

ANNEE 2021 THESE : 2021 – TOU3 – 4038

CROISSANCE NEONATALE ET PEDIATRIQUE DU CHATON : DESCRIPTION PAR RACE ET FACTEURS DE VARIATION

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

Par

CISEK Carine
Née, le 08 août 1995 à Bordeaux (33)

Directeur de thèse : Mme Sylvie CHASTANT

JURY

PRESIDENT :
M. Roger LÉANDRI

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESSEURS :
Mme Sylvie CHASTANT
Mme Agnès WARET-SZKUTA

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

MEMBRE INVITE :
Mme Amélie MUGNIER

Ingénieur analyste de données biologiques
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*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

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

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

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

CHARGES D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- Mme **CHARTIER Camille**, *Nouveaux animaux de compagnie*
M. **FERCHIOU Ahmed**, *Economie, production animale*
Mme **MANTELLI Morgane**, *Médecine interne*
Mme **MAURIN Claire**, *Nouveaux animaux de compagnie*
Mme **TOUSSAINT Marion**, *Pathologie des équidés*

ENSEIGNANTS DE PREMIERE ANNEE COMMUNE AUX ETUDES VETERINAIRES

- M. **AUFFRET Jérémie**, *Physique-Chimie*
Mme **GAUCHARD Cécile**, *Biologie-écologie-santé*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- M. **BESSIERE Pierre**, *Microbiologie infectiologie*
Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **LESUEUR Jérémie**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

Remerciements

Au président du jury de thèse,

A Monsieur le Professeur Roger LÉANDRI

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse,
Biologie de la reproduction,
Médecine de la Reproduction

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,
Hommage respectueux et sincères remerciements.

Au jury de thèse,

A Madame le Professeur Sylvie CHASTANT,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
Reproduction

Qui m'a fait confiance pour mener à bien cette étude,
Sincères remerciements pour votre disponibilité, vos conseils et votre implication.

A Madame le Docteur Agnès WARET-SZKUTA

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Production et pathologie porcine

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,
Sincères remerciements pour votre aide.

A Madame le Docteur Amélie MUGNIER,

Ingénieur analyste de données biologiques à l'Ecole Nationale Vétérinaire de
Toulouse
NeoCare

Qui m'a accompagnée et conseillée tout au long de ce travail,
Sincères remerciements pour ton soutien, ta disponibilité et ton aide précieuse.

Table des matières

Remerciements	5
Table des matières	7
Liste des figures	9
Liste des tableaux	13
Liste des abréviations	14
Liste des annexes	15
Introduction	17
Matériel et méthodes	19
I. Construction du jeu de données	21
a) Recueil des données	21
b) Saisie et enregistrement des données	22
c) Sélection des données	22
II. Analyse des données	23
a) Codage et description des paramètres	24
b) Facteurs de variation de la croissance des chatons du modèle final	25
c) Construction des courbes de croissance	29
Résultats	33
I. Description générale de la population	35
a) Sélection de la population	35
b) Description des variables	41
II. Étude des paramètres influençant la croissance des chatons	45
a) Croissance néonatale précoce	45
b) Croissance néonatale tardive	49
c) Croissance pédiatrique précoce	54
d) Bilan général : paramètres influençant la croissance néonatale et pédiatrique du chaton	59
III. Construction des courbes de croissance	60
a) Données disponibles	60
b) Croissance à l'échelle de l'espèce féline et par race/groupe de race	60
Discussion	67
I. Limites de l'étude	69
a) Le questionnaire	69
b) Les non réponses au questionnaire	70
c) Fiabilité des données	71
II. La population d'étude	72
a) Effectif disponible	72
b) Race/Groupe de race	74
c) Élevage d'origine des chatons	76

III. Description de la croissance	76
IV. Facteurs de variation de la croissance	78
a) Influence du sexe	78
b) Influence du groupe racial	79
c) Influence de la taille de portée.....	80
d) Influence du poids de naissance	81
e) Influence de la saison de mise-bas	82
f) Influence des mort-nés dans la portée	83
g) Influence du taux de croissance 0-2 jours sur les taux de croissance ultérieurs.....	85
Conclusion	87
Bibliographie	89
Annexes	95

Liste des figures

Figure 1 : Facteurs de variation de la croissance envisagés initialement dans le modèle	24
Figure 2 : Paramètres retenus pour l'analyse des taux de croissance	27
Figure 3 : Représentation graphique sous forme de box plot : minimum, q1, médiane, q3 et maximum.....	30
Figure 4 : Diagramme de flux récapitulant les étapes de sélection de la population d'étude finale.....	37
Figure 5 : Comparaison de la population étudiée ($N_{\text{Total}} = 5943$) à celle du LOOF ($N = 457697$ pedigrees délivrés de 2000 à 2019)....	38
Figure 6 : Géolocalisation des élevages en France de la population finale ($N = 225$)	39
Figure 7 : Nombre de chatons ($N_{\text{Total}} = 5943$) enregistrés par élevage ($N = 225$).....	39
Figure 8 : Distribution des chatons ($N_{\text{Total}} = 5943$; barres) et des élevages ($N = 225$; losanges) selon le groupe racial des chatons.....	40
Figure 9 : Distribution des chatons ($N_{\text{Total}} = 4550$) selon la taille de portée.. ..	43
Figure 10 : Répartition des chatons ($N_{\text{Total}} = 4480$) selon l'âge de la mère à la mise-bas.	43
Figure 11 : Répartition des chatons ($N_{\text{Total}} = 5801$) selon le mois de naissance et la saison météorologique correspondante.....	44
Figure 12 : Répartition des poids de naissance, toutes races confondues ($N_{\text{Total}} = 5372$).....	44
Figure 13 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours en fonction du groupe racial ($N = 16$).....	47
Figure 14 : Taux de croissance 0-2 jours selon le poids de naissance ($N_{\text{Total}} = 4718$)	47
Figure 15 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours en fonction de la taille de portée. Les effectifs associés à chaque taille de portée sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 3769$).....	48

Figure 16 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours selon la saison de mise-bas. Les effectifs associés à chaque groupe de saison sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 4613).....	48
Figure 17 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du groupe racial (N = 16).....	51
Figure 18 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours selon le sexe du chaton. Les effectifs associés à chaque groupe de sexe sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 4130).....	51
Figure 19 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du poids de naissance (N _{Total} = 4332).....	52
Figure 20 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction de la taille de portée. Les effectifs associés à chaque taille de portée sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 3414).....	52
Figure 21 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction de la présence ou l'absence de mort-nés dans la portée. Les effectifs associés pour chaque groupe de portée sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 3348)	53
Figure 22 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du taux de croissance 0-2 jours (N _{Total} = 4332).....	53
Figure 23 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du groupe racial (N = 15).....	56
Figure 24 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du poids de naissance (N _{Total} = 2784).....	56
Figure 25 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours selon le sexe du chaton. Les effectifs associés à chaque groupe de sexe sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 2666).....	57
Figure 26 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du taux de croissance 0-2 jours (N _{Total} = 2445)	57
Figure 27 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du taux de croissance 2-21 jours (N _{Total} = 2543).....	58
Figure 28 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours selon la saison de mise-bas. Les effectifs associés à chaque groupe de saison sont indiqués en abscisse (N _{Total} = 2763).....	58
Figure 29 : Nombre de chatons pesés de la naissance (N = 5372) au 60 ^{ème} jour de croissance (N = 2446)	61
Figure 30 : Croissance des chatons (toutes races confondues) de la naissance à 2 mois d'âge (N _{Total} = 5943).....	62

Figure 31 : Courbe de croissance lissée des chatons (toutes races confondues) de la naissance à l'âge de 2 mois (N _{Total} = 5943).....	62
Figure 32 : Comparaison des courbes de croissance des chatons par groupe racial (N = 16).....	63
Figure 33 : Courbes de croissance des chatons Ragdoll (N _{Total} = 324) de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois	64
Figure 34 : Courbes de croissance des chatons Maine Coon (N _{Total} = 1012) de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois	64
Figure 35 : Courbes de croissance pondérale (intervalle de confiance à 95%) selon la saison de mise-bas (Gast, 2011).	83
Figure 36 : Évolution du poids moyen des chatons (intervalle de confiance à 95%) avec ou sans mort-nés dans la portée (Gast, 2011).....	84
Figure 37 : Influence de la quantité de colostrum ingérée à la naissance sur l'évolution du poids de 556 porcelets (Ferrari et al., 2014).....	86

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des pourcentages de données manquantes calculés à partir de la base de données ($N_{\text{Total}} = 5943$) pour les paramètres initialement prévus dans le modèle.	26
Tableau 2 : Description des catégories pour chaque paramètre.....	28
Tableau 3 : Seuils associés à la taille d'effet ou « effect size », selon η^2 (Cohen, 1988).....	29
Tableau 4 : Effectif de la population et répartition du nombre d'élevages en fonction des races/groupes de race ($N_{\text{Total}} = 5943$)	38
Tableau 5 : Paramètres influençant la croissance néonatale et pédiatrique du chaton. Bilan des résultats du modèle multivarié.....	59
Tableau 6 : Évolution du GMQ médian (g/j) des chatons de chaque groupe racial ($N_{\text{Total}} = 16$) au cours de la période néonatale	65
Tableau 7 : Effectifs des principales études menées au cours de la période néonatale de l'espèce féline	73
Tableau 8 : Distribution par race de l'effectif des chatons ($N_{\text{Total}} = 181$) exclus de l'étude pour insuffisance de l'effectif de chatons (< 90)	74
Tableau 9 : Classification des races selon le type morphologique (www.loof.asso.fr)	75
Tableau 10 : Classification des races selon le groupe génétique (Musters et al., 2011).....	75
Tableau 11 : Poids moyens des chatons à J28 de développement selon le groupe racial avec les effectifs associés (Moik et Kienzle, 2011)	79
Tableau 12 : Taille de portée (moyenne \pm écart-type) rapportée dans l'espèce féline	80
Tableau 13 : Poids de naissance moyens en grammes (moyenne \pm écart-type) de l'espèce féline dans la littérature.....	81
Tableau 14 : Taux de mortalité (%) chez le chaton rapporté dans la littérature ..	82

Liste des abréviations

LOOF = Livre Officiel des Origines Félines

GMQ = Gain Moyen Quotidien

IQR = Écart interquartile

FCoV = Coronavirus Félin

FIV = Feline Immunodeficiency Virus

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête envoyé aux éleveurs.....	97
Annexe 2 : Maine Coon (N = 1012) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	100
Annexe 3 : Norvégien (N = 840) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	105
Annexe 4 : British (N = 772) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	110
Annexe 5 : Sacré de Birmanie (N = 745) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	115
Annexe 6 : Sibérien (N = 451) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	120
Annexe 7 : Persan/Exotic Shorthair (N = 356) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 8 : Ragdoll (N = 324) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	130
Annexe 9 : Chartreux (N = 289) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	135
Annexe 10 : Abyssin/Somali (N = 260) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	140
Annexe 11 : Bengal (N = 188) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	145
Annexe 12 : Balinais/Mandarin/Oriental/Siamois (N = 154) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	150

Annexe 13 : Sphynx (N = 139) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours) 155

Annexe 14 : Scottish/Highland (N = 116) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 15 : Mau Egyptien (N = 110) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)..... 165

Annexe 16 : Munchkin (N = 95) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours) 170

Annexe 17 : Russe/Nebelung (N = 92) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)..... 175

Introduction

A l'heure actuelle, l'espèce féline (*Felis silvestris catus*) est en pleine expansion démographique en France et dans le monde. Selon les enquêteurs, 75% des vétérinaires sollicités revendiquent une augmentation de la part de médecine féline dans leur structure (FACCO, KANTAR, 2016). En 10 ans, la population féline n'a cessé de croître en France pour passer de 10,7 millions de chats en 2008 à 14,2 millions en 2018 (FACCO, KANTAR, 2018). Cette tendance s'est faite ressentir auprès des éleveurs. En 2020, 52 395 pedigrees ont été délivrés en France par le LOOF (Livre Officiel des Origines Félines), soit le double du nombre de pedigrees délivrés en 2011 (LOOF, 2020).

Cette filière doit faire face à des taux de mortalité néonatale élevés. En effet, le pourcentage de chatons morts avant l'âge de 2 mois varie entre 8 et 24 % selon la race (Sparkes et al., 2006 ; Fournier et al., 2017). Un outil simple pour détecter précocement une pathologie est le suivi de la prise de poids du chaton. Néanmoins, les repères ou valeurs seuils restent peu disponibles dans la littérature. Aux premiers jours de vie, un chaton doit prendre en moyenne entre 10 à 15 grammes par jour (Paragon et al., 2000 ; Kirk, 2001) . À l'âge de 14 jours, les chatons devraient avoir un poids corporel doublé par rapport au poids de naissance (Moon et al., 2001). D'autres auteurs rapportent une croissance physiologique lorsque la prise de poids augmente de 10% comparé au poids de la veille (Grundy, 2006).

A l'inverse d'une croissance exponentielle observée dans l'espèce canine, l'évolution du poids corporel révèle une croissance linéaire pour la population féline avec une prise de poids estimée à 450 grammes par mois jusqu'à 10 semaines (DiGangi et al., 2020).

Cependant, la durée et l'allure des courbes de croissance sont très variables selon la race et le type morphologique des chatons (Moik et Kienzle, 2011). Peu de publications étudient spécifiquement la croissance physiologique du chaton en considérant son groupe racial. De plus, les facteurs extrinsèques (environnementaux)

et intrinsèques (maternels, gestationnels et génétiques) affectant la courbe de croissance n'ont été que très peu étudiés dans l'espèce féline.

L'objectif de notre étude a été tout d'abord d'identifier les paramètres influençant la croissance des chatons entre la naissance et l'âge de 2 mois puis de produire des courbes de référence spécifiques de race. Au préalable à ces analyses, une base de données de grande taille ($N_{\text{Total}} = 5943$) a été construite à l'échelle nationale.

Cette thèse est construite sous la forme d'une thèse expérimentale. Elle est donc composée d'une partie reprenant les démarches pour constituer la population d'étude, associée à une analyse des résultats et à une discussion qui compare ces résultats à ceux de la littérature.

.....
Première partie

-

Matériel et méthodes
.....

I. Construction du jeu de données

a) Recueil des données

Entre janvier 2016 et mars 2020, les éleveurs de chats en France ont été sollicités par différentes approches afin de récupérer suffisamment de données pour le projet :

- Les recherches sur Internet (www.chats-de-france.com ; www.pawpeds.com ...) ont permis d'identifier les coordonnées électroniques d'éleveurs de chats.
- Les éleveurs inscrits aux clubs de races félines, affiliés au Livre Officiel des Origines Félines (LOOF) ont été contactés pour participer à l'étude.
- Les différentes expositions félines organisées à Toulouse ont également permis de démarcher directement les éleveurs et les sensibiliser au projet.
- Les éleveurs inscrits au réseau Neocare (www.neocare.pro) ont également été sollicités.

Un courrier électronique individuel détaillant le projet de l'étude a été par la suite envoyé et les éleveurs ont été conviés à transmettre leurs informations. Dans certains cas, des relances ont été nécessaires.

Pour faire suite au courrier électronique, les éleveurs motivés ont pu partager les suivis de poids de leurs chatons. Les données ont été transférées sous différents formats (carnets de suivi de poids ; fichiers Excel ; photographies de documents papiers ...) et ont été confiées au centre Neocare (Centre de Néonatalogie des Carnivores, Reproduction et Élevage, ENVT).

À la réception de ces données, des informations complémentaires concernant les portées et le fonctionnement de l'élevage ont été demandées aux éleveurs (Annexe 1). En effet, dans le cadre de cette étude, les renseignements concernant les parents (poids, date de naissance, parité...) et les caractéristiques de la portée (date de saillie et de mise bas, nombre de chatons nés vivants et de mort- nés, sexe, poids de naissance...) ont été nécessaires.

b) Saisie et enregistrement des données

L'attribution d'un numéro de dossier pour chaque portée a permis de faciliter le repérage et conserver l'anonymat des éleveurs. Ainsi, toutes les données recueillies ont été retranscrites dans un fichier Excel.

Les réponses incomplètes ou erronées concernaient généralement le poids et le jour de naissance des chatons, la présence de mort-nés dans la portée et les incohérences entre le jour de pesée et le poids de l'animal. Lorsque plusieurs poids ont été notifiés dans une même journée, seul le poids correspondant à la pesée matinale a été retenu sur l'ensemble du suivi. Pour les poids non mentionnés à une date, aucune valeur n'a été spécifiée dans la case correspondante.

Les données manquantes (renseignements sur les parents et portées) ont pu aussi être récupérées sur le site de l'élevage mais également sur d'autres sites tels que : www.pawpeds.com et www.loof.asso.fr.

c) Sélection des données

Une première sélection s'est effectuée dans la population initiale afin d'exclure les chatons qui ne répondaient pas aux exigences de l'étude. En effet, l'intérêt du projet a reposé sur l'élaboration d'une base de données « croissance » ce qui a exclu les chatons mort-nés et ceux dont le statut (mort ou vivant) était inconnu à la naissance.

Les relevés de poids ont été effectués par les éleveurs et ont débuté au jour de naissance (noté J0) dans la base de données jusqu'au 60^{ème} jour dans le cas où le suivi a été complet. Certains suivis comportaient des moyennes de poids, calculées par les éleveurs lorsqu'ils ont omis un suivi de pesée à un jour donné. Ces moyennes ont été effacées du fichier Excel afin de conserver uniquement des valeurs de poids brutes. Lorsqu'il manquait trop d'informations pour une portée donnée, telles que le nom des parents, leur date de naissance, leur poids et la situation de l'élevage, l'ensemble a été supprimé de la base de données.

Les valeurs incohérentes repérées au cours de la saisie (un poids de 3500g au 3^{ème} jour de vie ou une date de mise-bas antérieure à la date de naissance d'un des parents par exemple) ont été directement effacées si aucune correction n'a pu leur être apportée en contactant l'éleveur ou d'après les informations disponibles sur Internet.

La population sélectionnée est constituée uniquement de chatons issus d'élevages français, nés après le 01/01/2000. Les chatons en provenance d'élevages étrangers ou non localisés ont été supprimés. Seuls les chatons considérés « en bonne santé » et ayant un suivi de poids jusqu'à l'âge de 2 mois ont été conservés dans la population. Les chatons morts ou de statut inconnu entre le jour de naissance et 2 mois d'âge ont été exclus de l'étude. De même, les relevés de poids antérieurs à l'année 2000 n'ont pas été conservés dans la base de données.

Seules les races représentées par au moins 90 chatons ont été analysées. Les chatons appartenant à des races moins représentées ont été exclus de l'étude.

De plus, les chatons nés d'une mise-bas considérée comme « difficile » (nécessitant l'intervention du vétérinaire ou de l'éleveur) ont été conservés dans la base de données. Le degré de difficulté de la mise-bas a été enregistré.

II. Analyse des données

Les données collectées et répertoriées dans le fichier Excel ont été exploitées dans le but de décrire précisément la population sélectionnée.

Les représentations graphiques permettant de visualiser la distribution des données et l'influence de divers paramètres sur la croissance des chatons ont été tracées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Des représentations sous forme d'histogrammes, de tableaux croisés dynamiques et de « boîtes à moustaches » ou « box plot » ont donc été obtenues.

Les analyses statistiques, et plus particulièrement les modèles multivariés ont été quant à elles, réalisées avec le logiciel R (package lme4).

Les résultats ont été exprimés sous la forme de moyenne \pm écart type.

a) Codage et description des paramètres

Au départ, 15 facteurs ont été intégrés dans le modèle pour estimer leur impact sur la variation de la croissance (Figure 1).

Des modèles linéaires mixtes ont été construits pour estimer l'influence simultanée de l'ensemble de ces facteurs sur la variation de la croissance à des périodes données. Les résultats obtenus ont permis de distinguer 3 facteurs à effets aléatoires (le père, la mère, et l'élevage) et 12 facteurs considérés fixes.

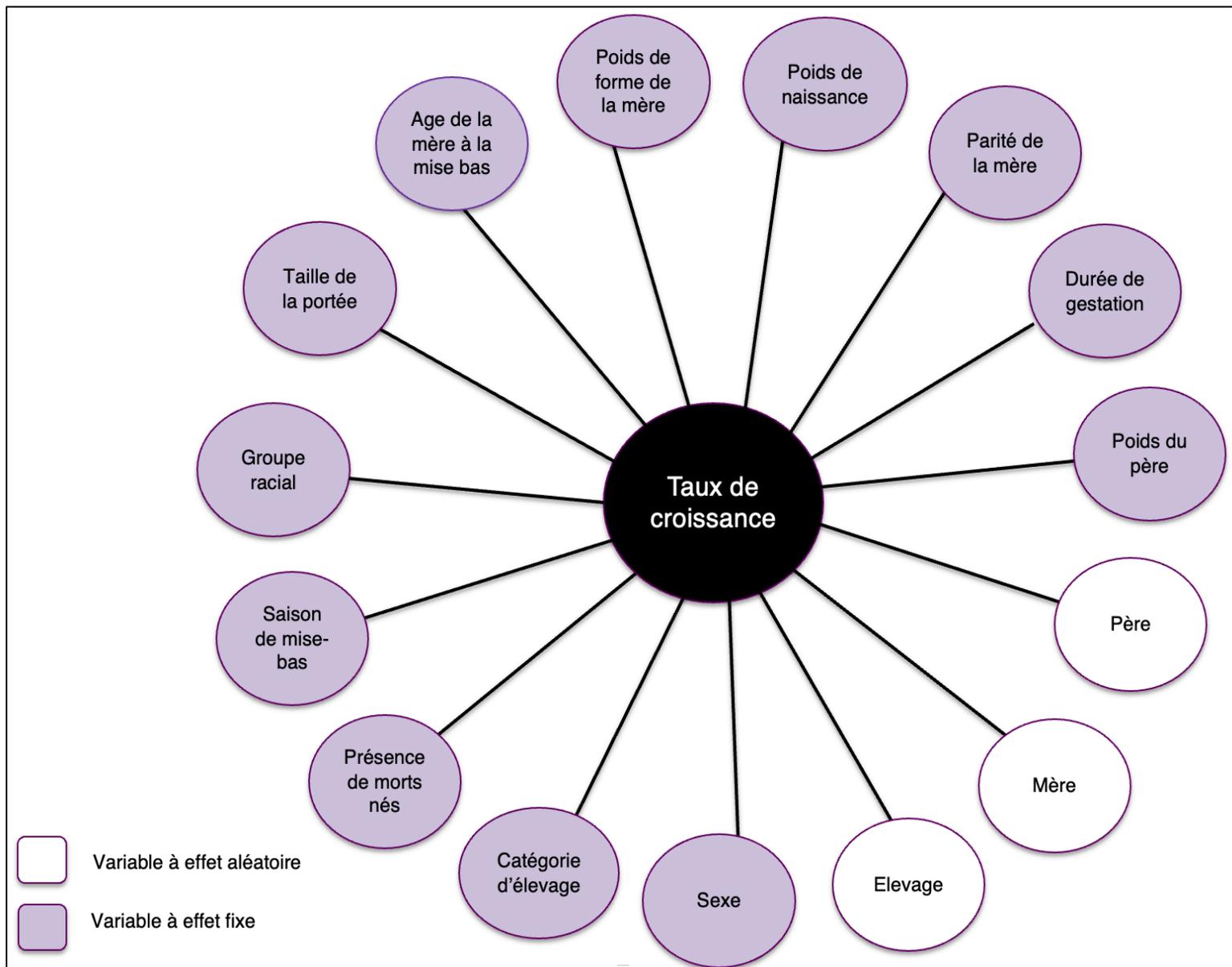


Figure 1 : Facteurs de variation de la croissance envisagés initialement dans le modèle

Plusieurs races ont été regroupées pour former le facteur « Groupe racial ». En effet, ce regroupement considère les liens génétiques qui existent entre certaines races (Menotti-Raymond et al. 2008). Par exemple, le groupe racial « Highland/Scottish » regroupe deux races apparentées puisque le Highland est la variété à poils longs du Scottish.

La taille de la portée a été définie par le nombre total de chatons présents à la naissance dans la portée concernée, vivants ou morts.

La parité de la mère a été définie par le nombre de portées de la mère reproductrice avant la portée étudiée.

L'âge de la mère à la mise-bas a été déterminé par le nombre de jours qui séparent la date de naissance de la femelle reproductrice du jour de mise-bas. Une conversion de ce nombre de jours a ensuite été effectuée en nombre d'années, mois et jours.

La durée de gestation a également été calculée en soustrayant la date de saillie et la date de mise-bas pour chaque portée. Un différentiel en nombre de jours a ainsi été obtenu.

La catégorie d'élevage a permis de distinguer les élevages selon le nombre total de chatons nés par an. Les catégories 1,2 et 3 ont été définies et correspondent à des élevages où naissent respectivement moins de 10 chatons par an, entre 10 et 50 chatons par an et plus de 50 chatons par an.

b) Facteurs de variation de la croissance des chatons du modèle final

D'une part, pour se soustraire de toutes les instabilités qui pourraient fragiliser et réduire la qualité du modèle, les paramètres ayant un trop grand nombre de données manquantes n'ont pas été comptabilisés dans la suite de l'étude. Un seuil de 30% de données manquantes pour un paramètre donné a été fixé. Le Tableau 1 résume les paramètres retirés de l'analyse.

Tableau 1 : Récapitulatif des pourcentages de données manquantes calculés à partir de la base de données ($N_{\text{Total}} = 5943$) pour les paramètres initialement prévus dans le modèle. Les données grisées correspondent aux paramètres non retenus pour l'étude (>30% de données manquantes)

	Paramètre étudié	Nombre de données manquantes	Pourcentage de données manquantes
Mère	Nom de la mère reproductrice	493	8,3%
	Age de la mère à la mise-bas	1466	24,6%
	Parité de la mère	3938	66,3%
	Poids de la mère	3136	52,8%
	Saison de mise-bas	142	2,4%
	Durée de gestation	4095	68,9%
Père	Nom du père reproducteur	1273	21,4%
	Poids du père	3777	63,5%
Chatons	Poids de naissance	571	9,6%
	Sexe du chaton	279	4,7%
	Taille de la portée	1393	23,4%
	Présence de mort-nés	1468	24,7%
	Catégorie d'élevage	3536	59,4%

D'autre part, la construction des modèles linéaires mixtes a permis de visualiser la proximité de certains paramètres influant sur la croissance et considérés comme non-indépendants. Ces paramètres pourraient déstabiliser le modèle et ont donc été supprimés. Par exemple, deux chatons ayant les mêmes parents, ou provenant d'un même élevage ont un lien de proximité. De même, l'âge de la mère à la mise-bas et la parité de la mère sont deux facteurs non indépendants.

Deux autres paramètres ont complété l'étude : le taux croissance 0-2 jours et le taux de croissance 2-21 jours. Ils ont été introduits dans le modèle pour évaluer leur impact sur le taux de croissance d'une période donnée. Après vérification à l'aide du logiciel R, les facteurs retenus au final sont représentés sur la Figure 2.

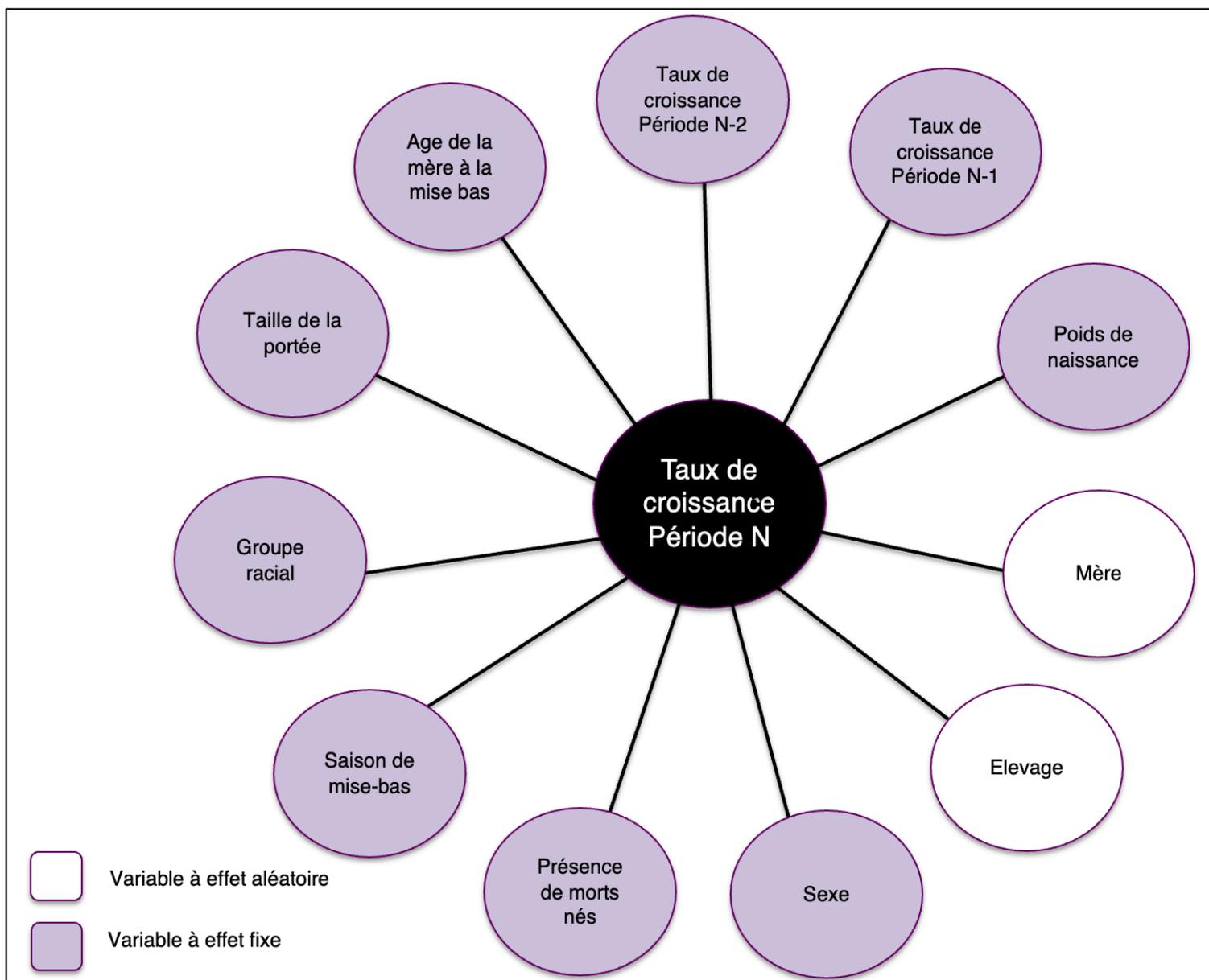


Figure 2 : Paramètres retenus pour l'analyse des taux de croissance

Au final, la liste des paramètres dont l'impact sur la croissance a été analysé est présentée dans le Tableau 2. Ces paramètres ont été découpés en plusieurs catégories afin d'obtenir une répartition homogène des valeurs entre catégorie. Cela a facilité le traitement et l'interprétation des données par la suite. Chaque paramètre est donc caractérisé par son type (qualitatif ou quantitatif) et les catégories créées pour le modèle statistique final.

Tableau 2 : Description des catégories pour chaque paramètre

Paramètre étudié	Type de variable	Catégorie					
Age de la mère à la mise-bas	Qualitative	[0-1,5] ans	[1,5-2] ans	[2-2,5] ans	[2,5-3,5] ans	[3,5-6] ans	[>6] ans
Sexe du chaton	Qualitative	Mâle			Femelle		
Présence de mort-nés	Qualitative	Présence de mort-nés dans la portée			Absence de mort-nés dans la portée		
Taille de la portée	Qualitative	Petite portée [1 à 3]		Portée moyenne [4,5]		Grande portée [6 à 10]	
Groupe racial	Qualitative	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maine Coon 2. Norvégien 3. British 4. Sacré de Birmanie 5. Sibérien 6. Persan / Exotic Shorthair 7. Ragdoll 8. Chartreux 9. Abyssin / Somali 10. Bengal 11. Balinais / Mandarin / Oriental / Siamois 12. Sphynx 13. Scottish / Highland 14. Mau Egyptien 15. Munchkin 16. Russe / Nebelung 					
Saison de mise-bas	Qualitative	Hiver : Du 1 ^{er} Décembre au 28 Février	Printemps : Du 1 ^{er} Mars au 31 Mai	Été : Du 1 ^{er} Juin au 31 Août	Automne : Du 1 ^{er} Septembre au 30 Novembre		
Poids de naissance	Quantitative	Poids de naissance (en grammes)					
Taux de croissance	Quantitative	Taux de croissance (en pourcentage)					

Pour comprendre et quantifier l'influence biologique de chaque paramètre sur le taux de croissance d'une période donnée, nous avons complété les résultats avec les valeurs calculées de « l'effect size » ou taille d'effet. Cette mesure a permis

d'apprécier la force de l'effet significatif d'un paramètre donné sur le taux de croissance.

Le calcul de l'effect size s'appuie sur la variance expliquée par le modèle (notée η^2) et l'interprétation se base sur les seuils définis par Cohen (1988) pour définir l'ampleur de l'effet biologique observé (Tableau 3).

Tableau 3 : Seuils associés à la taille d'effet ou « effect size », selon η^2 (Cohen, 1988)

Evaluation de l'effet observé	Taille d'effet
Faible	0,02
Moyen	0,13
Élevé	0,26

En termes d'interprétation, cela signifie qu'un résultat statistiquement significatif (p -value < 0,05) mais avec un η^2 inférieur à 0,02 caractérise un effet biologique existant mais faible.

Au final, le modèle retenu a été appliqué sur trois périodes de croissance différentes. Elles sont composées des périodes néonatale précoce (0 à 2 jours), néonatale tardive (2 à 21 jours) et pédiatrique précoce (21 à 56 jours). La distinction entre ces périodes est corrélée à des causes de mortalités différentes et à une alimentation variée. En effet, l'alimentation débute par la prise colostrale (0 à 2 jours), puis lactée (2 à 21 jours) et se termine par l'introduction d'une alimentation solide (21 à 56 jours).

c) Construction des courbes de croissance

La croissance et le développement des chatons ont été abordés en étudiant le taux de croissance sur les périodes néonatale précoce, néonatale tardive et pédiatrique précoce. Le taux de croissance, exprimé en pourcentage, permet de mesurer une croissance par unité de temps. Son calcul nécessite de connaître le poids du début et de fin de la période choisie.

Un taux de croissance calculé pour la période (x à y jours de vie) se calcule comme suit :

$$\text{Taux de croissance x-y jours (en\%)} = \frac{\text{Poids}_{y \text{ jours}} - \text{Poids}_{x \text{ jours}}}{\text{Poids}_{x \text{ jours}}} \times 100$$

Ensuite, des courbes de croissance ont été construites sur Excel pour chaque groupe racial représenté par plus de 90 chatons dans la base de données et pour une population constituée de chatons ayant atteint l'âge de deux mois.

La représentation graphique de la base de données sous forme de box plot a permis de visualiser la répartition de la série statistique en intégrant le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum à différents jours de vie des chatons (Figure 3).

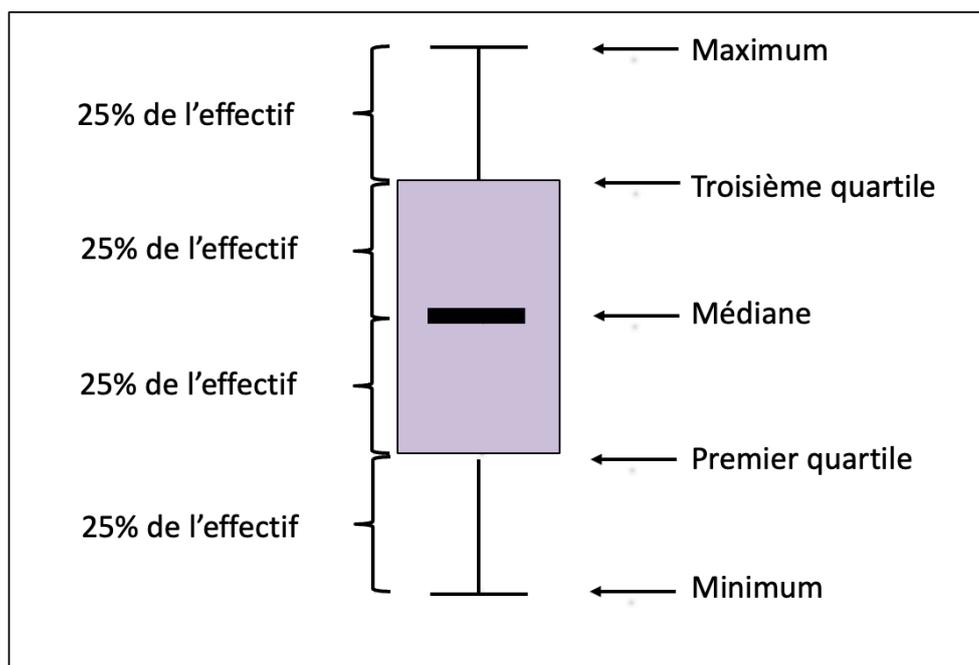


Figure 3 : Représentation graphique sous forme de box plot : minimum, q1, médiane, q3 et maximum

Un graphique pour chaque groupe racial a donc été réalisé sur une période s'échelonnant de la naissance au 60^{ème} jour de vie avec en abscisse les valeurs suivantes : J0, J1, J2, J5, J7, J10, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56, J60.

Par la suite, les courbes de croissance ont été tracées sur trois périodes différentes : 0 à 7 jours, 0 à 21 jours (période néonatale précoce et tardive) et 0 à 60 jours. En s'intéressant à la première semaine de vie, on obtient une meilleure visibilité sur l'évolution du poids au début de la période néonatale.

Ainsi, pour chaque jour de la période considérée et pour chaque race, des courbes non lissées et continues ont été représentées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Elles font figurer les centiles 5 et 95, les déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90, la médiane ainsi que le premier et troisième quartile.

A l'issue de ces graphiques, des courbes de tendance lissées, sous forme de fonctions polynomiales du second degré ($y=ax^2+bx+c$) ont été tracées et ont permis d'obtenir des courbes de croissance finales, non biaisées par le manque de données disponibles pour certains jours.

Le Gain Moyen Quotidien, exprimé en grammes par jour, est défini par une prise de poids journalière que l'on calcule par la formule suivante :

$$\text{Gain Moyen Quotidien (GMQ)} = \frac{\text{Poids}_{t+r \text{ jour}} - \text{Poids}_{t \text{ jour}}}{r}$$

Pour chaque groupe racial, une représentation graphique sous forme de box plot a été tracée et a permis d'évaluer les variations du GMQ sur une durée couvrant la totalité de la période néonatale (0 à 21 jours). Lorsque les données étaient incomplètes pour une des deux bornes, l'information du GMQ est restée manquante.

.....
Deuxième partie

-

Résultats
.....

Cette étude a pour objectif principal l'analyse de la croissance pondérale d'un chaton, de sa naissance jusqu'au 60^{ème} jour de vie. Dans un premier temps, à l'aide des méthodes développées précédemment, nous décrivons la population d'étude dans son ensemble. Puis, nous évaluerons l'influence de divers paramètres sur le taux de croissance développé sur 3 périodes de croissance distinctes. Enfin, nous étudierons les courbes de croissance par race et la variabilité au sein de la population féline.

I. Description générale de la population

a) Sélection de la population

▪ La base de données

La population initiale est composée de 7740 chatons. Les chatons ne respectant pas les critères d'éligibilité ont ensuite été exclus de l'étude. La Figure 4 résume les étapes de sélection de la population.

Au final, la base de données est constituée de 5943 chatons, répartis en 16 groupes de race. Ces chatons étaient vivants à l'âge de 2 mois. Ils sont issus de 225 élevages français, et représentent 76,8% de l'effectif de la base initiale.

▪ Les groupes de race

Le regroupement des chatons selon la proximité génétique entre certaines races (Menotti-Raymond et al. 2008) a permis de constituer 5 groupes raciaux. En effet, des chatons Highland ou Scottish sont génétiquement proches puisque le Highland est la variété à poils longs du Scottish. De même, le Persan est la variété à poils longs de l'Exotic Shorthair, le Somali est la variété à poils longs de l'Abyssin et le Russe est la variété à poils mi-longs du Nebelung. Le regroupement « Balinais/Mandarin/Oriental/Siamois » considère que le Mandarin est la variété à poils longs de l'Oriental et que le Siamois/Balinais sont les variétés colorpoint de l'Oriental/Mandarin respectivement.

Le Tableau 4 résume la répartition des 5943 chatons selon 16 groupes de race.

Parmi les groupes de race formés, quatre d'entre eux sont ressortis majoritaires en termes d'effectifs de chatons : le Maine Coon (N=1012), le Norvégien (N= 840), le British (N=772) et le Sacré de Birmanie (N=745). Ces quatre groupes comptabilisent à eux seuls 56,6% de la population totale.

Dans notre jeu de données, on retrouve l'ensemble des races mentionnées dans le top 10 de la liste du LOOF : Maine Coon, Sacré de Birmanie, Bengal, Ragdoll, British Shorthair, Persan, Chartreux, Sibérien, Norvégien, Sphynx (www.loof.asso.fr).

La Figure 5 permet de comparer la distribution des races/groupes de race dans notre base de données à celle du LOOF (fondée sur le nombre de pedigrees délivrés pour chaque race/groupe de race de 2000 à 2019) : 8 races sont sur-représentées dans notre base en comparaison à la population du LOOF (Norvégien, British, Sibérien, Ragdoll, Munchkin, Mau Egyptien, le groupe « Abyssin/Somali » ainsi que le groupe « Russe/Nebelung »).

▪ **Les élevages**

La chatterie d'origine est connue pour 96,9% (5764/5943) des chatons de la population d'étude. La Figure 6 fournit la géolocalisation de l'ensemble des élevages ayant participé à la constitution de la population finale, soit 225 au total.

Le nombre de chatons renseignés par élevage varie de 1 à 352 chatons (IQR : 6 - 27 chatons) et 77% des élevages ont fourni entre 1 et 30 suivis de poids de chatons (Figure 7).

La Figure 8 permet de visualiser la répartition des chatons et des élevages selon le groupe racial. Les données des groupes « Maine Coon » et « Sacré de Birmanie » proviennent d'un grand nombre d'élevages. En effet, 32 élevages ont transféré leurs informations concernant les chatons « Sacré de Birmanie » avec un effectif de 745 individus pour ce groupe. Ce groupe est classé en 5^{ème} position en termes d'effectifs alors qu'il recense un plus grand nombre d'élevages que le groupe « British » classé en 4^{ème} position avec un effectif de 772 chatons.

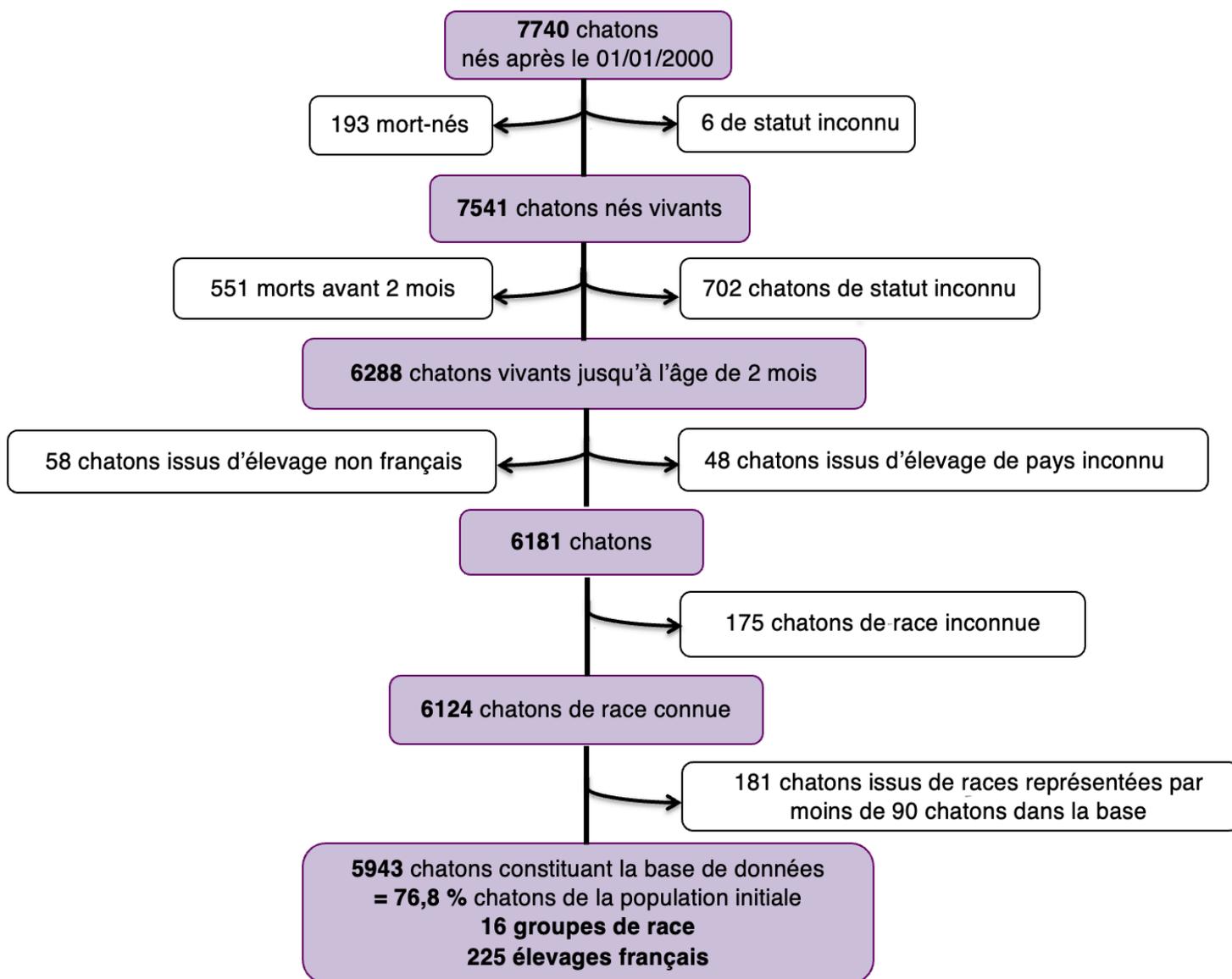


Figure 4 : Diagramme de flux récapitulant les étapes de sélection de la population d'étude finale

Tableau 4 : Effectif de la population et répartition du nombre d'élevages en fonction des races/groupes de race (N_{Total} = 5943)

Groupe racial	Effectif de chatons	Nombre d'élevages	Pourcentage de la population totale
Maine Coon	1012	41	17%
Norvégien	840	18	14,1%
British	772	21	13%
Sacré de Birmanie	745	32	12,5%
Sibérien	451	15	7,6%
Persan / Exotic Shorthair	356	22	6%
Ragdoll	324	7	5,4%
Chartreux	289	8	4,9%
Abyssin / Somali	260	9	4,4%
Bengal	188	10	3,2%
Balinais / Mandarin / Oriental / Siamois	154	8	2,6%
Sphynx	139	12	2,3%
Scottish / Highland	116	12	2%
Mau Egyptien	110	6	1,9%
Munchkin	95	1	1,6%
Russe / Nebelung	92	3	1,5%
TOTAL	5943 chatons	225 élevages	100%

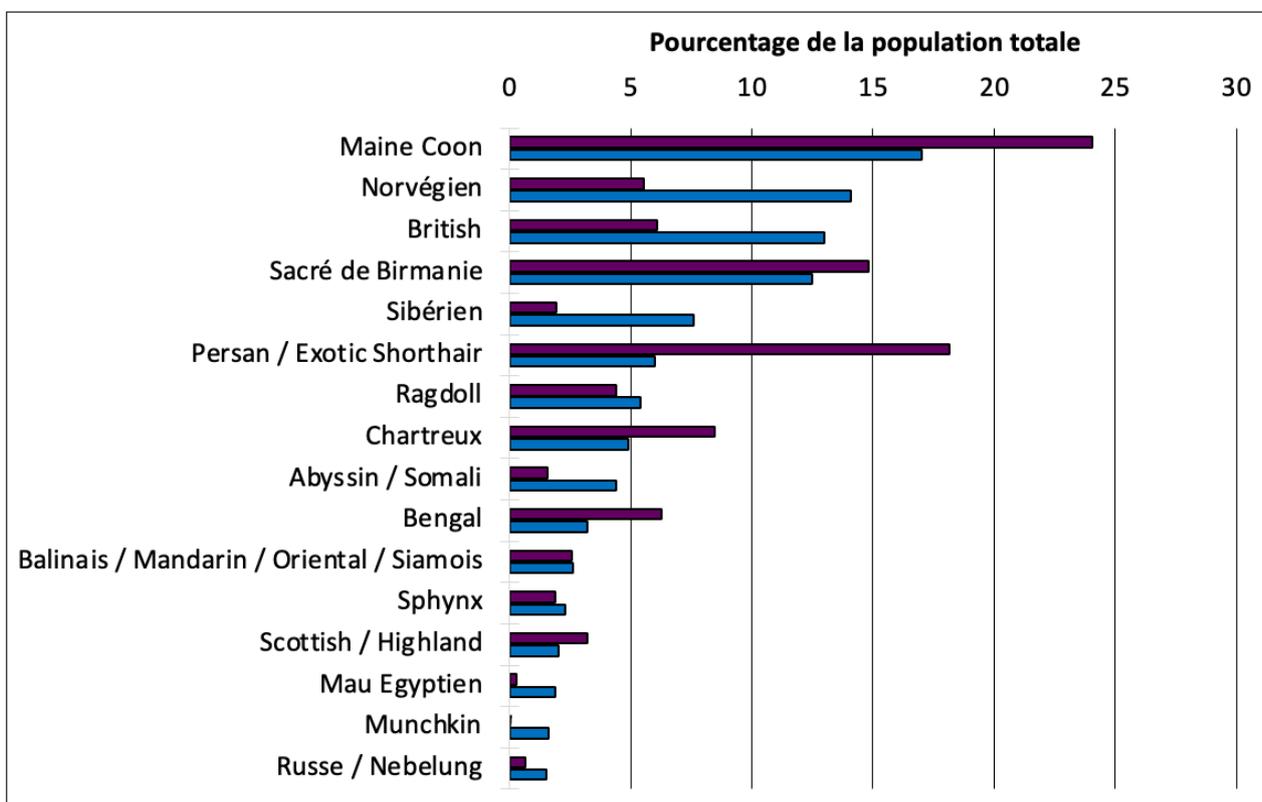


Figure 5 : Comparaison de la population étudiée (N_{Total} = 5943) à celle du LOOF (N = 457697 pedigrees délivrés de 2000 à 2019). Les groupes de race sont classés par effectifs décroissants dans la population d'étude.

En violet : Données du LOOF (nombre de pedigrees délivrés par le LOOF pour chaque race/groupe de race rapportés au nombre total de pedigrees délivrés par le LOOF entre 2000 et 2019).

En bleu : Données de la base d'étude (nombre de chatons pour chaque race/groupe de race rapportés au nombre total de chatons constituant la base de données).

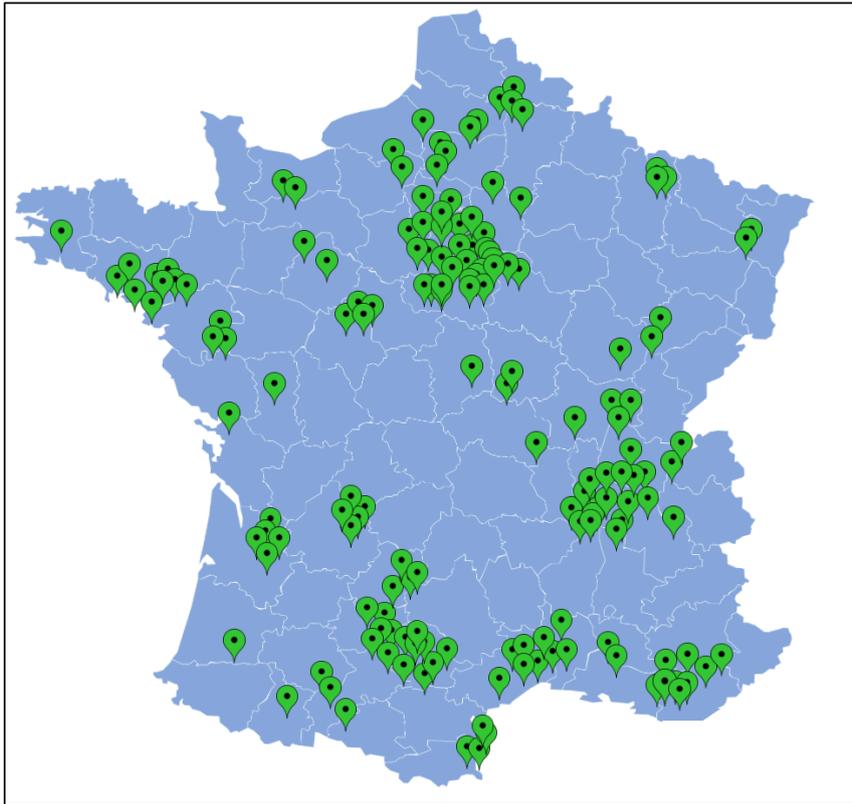


Figure 6 : Géolocalisation des élevages en France de la population finale (N = 225)

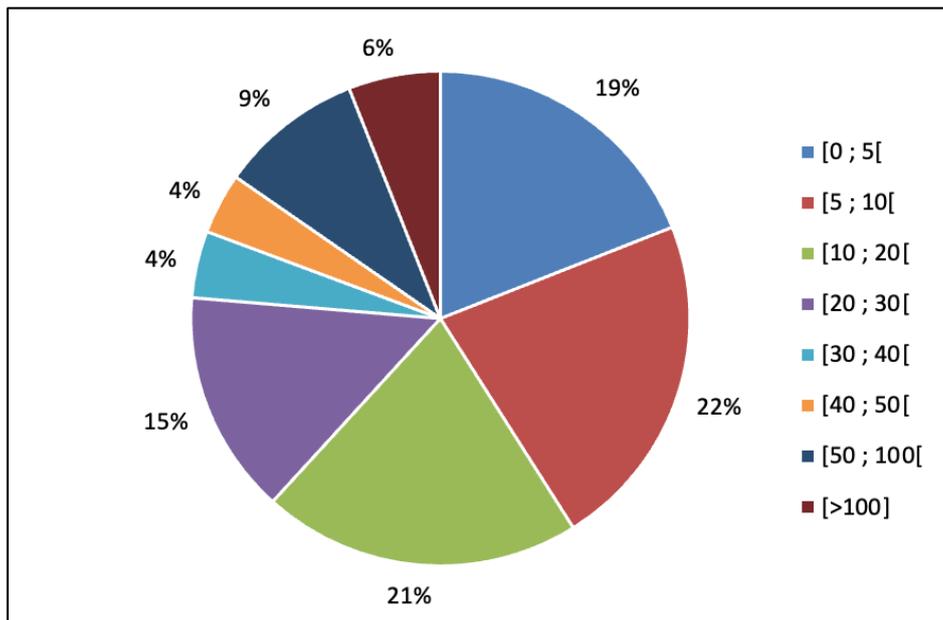


Figure 7 : Nombre de chatons ($N_{\text{Total}} = 5943$) enregistrés par élevage (N = 225)

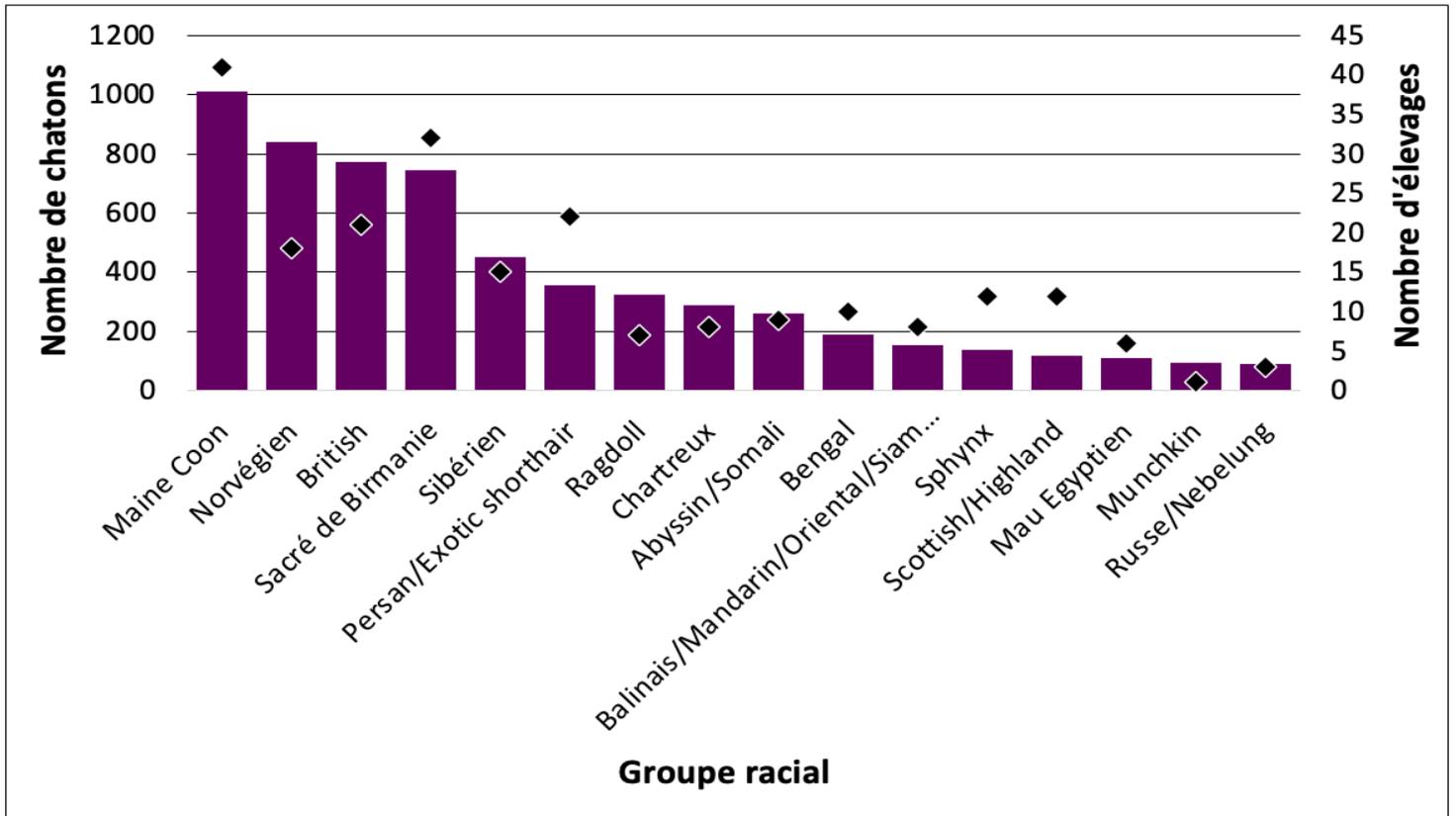


Figure 8 : Distribution des chatons ($N_{\text{Total}} = 5943$; barres) et des élevages ($N = 225$; losanges) selon le groupe racial des chatons

b) Description des variables

▪ **Sexe des chatons**

La population de chatons est constituée de 2641 femelles, 3023 mâles et de 279 chatons dont le sexe n'est pas connu (soit 4,7 % de la population totale).

Le sex ratio, défini comme le rapport du nombre de mâles sur le nombre de femelles, est de 1,14.

▪ **Taille de portée**

La taille de portée est renseignée pour 4550 chatons, soit 76,6% de la population totale (Figure 9). On recense 1667 portées (soit 28%) avec une taille de portée qui varie de 1 à 10 chatons. La moyenne est de $4,8 \pm 1,6$ chatons.

80% des chatons sont issus d'une portée avec une taille comprise entre 3 à 6 chatons.

▪ **Âge de la mère à la mise-bas**

L'âge de la mère à la mise-bas est connu pour 4480 chatons, soit 75,4% de la population totale et varie entre 7,5 mois et 12 ans (Figure 10). La moyenne est de 2 ans et 11 mois ± 1 an et 10 mois.

79% des chatons sont issus d'une mise-bas avec une mère ayant un âge compris entre 1 an et 4,5 ans.

▪ **Mois de mise-bas**

Le mois de mise-bas est indiqué pour 5801 chatons, soit 97,6% de la population totale. 68,2 % des chatons sont nés au printemps et en été (Figure 11).

▪ **Poids de naissance**

Le poids de naissance est mentionné pour 5372 chatons, soit 90,4% de la population finale. Les poids de naissance fluctuent de 36 grammes (chaton du groupe racial « Persan/Exotic Shorthair ») à 182 grammes (chaton Norvégien) avec une moyenne de 103 ± 19 grammes.

81% des chatons de la population finale ont un poids de naissance compris entre 80 et 130 grammes (Figure 12).

- **Présence de mort-nés dans la portée**

Le nombre de mort-nés par portée est signalé pour 4475 chatons, soit 75,3% de cette population. Ce nombre varie de 0 à 6 chatons par portée. 12,6% des chatons de la population finale sont issus d'une portée ayant au moins 1 mort-né.

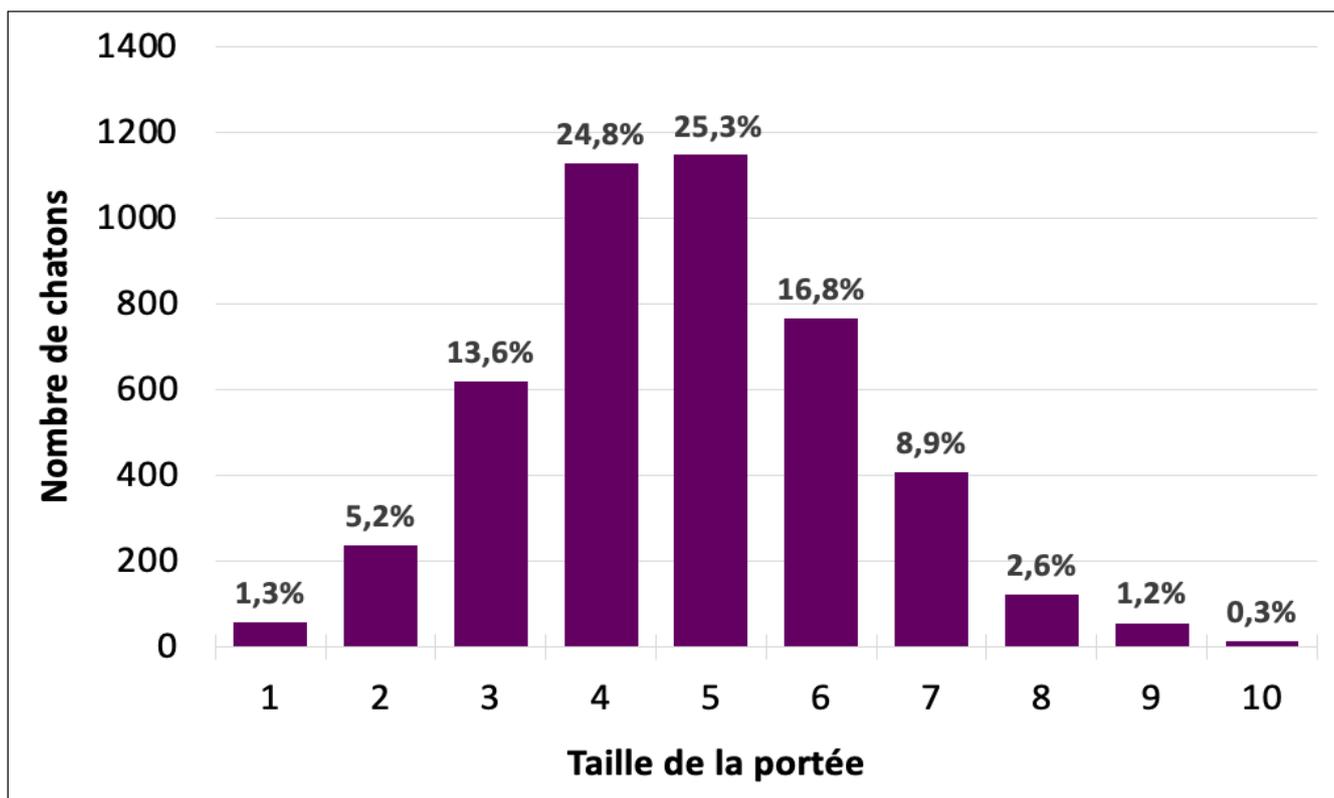


Figure 9 : Distribution des chatons ($N_{\text{Total}} = 4550$) selon la taille de portée. Les pourcentages au-dessus des barres de l'histogramme indiquent la proportion de chatons issus de portées de la taille considérée dans la population totale

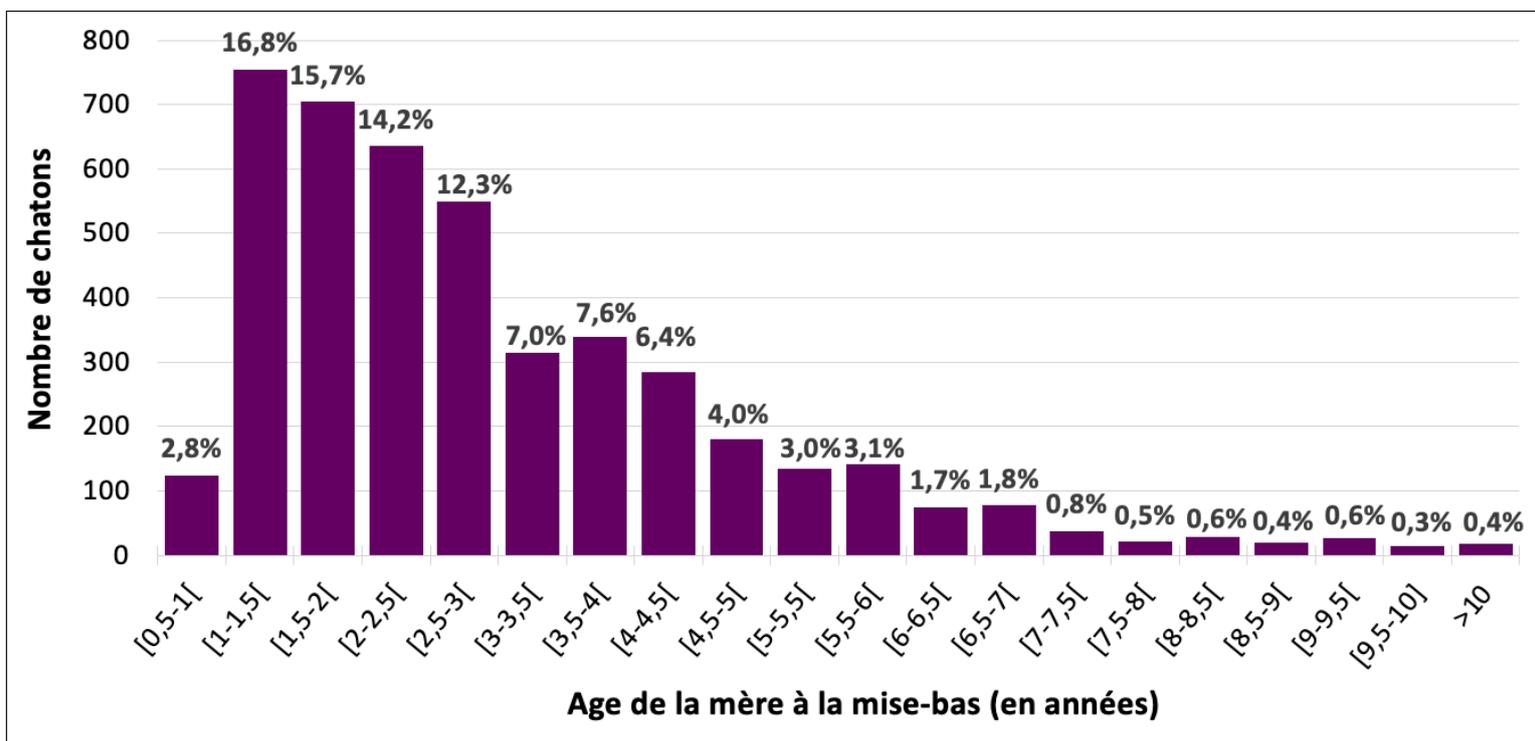


Figure 10 : Répartition des chatons ($N_{\text{Total}} = 4480$) selon l'âge de la mère à la mise-bas. Les pourcentages au-dessus des barres de l'histogramme indiquent les proportions de chatons selon l'âge de leur mère à la mise-bas

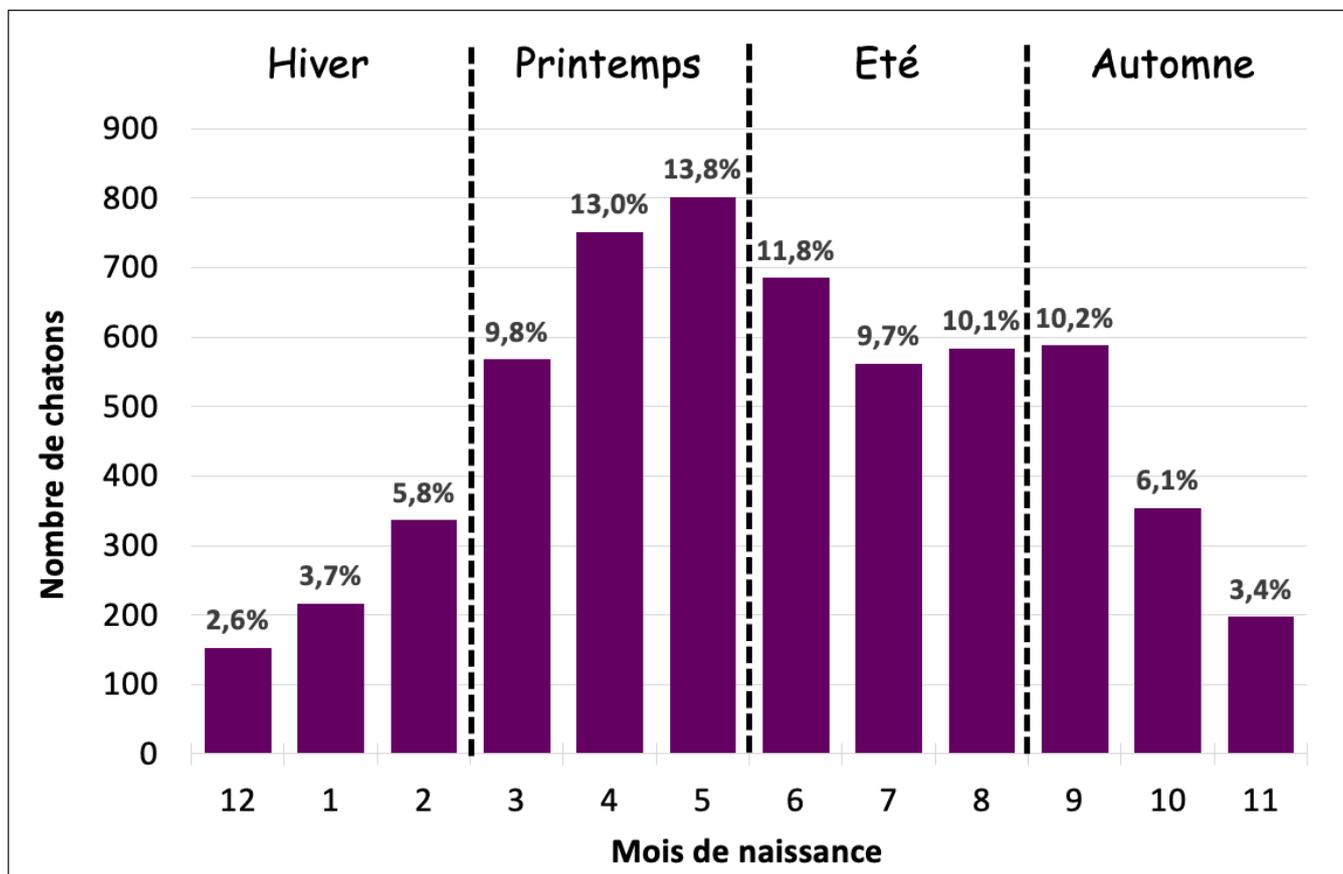


Figure 11 : Répartition des chatons ($N_{\text{Total}} = 5801$) selon le mois de naissance et la saison météorologique correspondante. Les pourcentages au-dessus des barres de l'histogramme indiquent les proportions de chatons selon le mois de mise-bas au sein de la population totale

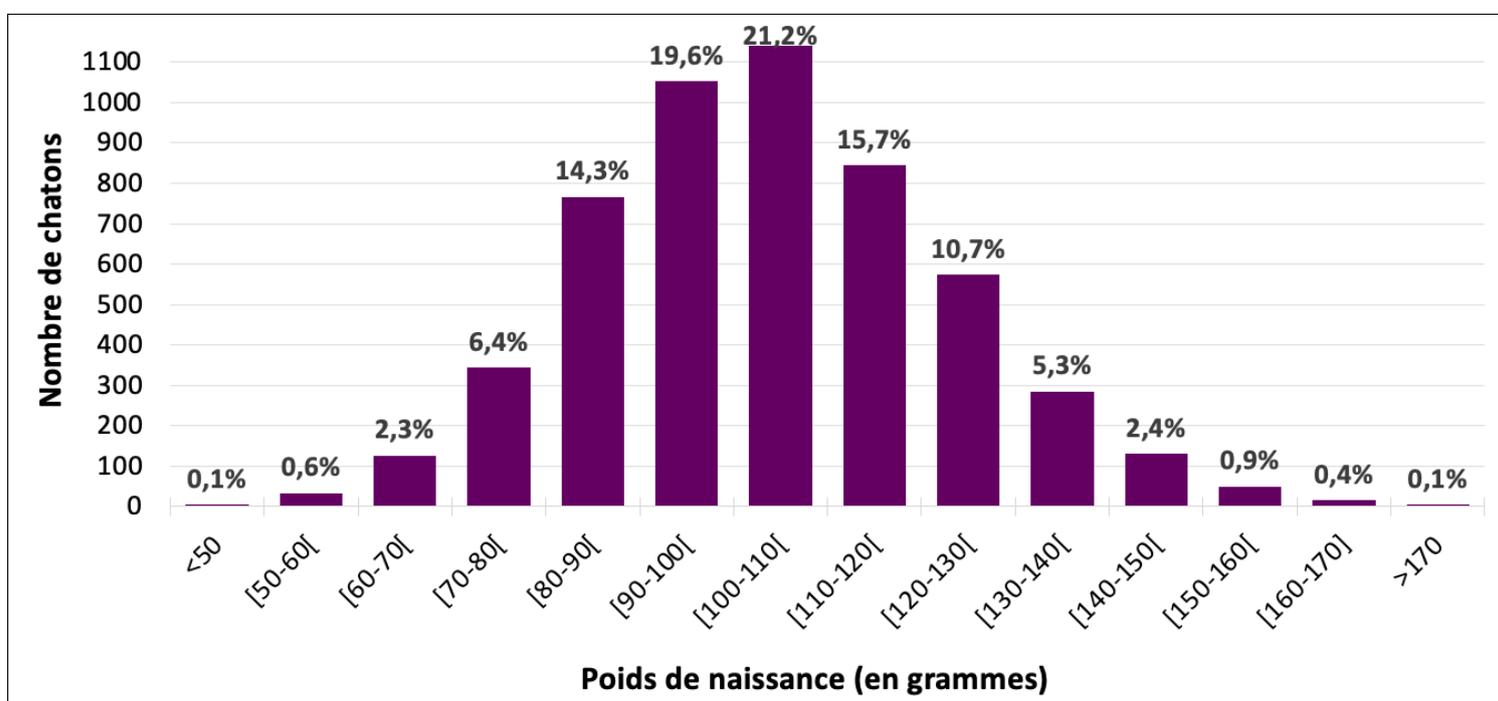


Figure 12 : Répartition des poids de naissance, toutes races confondues ($N_{\text{Total}} = 5372$). Les pourcentages au-dessus de barres de l'histogramme indiquent les proportions de chatons selon la tranche de poids à la naissance au sein de la population totale

II. Étude des paramètres influençant la croissance des chatons

Afin d'identifier les paramètres ayant une influence sur la croissance des chatons, des modèles multivariés ont été construits en découpant les deux premiers mois de vie en trois périodes : de 0 à 2 jours (période néonatale précoce), de 2 à 21 jours (période néonatale tardive) et de 21 à 56 jours (période pédiatrique précoce).

a) Croissance néonatale précoce

Le taux de croissance 0-2 jours a montré une variation entre -26,1% et 83,1% (IQR : 12,1% - 28,6%).

Sur cette période, le modèle multivarié final s'est exprimé ainsi :

Taux de croissance 0-2 jours ~ Sexe du chaton + Taille de la portée + Âge de la mère à la mise-bas + Présence de mort-nés dans la portée + Saison de mise-bas + Groupe racial + Poids de naissance + (Mère) + (Élevage).

La construction de ce modèle, a permis d'expliquer 76% de la variation du taux de croissance sur la période néonatale précoce. Les effets fixes ont expliqué 9% de cette variabilité et les effets aléatoires (la mère et l'élevage) en ont expliqué 67%.

Parmi tous les paramètres testés, seuls le groupe racial ($p < 0,001$), le poids de naissance ($p < 0,001$), la taille de portée ($p < 0,001$) et la saison de mise-bas ($p = 0,026$) ont révélé un effet significatif sur le taux de croissance 0-2 jours.

La Figure 13 synthétise la répartition du taux de croissance sur la période néonatale précoce (0 à 2 jours) selon le groupe racial. Les taux de croissance moyens en fonction du groupe racial ont montré une variation entre $15,9 \pm 12,4$ % pour les chatons Sacré de Birmanie et $28,1 \pm 14,7$ % pour les chatons du groupe « Abyssin/Somali ». La taille d'effet a révélé un effet biologique fort du groupe racial sur le taux de croissance 0-2 jours ($\eta^2 = 0,27$).

La corrélation entre le taux de croissance 0-2 jours et le poids de naissance est négative (coefficient de corrélation de Pearson $r = -0,09$; Figure 14). La taille d'effet associée présentait une valeur de 0,02 et indiquait donc un effet biologique faible.

En étudiant de plus près l'influence de la taille de portée sur le taux croissance 0-2 jours, nous avons remarqué que les moyennes du taux de croissance variaient de 19,3 % pour les grandes portées de plus de 6 chatons à 21,3% pour les portées moyennes de 4 ou 5 chatons (Figure 15). Le taux de croissance est significativement plus faible pour les grandes portées. La taille d'effet est de 0,02 ce qui correspondait à un effet biologique faible.

Quant à l'influence significative de la saison de mise-bas, le taux de croissance moyen varie de 19,8% pour les chatons nés au printemps, à 21,5% pour ceux nés en été (Figure 16). L'effet biologique est considéré faible avec une taille d'effet de 0,01 ($\eta^2 < 0,02$).

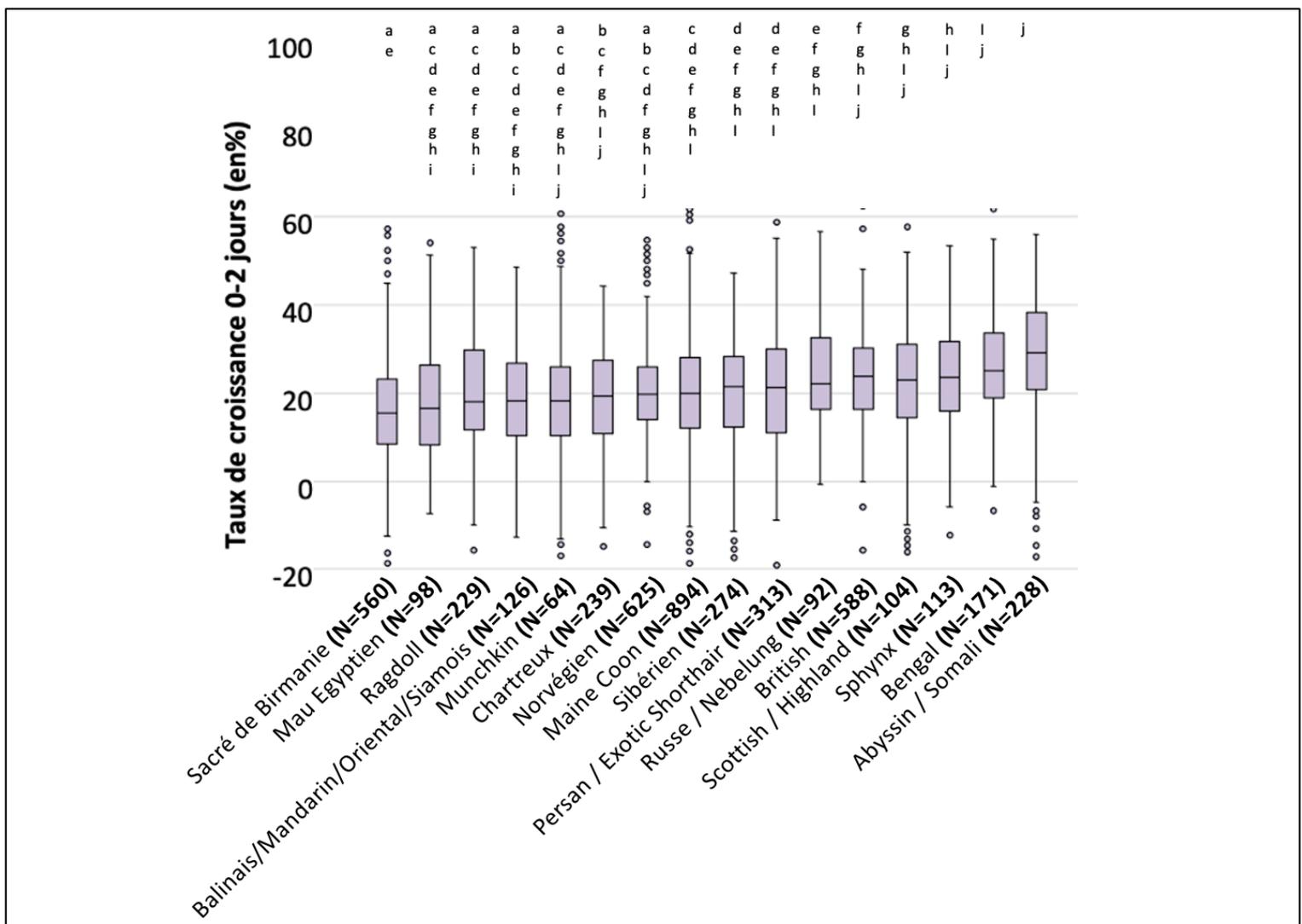


Figure 13 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours en fonction du groupe racial (N = 16). Le chiffre associé à chaque nom de race indique les effectifs de chaque groupe. Des lettres différentes au-dessus des box plots indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

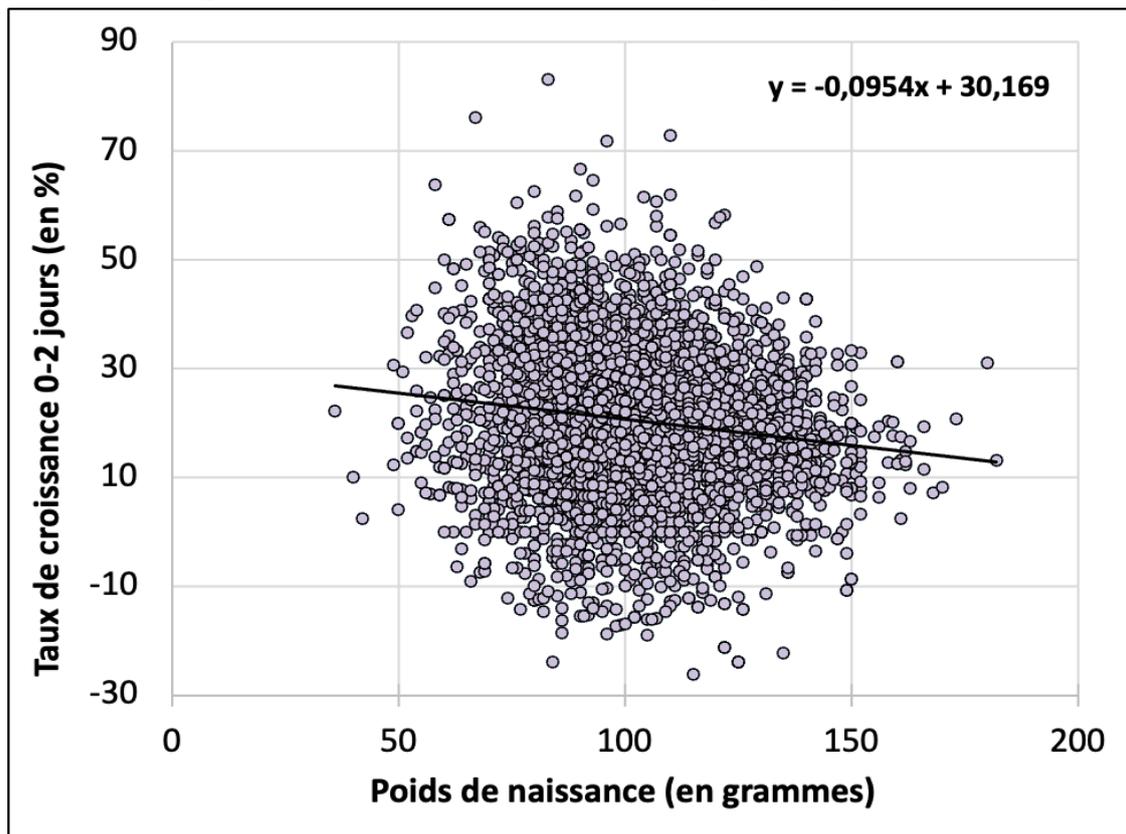


Figure 14 : Taux de croissance 0-2 jours selon le poids de naissance (N_{Total} = 4718)

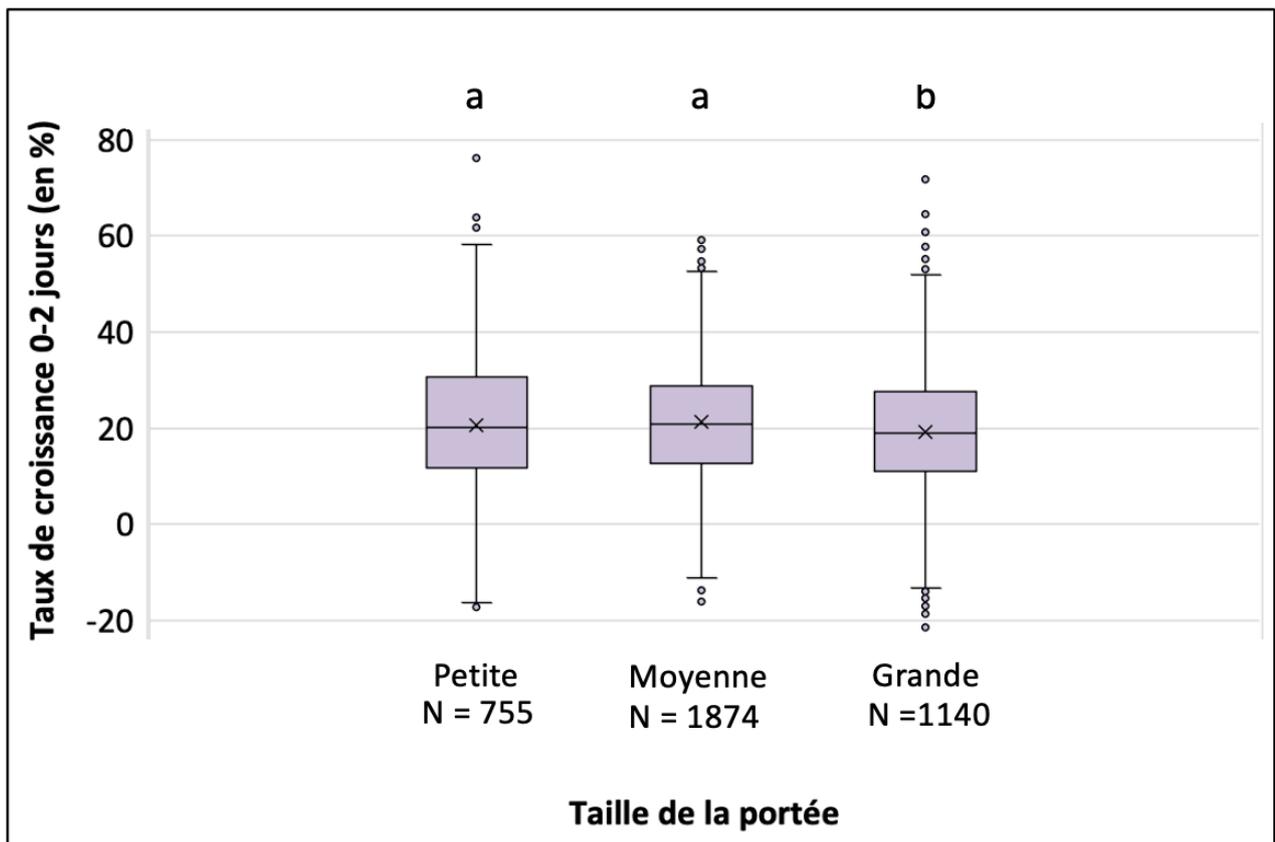


Figure 15 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours en fonction de la taille de portée. Les effectifs associés à chaque taille de portée sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 3769$). Des lettres différentes indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

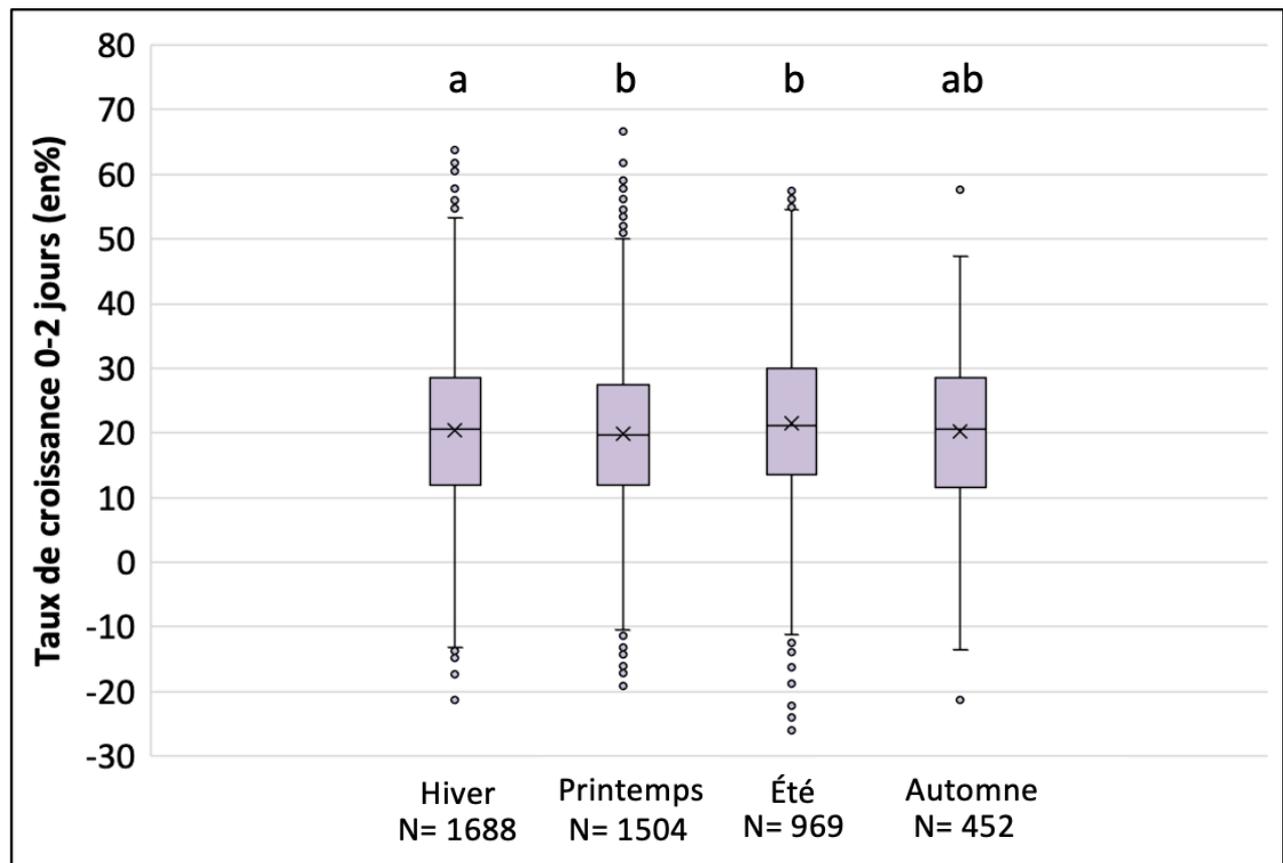


Figure 16 : Répartition du taux de croissance 0-2 jours selon la saison de mise-bas. Les effectifs associés à chaque groupe de saison sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 4613$). Des lettres différentes indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

b) Croissance néonatale tardive

Le taux de croissance 2-21 jours a montré une fluctuation entre 12,2% et 554,1% (IQR : 167,7% - 225,6%).

Le modèle linéaire mixte appliqué sur cet intervalle de jours est exprimé comme suit :

Taux de croissance 2-21 jours ~ Sexe du chaton + Taille de la portée + Âge de la mère à la mise-bas + Présence de mort-nés dans la portée + Saison de mise-bas + Groupe racial + Poids de naissance + Taux de croissance 0-2 jours + (Mère) + (Élevage).

Le modèle que nous avons développé a permis d'expliquer 76% de la variation du taux de croissance associé à la période néonatale tardive. En détail, les effets fixes ont expliqué 37% des variations étudiées, alors que les effets aléatoires en ont expliqué 39%.

Pour cette période, le modèle a montré une influence statistiquement significative du groupe racial ($p < 0,001$), du poids de naissance ($p < 0,001$), du sexe du chaton ($p < 0,001$), de la taille de portée ($p < 0,001$), du taux croissance 0-2 jours ($p < 0,001$) et de la présence ou non de mort-nés dans la portée ($p < 0,001$).

Les taux de croissance moyens variaient de $173,3 \pm 39,3$ % pour les Chartreux à $228,5 \pm 57,3$ % pour les Bengal (Figure 17). Pour distinguer les groupes significativement différents, des lettres différentes (a, b, c...) leur ont été attribuées. La taille d'effet a été évaluée à 0,47 et a montré un effet biologique fort.

Les taux de croissance moyens des femelles étaient de $198,6 \pm 48,7$ % contre $197,9 \pm 47,7$ % pour les mâles (Figure 18). La différence (0,7%) est associée à une taille d'effet faible avec une valeur de 0,01 ($\eta^2 < 0,02$).

À nouveau, le poids de naissance a exercé une influence statistiquement significative sur le taux de croissance de la période néonatale tardive ($p < 0,001$). L'effet biologique associé est considéré moyen avec une taille d'effet de 0,27. La Figure 19 représente sous forme de nuages de points, la répartition du taux de

croissance 2-21 jours en fonction du poids de naissance. Le coefficient de corrélation de Pearson ($r = -0,96$) montre une association négative entre ces deux variables.

L'effet significatif ($p < 0,001$) de la taille de portée sur le taux de croissance 2-21 jours est associé à un effet biologique faible ($\eta^2 = 0,08$). Sur cette période, les taux de croissance moyens variaient entre 195% dans les portées de taille moyenne et 206% dans les portées de grande taille (Figure 20). Les trois tailles de portée présentent des taux de croissance significativement différents les unes des autres.

La présence ou non de mort-nés dans la portée a révélé des taux de croissance moyens de $218,3 \pm 50,1\%$ lorsqu'il y avait au moins un mort-né dans la portée contre $195,2 \pm 49,4\%$ pour les portées sans mort-né (Figure 21). L'effet biologique est considéré faible avec une valeur de taille d'effet estimée à 0,05.

Pour finir, les analyses du modèle linéaire mixte ont révélé un effet significatif ($p < 0,001$) du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 2-21 jours des chatons (Figure 22). La taille d'effet associée avec une valeur de 0,25, a indiqué un effet biologique modéré à fort. Le coefficient de corrélation de Pearson montre une association négative ($r = -0,83$) entre ces deux variables. Ainsi, une croissance compensatrice entre 2 et 21 jours a pu être mise en évidence pour les chatons avec un faible de taux de croissance entre 0 et 2 jours.

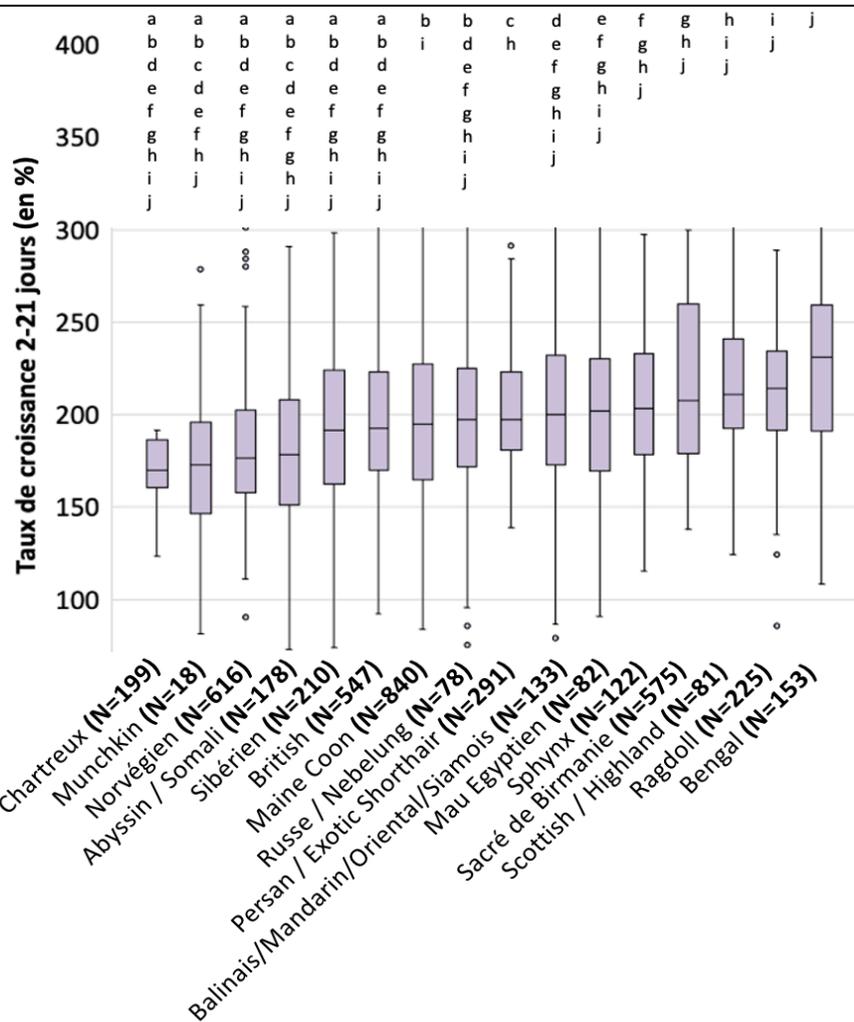


Figure 17 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du groupe racial (N = 16). Le chiffre associé à chaque nom de race indique les effectifs de chaque groupe. Des lettres différentes au-dessus des box plots indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

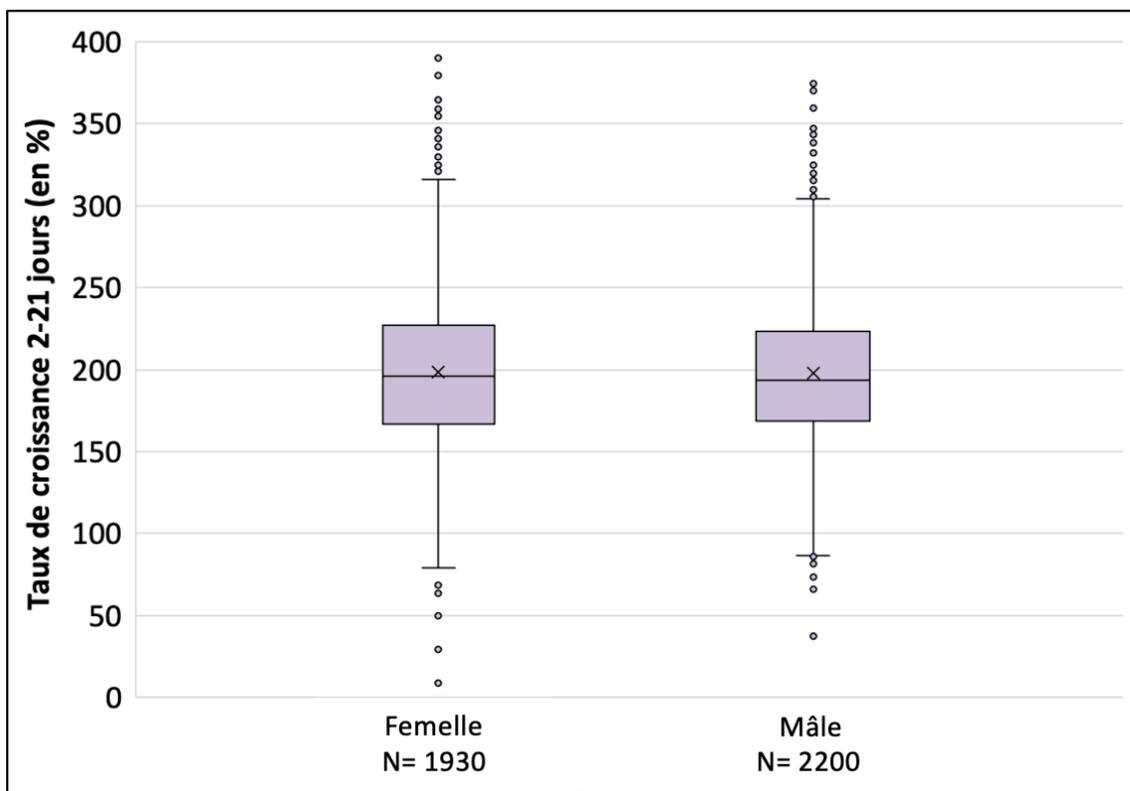


Figure 18 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours selon le sexe du chaton. Les effectifs associés à chaque groupe de sexe sont indiqués en abscisse (N_{Total} = 4130)

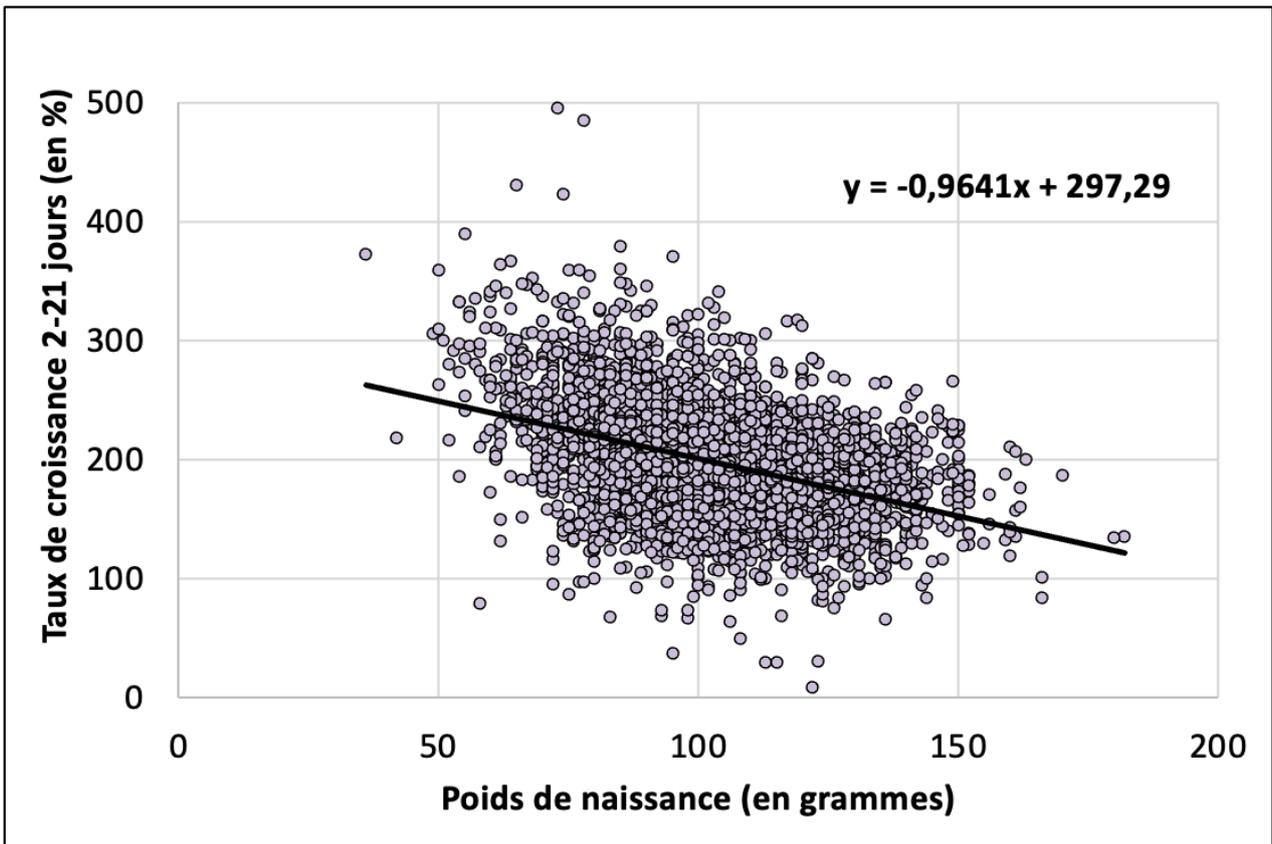


Figure 19 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du poids de naissance ($N_{\text{Total}} = 4332$)

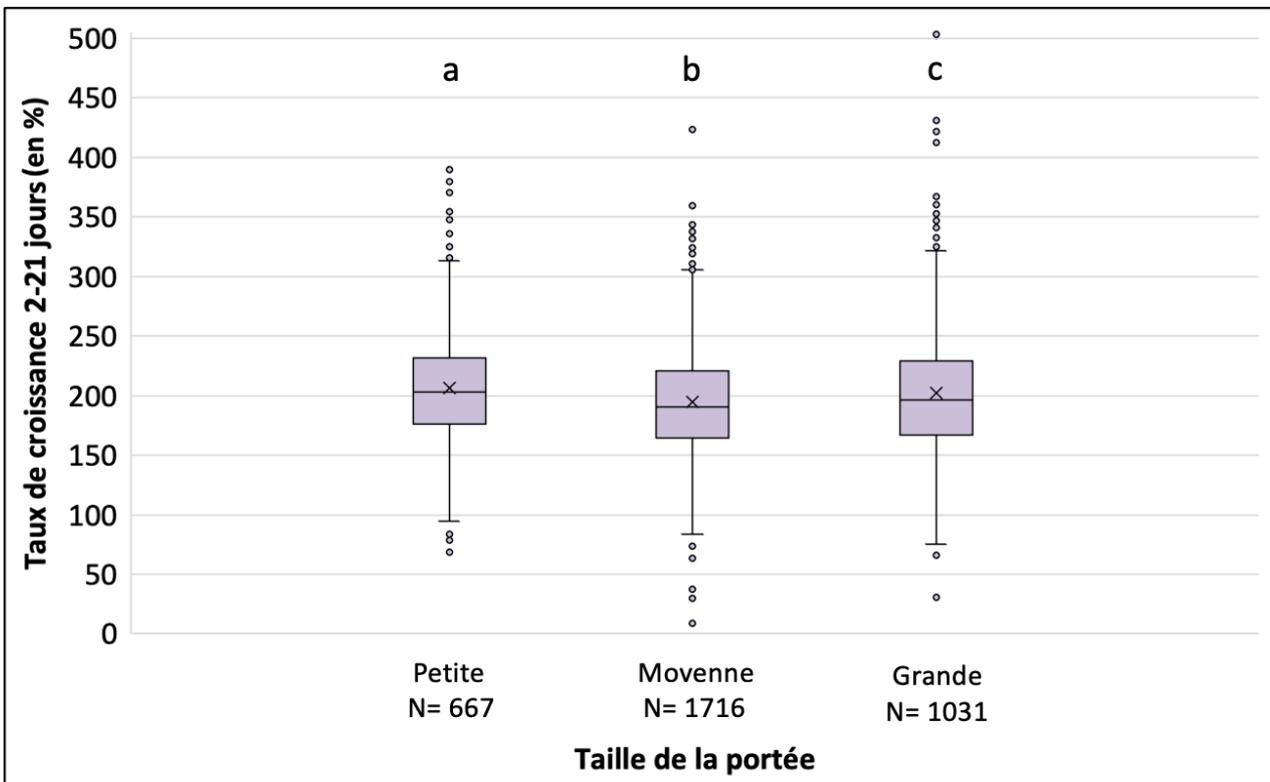


Figure 20 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction de la taille de portée. Les effectifs associés à chaque taille de portée sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 3414$). Des lettres différentes indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

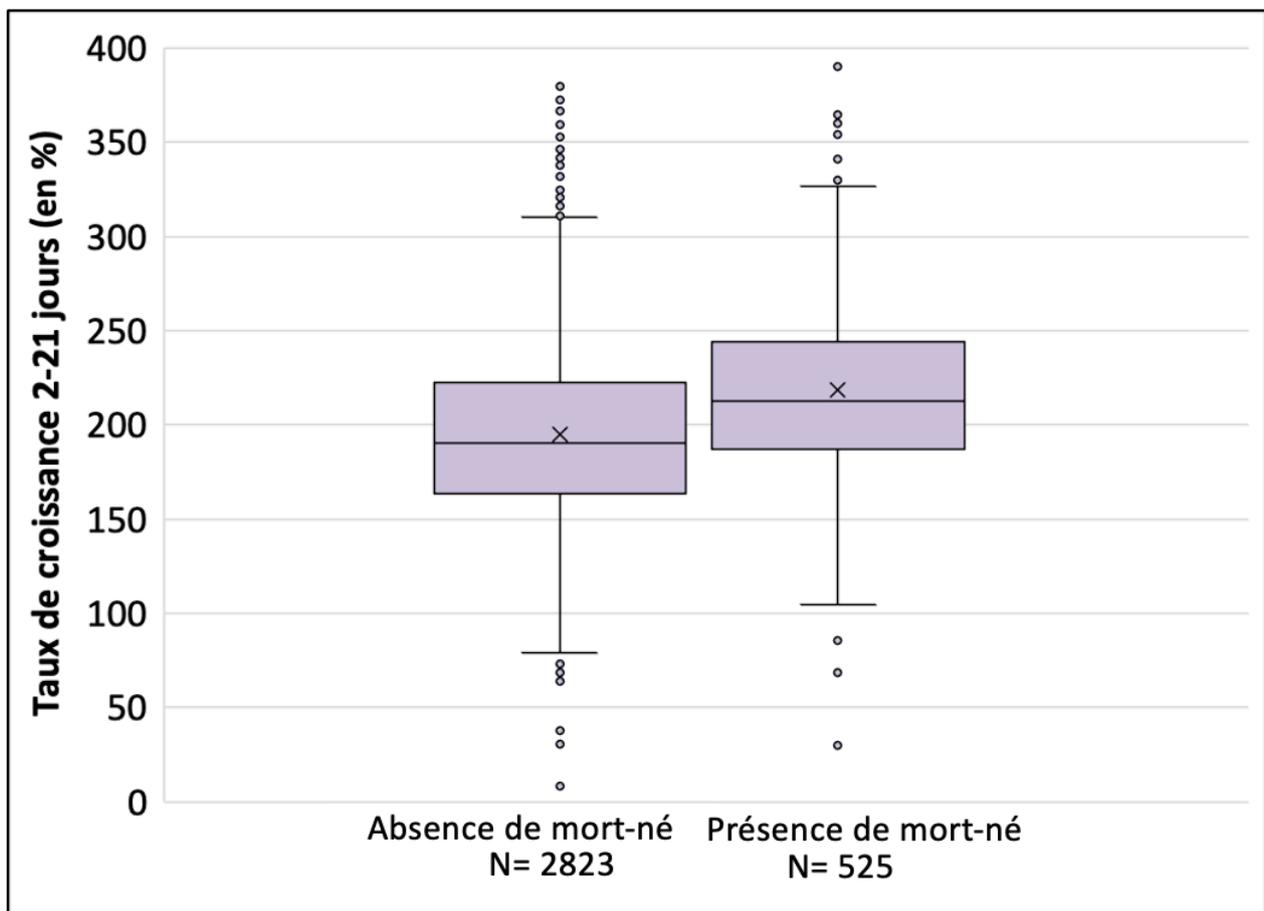


Figure 21 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction de la présence ou l'absence de mort-nés dans la portée. Les effectifs associés pour chaque groupe de portée sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 3348$)

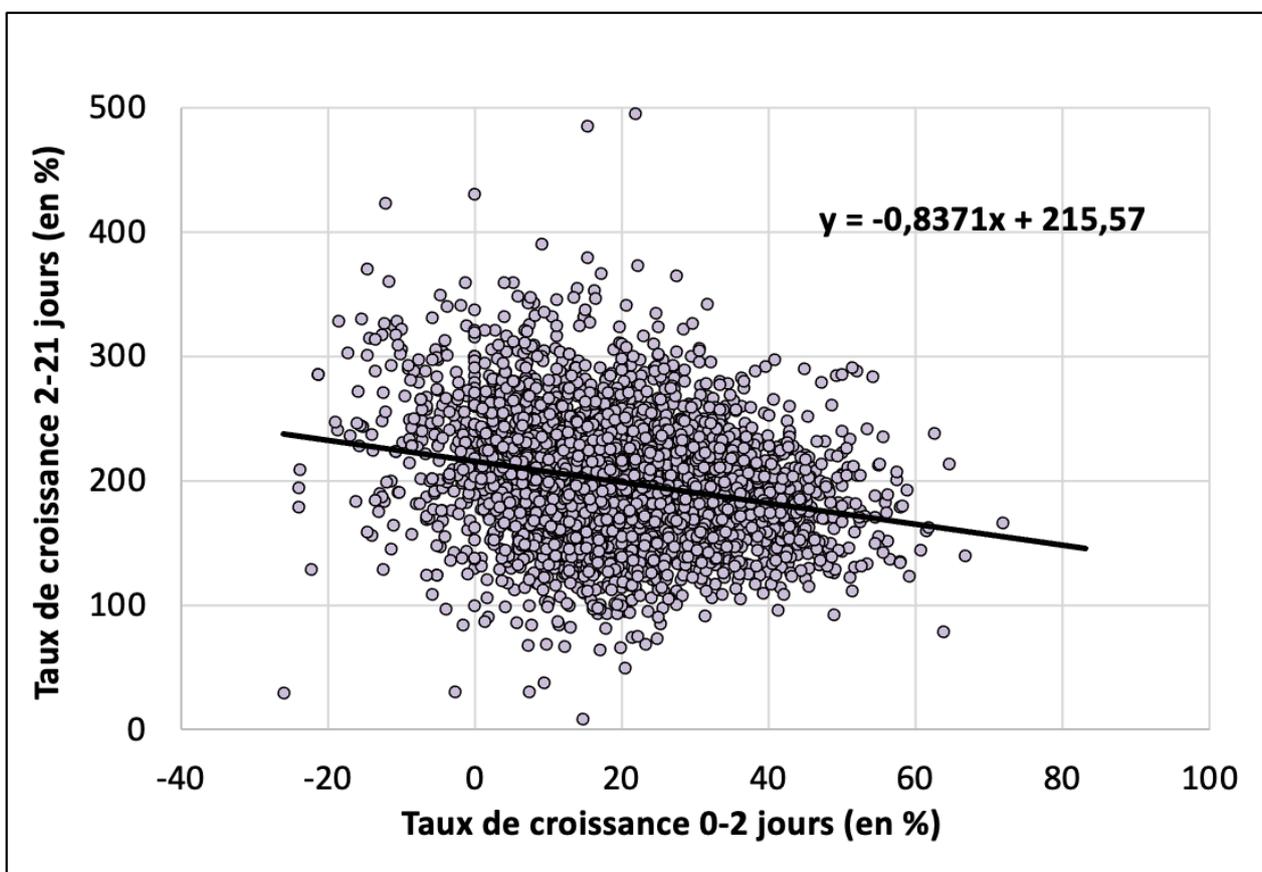


Figure 22 : Répartition du taux de croissance 2-21 jours en fonction du taux de croissance 0-2 jours ($N_{\text{Total}} = 4332$)

c) Croissance pédiatrique précoce

Le taux de croissance 21-56 jours s'échelonnait d'une valeur minimale de -11,7% à une valeur maximale de 366,3% (IQR : 130,6% - 178,8%).

Le modèle linéaire mixte développé sur cette période a été exprimé ainsi :

Taux de croissance 21-56 jours ~ Sexe du chaton + Taille de la portée + Âge de la mère à la mise-bas + Présence de mort-nés dans la portée + Saison de mise-bas + Groupe racial + Poids de naissance + Taux de croissance 0-2 jours + Taux de croissance 2-21 jours + (Mère) + (Élevage).

Le modèle élaboré a permis d'expliquer 74% de la variation du taux de croissance lié à la période pédiatrique précoce. Plus précisément, les effets fixes ont expliqué 23% de cette variabilité contrairement aux effets aléatoires qui en ont expliqué 51%.

Pour cette période, le modèle multivarié met en évidence un effet significatif de six paramètres sur le taux de croissance 21-56 jours : le groupe racial ($p < 0,001$), le sexe ($p < 0,001$), le poids de naissance ($p < 0,001$), les taux de croissance de la période néonatale précoce et tardive ($p < 0,001$) et la saison de mise-bas ($p = 0,013$).

De nouveau, le groupe racial a influencé significativement ($p < 0,001$) le taux de croissance 21-56 jours. Les taux de croissance moyens s'échelonnaient de $138,1 \pm 36,2$ % pour le groupe « Russe / Nebelung » à $170,4 \pm 36,4$ % pour les Bengal (Figure 23). Ces derniers ont présenté une croissance homogène sur la période 0-56 jours avec le taux de croissance moyen le plus élevé à partir du 21^{ème} jour de croissance. L'effet biologique est considéré fort pour ce paramètre avec une taille d'effet associée de 0,28.

Le modèle multivarié a montré pour la troisième fois, un effet statistiquement significatif ($p < 0,001$) du poids de naissance (Figure 24). La taille d'effet révèle un effet biologique faible avec une valeur de 0,14.

Quant à l'influence du sexe, les taux de croissance moyens étaient de $149,7 \pm 37,7\%$ pour les femelles contre $158,3 \pm 42,7\%$ pour les mâles (Figure 25). À l'inverse de la période néonatale tardive, les mâles ont présenté un taux de croissance moyen plus élevé que les femelles (+8,6%) sur la période pédiatrique précoce. La taille d'effet calculé à 0,09 témoigne encore une fois d'un effet biologique faible.

En ce qui concerne les taux de croissance de la période néonatale précoce (0 à 2 jours) et tardive (2 à 21 jours), le modèle linéaire mixte a indiqué une influence significative ($p < 0,001$) de ces deux périodes sur le taux de croissance 21-56 jours. La Figure 26 et la Figure 27 mettent en valeur respectivement une corrélation négative entre le taux de croissance 21-56 jours et le taux de croissance 0-2 jours d'une part ($r = -0,58$), et le taux de croissance 21-56 jours avec le taux de croissance 2-21 jours d'autre part ($r = -0,04$). Les tailles d'effets calculées dans ces deux cas expriment un effet biologique faible.

La saison de mise-bas est le dernier paramètre qui influençait significativement ($p = 0,013$) le taux de croissance 21-56 jours. Le taux de croissance variait de 152,7% pour les chatons nés en automne à 159,3% pour ceux nés au printemps (Figure 28). L'effet biologique est considéré faible ($\eta^2 = 0,03$).

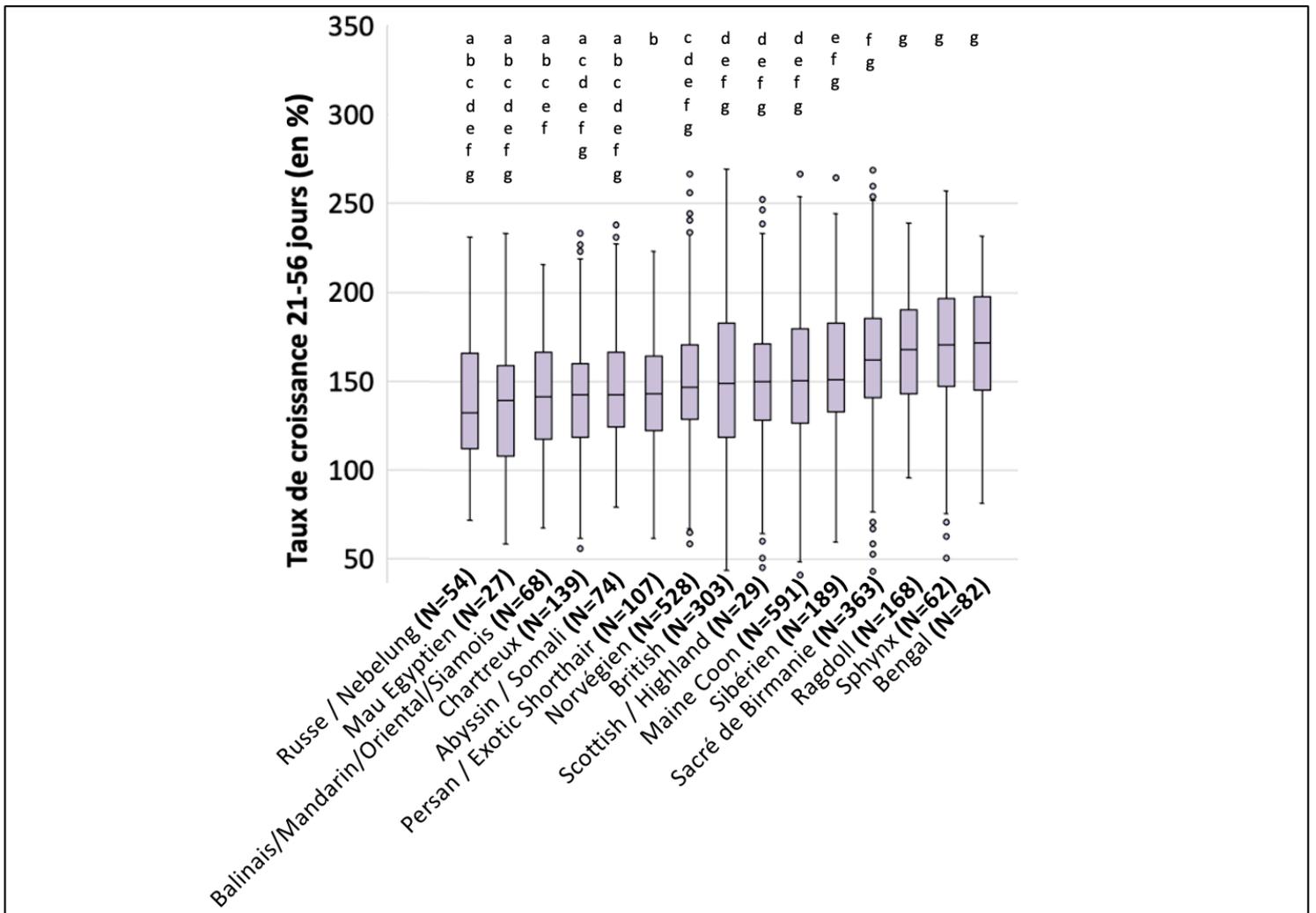


Figure 23 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du groupe racial (N = 15). Le groupe « Munchkin » n'est pas représenté en raison du manque de données le concernant. Le chiffre associé à chaque nom de race indique les effectifs de chaque groupe. Des lettres différentes au-dessus des box plots indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

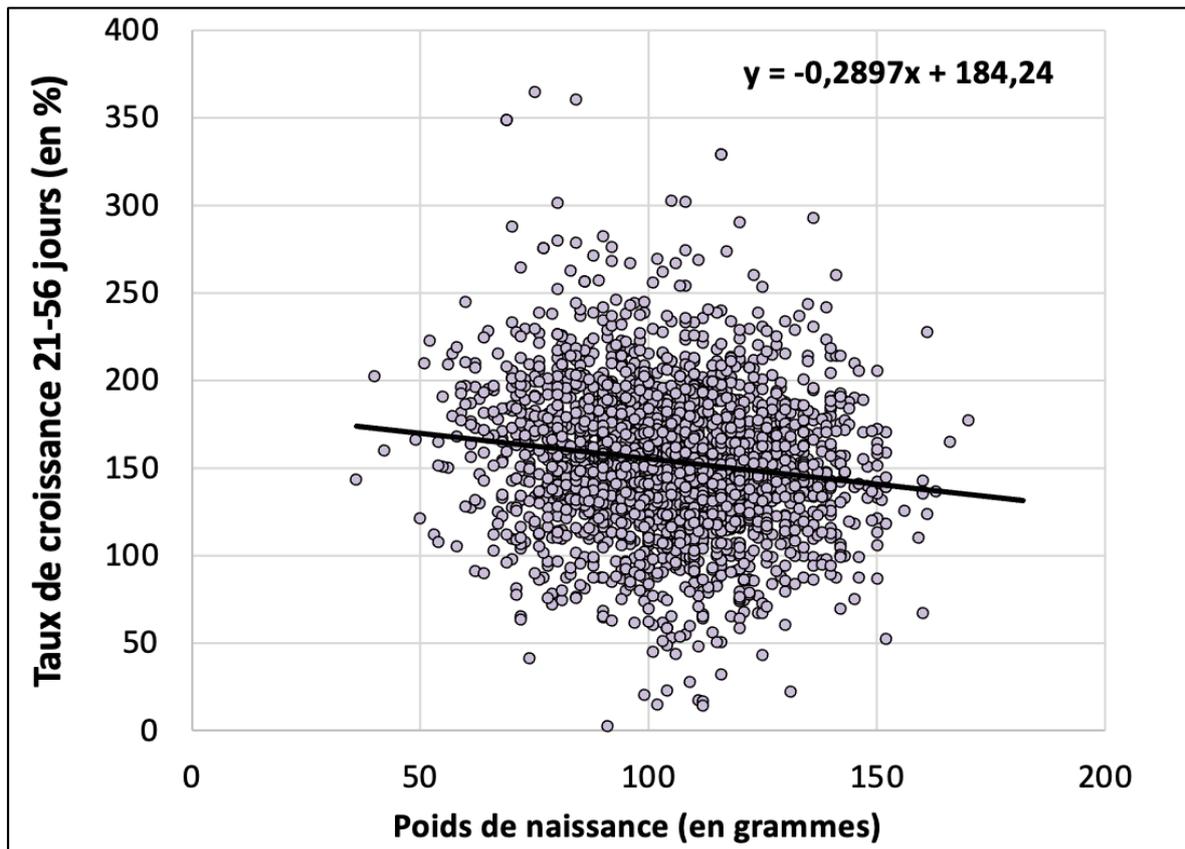


Figure 24 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du poids de naissance (N_{Total} = 2784)

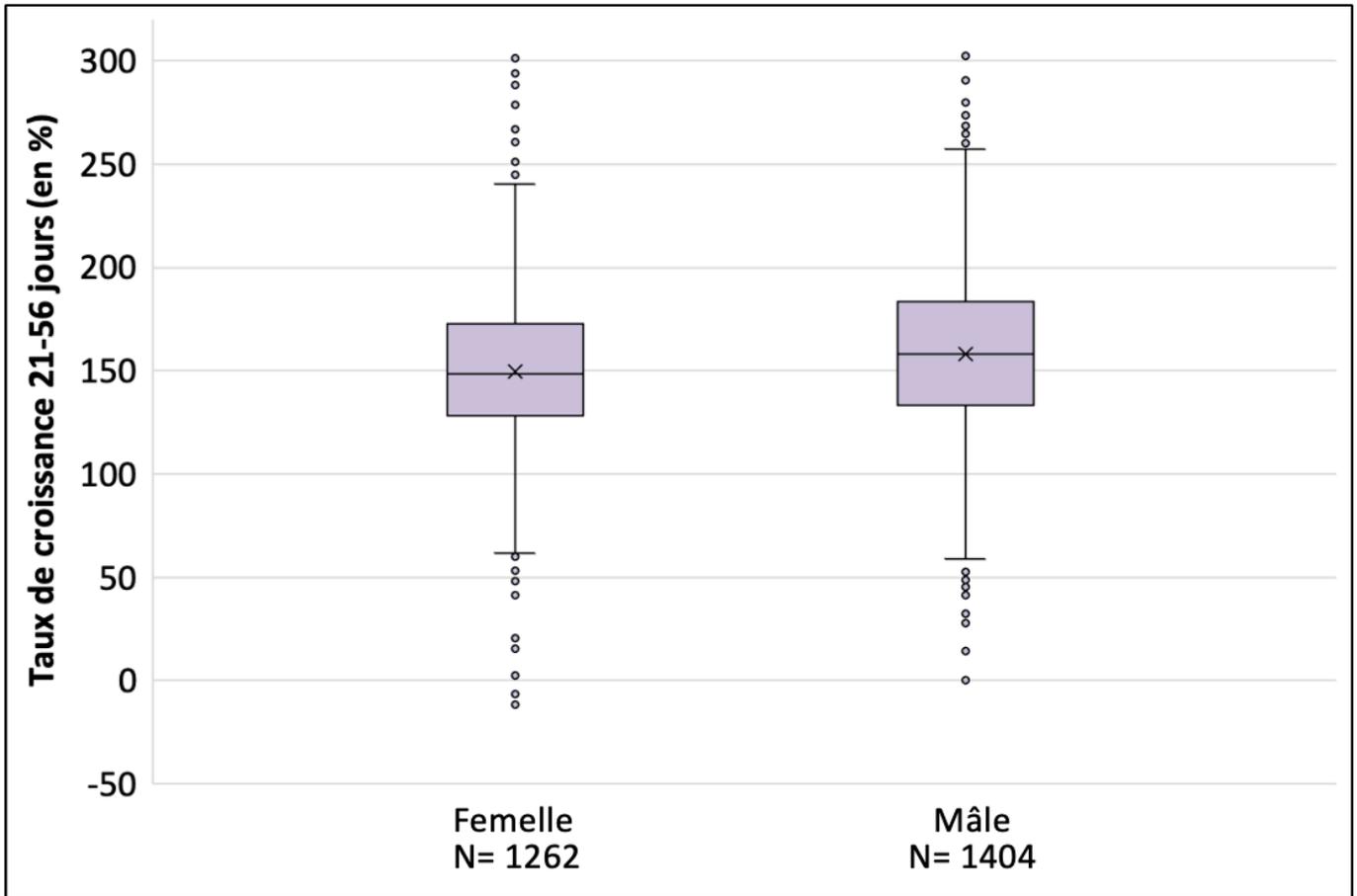


Figure 25 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours selon le sexe du chaton. Les effectifs associés à chaque groupe de sexe sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 2666$)

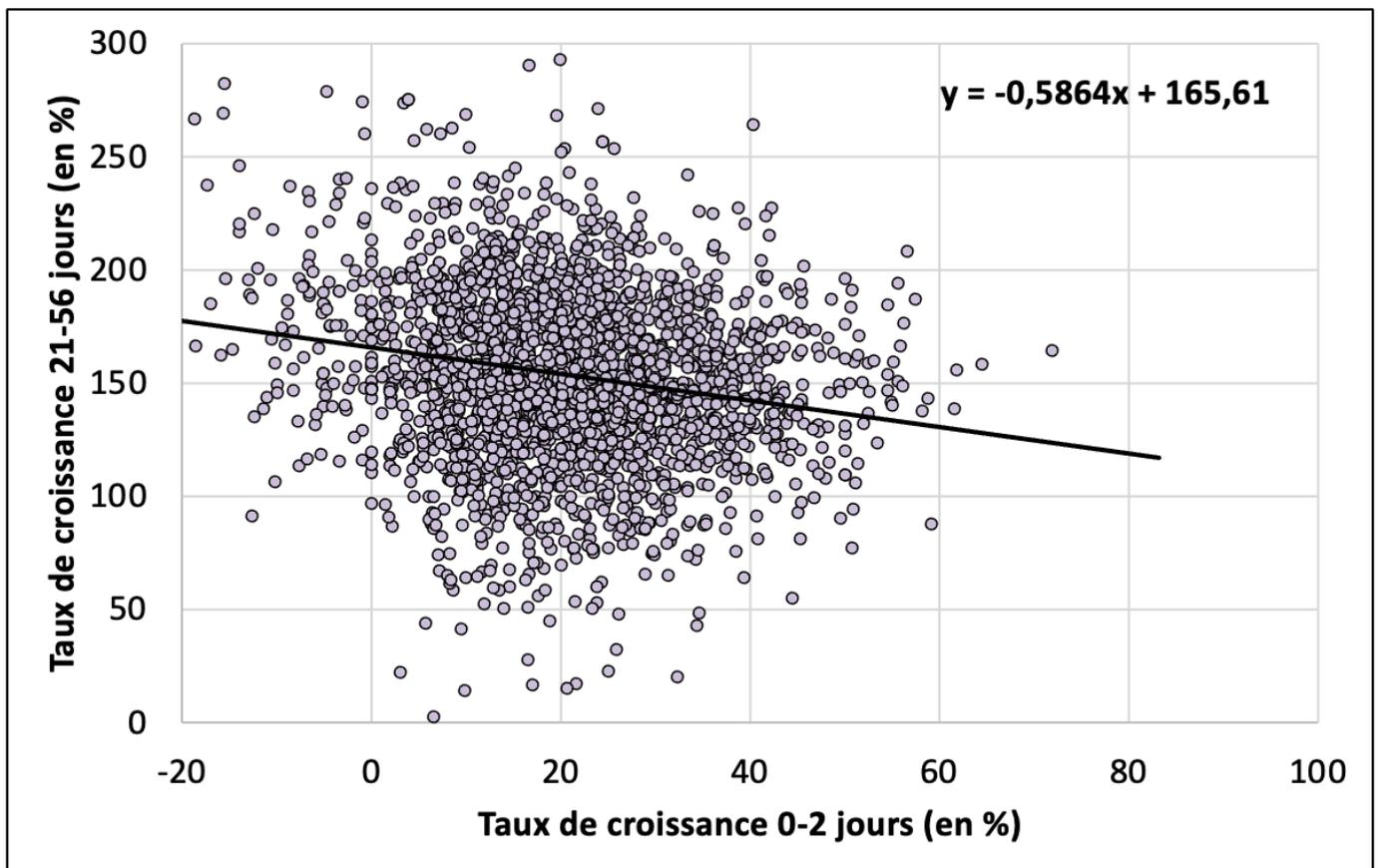


Figure 26 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du taux de croissance 0-2 jours ($N_{\text{Total}} = 2445$)

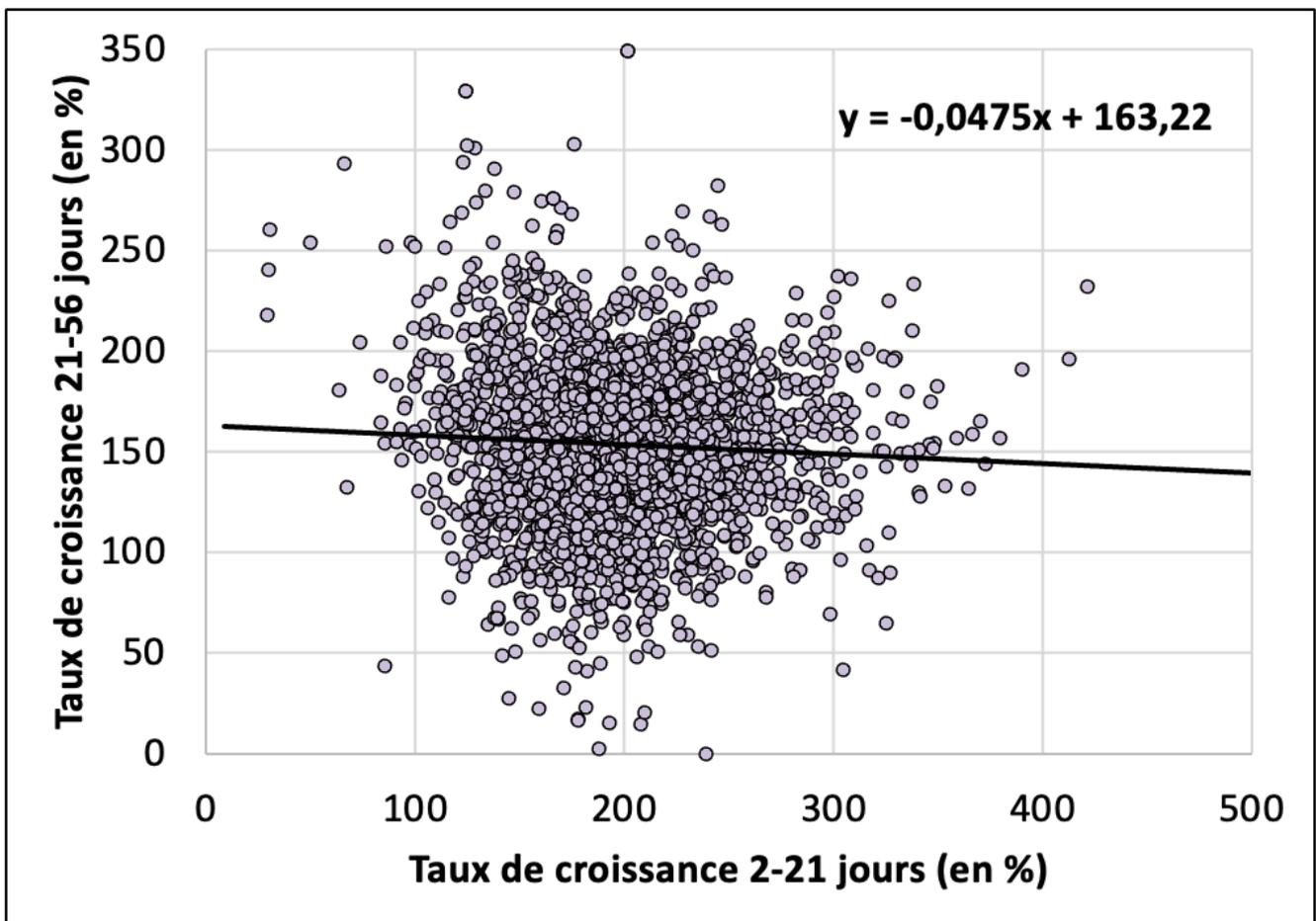


Figure 27 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours en fonction du taux de croissance 2-21 jours ($N_{\text{Total}} = 2543$)

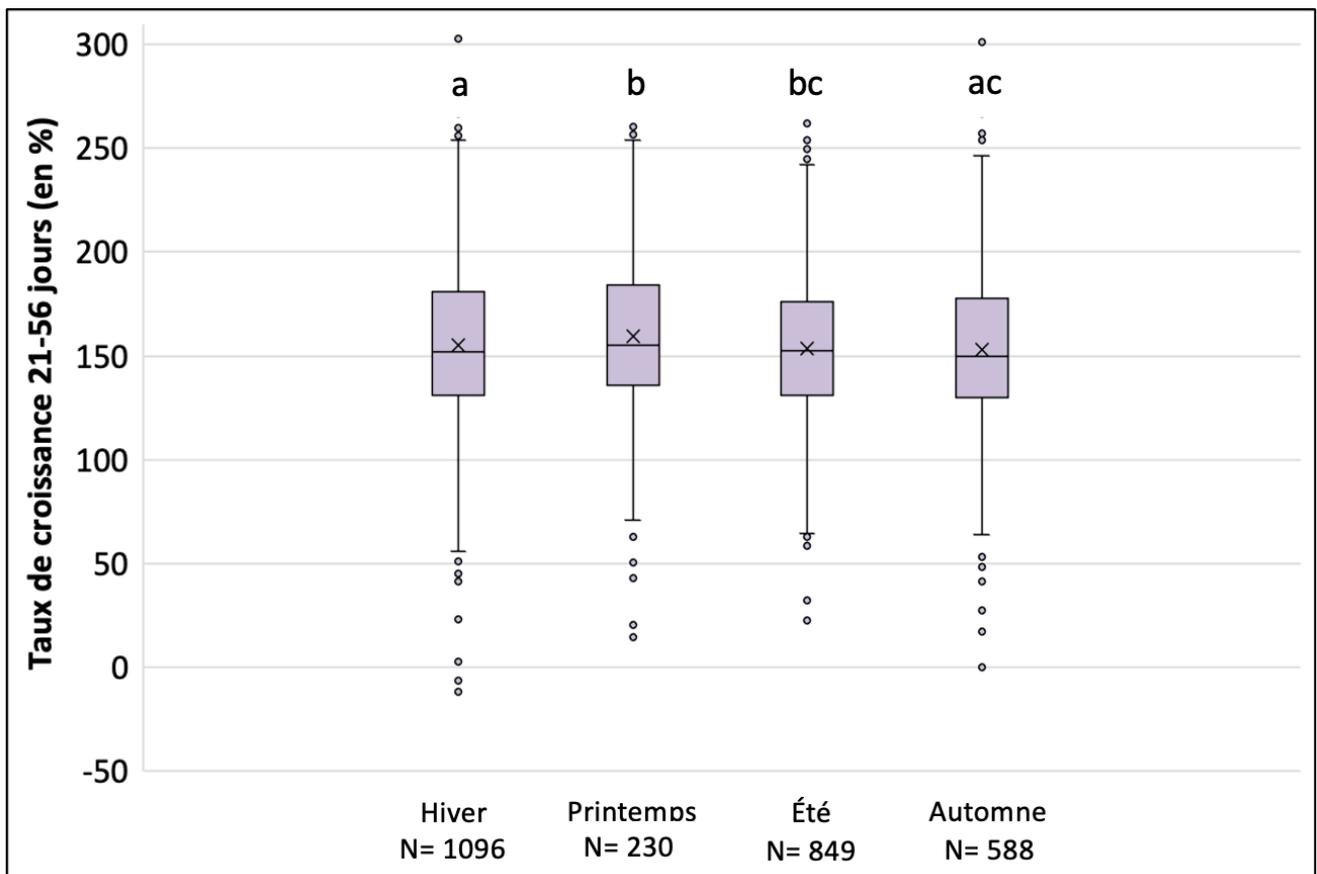


Figure 28 : Répartition du taux de croissance 21-56 jours selon la saison de mise-bas. Les effectifs associés à chaque groupe de saison sont indiqués en abscisse ($N_{\text{Total}} = 2763$). Des lettres différentes indiquent une différence significative du taux de croissance entre les groupes représentés

d) Bilan général : paramètres influençant la croissance néonatale et pédiatrique du chaton

Le Tableau 5 synthétise les résultats du modèle multivarié. À l'issue des analyses effectuées, il en ressort deux facteurs présents sur l'ensemble des périodes étudiées avec les plus fortes tailles d'effet : le groupe racial et le poids de naissance.

Tableau 5 : Paramètres influençant la croissance néonatale et pédiatrique du chaton. Bilan des résultats du modèle multivarié

Taux de croissance 0-2 jours = Période néonatale précoce			Taux de croissance 2-21 jours = Période néonatale tardive			Taux de croissance 21-56 jours = Période pédiatrique précoce		
Paramètre fixe	P-value	Taille d'effet	Paramètre fixe	P-value	Taille d'effet	Paramètre fixe	P-value	Taille d'effet
Groupe racial	< 0,001	0,22	Groupe racial	< 0,001	0,47	Groupe racial	< 0,001	0,29
Poids de naissance	< 0,001	0,02	Poids de naissance	< 0,001	0,27	Poids de naissance	< 0,001	0,14
Taille de la portée	< 0,001	0,02	Taille de la portée	< 0,001	0,08	Sexe du chaton	< 0,001	0,09
Saison de mise-bas	0,026	0,01	Sexe du chaton	< 0,001	0,01	Saison de mise-bas	0,013	0,03
			Présence de mort-nés dans la portée	< 0,001	0,05	Taux de croissance 0-2 jours	< 0,001	0,09
			Taux de croissance 0-2 jours	< 0,001	0,25	Taux de croissance 2-21 jours	< 0,001	0,14

III. Construction des courbes de croissance

À partir des 5943 chatons répartis en 16 races/groupes de race qui constituaient notre population, l'élaboration des courbes de croissance jusqu'à 2 mois d'âge s'est faite en plusieurs étapes :

1. Dénombrement des données disponibles, c'est-à-dire du nombre de chatons pesés par jour sur la totalité de cette période.
2. Représentation de la distribution des poids sous forme de box-plot pour 14 âges (J0, J1, J2, J5, J7, J10, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56, J60).
3. Tracé des courbes de croissance non lissées sur trois périodes distinctes : (0 à 7 jours), (0 à 21 jours) et (0 à 60 jours).
4. Lissage des courbes à l'aide d'une fonction polynomiale du second degré ($y=ax^2+bx+c$).

Ce travail a d'abord été réalisé à l'échelle de la population (pour l'espèce féline dans son ensemble) avant d'être appliqué pour les différents groupes de race.

a) Données disponibles

En considérant la population globale, le nombre de chatons pesés par jour diminue de façon linéaire au cours des deux premiers mois de vie (Figure 29). En effet, le poids de naissance est renseigné pour 5372 chatons (soit 90,4% de la population) alors qu'au 60^{ème} jour de croissance, seulement 2446 chatons ont été pesés (soit 41,1% de la population totale). Il en est de même pour les différents groupes de race (Annexes 2 à 17).

b) Croissance à l'échelle de l'espèce féline et par race/groupe de race

À l'échelle de la population totale, la croissance des chatons montre une évolution linéaire de la naissance au 60^{ème} jour de croissance (Figure 30 et Figure 31).

La Figure 32 rassemble les courbes de croissance médianes des 16 groupes raciaux. La confrontation de ces tracés révèle une tendance d'évolution linéaire pour

l'ensemble des groupes, excepté pour les chatons Maine Coon et Ragdoll dont les courbes ont une allure exponentielle (Figure 33 et Figure 34).

L'ensemble des courbes de croissance spécifiques au 16 races/groupes de race sont présentées de l'Annexe 2 à 17.

De plus, une analyse descriptive du Gain Moyen Quotidien par race a été réalisée dans cette étude pour évaluer la vitesse de croissance des chatons au cours de la période néonatale (Annexe 2 à 17). Le Tableau 6 reprend l'évolution du GMQ médian exprimé en grammes/jour, selon les groupes raciaux de la base de données.

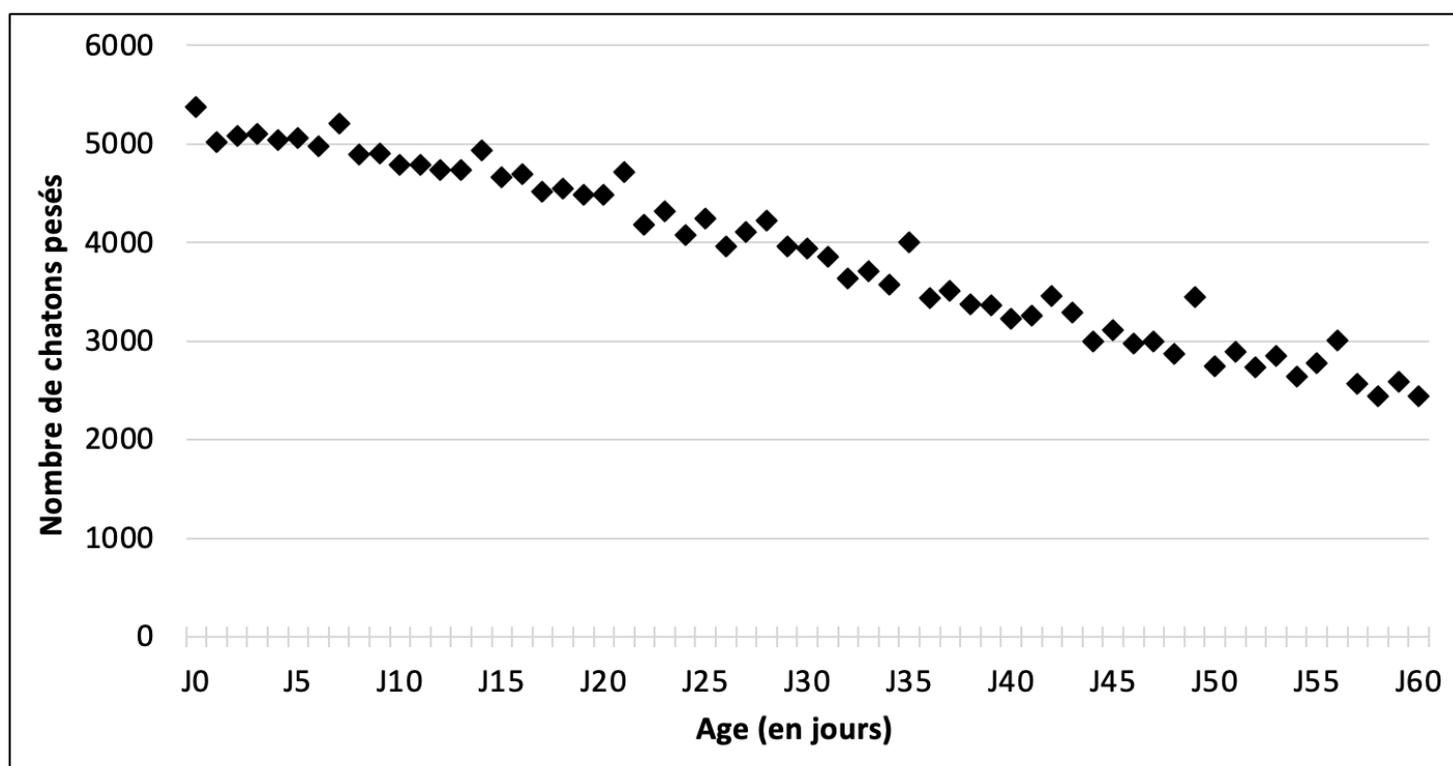


Figure 29 : Nombre de chatons pesés de la naissance (N = 5372) au 60^e jour de croissance (N = 2446)

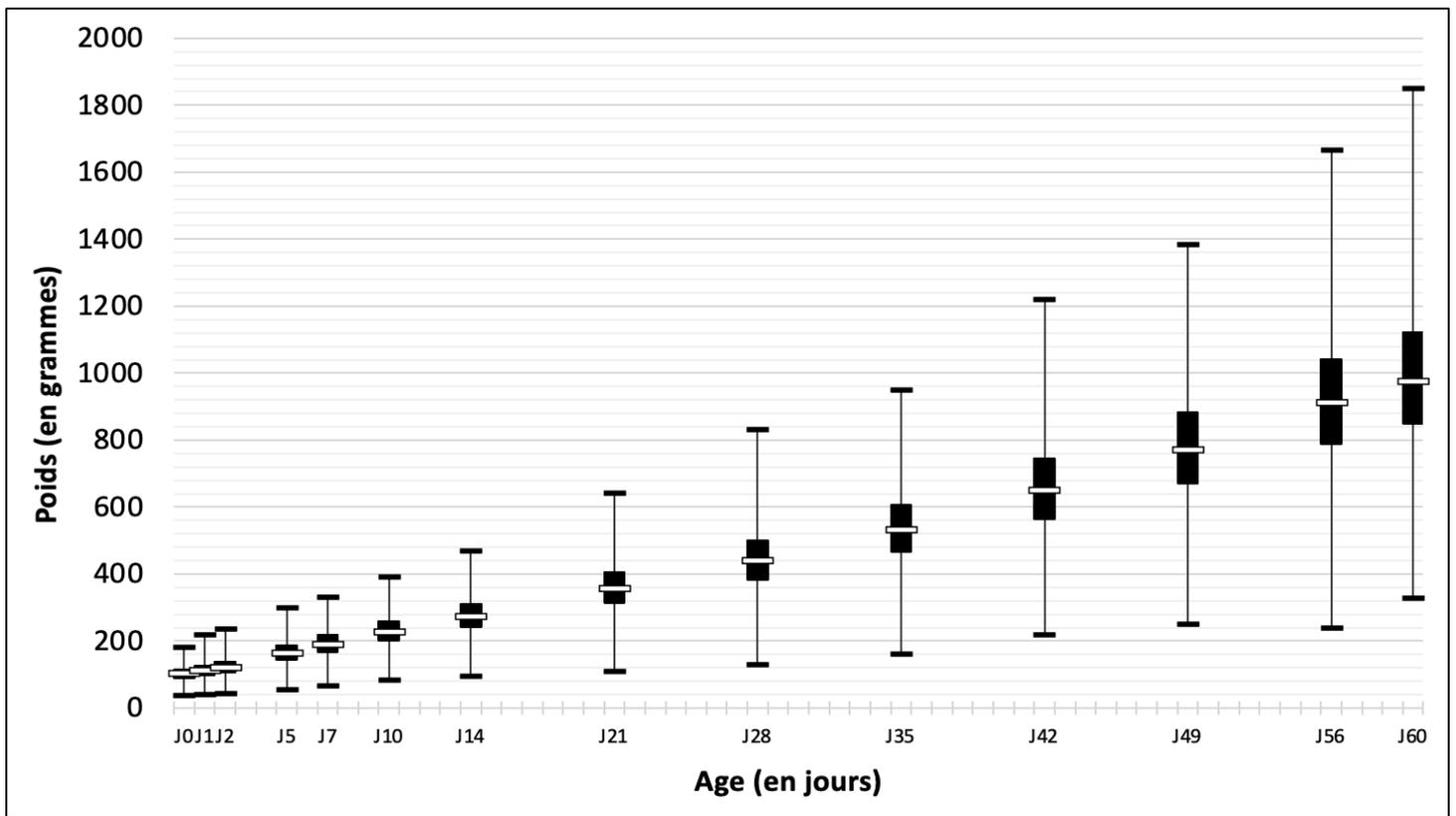


Figure 30 : Croissance des chatons (toutes races confondues) de la naissance à 2 mois d'âge ($N_{\text{Total}} = 5943$). À jour fixé, la distribution des données fait figurer le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum

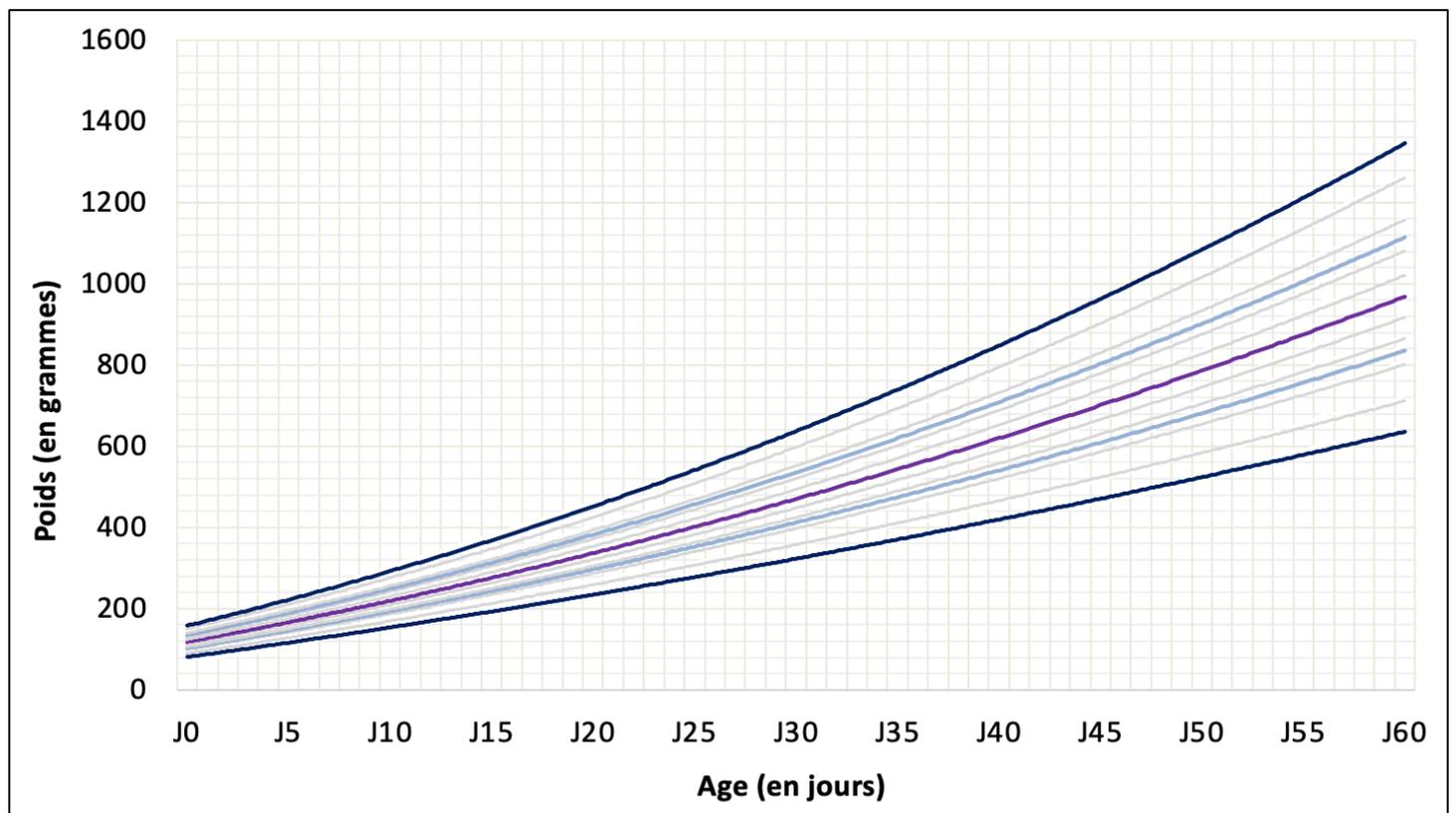


Figure 31 : Courbe de croissance lissée des chatons (toutes races confondues) de la naissance à l'âge de 2 mois ($N_{\text{Total}} = 5943$)

Les courbes sont représentées avec une fonction polynomiale du second degré : $y = ax^2 + bx + c$

Les 13 courbes (de bas en haut) correspondent aux tracés des centiles 5, déciles 10, 20, 30, 40, de la médiane, des déciles 60, 70, 80, 90 et des centiles 95

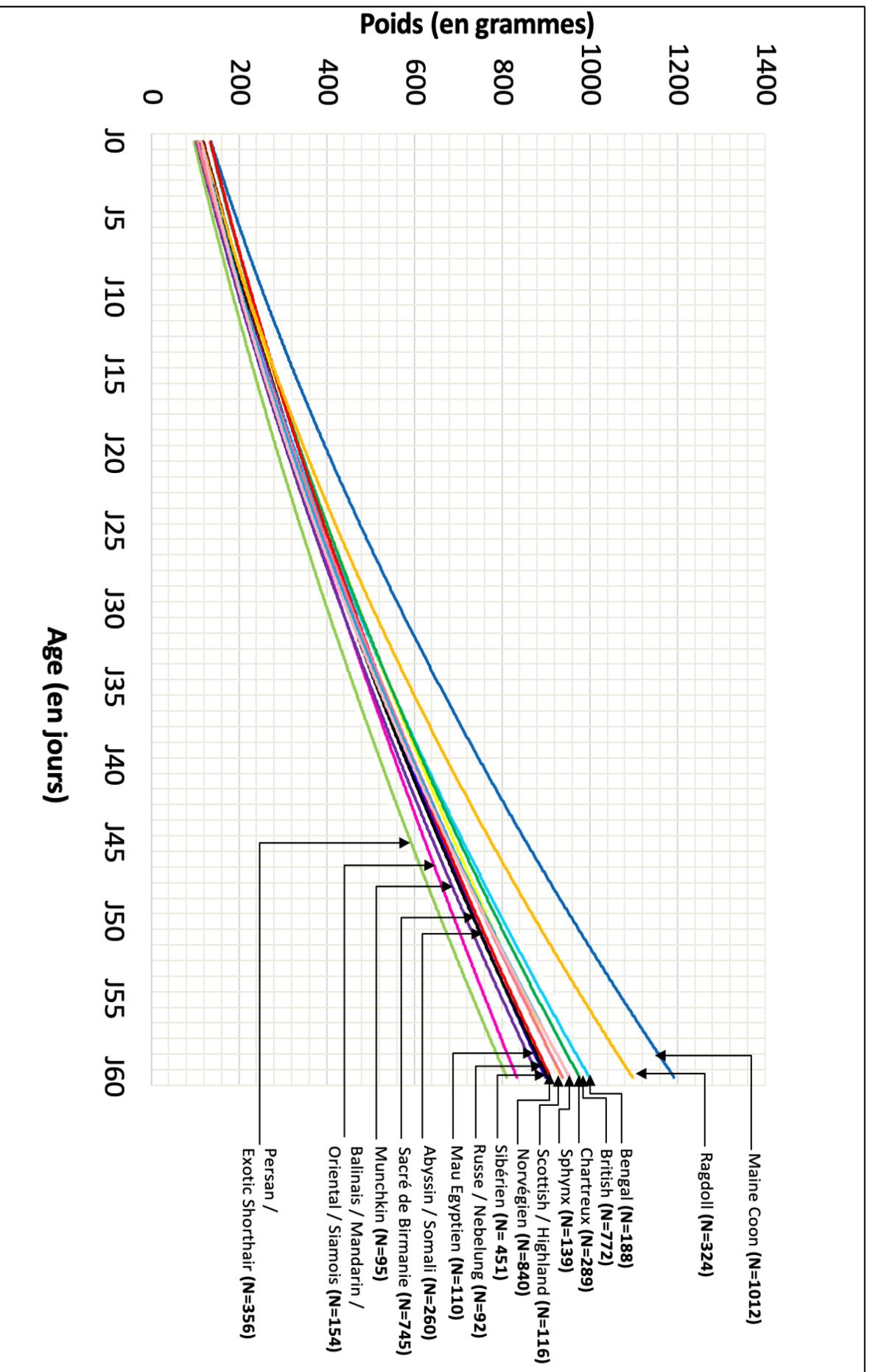


Figure 32 : Comparaison des courbes de croissance des chatons par groupe racial (N = 16).

Sur le graphique, les courbes de croissance sont lissées et représentées avec une fonction polynomiale du second degré : $y = ax^2 + bx + c$

Les chiffres indiqués à la suite du nom de la race correspondent aux effectifs de chaque groupe.

Les 16 courbes correspondent aux tracés des courbes médianes de chaque groupe racial.

Les données manquantes pour les chatons Munchkin ne permettent pas de tracer la courbe pour cette race au-delà du 28^{ème} jour de croissance

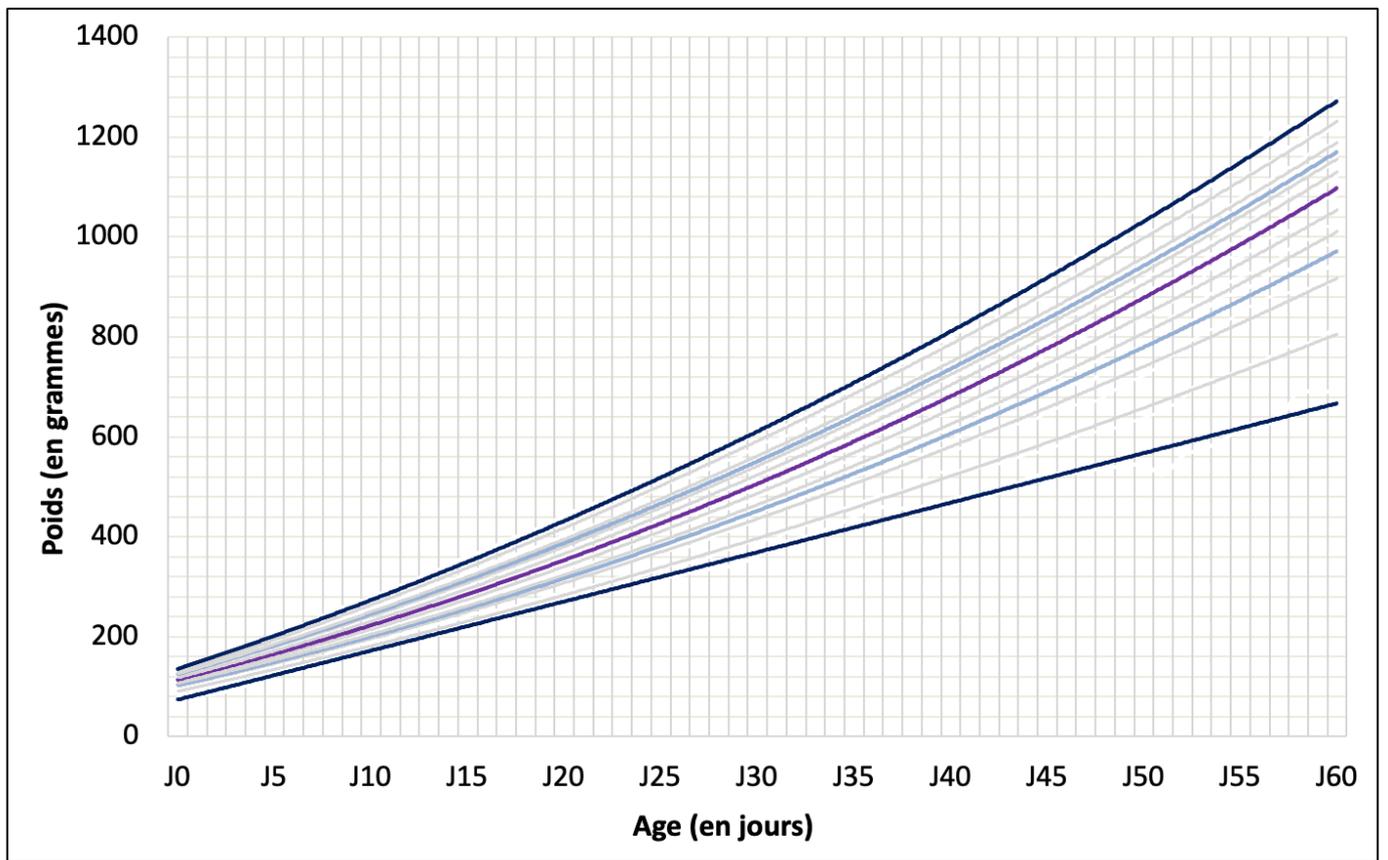


Figure 33 : Courbes de croissance des chatons Ragdoll ($N_{\text{Total}} = 324$) de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois

Sur le graphique, les courbes de croissance sont lissées et représentées avec une fonction polynomiale du second degré : $y = ax^2+bx+c$

Les 13 courbes (de bas en haut) correspondent aux tracés des centiles 5, déciles 10, 20, 30, 40, de la médiane, des déciles 60, 70, 80, 90 et des centiles 95

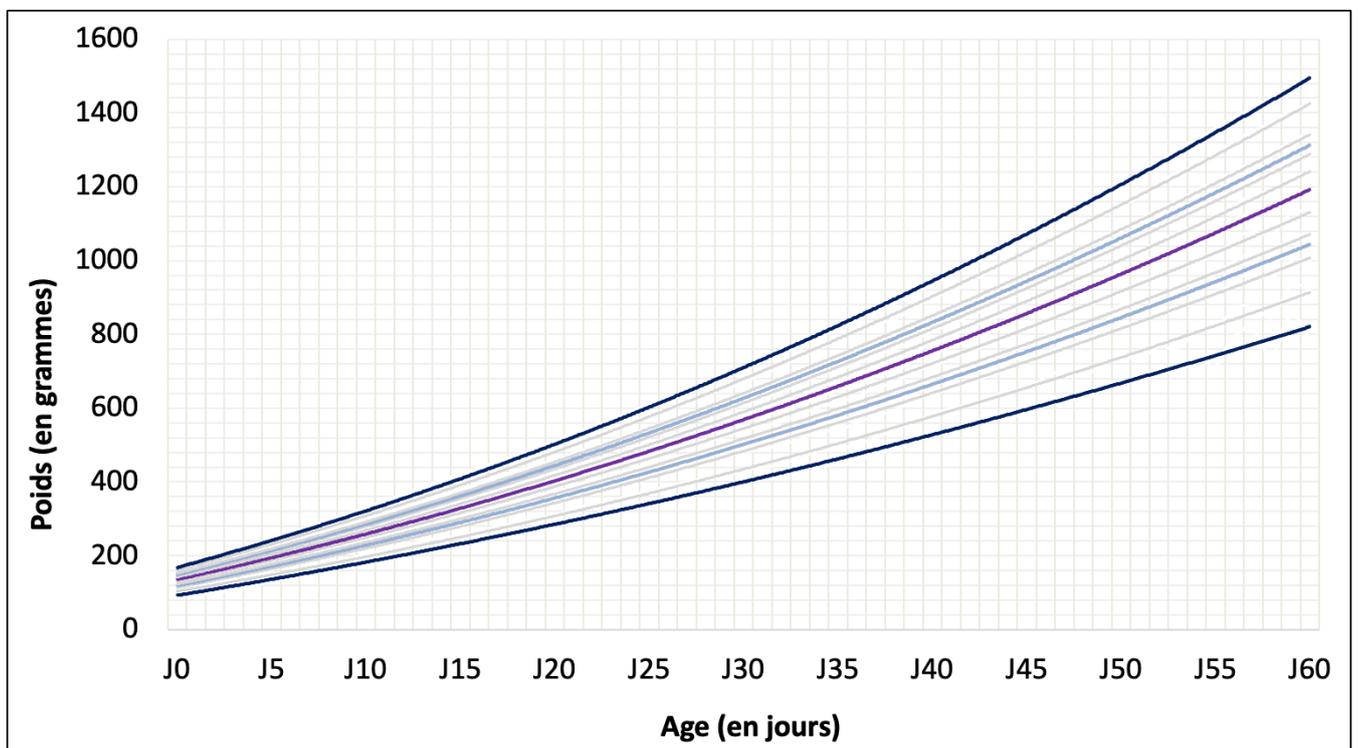


Figure 34 : Courbes de croissance des chatons Maine Coon ($N_{\text{Total}} = 1012$) de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois

Sur le graphique, les courbes de croissance sont lissées et représentées avec une fonction polynomiale du second degré : $y = ax^2+bx+c$

Les 13 courbes (de bas en haut) correspondent aux tracés des centiles 5, déciles 10, 20, 30, 40, de la médiane, des déciles 60, 70, 80, 90 et des centiles 95.

Tableau 6 : Évolution du GMQ médian (g/j) des chatons de chaque groupe racial ($N_{\text{Total}} = 16$) au cours de la période néonatale

	1 ^{ère} semaine							2 ^{ème} semaine							3 ^{ème} semaine						
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21
Maine Coon	10	10	15	16	17	16	15	15	14	15	14	14	14	14	14	14	15	14	15	15	15
Norvégien	9,5	12,5	16,5	16	15,5	14	12,5	12	12,5	12	12,5	12	11,5	11	10,5	11,5	11	10,5	10,5	10,5	11
British	10	12	15	14,5	15	14	14	12	12	12	11,5	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12
Sacré de Birmanie	6	8	12	13	13	12	12	11	11	11	11	12	10,5	10,5	11	11	10	11	12	10	12
Sibérien	9,5	11	14	14	14	13	12	12	12	12	11	12	11	12	11	12	12	11	11	12	12
Persan / Exotic Shorthair	8	9	12	12	12	11	10	11	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ragdoll	8	9	15	16	16	14	13	14	13	12	12	13	12	12	13	12,5	14	12	12	13	12
Chartreux	10	12	16	14	14	13,5	12	11	14	11	10	11	11	10	10	12	10	10	10	10	10
Abyssin / Somali	16	14	16	16	14	13	12	12	10	12	12	12	11,5	11	11	10,5	11	10	11,5	10	10,5
Bengal	11	12	15	14	14	13	12	12	12	13	13	13	12	13	12,5	12	13	12,5	13	13	13
Balinois / Mandarin / Oriental / Siamois	10	9	11	13	12	12	10	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	12	10	10	10
Sphynx	10	11	15	13	14	13	13	12	11	11	10	11	11	12	13	11	12	10	12	12	11,5
Scottish / Highland	10	11	12	15	15	13	14	12	12	10,5	12	12	11	10	11	12	11	14	10	11	11
Mau Égyptien	6,5	10,5	14	14	12	14	12	12	12	11	11	13	12	13	12	13	12	14	12	12	12
Munchkin	7	10	11	11	11	14,5	13	11	9	11	10	12,5	8	11	9	13	14	8	11	12	6,5
Russe / Nebelung	10	11	15	15	15	14	12	11	11	12,5	12	12	10	12	12	9	11	10	11	12	11

Troisième partie

-

Discussion

La discussion abordée dans cette partie est fondée sur les limites de l'étude et sur les résultats expérimentaux obtenus précédemment.

I. Limites de l'étude

a) Le questionnaire

Les réponses recueillies suite à l'envoi du questionnaire aux éleveurs ont été essentielles à cette étude. Ce questionnaire est inspiré de deux travaux de recherche préliminaires menés par l'unité Neocare sur le poids de naissance, la mortalité néonatale et l'élaboration de courbes de croissance chez le chien (Lecarpentier et Martinez, 2017 ; Brevaux, 2018).

La participation des éleveurs est basée sur le volontariat. Il est donc probable que les réponses obtenues proviennent d'éleveurs disposant d'une plateforme technique performante. En effet, ceux qui présentent des taux de mortalité élevés dans leur élevage n'ont sûrement pas souhaité divulguer leur performance. De plus, une grande partie des réponses proviennent des retours obtenus lors de la transmission du questionnaire aux expositions félines organisées à Toulouse. Ces rassemblements regroupent généralement des éleveurs ou des particuliers qui ont des pratiques d'élevages performantes. Une telle stratégie d'approche introduit un biais de sélection (Brault, 2017) qui ne garantit donc pas la représentativité de la population générale (Beck, 2008).

L'utilisation d'un questionnaire permet de solliciter un grand nombre d'éleveurs et récupérer en conséquence de nombreuses informations. La quantité et la nature des questions ont été fixées de telle sorte à encourager l'éleveur à répondre à l'intégralité de l'enquête. Des imprécisions dans la formulation des questions peut aboutir à une grande variété de réponses difficiles à organiser ou à interpréter. Par exemple, pour l'enregistrement du paramètre « date de saillie » certains éleveurs transmettent une date correspondant au dernier jour d'accouplement, tandis que d'autres donnent le premier jour.

Plusieurs autres paramètres auraient pu être intégrés pour évaluer leur impact sur la croissance du chaton. Ils concernent notamment l'alimentation des mères reproductrices lors de la gestation et de la lactation (Greco, 2014) et les pratiques d'élevage pour la prévention des maladies infectieuses (Root Kustritz, 2006) comme la fréquence et la nature des vermifugations et vaccinations. En effet, ces paramètres n'ont pas été étudiés car un questionnaire trop long risque de décourager certains éleveurs et l'imprécision des protocoles pour les portées nées il y a longtemps risque de déstabiliser les analyses statistiques.

b) Les non réponses au questionnaire

La non réponse des éleveurs sollicités et le remplissage partiel du questionnaire ont compliqué la collecte des données.

Malgré les nombreuses tentatives de mise en relation avec les éleveurs (messages par courrier électronique, envois postaux, réseaux sociaux ...), les retours ont souvent été peu concluants. Plusieurs éleveurs ont montré leur intérêt pour l'étude mais n'ont cependant pas transféré les réponses au questionnaire, ni les suivis de poids. Il s'agit d'un biais de non réponse totale à une enquête (Santin, 2015). Certains éleveurs peuvent être démotivés par un grand nombre de questions, et ne souhaitent donc pas consacrer du temps à regrouper et envoyer les données. D'autres, exerçant depuis plusieurs années, ne conservent pas les pesées de leurs portées. Au final, cette non réponse diminue la taille de la population étudiée.

Les données manquantes concernant le nom des parents, leur date de naissance et leur poids ont été complétées par les enquêteurs lorsque l'information était disponible sur Internet (site de l'élevage, www.pawpeds.com, www.loof.asso.fr et www.chats-de-france.com). Pour le poids de forme de la mère reproductrice et du père reproducteur, le pourcentage de données manquantes était de 52,8% et 63,5% respectivement. Ce paramètre a donc été retiré pour des raisons statistiques. Il s'agit donc d'un travail chronophage pour les enquêteurs. Cette insuffisance d'information correspond à un biais de non-réponse partielle (Rousseau, Saporta, 2011). Plusieurs causes peuvent expliquer ce manque d'investissement.

Lorsque certaines questions ont été considérées comme indiscrettes, plusieurs éleveurs ont refusé de divulguer leurs données. D'autres ont jugé suffisant d'envoyer les feuilles de suivi de poids accompagnées de quelques lignes résumant les généralités de l'élevage.

Dans l'avenir, on pourrait envisager d'améliorer le système de récolte des données en informatisant l'envoi du questionnaire. Effectivement, des questions à réponse obligatoire pour avoir accès à l'intégralité du questionnaire permettrait de pallier ces biais de non réponse partielle.

c) Fiabilité des données

Les conditions de réalisation des relevés de poids constituent une incertitude majeure pour le modèle statistique.

Généralement, le premier poids indiqué dans les suivis correspond au poids de naissance, noté J0 ou J1 selon les éleveurs. En l'absence de protocole commun, tous les éleveurs sont libres de formuler les poids comme ils le souhaitent. Cela engendre donc des confusions dans l'interprétation. Parfois, les éleveurs enregistrent un poids de naissance dès la mise-bas, après la prise colostrale, voire 2 à 6 heures plus tard. Cette variabilité des conditions de pesée impacte fortement l'évaluation du taux de croissance 0-2 jours. Pourtant, la surveillance du poids dans cette période est primordiale puisqu'elle permet de détecter les chatons à faible poids de naissance dont le risque de mortalité néonatale est multiplié par 4 (Chastant et al., 2018).

De plus, la fiabilité des données repose sur la précision des valeurs de poids. L'utilisation d'une balance alimentaire, précise au gramme, est préférable pour le suivi de la période néonatale. L'importance de la précision est moindre à un stade de croissance plus avancé (Mila et al., 2017). Le type de balance (balance alimentaire, balance vétérinaire ...), sa disposition (surface plane ou non), l'utilisation d'un bac ou d'un plateau de pesée, sont autant de facteurs qui influencent l'exactitude de la pesée. Il serait donc envisageable de proposer des protocoles aux éleveurs pour harmoniser les suivis de poids, et avoir une pesée à heure fixe et dans les mêmes conditions (Paragon et al., 2000) ce qui permettrait d'augmenter la précision des analyses statistiques.

Le sexe du chaton rapporté par les éleveurs, est un paramètre du modèle dont l'exactitude peut être discutée. En effet, le diagnostic précoce du sexe s'effectue sur la base de la distance ano-génitale. Selon Thevenet et al. (2007), la distance ano-génitale est de $(12,9 \pm 1,5 \text{ mm})$ chez les mâles contre $(7,6 \pm 1 \text{ mm})$ chez les femelles. Le diagnostic est donc difficile le jour de la naissance. Le sexe déclaré pour les chatons mort-nés, et ceux morts au cours du premier mois de vie est donc susceptible de souffrir d'incertitude.

Certains éleveurs ont manqué de mentionner les cas de mortalité néonatale. D'autres sont restés imprécis sur la date de mort et ont seulement indiqué un intervalle de jours au cours duquel le décès a eu lieu. Cependant, ce paramètre est fondamental dans notre modèle et les imprécisions qui en découlent nous ont conduit à classer 702 chatons en « statut inconnu » avant l'âge de 2 mois, soit 11,8% de la population totale. Ces chatons ont donc été exclus de la base de données.

De plus, des incertitudes ont porté sur les réponses concernant les conditions de mise-bas. L'interprétation d'une mise-bas « facile » ou « difficile » est subjective ce qui rend ce paramètre non exploitable. Des éleveurs peuvent considérer une mise-bas difficile lorsque celle-ci a nécessité l'intervention d'une personne tierce (vétérinaire ou éleveur), alors que d'autres la considèrent difficile uniquement lorsqu'un vétérinaire est intervenu voire lorsqu'une césarienne a été nécessaire.

II. La population d'étude

a) Effectif disponible

Notre population initiale était composée de 7740 individus. Puis, seuls les chatons vivants à l'âge de deux mois et supposés en bonne santé ont fait l'objet de cette étude. Néanmoins, le statut médical du chaton n'a pas été demandé dans le questionnaire. Aucune information ne permettait donc de discerner les chatons ayant atteint l'âge de 2 mois sans pathologie, des chatons ayant contracté une pathologie non létale et toujours vivants à l'âge de 2 mois.

A l'issue de la sélection, 5943 chatons (vivants à l'âge de 2 mois, issus d'élevages français ...) regroupés en 16 groupes de race ont été retenus.

Cette base de données constitue une des bases les plus fournies parmi celles construites dans l'espèce féline au cours de la période néonatale (Tableau 7). Comme la nôtre, ces études ont été construites sur la base d'un questionnaire, exceptée celle de Fournier et al., (2017) qui a utilisé des données issues d'un logiciel de gestion d'élevage.

Tableau 7 : Effectifs des principales études menées au cours de la période néonatale de l'espèce féline

Étude	Effectif
Fournier et al., 2017	28605 chatons
Sparkes et al., 2006	4819 chatons
Romagnoli et al., 2019	1424 chatons
Musters et al., 2011	887 chatons
Lawler et Monti, 1984	294 chatons
Gatel et al., 2011	140 chatons

Malgré le nombre conséquent de chatons enregistrés initialement dans la base de données ($N_{\text{Total}} = 5943$), le nombre de chatons pesés par jour s'est vu diminuer avec l'augmentation de l'âge des chatons. Pour la croissance néonatale précoce, l'effectif disponible était de 4734 chatons (soit 79,7% de la population totale) alors qu'il était de 2799 chatons pour la période pédiatrique précoce (soit 47% de la population). Cette tendance est également observée dans l'étude menée par Lecarpentier et Martinez (2017) sur la croissance des chiots de 0 à 2 mois ($N_{\text{Total}} = 4159$). L'effectif disponible pour la croissance de 0 à 2 jours était de 2744 chiots (soit 66% de la population totale) contre 883 chiots pour la croissance de 21 à 56 jours (soit 21,2% de la population). Cet effectif disponible diminue puisque l'intervalle entre deux pesées est variable selon les éleveurs. Les pesées peuvent être biquotidiennes, quotidiennes, hebdomadaires voire moins fréquentes et dépendent des habitudes des éleveurs.

D'après une enquête Facebook menée auprès de 149 éleveurs en septembre 2017, 90% d'entre eux pèsent au moins une fois par jour leurs chatons/chiots pendant la première semaine de vie mais à 8 semaines de vie, seulement 60% des éleveurs continuent de peser (Enquête du 20 septembre 2017, www.neocare.pro). Ce manque quantitatif de données à la fin de la période pré-sevrage rend l'interprétation des

résultats moins précise. Les barres d'erreurs qui figurent sur les graphiques ont donc une étendue plus importante à partir de la 6^e semaine de vie (Annexes 2 à 17).

b) Race/Groupe de race

Dans l'étude, les 5943 chatons de la base de données, ont été regroupés en 16 groupes raciaux, constitués de plus de 90 individus. Au-delà de la race, les chatons à poils longs et à poils courts de races apparentées ont été regroupés et des groupes de race génétiquement proches ont été constituées. Notre stratégie de regroupement a permis d'augmenter le nombre de données pour chaque groupe et donc éviter de déstabiliser les analyses statistiques. Le seuil de 90 chatons n'a conduit à exclure seulement 9 groupes de la base de données (Tableau 8).

Tableau 8 : Distribution par race de l'effectif des chatons ($N_{\text{Total}} = 181$) exclus de l'étude pour insuffisance de l'effectif de chatons (< 90)

Groupe racial à effectif insuffisant	Effectif de chatons
American Curl	10
Asian / Burmese /Burmilla /Tiffany	37
Bobtail Japonais	6
Bombay / Burmese Américain	3
Devon Rex	32
Kurilian Bobtail	48
Manx	15
Savannah	3
Selkirk	27

Une classification selon le type morphologique aurait pu être envisagée comme le propose le LOOF (www.loof.asso.fr). Le LOOF décrit les standards de chaque race et classe chacune d'entre elles selon quatre types morphologiques différents : le type bréviligne, le type médioligne, le type longiligne et le type long et puissant (Tableau 9). Néanmoins, cette classification n'a pas été retenue. Au-delà d'un groupement basé sur la morphologie du chat, notre étude a considéré l'influence génétique des parents sur la croissance des nouveau-nés.

D'autres études se sont également attardées sur une classification par groupements génétiques. Le regroupement est différent selon les études et dépend

de l'effectif disponible de chaque race. Ainsi, Menotti-Raymond et al. (2008) ont constitué un arbre phylogénétique comprenant 38 races de chat, et regroupent les races selon la proximité génétique. De même, Musters et al. (2011) reprennent une classification selon les liens d'apparentés génétiques et constituent 5 groupes raciaux (Tableau 10). Par exemple, leur classification réunie 5 races dans le groupe « Abyssin » contrairement à notre regroupement qui comptabilise 2 races pour former le groupe « Abyssin/Somali ». Leur stratégie de regroupement se base sur la proximité génétique et sur le faible effectif disponible des races.

D'autres ont préféré ne pas regrouper les chatons en catégories puisque leur nombre était statistiquement suffisant (Sparkes et al., 2006 ; Fournier et al., 2017).

Tableau 9 : Classification des races selon le type morphologique (www.loof.asso.fr)

Type morphologique	Race / Groupe racial
Bréviligne	Bombay/Burmese Américain - Manx/Cymric - Persan/Exotic Shorthair
Médioligne	American Bobtail - American Shorthair - American Wirehair - British - Ceylan - Chartreux - Devon Rex - Scottish - Highland - Selkirk - Sibérien - Singapura - Sphynx - American Curl - Asian/Burmese Anglais/Burmilla - Californian Sp. - Donskoy - European Sh. – German Rex – Havana Brown – Japanese Bobtail - Korat - Kurilian Bobtail – Laperm - Mau Egyptien – Munchkin – Ocicat – Savannah – Sokoke - Tonkinois – York Chocolat Abyssin/Somali – Angora Turc – Russe/Nebelung - Thaï
Longiligne	Balinois/Mandarin/Oriental/Siamois – Cornish Rex/Californian Rex - Peterbald
Long et puissant	Bengal – Chausie – Maine Coon – Norvégien – Pixie Bob – Ragdoll – Sacré de Birmanie - Turc du Lac de Van

Tableau 10 : Classification des races selon le groupe génétique (Musters et al., 2011)

Groupe génétique	Race / Groupe racial
Groupe « Maine Coon »	Maine Coon - Norvégien - Sibérien
Groupe « British Shorthair »	Persan - Exotic Shorthair - Selkirk Rex - British Shorthair - British Longhair - Chartreux
Groupe « Abyssin »	Abyssin - Somali - Sphynx - Devon Rex - Ragdoll
Groupe « Oriental »	Bengal - Ocicat - Burmese - Tonkinois - Balinois - Siamois - Thaï - Oriental - Sacré de Birmanie
Races sans classification	Angora Turc - Turc du Lac de Van - Russe - Snowshoe - Pixiebob - Européen

c) Élevage d'origine des chatons

Les chatons de cette étude proviennent de 225 élevages différents. La quantité d'informations fournies par élevage est essentielle puisqu'elle permet d'appuyer la représentativité de nos données. L'exemple extrême sont les 95 chatons du groupe « Munchkin » qui sont issus d'un unique élevage. Plus le nombre d'élevages ayant contribué à la population de chatons d'une race est élevé, moindre est l'impact de la conduite d'élevage ou de la lignée.

D'autres études se basent également sur un nombre restreint d'élevages : Romagnoli et al. (2019) a travaillé avec 5 élevages en race Maine Coon, 6 pour le Bengal, 7 pour le Persan et 8 pour le Norvégien ; Fournier et al. (2017), disposaient de 1521 élevages pour leur projet. Dans notre étude, le nombre d'élevages variait de 1 en race Munchkin à 41 en race Maine Coon. Le Sacré de Birmanie, qui est la 4^{ème} race en termes d'effectifs dans notre base de données est représenté par 32 élevages soit plus que le British, composé d'un plus grand nombre de chatons mais représenté seulement par 21 élevages.

Les élevages d'origine provenaient de France pour éviter d'introduire un biais lié à une sélection et à des critères de race qui diffèrent selon les pays et qui modifient donc la croissance des chatons. À l'inverse, Lecarpentier et Martinez (2017) ont comptabilisé des élevages localisés en France, en Finlande, au Canada, aux États-Unis et en Argentine pour avoir une grande diversité de conditions d'élevage dans l'élaboration des courbes de croissance.

III. Description de la croissance

Dans la littérature, il existe peu d'informations concernant la croissance précoce du chaton. Dans cette étude, les taux de croissance moyens de la population s'élevaient à 20,2%, 194,9% et 152,1% pour les périodes néonatales précoce, tardive et la période pédiatrique précoce. Une étude présentée par le centre Neocare en avril

2018, s'appuie sur un groupe de 6 races pour définir les seuils d'alerte concernant la croissance du chaton.

Elle révèle un taux de croissance minimum moyen de 17,8% au cours de la période pédiatrique précoce (0 à 2 jours), seuil en-dessous duquel le chaton est considéré à risque de mortalité néonatale augmenté (étude du 3 avril 2018, www.neocare.pro).

Un des objectifs majeurs de ce travail était de produire des courbes de croissance de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois pour l'espèce féline et pour chaque groupe racial suffisamment représenté. Il en ressort deux tendances d'évolution. En effet, pour la majorité des groupes raciaux on retrouve des courbes d'évolution linéaire à l'exception du Maine Coon et du Ragdoll. Pour ces deux groupes, la croissance est d'allure exponentielle.

Pour rappel, le LOOF propose une classification des races de chat selon quatre types morphologiques distincts (le type bréviligne, médioligne, longiligne et le type long et puissant). Parmi eux, le Maine Coon et le Ragdoll appartiennent au groupe « long et puissant » et sont donc considérés comme des chats de grande taille. Dans leur étude publiée en 2011, Moik et Kienzle analysent la croissance du Maine Coon, du Norvégien, du Sacré de Birmanie, du Persan et du groupe « Siamois/Oriental ». Ils remarquent que les chatons ont une croissance plus rapide en valeur absolue lorsqu'ils proviennent de races de grande taille. Au final, l'ensemble de ces résultats confirment une tendance évolutive plus rapide pour les races de grande taille, ce que l'on retrouve dans notre étude pour le Maine Coon et le Ragdoll.

Parmi les groupes raciaux présentant une croissance linéaire, les chatons Sacré de Birmanie font partie de ceux à croissance la moins rapide avec les groupes « Persan/Exotic Shorthair » et « Balinais/Mandarin/Oriental/Siamois » (Figure 31). De même, l'étude de Gast (2011) montre une évolution moins rapide pour les chatons Sacré de Birmanie.

Un effet de la race sur le GMQ a également été observé au cours de la période néonatale. Chez le chiot, l'étude de Belin (2013) a mis en évidence des GMQ médians

qui diffèrent selon le format racial et la période étudiée : J1-J3, J3-J7 et J7-J21. Le GMQ médian augmente significativement avec le format racial à partir du 3^{ème} jour de croissance contrairement à ce qui était observé les deux premiers jours. Il en est de même dans notre étude pour le Maine Coon et le Ragdoll lorsqu'on étudie les GMQ médians au cours des périodes néonatales précoce et tardive.

En effet, du 2^{ème} au 21^{ème} jour de croissance, les GMQ médians sont les plus élevés pour le Maine Coon et le Ragdoll avec des valeurs respectives de 14,8 grammes/jour et 13,2 grammes/jour, ce qui n'était pas le cas au cours de la période néonatale précoce.

IV. Facteurs de variation de la croissance

a) Influence du sexe

Notre étude a révélé un effet significatif ($p < 0,001$) du sexe du chaton sur les taux de croissance 2-21 jours et 21-56 jours avec un taux de croissance des mâles significativement supérieur à compter de la période pédiatrique précoce. Les taux de croissance moyens étaient de $149,7 \pm 37,7\%$ pour les femelles contre $158,3 \pm 42,7\%$ pour les mâles. L'étude de Festing et Bleby (1970), menée également dans l'espèce féline sur 213 chatons, a rapporté la même conclusion. À 6 semaines d'âge, les mâles pèsent en moyenne 625 grammes contre 534 grammes pour les femelles. Il en est de même dans l'étude de Gast (2011) où la courbe de croissance pondérale des mâles diffère de celle des femelles à partir de la 5^{ème} semaine de vie : les mâles ont des poids corporels supérieurs aux femelles.

Cette différence entre mâles et femelles se retrouve dans d'autres espèces à des périodes de croissance plus tardives. Chez le chimpanzé, l'étude de Spence et Yerkes (1937), montre un poids significativement supérieur des mâles à partir de 7-8 ans d'âge. Il en est de même chez le gorille (Leigh, Shea, 1996). A l'inverse, le lapin présente une évolution opposée avec un taux de croissance de la femelle plus élevé comparé au mâle dès la 15^{ème} semaine de croissance, ce qui creuse la différence de poids (Cantier et al., 1969). Quant à l'espèce porcine, il n'existe pas de différence

significative de croissance entre les mâles et femelles de la naissance au sevrage (Milligan et al., 2001).

b) Influence du groupe racial

Cette étude a mis en évidence une influence significative du groupe racial sur les taux de croissance 0-2 jours, 2-21 jours et 21-56 jours (Figures 12,16 et 22). La taille d'effet montrait un effet biologique fort au cours de ces trois périodes.

Diverses études comme celles de Gast (2011) et Moik et Kienzle (2011) rapportent également une variation de croissance selon le groupe racial. Des courbes de croissance par race ont été tracées par Gast (2011) à partir d'un échantillon constitué de 16 races, issu de 27 élevages français. Ses résultats montrent une croissance des chatons Maine Coon qui diverge de celle des autres races à partir de la 5^{ème} semaine de vie, ce que montre l'évolution exponentielle que nous avons observé pour cette race alors qu'elle est linéaire pour les autres dans notre étude.

Moik et Kienzle (2011) suivent l'évolution du poids des chatons Maine Coon, Norvégien, Sacré de Birmanie, Persan et ceux du groupe « Siamois/Oriental ». La distribution des poids à quatre semaines de développement (J28) montre des poids distincts entre les races de grande taille et les autres groupes raciaux (Tableau 11).

D'autres espèces comme le macaque japonais, ont une variation de croissance qui dépend du groupe racial. L'étude de Hamada (1994), reprend l'évolution de la croissance entre deux lignées de macaques japonais : *Macaca fuscata fuscata* et *Macaca fuscata yakui*. Les nouveau-nés du second ont un poids inférieur au premier mais une croissance plus rapide, compensatrice.

Tableau 11 : Poids moyens des chatons à J28 de développement selon le groupe racial avec les effectifs associés (Moik et Kienzle, 2011)

Groupe racial	Poids moyens à J28 (en grammes)	
	Mâles	Femelles
Maine Coon	558 (N=26)	530 (N=27)
Norvégien	465 (N=48)	448 (N=56)
Sacré de Birmanie	430 (N=24)	371 (N=10)
Siamois/Oriental	449 (N=13)	440 (N=11)
Persan	389 (N=7)	353 (N=5)

c) Influence de la taille de portée

La taille de portée moyenne de notre étude s'élève à $4,8 \pm 1,6$ chatons, ce qui est similaire aux études de Prescott (1973), Jemmett et Evans (1977) et à celle de Sparkes et al. (2006). Ces résultats sont plus élevés que ceux publiés par Root et al. (1995), Ström Holst et Frössling (2009) et Fournier et al. (2017) (Tableau 12).

Tableau 12 : Taille de portée (moyenne \pm écart-type) rapportée dans l'espèce féline

Étude	Taille de portée (moyenne \pm écart-type)
Sparkes et al., 2006	4,6
Prescott, 1973	4,6
Jemmett et Evans, 1977	[4 – 5]
Fournier et al., 2017	$4 \pm 1,9$
Root et al., 1995	3,7
Ström et Frössling, 2009	$3,7 \pm 1,5$

Notre étude révèle une influence significative de la taille de portée sur les taux de croissance 0-2 jours et 2-21 jours, deux périodes pendant lesquelles les chatons sont totalement dépendants du lait maternel. Les chatons issus de grandes portées ont un moindre taux de croissance les deux premiers jours de vie. Cette tendance s'inverse par la suite, au cours de la période néonatale tardive (Sparkes et al., 2006 ; Gatel et al., 2011). Il peut donc exister une compétition entre les chatons issus de grandes portées au cours de la période néonatale précoce, ce qui restreint l'accès au lait maternel lorsque les portées sont nombreuses. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que la production laitière est stimulée par le nombre de tétées, supérieures dans les grandes portées ce qui expliquerait cette tendance évolutive.

Cette croissance moindre de la naissance au 2^{ème} jour de vie se retrouve dans d'autres espèces dont le chien (Chastant-Maillard et al., 2017) et le porc (Quiniou et al., 2001; Cariolet et al., 2004 ; Yuan et al., 2015).

Une croissance compensatrice de ces chatons peut être envisagée par la suite, ce que démontrent Lecourtois (2018) et Cane (2020) chez le chaton, Brevaux (2018) chez le chiot et Anand et al., (2018) chez l'homme.

Un autre facteur doit être considéré et correspond aux soins apportés par la mère. Au sein d'une grande portée, les soins apportés par la mère sont moindres, ce qui accentue l'affaiblissement des chatons en difficulté.

d) Influence du poids de naissance

Dans notre étude, le poids de naissance moyen est de 103 ± 19 grammes. On observe des poids de naissance équivalents dans diverses études (Tableau 13). Chez le chat, différentes études (Sparkes et al., 2006 ; Gatel et al., 2011 ; Moik et Kienzle 2011 ; Cane, 2020) mettent en évidence des poids de naissance moyens différents selon les races, ce qui n'a pas fait l'objet de notre étude.

Tableau 13 : Poids de naissance moyens en grammes (moyenne \pm écart-type) de l'espèce féline dans la littérature

Étude	Poids de naissance moyen (moyenne \pm écart-type)
Grundy, 2006	100 ± 10
Lawler et Bebiak, 1986	100 ± 10
Stenkiste, 2009	98
Musters et al., 2011	98
Sparkes et al., 2006	93,5

Un effet significatif du poids de naissance sur les taux de croissance de la naissance au 60^{ème} jour de vie a pu être mis en évidence.

Les effets biologiques associés sont faibles sur les périodes 0-2 jours et 21-56 jours.

À l'inverse, l'effet biologique observé est moyen lorsqu'on considère la période 2-21 jours.

La croissance du nouveau-né à faible poids de naissance semble donc être compensée au cours de la période néonatale, ce que révèlent différentes études (Chat : Lecourtois et al., 2018 ; Cane, 2020 ; Chiot : Brevaux, 2018 ; Homme : Anand et al., 2018). Cette tendance d'évolution se retrouve chez l'Homme, où les nouveau-nés à petit poids de naissance présentent une croissance de rattrapage les premiers mois et années de leurs vies (Beltrand, 2009 ; Rice et Valentine, 2015). Au cours de cette période, la restriction de croissance intra-utérine du fœtus est compensée par une augmentation du tissu adipeux viscéral au dépend de la masse musculaire (Ekelund, 2006).

e) Influence de la saison de mise-bas

L'espèce féline est une espèce à reproduction saisonnière sous l'influence de la photopériode (Johnstone, 1987). Dans l'hémisphère Nord, la reproduction a lieu majoritairement lorsque les journées s'allongent, donc entre le solstice d'hiver en décembre et le solstice d'été en juin (Hurni et al., 1981).

Néanmoins, les résultats de notre étude révèlent qu'il n'existe pas d'ancœstrus hivernal strict puisque les naissances ont lieu tout au long de l'année. Notre population d'étude est composée de chats de race, élevés pour certains principalement en intérieur. Leur mode de vie est imposé par les locaux avec un éclairage artificiel et une température plus élevée qu'à l'extérieur principalement, ce qui rend possible les chaleurs tout au long de l'année.

Notre étude a révélé une influence significative de la saison de mise-bas sur la croissance des chatons de 0 à 2 jours et de 21 à 56 jours. L'effet biologique associé à ces deux périodes est faible. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de Gast (2011) qui a observé des courbes de croissance divergentes à partir de la 16^{ème} semaine de vie en fonction de la saison de naissance des chatons. Les chatons nés en automne/hiver ont à partir de ce moment, un poids inférieur à ceux nés au printemps/été (Figure 35).

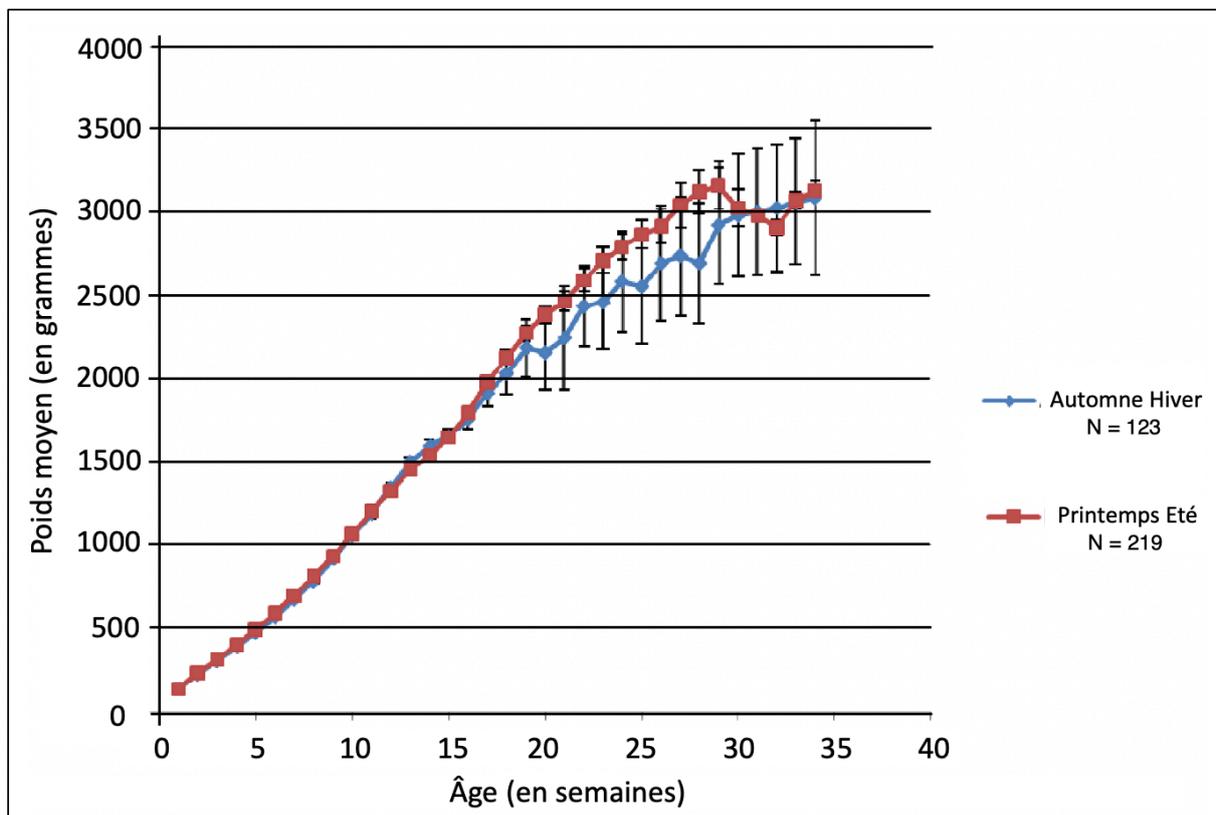


Figure 35 : Courbes de croissance pondérale (intervalle de confiance à 95%) selon la saison de mise-bas (Gast, 2011).

Le chiffre associé aux saisons de mise-bas indique les effectifs de chaque groupe

f) Influence des mort-nés dans la portée

Initialement, notre base de données comptabilisait 193 mort-nés et 6 chatons de statut inconnu pour une population de 7740 chatons, soit 2,4%. Néanmoins, les données demandées aux éleveurs (suivi de poids) ne favorisent pas la déclaration des cas de mortinatalité, puisque des animaux nés morts n'ont pas d'intérêt à être pesés par l'éleveur. Beaucoup d'éleveurs n'enregistrent même pas l'occurrence des cas de mortinatalité. Notre estimation est donc par nature sous-évaluée. Dans la littérature, les taux de mortinatalité rapportés s'échelonnent de 5 à 11,6% (Tableau 14).

À notre connaissance, il existe peu de données évaluant l'incidence de la mortinatalité sur la croissance des chatons d'une portée. Dans notre étude, la présence d'au moins un mort-né dans la portée a une influence positive sur le taux de croissance 2-21 jours.

Tableau 14 : Taux de mortinatalité (%) chez le chaton rapporté dans la littérature

Étude	Taux de mortalité (en pourcentage)
Povey, 1978	11,6
Ström Holst et Frössling, 2009	9,7
Fournier et al., 2017	8,5
Sparkes et al., 2006	8,2
Prescott, 1973	[7 – 7,5]
Jemmett et Evans, 1977	5,9
Musters et al., 2011	5

D'après Gast (2011), la croissance pondérale diffère seulement à partir de la 17^{ème} semaine de vie, entre les portées avec et sans mort-nés (Figure 36).

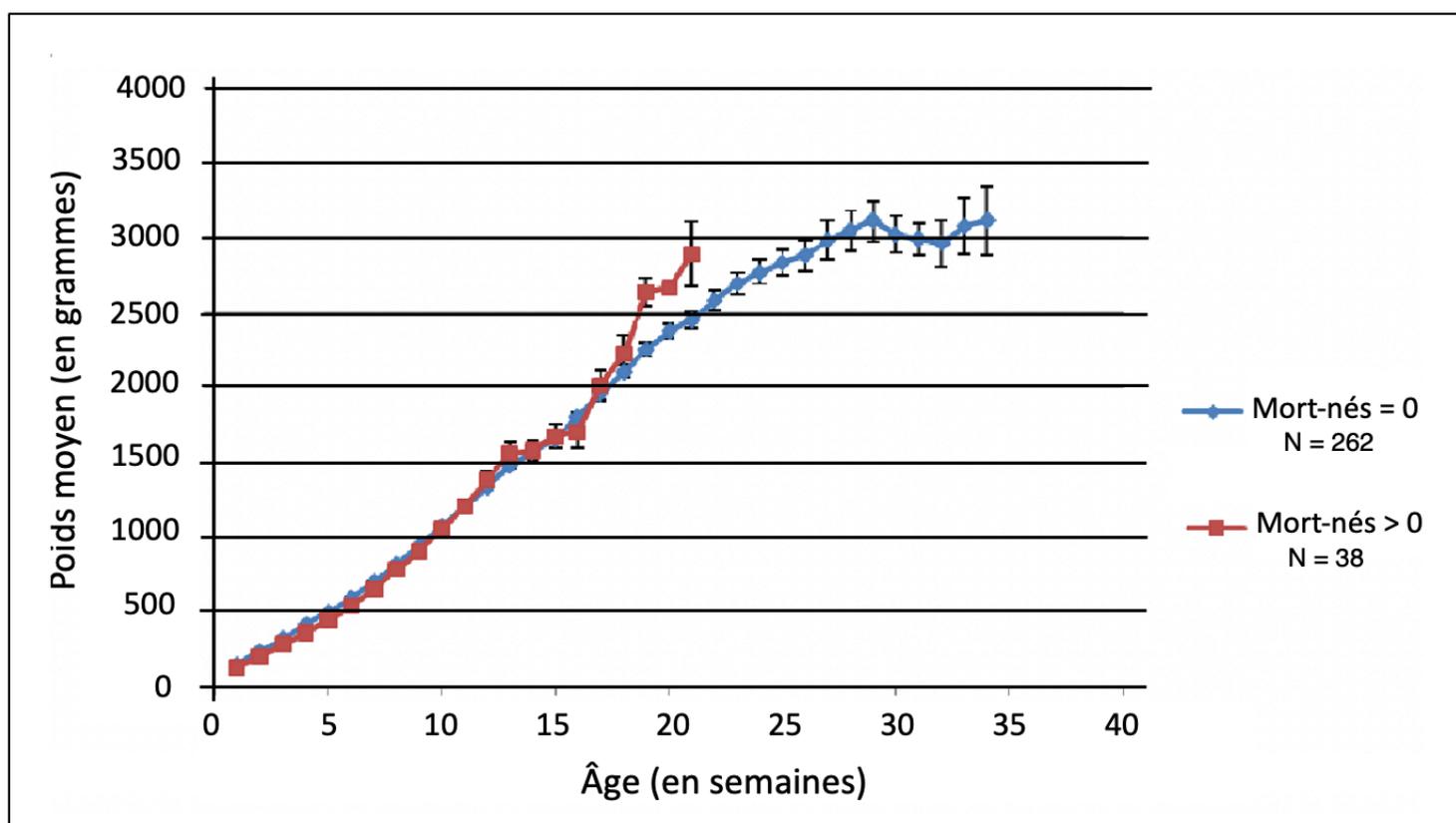


Figure 36 : Évolution du poids moyen des chatons (intervalle de confiance à 95%) avec ou sans mort-nés dans la portée (Gast, 2011).

Le chiffre associé à la présence ou non de mort-nés dans la portée indique l'effectif de chaque groupe

Dans l'espèce porcine (*Sus scrofa domesticus*), des conclusions similaires ressortent de l'étude de Škorjanc et al., publiée en 2007, pour une population de 466 porcelets. Le poids au sevrage, à J28, est plus élevé pour les membres d'une portée ayant eu la présence d'un mort-né.

g) Influence du taux de croissance 0-2 jours sur les taux de croissance ultérieurs

L'ingestion d'une quantité suffisante de colostrum (se traduisant par le taux de croissance 0-2 jours) est cruciale pour le chaton. En effet, les espèces féline et canine sont des espèces à placentation endothéliochoriale.

À la naissance, les nouveau-nés naissent donc avec un système immunitaire incompetent puisque le transfert passif d'immunité ne permet qu'un faible transfert d'immunoglobuline au cours de la gestation (Bouchard et al., 1992 ; Chappuis, 1998). Seulement 5 à 15% des immunoglobulines G circulantes au 2^{ème} jour de vie sont transmises par voie placentaire (Casal et al., 1996). La prise colostrale est donc essentielle pour assurer une protection immunitaire suffisante et le transfert d'immunoglobulines G dans le colostrum est estimé à une concentration de [40-50] g/L chez le chat (Levy et al., 2001).

Chez le chiot, le taux de croissance sur les 2 premiers jours de vie est un reflet de la qualité du transfert d'immunité passive (Aggouni, 2016) et il est prédictif du risque de mortalité pendant la période néonatale (Mila et al., 2015). L'objectif de notre étude n'était pas d'examiner le lien entre le taux de croissance 0-2 jours et le risque de mortalité néonatale puisque seuls les chatons vivants à l'âge de 2 mois ont été sélectionnés. Il s'agissait d'évaluer l'impact du taux de croissance 0-2 jours sur la suite de la croissance jusqu'à 2 mois d'âge. Les chatons à faible taux de croissance 0-2 jours ont présenté une croissance compensatrice jusqu'à 2 mois d'âge. La survie et la croissance néonatale du nouveau-né est donc dépendante d'une bonne prise colostrale apportant les nutriments nécessaires (Lawler, 2008 ; Mila et al., 2015) et impactant l'évolution des taux de croissance jusqu'à 2 mois d'âge chez le chaton.

En 2014, Ferrari et al. ont étudié l'influence de l'apport en colostrum sur la croissance ultérieure du porcelet, entre la naissance et J42. Une différence de 1

kilogramme de poids vif est observée à J42 entre les porcelets ayant consommé plus de 250 grammes de colostrum comparé à ceux qui en ont ingéré moins (Figure 37).

De même, Moraes et al., (2000) montrent qu'il existe un lien entre la prise colostrale et le gain de poids des veaux jusqu'à l'âge de 16 mois. En effet, les veaux qui ont présenté un défaut de transfert d'immunité passive, ont un gain de poids moindre comparé à ceux où la prise colostrale était suffisante (1,014 kilogramme de gain par jour contre 1,096 kilogramme pour les veaux ayant reçu suffisamment d'immunoglobulines G).

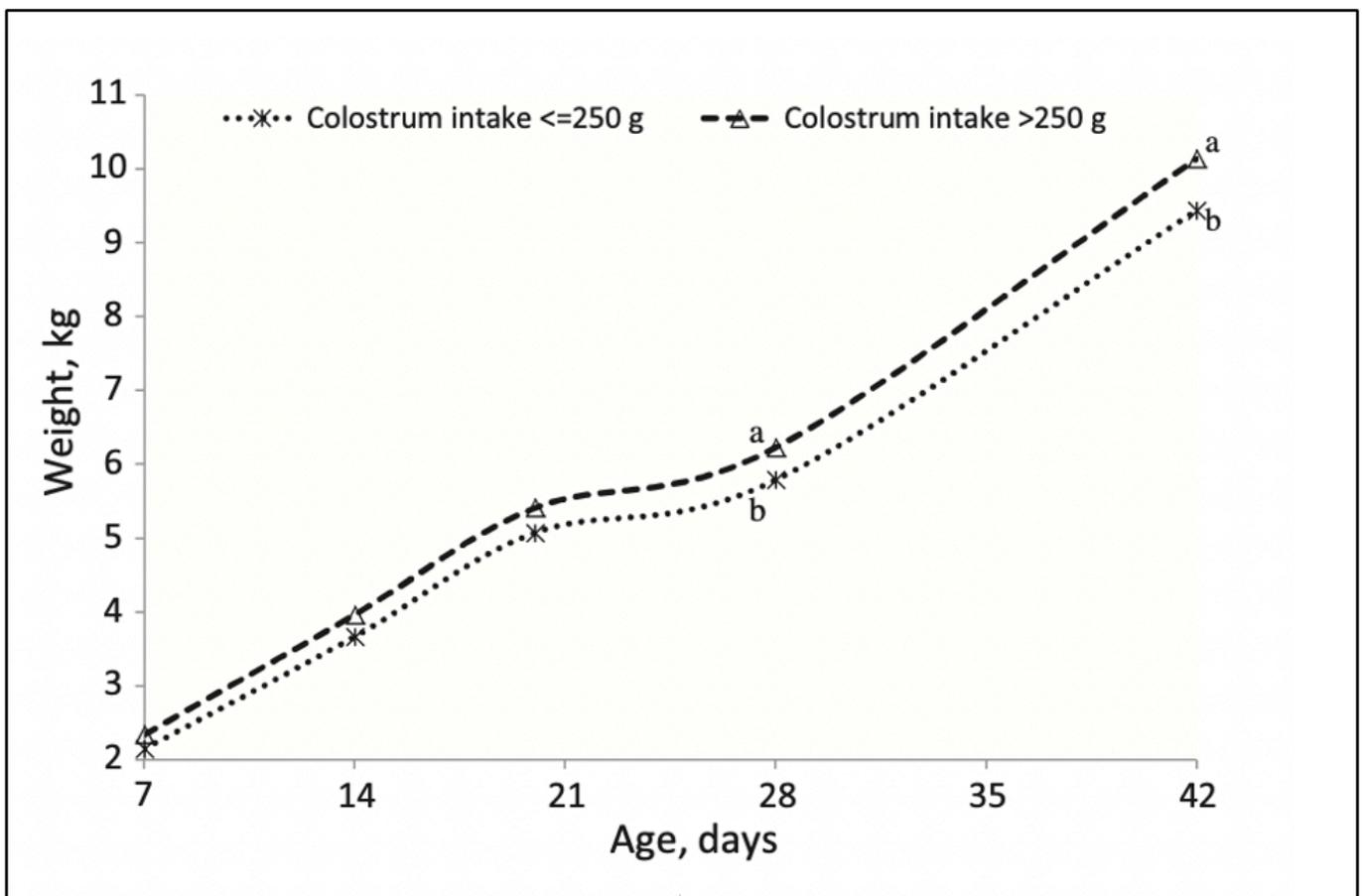


Figure 37 : Influence de la quantité de colostrum ingérée à la naissance sur l'évolution du poids de 556 porcelets (Ferrari et al., 2014)

Conclusion

Pour répondre aux attentes croissantes en néonatalogie féline, notre travail a permis d'élaborer un outil pratique pour suivre la croissance des chatons de la naissance à l'âge de 2 mois. Il permet de détecter précocement les chatons présentant des retards de croissance et donc accorder une attention particulière à leur examen clinique. La construction des courbes de référence par race a donc pour vocation d'aider les vétérinaires et les éleveurs.

Cette étude pourrait par la suite être complétée en évaluant les conditions d'élevage (alimentation de la mère et des chatons, mesures prophylactiques) sur la croissance des chatons et en normalisant les protocoles de suivi de poids.

De plus, il serait intéressant de définir chez le chaton des paramètres d'alerte prédictifs d'une augmentation de risque de mortalité, notamment néonatale. La détermination du seuil critique du taux de croissance 0-2 jours par exemple pourrait être un outil intéressant pour identifier très précocement les chatons à risque.

Enfin, si une chute trop importante (dont le seuil d'alerte reste à définir) du taux de croissance est probablement indicatrice d'un risque de mort à court ou moyen terme, il serait intéressant d'évaluer l'impact à long terme d'une croissance trop importante en période néonatale ou pédiatrique. Chez le chien, un taux de croissance élevé aux deux premiers jours de vie est un risque de surpoids et d'obésité accru pour la croissance ultérieure (Devaux, 2020).

Bibliographie

AGGOUNI, C., 2016. Étude de la qualité immunologique et énergétique du colostrum de la chienne : impact sur la santé du chiot. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/16486/1/Aggouni_16486.pdf

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

BECK, F., 2008. Représentativité des échantillons et représentation des usages : l'apport des enquêtes en population générale à la compréhension des usages de drogues [en ligne]. [Consulté le 26 juin 2021]. pp. 333. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00338155/document>.

BELIN, M., 1988. Croissance et mortalité du chiot en élevage. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/10834/1/Belin_10834.pdf

BELTRAND, J., LEVY, C., 2009. Petit poids de naissance et risque métabolique chez l'adulte. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. Vol. 44, n° 2, pp. 91-95. DOI 10.1016/j.cnd.2008.12.003.

BOUCHARD, G., PLATA-MADRID, H., YOUNGQUIST, R. S., BUENING, G. M., GANJAM, V. K., KRAUSE, G. F., ALLEN, G. K. et PAINE, A. L., 1992. Absorption of an alternate source of immunoglobulin in pups. *American Journal of Veterinary Research*. Vol. 53, n° 2, pp. 230-233.

BRAULT, N., 2017. Le concept de biais en épidémiologie. [en ligne]. [Consulté le 21 juin 2021]. pp. 316. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02167196/document>

BREVAUX, J., 2018. Relation entre le poids de naissance, la croissance précoce, l'hétérogénéité du poids de naissance au sein de la portée et le risque de mortalité néonatale et pédiatrique. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/21643/1/Brevaux_21643.pdf

CANE, T., 2020. Poids de naissance du chaton : facteurs de variation et impact sur la croissance et la mortalité néonatales. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/27440/1/Cane_27440.pdf

CANTIER, J., VEZINHET, A., ROUVIER, R., DAUZIER, L., BOUTHIER, E., BRESSOT, C., PAOLANTONACCI, SCHELLER, S., 1969. Allométrie de croissance chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*). Annales de biologie animale, biochimie, biophysique. Vol. 9, n° 1, pp. 5-39.

CARIOLET, R., DIGUERHER, G., JULOU, P., ROSE, N., ECOBICHON, P., BOUGEARD, S., MADEC, F. 2004. Survie et croissance des porcelets au stade maternité dans l'unité EOPS de l'AFSSA Ploufragan. [en ligne]. [Consulté le 18 juin 2021]. pp. 8. Disponible à l'adresse : <http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2004/04txtBienetre/09be.pdf>

CASAL, ML., JEZYK, PF., GIGER, U., 1996. Transfer of colostral antibodies from queens to their kittens. American Journal of Veterinary Research. 57:1653-1658.

CHAPPUIS, G., 1998. Neonatal immunity and immunisation in early age: lessons from veterinary medicine. Vaccine. Vol. 16, n° 14-15, pp. 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, n° S2, pp. 148-152. DOI 10.1111/rda.12830.

CHASTANT-MAILLARD, S., FONTBONNE, A., FOURNIER, A., GRELLET, A., MILA, H., MUNNICH, A., 2018. Les trois premières semaines de vie [en ligne]. [Consulté le 26 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.neocare.pro/wp-content/uploads/2018/05/Guide-pratique-neonatalogie-HD.pdf>.

COHEN, J., 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

DEVAUX, L., 2020. Programmation néonatale dans l'espèce canine : impact à long terme de facteurs néonataux en race labrador. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://www.neocare.pro/wp-content/uploads/2021/02/Manuscrit_Devaux_Programmation-neonatale-dans-lespece-canine.pdf

DIGANGI, A., GRAVES, J., BUDKE, C., LEVY, J., TUCKER, S., ISAZA, N., 2020. Assessment of body weight for age determination in kittens. Journal of Feline Medicine and Surgery. Vol. 22, n° 4, pp. 322-328. DOI 10.1177/1098612X19844846.

EKELUND, U., ONG, K., LINNÉ, Y., NEOVIUS, M., BRAGE, S., DUNGER, D., WAREHAM, N., RÖSSNER, S., 2006. Upward weight percentile crossing in infancy and early childhood independently predicts fat mass in young adults: the Stockholm Weight Development Study (SWEDES). The American Journal of Clinical Nutrition. Vol. 83, n° 2, pp. 324-330. DOI 10.1093/ajcn/83.2.324.

FERRARI, C., SBARDELLA, P., BERNARDI, M., COUTINHO, M., VAZ, I., WENTZ, I., BORTOLOZZO, F., 2014. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 114, n° 3-4, pp. 259-266. DOI 10.1016/j.prevetmed.2014.02.013.

FESTING, M., BLEBY, J., 1970. Breeding performance and growth of SPF cats (*Felis catus*). *The Journal of Small Animal Practice*. Vol. 11, n° 8, pp. 533-542. DOI 10.1111/j.1748-5827.1970.tb05610.x.

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 = Zuchthygiene*. Vol. 52 Suppl 2, pp. 153-157. DOI 10.1111/rda.12844.

FOURNIER, A., MILA, H., GRELLET, A. et CHASTANT-MAILLARD, S. 2017. Un chaton sur 6 n'atteint pas l'âge de 2 mois en France aujourd'hui. [en ligne]. [Consulté le 26 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.neocare.pro/wp-content/uploads/2020/03/54_2017_Fournier_Un-chaton-sur-6-natteint-pas-l%C3%A2ge-de-deux-mois-en-France-SNPCC.pdf

GAST, A., 2011. Approche zootechnique de la croissance du chaton ; applications en élevage. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Alfort. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1496>

GATEL, L., ROSSET, E., CHALVET-MONFRAY, K., BUFF, S. et RAULT, D. N., 2011. Relationships between fetal biometry, maternal factors and birth weight of purebred domestic cat kittens. *Theriogenology*. Vol. 76, n° 9, pp. 1716-1722. DOI 10.1016/j.theriogenology.2011.07.003.

GRECO, D., 2014. Pediatric nutrition. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. Vol. 44, n° 2, pp. 265-273. DOI 10.1016/j.cvsm.2013.11.001.

GRUNDY, S., 2006. Clinically relevant physiology of the neonate. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. Vol. 36, n° 3, pp. 443-459, v. DOI 10.1016/j.cvsm.2005.12.002.

HAMADA, Y., 1994. Standard Growth Patterns and Variations in Growth Patterns of the Japanese Monkeys (*Macaca fuscata*) Based on an Analysis by the Spline Function Method. *Anthropological Science*. Vol.102, pp. 57-76.

HURNI, H., 1981. Daylength and breeding in the domestic cat. *Laboratory Animals*. Vol. 15, n° 3, pp. 229-233. DOI 10.1258/002367781780893803.

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

JOHNSTONE, I., 1987. Reproductive patterns of pedigree cats. Australian Veterinary Journal. Vol. 64, n° 7, pp. 197-200. DOI 10.1111/j.1751-0813.1987.tb15180.x.

KIRK, C., 2001. New concepts in pediatric nutrition. The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice. Vol. 31, n° 2, pp. 369-392. DOI 10.1016/s0195-5616(01)50210-7.

LAWLER, D., 2008. Neonatal and pediatric care of the puppy and kitten. Theriogenology. Vol. 70, n° 3, pp. 384-392. DOI 10.1016/j.theriogenology.2008.04.019.

LECARPENTIER, M., MARTINEZ, C., 2017. La croissance du chiot entre 0 et 2 mois : établissement de courbes de croissance de référence par race. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/19686/1/Lecarpentier_Martinez_19686.pdf

LECOURTOIS, C., 2018. Poids de naissance et autres facteurs de risque de mortalité néonatale chez le chat. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire Toulouse. Disponible à l'adresse : https://oatao.univ-toulouse.fr/21646/1/Lecourtois_21646.pdf

LEIGH, S., SHEA, B., 1996. Ontogeny of body size variation in African apes. American Journal of Physical Anthropology. Vol. 99, n° 1, pp. 43-65. DOI 10.1002/(SICI)1096-8644(199601)99:1<43:AID-AJPA3>3.0.CO;2-0.

LEVY, J., CRAWFORD, P., COLLANTE, W., PAPICH, M., 2001. Use of adult cat serum to correct failure of passive transfer in kittens. Journal of the American Veterinary Medical Association. Vol. 219, n° 10, pp. 1401-1405. DOI 10.2460/javma.2001.219.1401.

MEADE, C., 2014. Fading syndrome in kittens. In Practice. Vol. 36, n° 6, pp. 266-276. DOI 10.1136/inp.g3212.

MENOTTI-RAYMOND, M., DAVID, V., PFLUEGER, S., LINDBLAD-TOH, K., WADE, C., O'BRIEN, S., JOHNSON, W., 2008. Patterns of molecular genetic variation among cat breeds. Genomics. Vol. 91, n° 1, pp. 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, pp. 4436-4442. DOI 10.2527/jas.2015-8971.

MILA, H., CHASTANT-MAILLARD, S., GRELLET, A., 2017. Conséquences d'un faible poids de naissance chez les chiots et chatons [en ligne]. [Consulté le 26 juin 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.neocare.pro/wp-content/uploads/2020/03/60_2016_Mila_Cons%C3%A9quence-dun-faible-poids-de-naissance-chez-le-chaton-et-le-chiot-SNPCC.pdf

MILLIGAN, B., FRASER, D. et KRAMER, D., 2001. Birth weight variation in the domestic pig: effects on offspring survival, weight gain and suckling behaviour. Applied animal behaviour science. DOI 10.1016/S0168-1591(01)00136-8.

MOIK, K., KIENZLE, E., 2011. Birth weight and postnatal growth of pure-bred kittens. *The British Journal of Nutrition*. Vol. 106 Suppl 1, pp. S32-34. DOI 10.1017/S0007114511003333.

MOON, P., MASSAT, B., PASCOE, P., 2001. Neonatal critical care. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. Vol. 31, n° 2, pp. 343-365. DOI 10.1016/s0195-5616(01)50209-0.

MORAES, M., WEIBLEN, R., REBELATTO, M., SILVA, A., 2000. Relationship between passive immunity and morbidity and weight gain in dairy cattle. *Ciência Rural*. Vol. 30, pp. 299-304. DOI 10.1590/S0103-84782000000200017.

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, pp. 1596-1601. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.12.020.

PARAGON, B., MALANDAIN, E., KRETZ, C., SERGHERAERT, R., 2000. Guide pratique de l'élevage félin. Royal canin, Aimargues, France. pp. 296

PRESCOTT, C., 1973. Reproduction patterns in the domestic cat. *Australian Veterinary Journal*. Vol. 49, n° 3, pp. 126-129. DOI 10.1111/j.1751-0813.1973.tb06758.x.

QUINIOU, N., DAGORN, J., GAUDRE, D., 2001. Variation du poids des porcelets à la naissance et incidence sur les performances zootechniques ultérieures. *Techni Porc*. Vol. 24, pp. 7. Disponible à l'adresse : <https://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/tp2001n2quiniou.pdf>

RICE, S., VALENTINE, C., 2015. Neonatal Body Composition: Measuring Lean Mass as a Tool to Guide Nutrition Management in the Neonate. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. Vol. 30, n° 5, pp. 625-632. DOI 10.1177/0884533615578917.

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

ROMAGNOLI, S., BENZAIA, C., FERRÉ-DOLCET, L., SONTAS, H., 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, pp. 1188-1197. DOI 10.1177/1098612X18824181.

ROOT, M. V., JOHNSTON, S. D. et OLSON, P. N., 1995. Estrous length, pregnancy rate, gestation and parturition lengths, litter size, and juvenile mortality in the domestic cat. *Journal of the American Animal Hospital Association*. Vol. 31, n° 5, pp. 429-433. DOI 10.5326/15473317-31-5-429.

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

ROUSSEAU, S., SAPORTA, G., 2011. Non-réponse et données manquantes. [en ligne]. pp. 3-6. [Consulté le 26 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <http://cedric.cnam.fr/~saporta/NonReponse%20-%20DEC2013.pdf>.

SANTIN, G., 2015. Non-réponse totale dans les enquêtes de surveillance épidémiologique. pp. 13-15. [en ligne]. [Consulté le 18 juin 2021]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01132170/document>

ŠKORJANC, D., BRUS, M., ČANDEK-POTOKAR, M., 2007. Effect of Birth Weight and Sex on Pre-Weaning Growth Rate of Piglets. *Archiv fur Tierzucht*. Vol. 50, pp. 476-486. DOI 10.5194/aab-50-476-2007.

SPARKES, A., ROGERS, K., HENLEY, W., GUNN-MOORE, D., MAY, J., GRUFFYDD-JONES, T., BESSANT, C., 2006. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. Vol. 8, n° 3, pp. 145-157. DOI 10.1016/j.jfms.2005.10.003.

SPENCE, K., YERKES, R., 1937. Weight, growth and age in chimpanzee. *American Journal of Physical Anthropology*. Vol. 22, n° 2, pp. 229-246. DOI 10.1002/ajpa.1330220204.

STENKISTE, A., 2009. Contribution à l'étude des conditions de mise-bas et de la mortalité des chatons chez le chat de race en France. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1109>

STRÖM HOLST, B., 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, pp. 793-802. DOI 10.1016/j.jfms.2009.01.008.

THEVENET, M., 2007. La pathologie neonatale du chaton: memento à l'usage du vétérinaire. Thèse Doctorat Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1144>

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

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête envoyé aux éleveurs.....	97
Annexe 2 : Maine Coon (N = 1012) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	100
Annexe 3 : Norvégien (N = 840) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	105
Annexe 4 : British (N = 772) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	110
Annexe 5 : Sacré de Birmanie (N = 745) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	115
Annexe 6 : Sibérien (N = 451) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	120
Annexe 7 : Persan/Exotic Shorthair (N = 356) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	125
Annexe 8 : Ragdoll (N = 324) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	130
Annexe 9 : Chartreux (N = 289) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	135
Annexe 10 : Abyssin/Somali (N = 260) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 11 : Bengal (N = 188) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	145
Annexe 12 : Balinais/Mandarin/Oriental/Siamois (N = 154) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	150

Annexe 13 : Sphynx (N = 139) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	155
Annexe 14 : Scottish/Highland (N = 116) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	160
Annexe 15 : Mau Egyptien (N = 110) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 16 : Munchkin (N = 95) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours)	170
Annexe 17 : Russe/Nebelung (N = 92) : Étapes de construction des courbes de croissance (0 à 7 jours ; 0 à 21 jours ; 0 à 60 jours) et évolution du GMQ (0 à 21 jours).....	175

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête envoyé aux éleveurs

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 à 17 : Construction par étape des courbes de croissance et représentation graphique du Gain Moyen Quotidien à partir des 16 groupes de race de la base de données.

Les annexes sont classées de la race ayant le plus grand effectif (Maine Coon) à la race la moins représentée dans la base de données (Russe/Nebelung). Pour chaque race ou groupe de race, les graphiques sont classés comme suit :

1. Effectif disponible, c'est-à-dire le nombre de chatons pesés par jour de la naissance au 60^{ème} jour de croissance
2. Évolution du Gain Moyen Quotidien de la naissance au 21^{ème} jour de croissance
3. Modélisation graphique non lissée puis lissée sous forme de fonction polynomiale du second degré pour obtenir des courbes de croissance sur trois périodes distinctes : (0 à 7 jours), (0 à 21 jours) et (0 à 60 jours).
4. Représentation graphique de la distribution des poids sous forme de box-plot pour 14 âges (J0, J1, J2, J5, J7, J10, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56, J60).

Pour les différents jours considérés, le tracé fait figurer le minimum, le premier quartile, la médiane, le troisième quartile et le maximum.

Les courbes générées dans ce travail seront publiées par la société Royal Canin dans une revue internationale à comité de lecture dans les mois à venir.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussignée, Sylvie CHASTANT, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **CISEK Carine** intitulée « **Croissance néonatale et pédiatrique du chaton : description par race et facteurs de variation** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

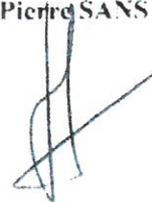
Fait à Toulouse, le 06/09/2021
Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeure Sylvie CHASTANT



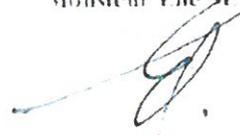
Vu :
Le Président du jury
Professeur Roger LEANDRI

Professeur Roger LEANDRI
Médecine de la Reproduction
RPPS 10001539203
Hôpital Paule de Angliès
330 av. de Grande Bretagne - TSA 70034
31059 TOULOUSE Cedex 9
Tel 05 67 77 11 02 - Fax 05 67 77 10 16

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



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



Mme CISEK Carine
a été admis(e) sur concours en : 2016
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le: 06/07/2020
a validé son année d'approfondissement le: 06/05/2021
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



Nom : CISEK

Prénom : Carine

Titre : Croissance néonatale et pédiatrique du chaton : description par race et facteurs de variation.

Résumé : La croissance est un paramètre capital du suivi de la santé d'un nouveau-né. L'objectif de ce travail était de décrire sur une grande population, la croissance du chaton de la naissance à l'âge de 2 mois et d'identifier les facteurs ayant une influence sur cette croissance. La taille de portée, la saison de mise-bas, la présence de mort-nés dans la portée et le sexe du chaton ont une influence statistique mais un effet biologique faible. A l'inverse, le groupe racial, le poids de naissance et le taux de croissance 0-2 jours montrent un effet biologique fort ($\eta^2 \sim 0,26$). La cinétique de croissance étant dépendante du groupe racial, ce travail s'est également attaché à construire les courbes de croissance de référence pour 16 groupes de race fournissant ainsi aux éleveurs des outils de surveillance des chatons : tout décrochage doit motiver un examen clinique complet afin de décider d'une prise en charge adaptée.

Mots-clés : croissance, chaton, race, poids de naissance, taux de croissance 0-2 jours.

Title : Neonatal and pediatric growth of the kitten : breed description and variation factors

Abstract : Growth is a key parameter in monitoring the health of a newborn baby. The objective of this work was to describe on a large population the growth of the kitten from birth to the age of 2 months and identify the factors which have an influence on this growth. Litter size, farrowing season, the presence of stillborns in the litter and the kitten's sex have a statistical influence but a weak biological effect. Conversely, racial group, birth weight and the growth rate 0-2 days, show a strong biological effect ($\eta^2 \sim 0.26$). The growth dependent on the racial group and this work also focused on constructing the reference growth curves for 16 breed groups. Breeders have monitoring tools for kittens. A growth failure justify a complete clinical examination in order to decide on an appropriate care.

Key words : growth, kitten, breed, birth weight, growth rate 0-2 days.