

# 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

Membre Invitée :  
**Mme Amélie MUGNIER**

Ingénieure de recherche 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**, *Zootecnie*  
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.*

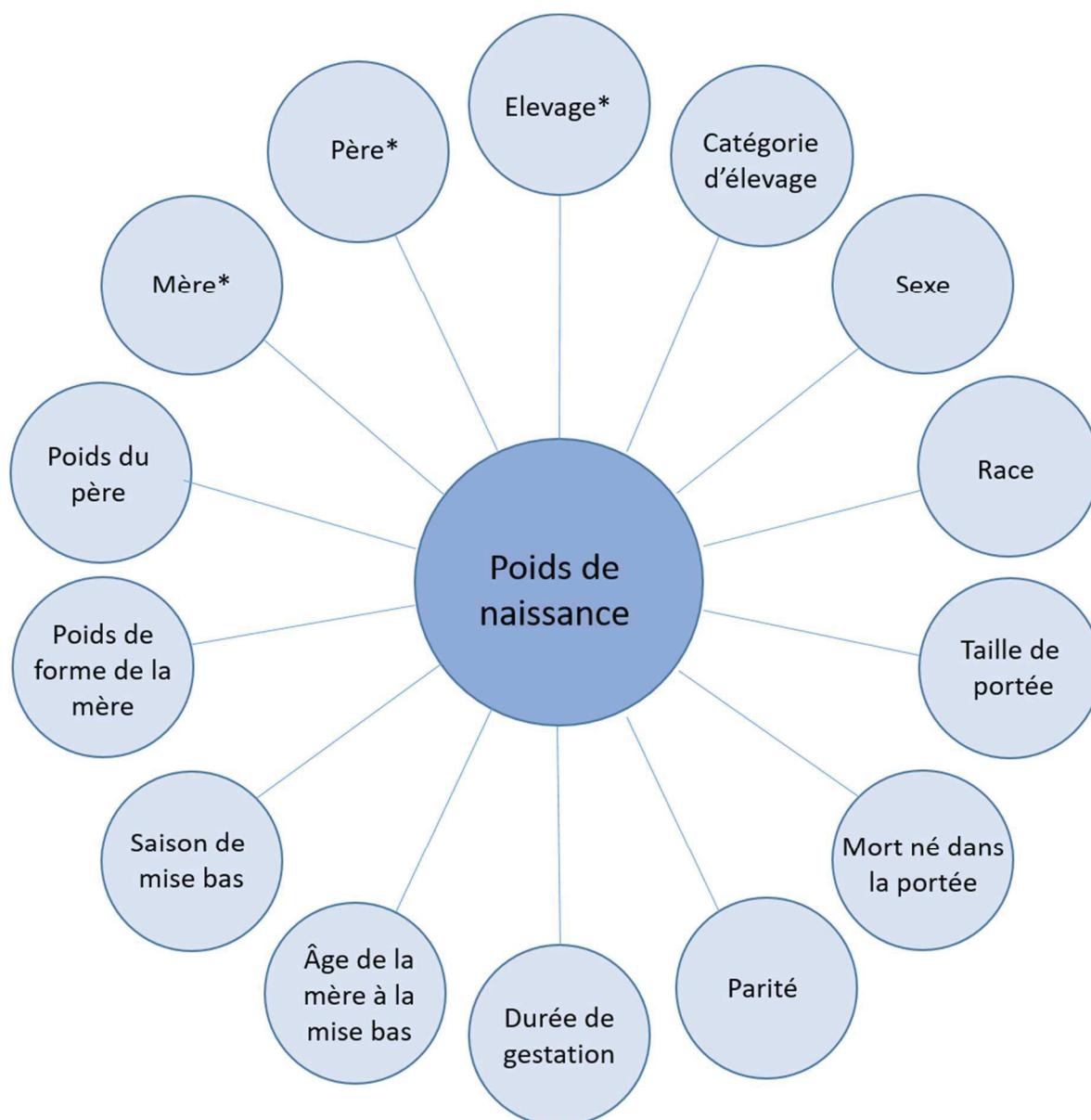
Paramètre étudié	Type de variable	Groupes utilisés	
Poids de naissance	Quantitatif		
Groupe racial	Qualitatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persan / ExoticShorthair</li> <li>- Scottish / Highland</li> <li>- Bengal</li> <li>- Sphynx</li> <li>- Mau Egyptien</li> <li>- Russe / Nebelung</li> <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.

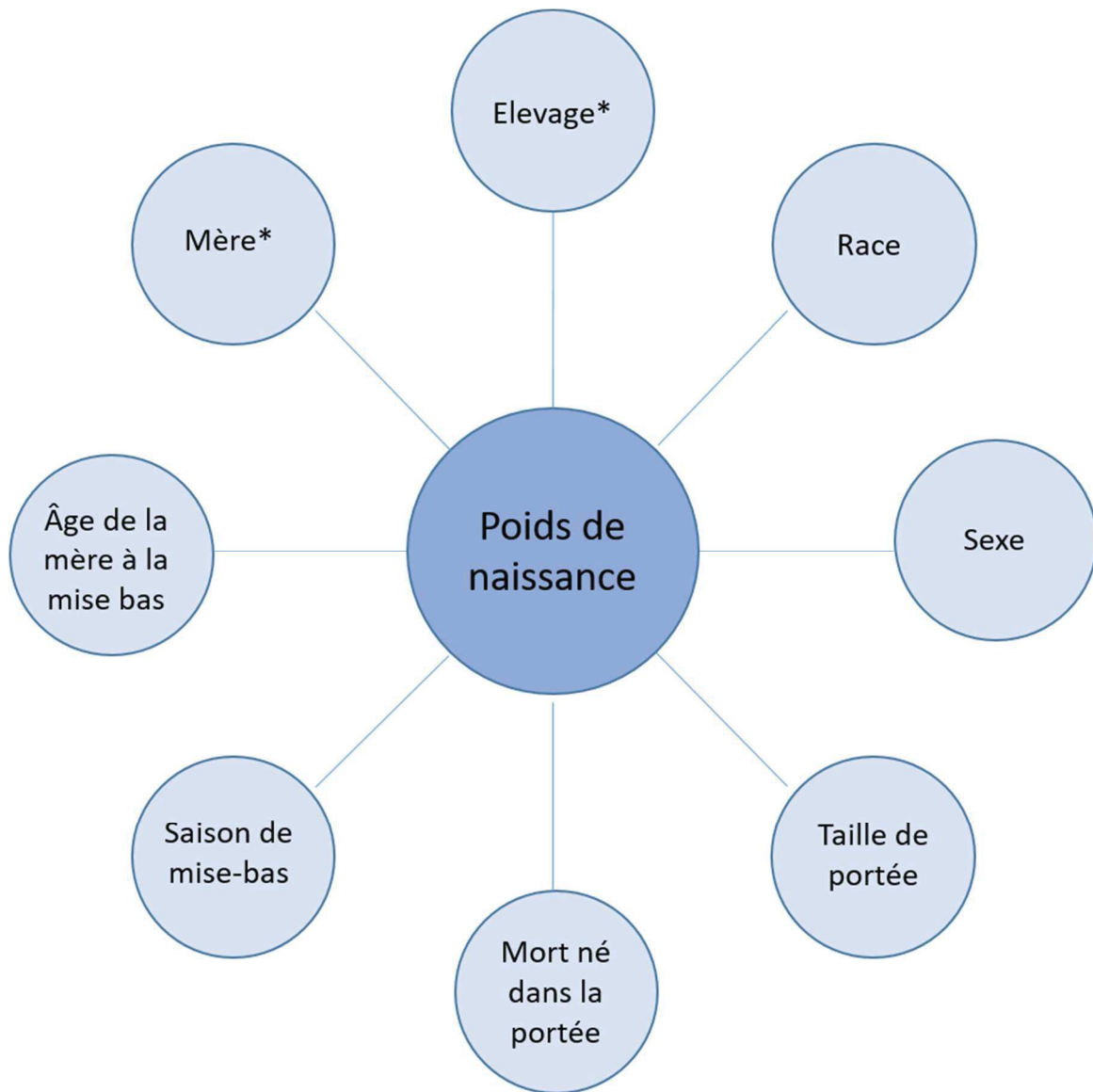


*Figure 1 : Paramètres envisagés pour le développement du modèle linéaire mixte. Les paramètres présentant un astérisque sont considérés comme variables aléatoires.*

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.

