissement cellulaire programmé, lié à la taille des télomères, est conditionné par les retards de croissance intra-utérins (Ciccarone et al., 2018). Cela signifie que l'exposition du fœtus à divers stress (oxydatif, immunitaire, inflammatoire, perturbations endocrines entre la mère et le fœtus) pendant le développement prénatal peut reprogrammer la biologie des télomères et accélérer la sénescence programmée et donc la vitesse de vieillissement (Entringer et al., 2012).

# Conclusion

La détection précoce des chatons à risque est essentielle afin d'améliorer leur prise en charge. Parmi les facteurs de risque, le poids de naissance est facile d'accès par la simple pesée et joue un rôle prépondérant. Dans notre étude, le poids de naissance de différents groupes de race a été décrit dans la population française de chats de race. Afin de prévenir l'apparition de faibles poids de naissance, nous avons orienté l'étude autour des paramètres influençant le poids de naissance lors de la gestation. Le modèle que nous avons développé a permis d'expliquer 68 % de la variation du poids de naissance dont 33 % sont expliqués par les facteurs suivants : la race, le sexe, la taille de portée, la saison de mise bas et la présence de mort-nés dans la portée. Les facteurs aléatoires liés à la mère et à l'élevage expliquent 35 % de la variabilité mais nécessitent une collecte de données plus importante afin d'extraire l'origine de cette variation et de mettre en place davantage de stratégies de prévention.

Le poids de naissance a un effet clinique très fort sur la mortalité néonatale précoce et un effet clinique moyen sur la mortalité néonatale tardive. Une corrélation quasi-nulle a été montrée entre le poids de naissance et le taux de croissance 0-2 jours et les individus de petits poids de naissance ont un taux de croissance 2-21 jours plus importante que ceux de plus fort poids de naissance.

Au vu des facteurs influençant le poids de naissance, la prévention prénatale est difficile à réaliser. La taille de portée n'est pas contrôlable pour un individu donné et s'inscrit davantage dans un contexte de sélection génétique sur plusieurs générations, en dehors du cadre de superovulation. Réduire la taille de portée permet d'augmenter le poids de naissance mais dans un contexte économique, les mères les plus prolifiques sont souvent recherchées. Il est supposé qu'une bonne hygiène d'élevage et la réalisation de mesures prophylactiques permettraient de diminuer la mortalité mais cela reste à prouver. Il est possible d'agir sur le poids de naissance en réduisant la mise à la reproduction pendant l'automne avec cependant un effet clinique très faible ce qui rend ce procédé peu utile et contraignant pour un éleveur qui souhaite proposer des chatons toute l'année.

Les facteurs de variation du poids de naissance étudiés ici possèdent un effet faible ou ne sont pas contrôlables. Afin que les éleveurs puissent favoriser la naissance de chatons à poids de naissance plus élevé, il serait intéressant que les paramètres directement contrôlables tels que ceux liés à la conduite d'élevage (type d'élevage, alimentation, prophylaxie) soient étudiés. En revanche, de par leur nature, la collecte de données sur de tels paramètres peut devenir extrêmement fastidieuse et subjective. Pour lever cette subjectivité, il serait nécessaire de réaliser une étude prospective très normée plutôt qu'une étude rétrospective. L'alimentation semble être l'un des points névralgiques permettant d'améliorer non seulement la croissance intra-utérine du chaton mais également sa flore digestive et son immunité prénatale.

# Bibliographie

AAGAARD, K., MA, J., ANTONY, K. M., GANU, R., PETROSINO, J. et VERSALOVIC, J., 2014. The Placenta Harbors a Unique Microbiome. *Science Translational Medicine*. 21 mai 2014. Vol. 6, n° 237, p. 237ra65-237ra65. DOI 10.1126/scitranslmed.3008599.

AAGAARD-TILLERY, K. GROVE, K., BISHOP, J, KE, X, FU, Q, MCKNIGHT, R. et LANE, R H, 2008. Developmental origins of disease and determinants of chromatin structure: maternal diet modifies the primate fetal epigenome. *Journal of Molecular Endocrinology*. août 2008. Vol. 41, n° 2, p. 91-102. DOI 10.1677/JME-08-0025.

ALLEN, W., WILSHER, S., STEWART, F., STEWART, F., OUSEY, J, OUSEY, J et FOWDEN, A, 2002. The influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse. II. Endocrinology of pregnancy. In : *Journal of Endocrinology*. 2002. Vol. 172, n° 2, p. 237-246. DOI 10.1677/joe.0.1720237.

ALVES, K, SCHENKEL, F S, BRITO, L F et ROBINSON, A, 2018. Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight, weaning weight, and probe weight in Yorkshire and Landrace pigs1. *Journal of Animal Science*. Vol. 96, n° 7, p. 2567-2578. DOI 10.1093/jas/sky172.

ANAND, P, BEHRMAN, J R., DANG, H H. et JONES, S, 2018. Varied patterns of catch-up in child growth: Evidence from Young Lives. *Social Science & Medicine*.. Vol. 214, p. 206-213. DOI 10.1016/j.socscimed.2018.07.003.

ANDERSON, C M., LOPEZ, F, SANDEEN, A et JOHNSON, L, 2009. Placental Insufficiency: Programming of Leptin Secretion, Blood Pressure, and Postnatal Growth in Two Generations of Sprague-Dawley Rats. In : *Biological Research For Nursing*. Vol. 10, n° 3, p. 284-291. DOI 10.1177/1099800408324127.

ASSAN, N., MAKUZA, S., MHLANGA, F. et MABUKU, O., 2002. Genetic Evaluation and Selection Response of Birth Weight and Weaning Weight in Indigenous Sabi Sheep. In : *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 15, n° 12, p. 1690-1694. DOI 10.5713/ajas.2002.1690.

BARKER, D J, 1990. The fetal and infant origins of adult disease. In : *British Medical Journal*. Vol. 301, n° 6761, p. 1111-1111. DOI 10.1136/bmj.301.6761.1111.

BARKER, D. J. P., 2007. The origins of the developmental origins theory. In : *Journal of Internal Medicine*.. Vol. 261, n° 5, p. 412-417. DOI 10.1111/j.1365-2796.2007.01809.x.

BAUER, R, WALTER, B, HOPPE, A, GASER, E, LAMPE, V, KAUF, E et ZWIENER, U, 1998. Body weight distribution and organ size in newborn swine (*sus scrofa domestica*) — A study describing an animal model for asymmetrical intrauterine growth retardation. In : *Experimental and Toxicologic Pathology*. Vol. 50, n° 1, p. 59-65. DOI 10.1016/S0940-2993(98)80071-7.

BAXTER, E, RUTHERFORD, K, D'EATH, R, ARNOTT, G, TURNER, S, SANDØE, P, MOUSTSEN, V, THORUP, F, EDWARDS, S et LAWRENCE, A, 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: Management factors. *Animal Welfare*. Vol. 22, n° 2, p. 219-238. DOI 10.7120/09627286.22.2.219.

BEAULIEU, A. D., AALHUS, J. L., WILLIAMS, N. H. et PATIENCE, J. F., 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork1. *Journal of Animal Science*. 1 août 2010. Vol. 88, n° 8, p. 2767-2778. DOI 10.2527/jas.2009-2222.

BERMINGHAM, E. N., WEIDGRAAF, K., HEKMAN, M., ROY, N. C., TAVENDALE, M. H. et THOMAS, D. G., 2013. Seasonal and age effects on energy requirements in domestic short-hair cats (*Felis catus*) in a temperate environment: Cat energy requirements in temperate environments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Vol. 97, n° 3, p. 522-530. DOI 10.1111/j.1439-0396.2012.01293.x.

BORGE, K, TØNNESEN, 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, p. 911-919. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.10.034.

BREUER, H et CLAUSSEN, U, 1977. Correlation of birth weight and crown-rump to the number of implantations and litter size in rabbits. *Anatomy and Embryology*. Vol. 151, n° 1, p. 91-95. DOI 10.1007/BF00315301.

BREVAUX, 2018. Relation entre le poids de naissance, la croissance precoce, l'heterogeneite du poids de naissance au sein de la portee et le risque de mortalite neonatale et pediatrique chez le chien

BROOKE, O G, ANDERSON, H R, BLAND, J M, PEACOCK, J L et STEWART, C M, 1989. Effects on birth weight of smoking, alcohol, caffeine, socioeconomic factors, and psychosocial stress. In. 1989. Vol. 298, p. 7.

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. In : *Journal of Animal Science*. 1 avril 2010. Vol. 88, n° 4, p. 1240-1247. DOI 10.2527/jas.2009-2056.

CAROLAN, Mary, 2013. Maternal age  $\geq 45$  years and maternal and perinatal outcomes: A review of the evidence. *Midwifery*. Vol. 29, n° 5, p. 479-489. DOI 10.1016/j.midw.2012.04.001.

CAVE, T. A., THOMPSON, H., REID, S. W. J., HODGSON, D. R. et ADDIE, D. D., 2002. Kitten mortality in the United Kingdom: a retrospective analysis of 274 histopathological examinations (1986 to 2000). *Veterinary Record*. Vol. 151, n° 17, p. 497-501. DOI 10.1136/vr.151.17.497.

CHAPPUIS, G., 1998. Neonatal immunity and immunisation in early age: lessons from veterinary medicine. In : *Vaccine*. Vol. 16, n° 14-15, p. 1468-1472. DOI 10.1016/S0264-410X(98)00110-8.

CHASTANT-MAILLARD, S, AGGOUNI, C, ALBARET, A, FOURNIER, A et MILA, H, 2017. Canine and feline colostrum. *Reproduction in Domestic Animals*.. Vol. 52, p. 148-152. DOI 10.1111/rda.12830.

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, p. 158-162. DOI 10.1111/rda.12845.

CHEN, Y, LI, G, RUAN, Y, ZOU, L, WANG, X et ZHANG, W, 2013. An epidemiological survey on low birth weight infants in China and analysis of outcomes of full-term low birth weight infants. *BMC Pregnancy and Childbirth*. Vol. 13, n° 1. DOI 10.1186/1471-2393-13-242.

CICCARONE, F, TAGLIATESTA, S, CAIAFA, P et ZAMPIERI, M, 2018. DNA methylation dynamics in aging: how far are we from understanding the mechanisms? *Mechanisms of Ageing and Development*. Vol. 174, p. 3-17. DOI 10.1016/j.mad.2017.12.002.

COHEN, Jacob, 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J : L. Erlbaum Associates. ISBN 978-0-8058-0283-2. HA29 .C66 1988

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, p. 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. DOI 10.1186/s12711-017-0288-3.

DAVID, L A., MAURICE, C F., CARMODY, R N., GOOTENBERG, D B., BUTTON, J E., WOLFE, B E., LING, A V., DEVLIN, A S, VARMA, Y, FISCHBACH, M A., BIDDINGER, S B., DUTTON, R J. et TURNBAUGH, P J., 2014. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. j Vol. 505, n° 7484, p. 559-563. DOI 10.1038/nature12820.

DAY, M.J., 2007. Immune System Development in the Dog and Cat. *Journal of Comparative Pathology*. Vol. 137, p. S10-S15. DOI 10.1016/j.jcpa.2007.04.005.

DE CASTRO, E, MADEIRO LEITE, Á et GUINSBURG, R, 2016. Mortality in the first 24h of very low birth weight preterm infants in the Northeast of Brazil. *Revista Paulista de Pediatria*. Vol. 34, n° 1, p. 106-113. DOI 10.1016/j.rppede.2015.12.008.

DEVILLERS, N., LE DIVIDICH, J. et PRUNIER, A., 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal*. Vol. 5, n° 10, p. 1605-1612. DOI 10.1017/S175173111100067X.

DICKINSON, A. G., HANCOCK, J. L., HOVELL, G. J. R., TAYLOR, C. S. et WIENER, G., 1962. The size of lambs at birth—a study involving egg transfer. *Animal Science*. Vol. 4, n° 1, p. 64-79. DOI 10.1017/S0003356100034401.

DOCTOR, B A., O'RIORDAN, M A, KIRCHNER, H.L, SHAH, D et HACK, , 2001. Perinatal correlates and neonatal outcomes of small for gestational age infants born at term gestation. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. Vol. 185, n° 3, p. 652-659. DOI 10.1067/mob.2001.116749.

ECKSTEIN, P., MCKEOWN, T et RECORD, R. G., 1955. VARIATION IN PLACENTAL WEIGHT ACCORDING TO LITTER SIZE IN THE GUINEA-PIG. *Journal of Endocrinology*. Vol. 12, n° 2, p. 108 NP. DOI 10.1677/joe.0.0120108.

ENTRINGER, S., BUSS, C. et WADHWA, P. D., 2012. Prenatal Stress, Telomere Biology, and Fetal Programming of Health and Disease Risk. *Science Signaling*. Vol. 5, n° 248, p. pt12-pt12. DOI 10.1126/scisignal.2003580.

FACCO KANTAR, 2018. Les chiffres pour tout savoir sur le marché du petfood. 2018. [Consulté le 18 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.facco.fr/les-chiffres/>.

FERENC, K, PIETRZAK, P, GODLEWSKI, M M., PIWOWARSKI, J, KILIANCZYK, R, GUILLOTEAU, P et ZABIELSKI, R, 2014. Intrauterine growth retarded piglet as a model for humans – Studies on the perinatal development of the gut structure and function. *Reproductive Biology*. Vol. 14, n° 1, p. 51-60. DOI 10.1016/j.repbio.2014.01.005.

FERRELL, C. L., 1991. Maternal and fetal influences on uterine and conceptus development in the cow: I. Growth of tissues of the gravid uterus. *Journal of Animal Science*. Vol. 69, n° 5, p. 1945-1953. DOI 10.2527/1991.6951945x.

FOURNIER, A, MASSON, M, CORBIÈRE, F, MILA, H, MARIANI, C, GRELLET, A et CHASTANT-MAILLARD, S, 2017. Epidemiological analysis of reproductive performances and kitten mortality rates in 5,303 purebred queens of 45 different breeds and 28,065 kittens in France. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 52, p. 153-157. DOI 10.1111/rda.12844.

GARCÍA, M.L. et BASELGA, M., 2002. Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population. *Livestock Production Science*. Vol. 74, n° 1, p. 45-53. DOI 10.1016/S0301-6226(01)00280-9.

GARCIA-SUBIRATS, I, PÉREZ, G RODRÍGUEZ-SANZ, Ma, SALVADOR, J et JANÉ, M, 2011. Recent Immigration and Adverse Pregnancy Outcomes in an Urban Setting in Spain. *Maternal and Child Health Journal*. Vol. 15, n° 5, p. 561-569. DOI 10.1007/s10995-010-0614-7.

GARCÍA-XIMÉNEZ, F. et VICENTE, Js, 1993. Limiting effects of uterine crowding on the number and weight of live pups at birth in hemiovariectomized and normal rabbit does. *Reproduction Nutrition Development*. Vol. 33, n° 1, p. 69-73. DOI 10.1051/rnd:19930107.

GARREAU, H., BOLET, G., LARZUL, C., ROBERT-GRANIÉ, C., SALEIL, G., SANCRISTOBAL, M. et BODIN, L., 2008. Results of four generations of a canalising selection for rabbit birth weight. *Livestock Science*. Vol. 119, n° 1-3, p. 55-62. DOI 10.1016/j.livsci.2008.02.009.

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, p. 1716-1722.  
DOI 10.1016/j.theriogenology.2011.07.003.

GIELEN, M, LINDSEY, P J., DEROM, C, LOOS, R J.F., DEROM, R, NIJHUIS, J G. et VLIETINCK, R, 2007. Twin Birth Weight Standards. *Neonatology*. Vol. 92, n° 3, p. 164-173.  
DOI 10.1159/000102055.

GILL, Marilyn Ann, 2001. *Perinatal and late neonatal mortality in the dog*. Thèse de doctorat université de Sydney.

GROPPELTI, 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, p. 112-119. DOI 10.1016/j.anireprosci.2015.10.005.

GROPPELTI, D, PECILE, A, PALESTRINI, C, MARELLI, S et BORACCHI, P, 2017. A National Census of Birth Weight in Purebred Dogs in Italy. *Animals*. Vol. 7, n° 12, p. 43.  
DOI 10.3390/ani7060043.

GRUNDY, S., 2006. Clinically Relevant Physiology of the Neonate. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Vol. 36, n° 3, p. 443-459.  
DOI 10.1016/j.cvsm.2005.12.002.

HADDAD, B et SIBAI, B M, 1999. Chronic hypertension in pregnancy. *Annals of Medicine*. Vol. 31, n° 4, p. 246-252. DOI 10.3109/07853899908995887.

HANSON, M, GLUCKMAN, P, et BUSTREO, F, 2016. Obesity and the health of future generations. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. Vol. 4, n° 12, p. 966-967.  
DOI 10.1016/S2213-8587(16)30098-5.

HELMO, F, ALVES, E, MOREIRA, R, SEVERINO, V, ROCHA, L, MONTEIRO, M, REIS, M, ETCHEBEHERE, R, MACHADO, J et CORRÊA, R, 2018. Intrauterine infection, immune system and premature birth. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. Vol. 31, n° 9, p. 1227-1233. DOI 10.1080/14767058.2017.1311318.

HILLEMEIER, M, WEISMAN, C, CHASE, G A. et DYER, A, 2007. Individual and Community Predictors of Preterm Birth and Low Birthweight Along the Rural-Urban Continuum in Central Pennsylvania. *The Journal of Rural Health*. Vol. 23, n° 1, p. 42-48.  
DOI 10.1111/j.1748-0361.2006.00066.x.

HUGHES, M, M., BLACK, R E. et KATZ, J, 2017. 2500-g Low Birth Weight Cutoff: History and Implications for Future Research and Policy. *Maternal and Child Health Journal*. Vol. 21, n° 2, p. 283-289. DOI 10.1007/s10995-016-2131-9.

JAENISCH, R et BIRD, A, 2003. Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. *Nature Genetics*. Vol. 33, n° S3, p. 245-254.  
DOI 10.1038/ng1089.

JANSSEN, P A, THIESSEN, P, KLEIN, M C, WHITFIELD, M F et CULLIS-KUHL, S C, 2007. Standards for the measurement of birth weight, length and head circumference at term in neonates of European, Chinese and South Asian ancestry. *Open Medicine*. 2007. Vol p. 14.



JEMMETT, J. E. et EVANS, J. M., 1977. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 18, n° 1, p. 31-37. DOI 10.1111/j.1748-5827.1977.tb05821.x.

JOHNSTON, S D. et RAKSIL, S, 1987. Fetal Loss in the Dog and Cat. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Vol. 17, n° 3, p. 535-554. DOI 10.1016/S0195-5616(87)50052-3.

KEISER, R, REICHLER, I et BALOGH, O, 2017. Are foetal ultrasonographic and maternal blood progesterone measurements near parturition reliable predictors of the time of birth in the domestic cat? *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 52, n° 3, p. 487-494. DOI 10.1111/rda.12939.

KISERUD, T, BENACHI, AI, HECHER, K, PEREZ, R, CARVALHO, J, PIAGGIO, G et PLATT, L D., 2018. The World Health Organization fetal growth charts: concept, findings, interpretation, and application. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. Vol. 218, n° 2, p. S619-S629. DOI 10.1016/j.ajog.2017.12.010.

LAMM, C G. et NJAA, B L., 2012. Clinical Approach to Abortion, Stillbirth, and Neonatal Death in Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Vol. 42, n° 3, p. 501-513. DOI 10.1016/j.cvsm.2012.01.015.

LANGER, O, LEVY, Judith, BRUSTMAN, Lois, ANYAEGBUNAM, Akolisa, MERKATZ, Ruth et DIVON, Michael, 1989. Glycemic control in gestational diabetes mellitus-How tight is tight enough: Small for gestational age versus large for gestational age? *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. Vol. 161, n° 3, p. 646-653. DOI 10.1016/0002-9378(89)90371-2.

LAVERY, A., LAWLOR, P. G., MAGOWAN, E., MILLER, H. M., O'DRISCOLL, K. et BERRY, D. P., 2019. An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity. *animal*. Vol. 13, n° 3, p. 622-630. DOI 10.1017/S1751731118001799.

LECOURTOIS, C, 2018. *Poids de naissance et autres facteurs de risque de mortalité neonatale chez le chat*. Thèse Docteur Vétérinaire Toulouse - 4043

LEMOIS, J O., RONDÓ, P H. C., PEREIRA, J A., OLIVEIRA, R G., FREIRE, M B. S. et SONSIN, P B., 2010. The relationship between birth weight and insulin resistance in childhood. *British Journal of Nutrition*. Vol. 103, n° 3, p. 386-392. DOI 10.1017/S000711450999184X.

LOOF, 2020. Races/année. [en ligne]. 2020. [Consulté le 18 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.loof.asso.fr/stats/recap.php?complet>.

LOOF, 2020b. Répartition des mois de naissance des portées. [en ligne]. 2020. [Consulté le 19 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : [https://www.loof.asso.fr/stats/intro\\_stats.php#nais](https://www.loof.asso.fr/stats/intro_stats.php#nais).

MA, J, PRINCE, A L., BADER, D, HU, M, GANU, R, BAQUERO, Ka, BLUNDELL, P, ALAN HARRIS, R., FRIAS, A E., GROVE, K L. et AAGAARD, KM., 2014. High-fat maternal diet during pregnancy persistently alters the offspring microbiome in a primate model. *Nature Communications* Vol. 5, n° 1. DOI 10.1038/ncomms4889.

MACPHERSON, A J., DE AGÜERO, M et GANAL-VONARBURG, S., 2017. How nutrition and the maternal microbiota shape the neonatal immune system. *Nature Reviews Immunology*. Vol. 17, n° 8, p. 508-517. DOI 10.1038/nri.2017.58.

MCLAREN A et MICHIE D, 1960. *Control of pre-natal growth in mammals*. 1960. *Nature*, Vol 187 p363-365

MELLOR, D.J., 1983. Nutritional and Placental Determinants of Foetal Growth Rate in Sheep and Consequences for the Newborn Lamb. *British Veterinary Journal*. Vol. 139, n° 4, p. 307-324. DOI 10.1016/S0007-1935(17)30436-0.

MENOTTI-RAYMOND, Marilyn, DAVID, Victor A., PFLUEGER, Solveig M., LINDBLAD-TOH, Kerstin, WADE, Claire M., O'BRIEN, Stephen J. et JOHNSON, Warren E., 2008. Patterns of molecular genetic variation among cat breeds. *Genomics*. Vol. 91, n° 1, p. 1-11. DOI 10.1016/j.ygeno.2007.08.008.

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, p. 4436-4442. DOI 10.2527/jas.2015-8971.

MILA, H., 2015. Neonatal period in the dog : immunological and nutritional determinants for survival. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse. Institut National Polytechnique de Toulouse, 177 p.

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, p. 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: Pregnancy Length (Ovulation to Parturition) in the Bitch. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 46, n° 6, p. 994-998. DOI 10.1111/j.1439-0531.2011.01773.x.

MOIK, K et KIENZLE, E, 2011. Birth weight and postnatal growth of pure-bred kittens. *British Journal of Nutrition*. Vol. 106, n° S1, p. S32-S34. DOI 10.1017/S0007114511003333.

MOLES, L, GÓMEZ, M, HEILIG, H, BUSTOS, G, FUENTES, S, DE VOS, W, FERNÁNDEZ, L, RODRÍGUEZ, J M. et JIMÉNEZ, E, 2013. Bacterial Diversity in Meconium of Preterm Neonates and Evolution of Their Fecal Microbiota during the First Month of Life. *PLoS ONE*. Vol. 8, n° 6, p. e66986. DOI 10.1371/journal.pone.0066986.

MONGELLI M, 1995. *Longitudinal study of fetal growth in subgroups of a low-risk population*. *Ultrasound in Obstetric and Gynecology* 1995. p340-344.

MOSTYN, A et SYMONDS, M E., 2009. Early programming of adipose tissue function: a large-animal perspective : Symposium on 'Frontiers in adipose tissue biology'. *Proceedings of the Nutrition Society*. Vol. 68, n° 4, p. 393-400. DOI 10.1017/S002966510999022X.

MUGNIER A, 2019a. LECOURTOIS C, MILA,H GUIRAUD, F, MAIRANI, c, ADIBLESAUX, A, CHASTANT MAILLARD, S, GRELLET , A, *Low birth weight as a risk factor for kitten mortality : determination of breed-specific threshold*. 2019. 21th EVSSAR congress. Venice. Italy 22-23juin 2018. p128.

MUGNIER, A, MILA, H, GUIRAUD, F, BRÉVAUX, J, LECARPENTIER, M, 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, p. 104746. DOI 10.1016/j.prevetmed.2019.104746.

MUGNIER A, CHASTAND MAILLARD S et MILA H, LYAZRHI F, GUIRAUD, F, ADIB-LESAUX A, GAILLARD,V, SAEGERMAN,C, GRELLET,A 2020. *Low and very low birth weight in French puppies: definitions, risk factors and survival in a large-scale population based study*. 2020. S.l. : s.n.

MUSTERS, J., DE GIER, J., KOOISTRA, H.S. et OKKENS, A.C., 2011. Questionnaire-based survey of parturition in the queen. *Theriogenology*. Vol. 75, n° 9, p. 1596-1601. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.12.020.

NETTLE, D et BATESON, M, 2015. Adaptive developmental plasticity: what is it, how can we recognize it and when can it evolve? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Vol. 282, n° 1812, p. 20151005. DOI 10.1098/rspb.2015.1005.

OOMMEN, A M., GRIFFIN, J B., SARATH, G et ZEMPLINI, J, 2005. Roles for nutrients in epigenetic events. *The Journal of Nutritional Biochemistry* Vol. 16, n° 2, p. 74-77. DOI 10.1016/j.jnutbio.2004.08.004.

PANCIERA, D.L., PURSWELL, B.J. et KOLSTER, K.A., 2007. Effect of short-term hypothyroidism on reproduction in the bitch. *Theriogenology*. Vol. 68, n° 3, p. 316-321. DOI 10.1016/j.theriogenology.2007.04.026.

PETTIGREW, J E, CORNELIUS, S G, MOSER, R L, HEEG, T R, HANKE, H E, MILLERS, K P et HAGEN, C D, 1986. Effects of oral doses of corn oil and other factors on preweaning survival and growth of piglets z. 1986. p. 12. 1 Published as Paper No. 14,202 of the scientific journal article series of the Minnesota Agr. Exp. Sta. on research conducted under Minnesota Agr. Exp. Sta.

POSTON, L, CALEYACHETTY, R, CNATTINGIUS, S, CORVALÁN, C, UAUY, Ricardo, HERRING, Set GILLMAN, M W, 2016. Preconceptional and maternal obesity: epidemiology and health consequences. In : *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. décembre 2016. Vol. 4, n° 12, p. 1025-1036. DOI 10.1016/S2213-8587(16)30217-0.

PRETZER, S.D., 2008. Bacterial and protozoal causes of pregnancy loss in the bitch and queen. In : *Theriogenology*. août 2008. Vol. 70, n° 3, p. 320-326. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.04.035.

QUESNEL, H., BROSSARD, L., VALANCOGNE, A. et QUINIOU, N., 2008. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animal*. Vol. 2, n° 12, p. 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, p. 63-70. DOI 10.1016/S0301-6226(02)00181-1.

ROMAGNOLI, S, 2003. Clinical approach to infertility in the queen. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. Vol. 5, n° 2, p. 143-146. DOI 10.1016/S1098-612X(02)00131-6.

ROMAGNOLI, S, BENZAIA, C, FERRÉ-DOLCET, L, SONTAS, H et STELLETTA, C, 2019. Fertility parameters and reproductive management of Norwegian Forest Cats, Maine Coon, Persian and Bengal cats raised in Italy: a questionnaire-based study. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. Vol. 21, n° 12, p. 1188-1197. DOI 10.1177/1098612X18824181.

ROOT KUSTRITZ, M V., 2006. Clinical management of pregnancy in cats. *Theriogenology*. Vol. 66, n° 1, p. 145-150. DOI 10.1016/j.theriogenology.2006.03.018.

SACY, A, TREUT, Y L, SCHMIDELY, P et CHEVAUX, E, 2010. Caractérisation de l'immaturité des porcelets à la naissance. 42. Journées de la Recherche Porcine, Feb 2010, Paris, France. Journées de la Recherche Porcine en France, pp.259-260, 2010, Journées de la Recherche Porcine en France. hal-01173574

SANKARAN, S et KYLE, P M., 2009. Aetiology and Pathogenesis of IUGR. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*. Vol. 23, n° 6, p. 765-777. DOI 10.1016/j.bpobgyn.2009.05.003.

SAVIETTO, D., CERVERA, C., RÓDENAS, L., MARTÍNEZ-PAREDES, E., BASELGA, M., GARCÍA-DIEGO, F. J., LARSEN, T., FRIGGENS, N. C. et PASCUAL, J. J., 2014. Different resource allocation strategies result from selection for litter size at weaning in rabbit does. *Animal*. Vol. 8, n° 4, p. 618-628. DOI 10.1017/S1751731113002437.

SCHELLING, 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. DOI 10.1186/s12917-019-2146-8.

SCHLAFER, D.H., 2008. Canine and feline abortion diagnostics. *Theriogenology*. Vol. 70, n° 3, p. 327-331. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.05.036.

SERISIER, S, FEUGIER, A, DELMOTTE, S, BIOUSGE, V et GERMAN, A, 2014. Seasonal Variation in the Voluntary Food Intake of Domesticated Cats (*Felis catus*). *PLoS ONE*. Vol. 9, n° 4, p. e96071. DOI 10.1371/journal.pone.0096071.

SPARKES, A, ROGERS, K, HENLEY, W, GUNNMOORE, D, MAY, J, GRUFFYDDJONES, T 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 & Surgery*. Vol. 8, n° 3, p. 145-157. DOI 10.1016/j.jfms.2005.10.003.

STRÖM HOLST, B et FRÖSSLING, J, 2009. The Swedish breeding cat: Population description, infectious diseases and reproductive performance evaluated by a questionnaire. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. Vol. 11, n° 10, p. 793-802. DOI 10.1016/j.jfms.2009.01.008.

TANTASUPARUK, W, LUNDEHEIM, N, DALIN, A-M, KUNAVONGKRIT, A et EINARSSON, S, 2000. Reproductive performance of purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand with special reference to seasonal influence and parity number. *Theriogenology*. Vol. 54, n° 3, p. 481-496. DOI 10.1016/S0093-691X(00)00364-2.

TARRY-ADKINS, J L et OZANNE, S E, 2011. Mechanisms of early life programming: current knowledge and future directions. In : *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1 décembre 2011. Vol. 94, n° suppl\_6, p. 1765S-1771S. DOI 10.3945/ajcn.110.000620.

THEIL, P. K., LAURIDSEN, C. et QUESNEL, H., 2014. Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*. juillet 2014. Vol. 8, n° 7, p. 1021-1030. DOI 10.1017/S1751731114000950.

THEVENET M., 2007. *La pathologie neonatale du chaton : memento a l'usage du veterinaire*. S.l. : s.n. Thèse docteur vétérinaire Paris

TIZARD, I. R. (2013). *Veterinary immunology* (9th ed). St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders.

TOFTLUND, L, HALKEN, S, AGERTOFT, L et ZACHARIASSEN, G, 2018. Catch-Up Growth, Rapid Weight Growth, and Continuous Growth from Birth to 6 Years of Age in Very-Preterm-Born Children. *Neonatology*. Vol. 114, n° 4, p. 285-293. DOI 10.1159/000489675.

TØNNESEN, Ragnhild, 2011. Litter size at birth in purebred dogs—A retrospective study of 224 breeds. *Theriogenology*. Vol. 75, n° 5, p. 911-919. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.10.034.

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 four large breeds raised in domestic environments1. *Journal of Animal Science*. Vol. 85, n° 1, p. 76-83. DOI 10.2527/jas.2006-354.

TUCHSCHERER, M, PUPPE, B, TUCHSCHERER, A et TIEMANN, U., 2000. Early identification of neonates at risk: Traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology*. Vol. 54, n° 3, p. 371-388. DOI 10.1016/S0093-691X(00)00355-1.

TURNBAUGH, P. J., RIDAURA, V. K., FAITH, J. J., REY, F. E., KNIGHT, R. et GORDON, J. I., 2009. The Effect of Diet on the Human Gut Microbiome: A Metagenomic Analysis in Humanized Gnotobiotic Mice *Science Translational Medicine*. Vol. 1, n° 6, p. 6ra14-6ra14. DOI 10.1126/scitranslmed.3000322.

VAISERMAN, A M., 2018. Birth weight predicts aging trajectory: A hypothesis. *Mechanisms of Ageing and Development*. Vol. 173, p. 61-70. DOI 10.1016/j.mad.2018.04.003.

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

VALLET, J. L., LEYMASTER, K. A. et CHRISTENSON, R. K., 2002. The influence of uterine function on embryonic and fetal survival. *Journal of Animal Science*. Vol. 80, n° E-suppl\_2, p. E115-E125. DOI 10.2527/animalsci2002.80E-Suppl\_2E115x.

VAN VUUREN, M., GEISSLER, K., GERBER, D., NOTHLING, J. O. et TRUYEN, U., 1999. Characterisation of a potentially abortigenic strain of feline calicivirus isolated from a domestic cat. In : *Veterinary Record*. 5 juin 1999. Vol. 144, n° 23, p. 636-638. DOI 10.1136/vr.144.23.636.

VERSTEGEN, J., DHALIWAL, G. et VERSTEGEN-ONCLIN, K., 2008. Canine and feline pregnancy loss due to viral and non-infectious causes: A review. *Theriogenology*. Vol. 70, n° 3, p. 304-319. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.05.035.

VIAUD, C, 2018. *Le comportement de tétée du chiot et son implication dans le transfert passif de l'immunité*. Thèse docteur vétérinaire Toulouse n° 4092

VICENTE-PÉREZ, R., AVENDAÑO-REYES, L., CORREA-CALDERÓN, A., MELLADO, M., MEZA-HERRERA, C.A., MONTAÑEZ-VALDEZ, O.D. et MACÍAS-CRUZ, U., 2019. Relationships of body surface thermography with core temperature, birth weight and climatic variables in neonatal lambs born during early spring in an arid region. In : *Journal of Thermal Biology*. mai 2019. Vol. 82, p. 142-149. DOI 10.1016/j.jtherbio.2019.04.001.

VILANOVA, C, HIRAKATA, V, DE SOUZA BURIOL, V, NUNES, M, GOLDANI, M et DA SILVA, C, 2019. The relationship between the different low birth weight strata of newborns with infant mortality and the influence of the main health determinants in the extreme south of Brazil. *Population Health Metrics* Vol. 17, n° 1. DOI 10.1186/s12963-019-0195-7.

WALTON A et HAMMOND J, 1938. The maternal effects on growth and conformation in shire horse-shetland pony crosses. In : *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*. Vol. 125, n° 840, p. 311-335. DOI 10.1098/rspb.1938.0029.

WEAVER, C.C., BURGESS, S.C., NELSON, P.D., WILKINSON, M., RYAN, P.L., NAIL, C.A., KELLY-QUAGLIANA, K.A., MAY, M.L., REEVES, R.K., BOYLE, C.R. et COATS, K.S., 2005. Placental immunopathology and pregnancy failure in the FIV-infected cat. *Placenta*. Vol. 26, n° 2-3, p. 138-147. DOI 10.1016/j.placenta.2004.04.013.

WIEBE, V J. et HOWARD, J P., 2009. Pharmacologic Advances in Canine and Feline Reproduction. *Topics in Companion Animal Medicine*. Vol. 24, n° 2, p. 71-99. DOI 10.1053/j.tcam.2008.12.004.

WITTENBURG, D., GUIARD, V., TEUSCHER, F. et REINSCH, N., 2011. Analysis of birth weight variability in pigs with respect to liveborn and total born offspring: Analysis of birth weight variability. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. Vol. 128, n° 1, p. 35-43. DOI 10.1111/j.1439-0388.2010.00880.x.

WU, G., BAZER, F. W., WALLACE, J. M. et SPENCER, T. E., 2006. BOARD-INVITED REVIEW: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences1. *Journal of Animal Science*. Vol. 84, n° 9, p. 2316-2337. DOI 10.2527/jas.2006-156.

XI, C, LUO, M, WANG, T, WANG, Y, WANG, S, GUO, L et LU, C, 2020. Association between maternal lifestyle factors and low birth weight in preterm and term births: a case-control study. *Reproductive Health* Vol. 17, n° 1. DOI 10.1186/s12978-020-00932-9.

YUAN, T, ZHU, Y, SHI, M, LI, T, LI, N, WU, G, BAZER, F W., ZANG, J, WANG, F et WANG, J, 2015. Within-litter variation in birth weight: impact of nutritional status in the sow. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*. Vol. 16, n° 6, p. 417-435. DOI 10.1631/jzus.B1500010.

ZIADEH, S., 2001. Obstetric outcome of teenage pregnancies in North Jordan. *Archives of Gynecology and Obstetrics*. Vol. 265, n° 1, p. 26-29. DOI 10.1007/s004040000121.

ZOTTE, A et PACI, G, 2013. Influence of Rabbit Sire Genetic Origin, Season of Birth and Parity Order on Doe and Litter Performance in an Organic Production System. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 26, n° 1, p. 43-49. DOI 10.5713/ajas.2012.12401.

# Annexes



## Annexe 1 : Questionnaire envoyé aux éleveurs

Madame, Monsieur,

L'unité de Reproduction de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse s'intéresse à la croissance et à la mortalité chez le chaton de la naissance à l'âge de deux mois. Nous avons deux objectifs :

- de construire des courbes de croissance de référence par race du chaton entre zéro et deux mois
- d'étudier l'impact du poids de naissance du chaton et de sa croissance sur les deux premiers mois sur la mortalité dans l'élevage et la croissance ultérieure, et ce pour chaque race.

Ces résultats constitueraient un outil utile dans le suivi de la croissance de vos chatons, et pour la détection précoce des chatons ayant un risque plus élevé de mortalité.

### Quelles informations ?

Si vous pesez vos chatons (quelle que soit la durée et la fréquence de pesée), nous serions donc intéressés par les données que vous avez collectées. En plus des poids, les informations qui nous sont utiles sont : la race du chaton (les chatons doivent être de pure race), sa date de naissance, et si possible les caractéristiques de la portée (nombre de chatons...). Même si le chaton est décédé avant l'âge de deux mois, sa courbe de poids ou son poids de naissance nous intéressent. Dans ce cas, indiquez sa date de décès. Si vous connaissez le numéro de puce et surtout les coordonnées de la personne qui vous a acheté le chaton, pourriez-vous également nous les indiquer ? Nous contacterons ce propriétaire pour avoir des informations sur le poids actuel du chaton ou du chat à l'âge adulte.

**Toutes ces informations dont nous avons besoin sont regroupées dans le questionnaire ci-dessous (si possible à compléter et à renvoyer en même temps que vos données de poids).**

**Toutes vos portées nées depuis 2005 nous intéressent.**

### Comment nous faire parvenir vos données ?

Par la voie la plus simple pour vous : sous forme de scan, de photo, sur papier....

Vous pouvez nous renvoyer vos données par email : [repro@envt.fr](mailto:repro@envt.fr) ou par courrier postal :

Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Service de Reproduction  
Etude Croissance Chatons  
23 Chemin des Capelles  
31300 TOULOUSE  
FRANCE

### Devenir des données

Les résultats obtenus lors de cette étude seront **anonymes**. Aucun nom d'éleveur, de propriétaire, ou de chat ne sera associé aux résultats.

Les résultats ne seront fiables que si nous collectons suffisamment de données. Si c'est le cas, les résultats obtenus seront ensuite diffusés aux clubs de race et dans la presse féline. Ils seront également disponibles dans des thèses vétérinaires de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, accessibles en ligne à tous sur le site de l'ENVT.

Merci de compléter un questionnaire par portée incluse dans cette étude.

Si vous n'avez pas toutes les informations, laissez la case vide, ce n'est pas un problème.

---

**VOTRE ELEVAGE\***

Nom de votre élevage :

.....

Dans quel pays est votre élevage ? .....

Adresse électronique (facultatif – Elle nous sera utile si nous avons besoin de précisions) :

.....@.....

Combien de femelles reproductrices sont présentes dans votre élevage ? .....

Combien de mâles reproducteurs sont présents dans votre élevage ? .....

Combien de races élevez-vous ? .....

Combien de chatons naissent en moyenne chaque année dans votre élevage ? .....

\*Si vous fournissez les données sur plusieurs portées, notez ensuite uniquement votre nom pour cette partie

---

**La mère des chatons**

Nom : .....

Race :

.....

Date de naissance : ...../...../.....

Quel est son poids en kg (hors période de gestation/lactation) ? :

.....

Combien de portées a-t-elle eu (avant la portée dont vous nous communiquez les poids) ? :

.....

---

**Le père des chatons**

Nom : .....

Race :

.....

Date de naissance : ...../...../.....

S'agit-il d'un mâle de l'élevage ?  Oui  Non

Quel est son poids en kg ? .....

---

**La saillie**

Date de la première saillie ? ...../...../.....

### La mise bas

Date de la mise bas : ...../...../.....

La mise-bas :  a été facile       a été difficile       s'est terminée par une  
césarienne

Nombre total de chatons nés : .....

Nombre de chatons mort-nés : .....

Nombre de chatons nés-vivants: .....

---

### Les chatons de la portée

Nom du chaton	Né-vivant (oui/non)	Sexe (mâle /femelle)	Poids le jour de la naissance (en gramme)	chaton mort avant l'âge de 2 mois ? (oui/non)	Date de la mort

**Pouvez-vous parallèlement à ce questionnaire nous faire parvenir les données de poids  
de vos chatons**

**(de la naissance jusqu'à ce que vous ayez décidé d'arrêter de les peser) ?**

**Un grand merci encore pour votre participation**

**Nous vous communiquerons les résultats de cette étude.**

*Annexe 2 : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des groupes racial.*

	Maine Coon	Norvégien	Chartreux	Siberien	Ragdoll	British	Abyssin/ Somali	Balinese/Mandarin/..	Sacré de Birmanie	Russe/Nebelung	Mau Egyptien	Sphynx	Scottish/Highland	Bengal
Norvégien	< 2E-16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chartreux	8,10E-15	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Siberien	< 2E-16	< 2E-16	3,70E-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ragdoll	< 2E-16	< 2E-16	6,30E-11	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
British	< 2E-16	< 2E-16	1,30E-15	1,00E+00	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abyssin/ Somali	< 2E-16	< 2E-16	5,90E-16	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
Balinese/Mandarin/..	< 2E-16	< 2E-16	1,10E-13	1,76E-01	1,60E-01	8,85E-01	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-
Sacré de Birmanie	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	2,50E-05	1,20E-04	1,80E-04	7,20E-01	1,00E+00	-	-	-	-	-	-
Russe/Nebelung	< 2E-16	< 2E-16	1,10E-13	4,62E-03	3,30E-03	3,51E-02	2,75E-01	1,00E+00	1,00E+00	-	-	-	-	-
Mau Egyptien	< 2E-16	1,50E-13	1,90E-10	1,31E-01	2,74E-01	5,25E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	-	-	-	-
Sphynx	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	2,10E-06	1,10E-06	2,10E-05	7,40E-04	4,62E-01	3,18E-01	1,00E+00	1,00E+00	-	-	-
Scottish/Highland	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	9,10E-09	2,50E-09	1,30E-07	7,60E-06	4,11E-02	3,94E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	-	-
Bengal	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	3,30E-16	1,60E-15	3,40E-15	5,00E-10	9,90E-04	1,70E-05	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	-
Persan/Exotic	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	< 2E-16	8,60E-13	< 2E-16	3,50E-04	4,60E-03	1,28E-01	1,39E-01	7,56E-02

*Annexe 3 : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des individus issus de différentes tailles de portées.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,01739	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,00093	1	-	-	-	-	-	-	-
4	0,00193	1	1	-	-	-	-	-	-
5	0,00012	1	1	1	-	-	-	-	-
6	1,4E-05	0,1089	1	0,1317	1	-	-	-	-
7	0,00018	0,39707	1	0,33927	1	1	-	-	-
8	0,38471	1	1	1	1	0,18236	0,59473	-	-
9	0,0827	1	1	1	1	1	1	1	-
10	0,00037	0,29599	1	0,64351	1	1	1	0,24497	1

*Annexe 4 : Comparaison 2 à 2 des poids de naissance des individus nés aux différentes saisons.*

	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Eté	0,012	-	-	-
Automne	1	0,009	-	-
Hiver	0,115	<0,001	0,553	-

*Annexe 5 : Comparaison 2 à 2 du taux de mortalité néonatale précoce et tardif des groupes [min ; q1] ; ]q1 ; q2] ; ]q2 ; q3] ; ]q3 ; max]*

Pour la période néonatale précoce (0 – 2 jours)

	[Min ; q1]	]q1 ; q2]	]q2 ; q3]	]q3 ; max]
]q1 ; q2]	2,07E-10	-	-	-
]q2 ; q3]	6,03E-12	1	-	-
]q3 ; max]	2,55E-12	1	1	-

Pour la période néonatale tardive (2 – 21 jours)

	[Min ; q1]	]q1 ; q2]	]q2 ; q3]	]q3 ; max]
]q1 ; q2]	1,75E-03	-	-	-
]q2 ; q3]	1,30E-09	1,92E-02	-	-
]q3 ; max]	3,05E-13	1,83E-04	1	-

**Nom** : Cane

**Prénom** : Thibault

**Titre** : Poids de naissance du chaton, description par race, facteurs de variation, impact sur la croissance et la mortalité néonatale

**Résumé** : Chez le chat de race, le taux de mortalité pré-sevrage varie entre 8 et 24 % selon les races et les études. Le poids de naissance est un facteur de risque majeur de mortalité néonatale dans de nombreuses espèces. Les données issues de 6 104 chatons provenant de 244 élevages français ont été récoltées et analysées. Parmi les facteurs étudiés dans le modèle multivarié, la race (taille d'effet TE = 0 à 0,4), le sexe (TE = 0,3), la taille de portée (TE = 0 à 1,1), la présence de mort-nés dans la portée (TE = 0,3), la saison de naissance (TE = 0 à 0,1), la mère et l'élevage ont une influence significative sur le poids de naissance. Les chatons dont le poids de naissance est inférieur au premier quartile de leur groupe racial ont un taux de mortalité néonatale précoce 4 fois supérieur aux autres individus et un taux de mortalité tardive 1,3 à 5 fois supérieur aux autres individus. Le poids de naissance a une influence significative sur la croissance néonatale précoce et tardive avec respectivement un effet faible (coefficient de variation  $\rho = -0,07$ ) et un effet moyen ( $\rho = -0,98$ ).

**Mots-clés** : chaton ; race féline ; poids de naissance ; mortalité néonatale ; croissance ; races ; sexe ; taille de portée ; saison ; mort-né

**Title** : Breed specific birth weight description, variation factors, and impact on neonatal growth and mortality

**Abstract** : In purebred kittens, pre-weaning mortality rate ranges from 8 to 24 %, varying amongst breeds and studies. Birth weight is a major risk factor of neonatal mortality in numerous species. Data of 6,104 kittens from 225 French breeders were collected and analyzed. The developed multivariate model explains 68 % of birth weight variations through the following factors : race (effect size ES = 0 to 0.4), sex (ES = 0.3), litter size (ES = 0 to 1.1), presence of stillborns in the litter (ES = 0.3), season of birth (ES = 0 to 0.1), female progenitor and breeder. Early and late neonatal mortality rate were respectively 4 times and 1.3 to 5 times greater for kittens whose birth weight was inferior to the first quartile of their racial group. Birth weight has a significant influence on early and late neonatal growth with respectively a low (variation coefficient  $\rho = -0,07$ ) and medium effect ( $\rho = -0,98$ )

**Key words** : kitten ; pure-bred ; birth weight ; neonatal mortality ; growth ; breed ; sex ; litter size ; season ; stillborn





