

Année 2011



**APPROCHE ZOOTECHNIQUE DE LA
CROISSANCE DU CHATON ; APPLICATIONS
EN ÉLEVAGE**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le.....

par

Anne-Sophie GAST

Née le 11 juillet 1985 à Versailles (Yvelines)

JURY

Président : Pr.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : M. GRANDJEAN Dominique

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Assesseur : M. DESQUILBET Loïc

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. et Mme : BRUGERE Henri, BRUGERE-PICOUX Jeanne, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François,
DEPUTTE Bertrand, LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

<p>- UNITE DE CARDIOLOGIE Mme CHETBOUL Valérie, Professeur Melle GKOUNI Vassiliki, Praticien hospitalier</p> <p>- UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. AUDIGIE Fabrice, Professeur* M. DENOIX Jean-Marie, Professeur Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier Mme CHRISTMANN Undine, Maître de conférences Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel Mme PRADIER Sophie, Maître de conférences Melle DUPAYS Anne-Gaëlle, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel</p> <p>- UNITE D'IMAGERIE MEDICALE Mme BEDU-LEPERLIER Anne-Sophie, Maître de conférences contractuel Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier</p> <p>- UNITE DE MEDECINE M. BLOT Stéphane, Professeur* M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT M. GRANDJEAN Dominique, Professeur * Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel</p> <p>- DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur</p> <p>- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences</p>	<p>- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur * M. POLACK Bruno, Maître de conférences M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARIENAC Geneviève, Maître de conférences M. HUBERT Blaise, Praticien hospitalier M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences (rattaché au DPASP)</p> <p>- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MOISSONNIER Pierre, Professeur M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mme RAVARY-PLUMIOEN Béragère, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences* M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP) M. MAUFFRE Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel, (rattaché au DPASP)</p> <p>- DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS Mme ROUX Françoise, Maître de conférences</p>
--	--

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

<p>- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences</p> <p>- UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur Mme DUFOUR Barbara, Professeur Melle PRAUD Anne, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel,</p>	<p>- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. ADJOU Karim, Maître de conférences * M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences M. BELBIS Guillaume, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel, M. HESKIA Bernard, Professeur contractuel</p> <p>- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur* M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme LEROY-BARASSIN Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Professeur</p>
--	--

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

<p>- UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES M. CHATEAU Henry, Maître de conférences* Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur Mme ROBERT Céline, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Professeur certifié</p> <p>- UNITE DE BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences* M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE M. PHILIPS, Professeur certifié</p> <p>- UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences* M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur</p> <p>-UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur * Mme LALOY Eve, Maître de conférences contractuel Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences M. REYES GOMEZ Edouard, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel,</p>	<p>- UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur M. MAGNE Laurent, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE M. TISSIER Renaud, Maître de conférences* Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur M. PERROT Sébastien, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences Mme PILOT-STORCK Fanny, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : ETHOLOGIE Mme GILBERT Caroline, Maître de conférences</p>
--	---

* responsable d'unité

REMERCIEMENTS

Au Professeur de la Faculté de Médecine de Créteil qui nous a fait l'honneur de présider ce jury de thèse.

A Monsieur Grandjean Dominique, Professeur à l'ENVA, pour nous avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

A Monsieur Loïc Desquilbet, Maître de Conférences à l'ENVA, pour nous avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse, pour sa disponibilité, sa pédagogie et sa gentillesse tout au long de la réalisation de ce travail.

A Aurélien Grellet, pour son aide, ses conseils et son investissement dans notre travail.

A tous les éleveurs qui ont participé à cette étude.

A Laurence Yaguiyan-Colliard pour ses conseils.

Au personnel du Livre Officiel des Origines Félines pour avoir diffusé le questionnaire de l'étude.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	1
INTRODUCTION.....	5
PREMIERE PARTIE :	7
I. La croissance postnatale du chaton, son suivi en élevage.....	9
A. Les différentes étapes de la croissance du chaton	9
1. Croissance et développement	9
2. Le chaton à la naissance	9
3. Les différentes périodes au cours de la croissance.....	9
4. Les facteurs influant sur la croissance.....	11
B. Suivi de la croissance en élevage	11
1. Examen clinique à la naissance	11
2. Suivi du poids corporel	12
3. Prise du colostrum, consommation alimentaire	15
4. Température corporelle	17
5. Caractéristiques des fèces.....	18
6. Comportement des chatons	18
7. Indicateurs de développement.....	19
8. Surveillance des chattes reproductrices.....	19
9. Evaluation de l'environnement (logement, hygiène)	20
II. Etudes réalisées sur la croissance pondérale du chaton	21
A. Protocoles des différentes études	21
1. Croissance et développement du chaton. Approche de la croissance pondérale par l'étude de la courbe de poids	21
2. Changements de poids postnatals de chats domestiques maintenus dans une colonie en plein air	22
3. Un profil de croissance du chat mâle et femelle	22
4. Performances de reproduction et Croissance de chats (Felis catus) SPF (specific pathogen free).....	23
5. L'élevage du chat de laboratoire en zone protégée	23
6. Nutrition du chat.....	23
7. Contribution à l'étude des conditions de mise-bas et de la mortalité des chatons chez le chat de race en France	24
9. Une étude basée sur un questionnaire sur la gestation, la mise-bas et la mortalité néonatale dans les élevages de chats de race au Royaume-Unis.....	24
10. Une enquête sur la mise-bas chez la chatte	24
11. Facteurs influents sur la croissance du chaton	24
12. Etude du changement de poids comme facteur prédictif de survie chez des chiots nouveau-nés Pointer	24
B. Poids à la naissance	25
1. Etude du poids à la naissance selon la race	25
2. Etude du poids à la naissance selon le sexe	26
3. Etude du poids de naissance selon la taille de la portée.....	26
C. Croissance pondérale.....	27

1.	Courbes de croissance	27
2.	Etude de la croissance pondérale selon le sexe	29
3.	Etude de la croissance pondérale selon le type de régime alimentaire	30
4.	Etude de la croissance pondérale selon la taille de la portée.....	31
5.	Etude de la croissance pondérale selon le poids à la naissance.....	32
6.	Etude de la croissance pondérale selon la race.....	32
7.	Etude de la croissance selon les circonstances de la mise bas	32
8.	Autres facteurs pris en compte	32
	DEUXIEME PARTIE :	35
I.	Matériels et méthodes.....	39
A.	Population d'étude.....	39
1.	Base de donnée initiale.....	39
2.	Critères d'exclusion.....	40
B.	Données recueillies	41
1.	Mode de recueil des données	41
2.	Période de recueil des données.....	42
3.	Définition de l'événement d'intérêt de l'étude	43
C.	Méthodes statistiques	43
1.	Tests statistiques utilisés	43
2.	Modèles multivariés utilisés.....	44
3.	Données manquantes.....	49
4.	Logiciel utilisé.....	49
II.	Résultats statistiques	50
A.	Description de l'échantillon	50
1.	Répartition des sexes	50
2.	Races étudiées	50
3.	Chatons notés comme ayant eu un problème	52
4.	Chatons notés décédés.....	53
5.	Nombre total de chatons dans la portée.....	53
6.	Nombre de chatons mort-nés.....	53
7.	Type de mise-bas.....	53
8.	Chatons biberonnés	54
9.	Année et mois de naissance des chatons	54
10.	Poids à la naissance	55
B.	Etude du poids à la naissance	56
1.	Variation du poids à la naissance selon la santé de l'animal.....	57
2.	Variation du poids à la naissance en fonction de la race.....	57
3.	Variation du poids à la naissance en fonction du sexe de l'animal.....	57
4.	Variation du poids à la naissance en fonction de la taille de la portée.....	57
5.	Variation du poids à la naissance en fonction de la mise-bas	57
6.	Variation du poids à la naissance en fonction du nombre de mort-nés.....	58
C.	Etude de la croissance pondérale du chaton en bonne santé	59
1.	Allure de la courbe de croissance des chatons « en bonne santé »	59
2.	Expositions étudiées.....	61
3.	Etude de la croissance pondérale.....	71
D.	GQM : gain quotidien moyen.....	75
1.	Allure de la courbe du GQM.....	75
2.	GQM en fonction du sexe du chaton.....	76

3.	GQM en fonction de la race du chaton	77
4.	GQM en fonction du poids à la naissance.....	78
5.	GQM en fonction de la taille de la portée	79
III.	Discussion	80
A.	Objectifs espérés, objectifs atteints	80
1.	Concernant l'étude de la croissance pondérale du chaton.....	80
2.	Concernant l'étude du poids à la naissance.....	80
3.	Concernant le gain de poids quotidien	80
B.	Qualité et validité des résultats.....	81
1.	Le Questionnaire	81
2.	Codage des variables	83
3.	Etude du poids à la naissance	84
4.	Etude de la croissance pondérale.....	85
5.	Le gain de poids quotidien moyen	85
C.	Comparaison avec la littérature.....	86
1.	Le poids à la naissance	86
2.	La croissance pondérale	87
3.	Le gain de poids quotidien moyen	88
	CONCLUSION	89
	BIBLIOGRAPHIE	91

INTRODUCTION

Le suivi de la croissance pondérale du chaton est primordial en élevage félin, il permet d'évaluer la consommation lactée ainsi qu'un suivi de l'état de santé du chaton. Il parut donc important de créer une étude sur la croissance pondérale des chatons de race nés dans les élevages français. Pour cela, l'UMES (L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport) a envoyé un questionnaire aux éleveurs de chats de race français. Les données ont été analysées dans le but d'étudier l'association entre plusieurs expositions d'intérêt principal et la croissance pondérale du chaton.

Les éleveurs étant à l'origine de la thèse et le premier public auquel elle s'adresse, une première partie sur les pratiques d'élevage leur a été destinée : les paramètres à suivre permettant un bon suivi de la croissance du chaton ont été développés. Nous verrons ainsi que le suivi du poids est essentiel chez le chaton et que les recommandations diffèrent selon les auteurs. Puis, les précédentes études concernant la croissance pondérale du chaton (protocoles, résultats chiffrés...) ont été détaillées afin de pouvoir effectuer un premier bilan sur les facteurs influents la croissance pondérale et comparer les résultats à ceux de notre étude.

Dans un deuxième temps, une analyse statistique a été menée à partir des résultats du questionnaire envoyé par l'UMES. Notre étude fut l'occasion de créer une base de données sur la croissance pondérale des chats de race élevés en France. L'association entre plusieurs expositions d'intérêt principal (sexe, taille de la portée, race, biberon, tout en prenant en compte le poids à la naissance) et l'événement d'intérêt, ici, la croissance pondérale du chaton, a été étudiée. Pour cela, nous avons utilisé le modèle de régression linéaire multivariée mixte. La croissance du chaton sain, en bonne santé a été approchée au mieux.

PREMIERE PARTIE :

Données bibliographiques

I. La croissance postnatale du chaton, son suivi en élevage

A. Les différentes étapes de la croissance du chaton

1. Croissance et développement

La croissance est un phénomène quantitatif, elle résulte de la multiplication et de la croissance cellulaire. Elle se caractérise par des modifications mesurables tant en longueur et en hauteur (croissance staturale), qu'en volume ou en poids (croissance pondérale).

La croissance staturale est difficile à apprécier dans l'espèce féline en raison de la difficulté à maintenir un chaton immobile. La maturation osseuse est quantifiable par la radiographie, elle permet un suivi de croissance mais apparaît peu pratique.

La croissance pondérale est plus simple à caractériser : il suffit de peser le chaton.

Le développement est un phénomène quantitatif, il recouvre des modifications de conformation (changement de proportions, acquisition de tissus) et des modifications de fonction (par exemple maturation des systèmes enzymatiques, modification de l'équilibre hormonal : puberté...). Il comprend la transformation de l'œuf en nouveau-né puis du nouveau-né en adulte capable de se reproduire (36).

2. Le chaton à la naissance

Les chatons naissent sourds et les paupières fermées. Ils sont immatures et complètement dépendant des soins maternels. L'odorat et le goût sont fonctionnels. Les mouvements respiratoires spontanés apparaissent dans les 60 secondes après expulsion du chaton (3, 5, 34).

Le chaton nouveau-né est léché par la mère et donc débarrassé de ses enveloppes. Le léchage va perdurer, il aura une fonction de stimulation et d'éveil du jeune. La mère va mordre le cordon ombilical du chaton (15). Le petit va chercher les mamelles rendues accessibles par la mère et ingérer le colostrum. Le jeune chaton ne sait pas réguler sa température, il est donc dépendant du nid maternel et risque une hypothermie s'il n'est pas protégé (36). Il faut surveiller que les petits se fassent accepter par la mère et que la tétée soit environ toutes les 2-3 heures (15).

3. Les différentes périodes au cours de la croissance

Selon les auteurs, les périodes ne sont pas définies de la même manière. Nous présenterons les différentes périodes caractérisant une courbe de croissance puis les autres définitions présentes dans la littérature.

i. *La période néonatale*

Elle dure environ 4 jours. Durant cette période, une perte de poids est exceptionnelle. Le GMQ (Gain Moyen Quotidien) et l'IC (Indice de Croissance) sont variables, en particulier en fonction des conditions de mise-bas. (36)

ii. *La période d'allaitement exclusive*

L'allaitement est une période initiale de la vie du chaton au cours de laquelle celui-ci consomme d'abord de façon exclusive (3 semaines) puis progressivement, de façon plus restreinte, le lait maternel ou un produit de remplacement (35).

Cette période se déroule les 4 premières semaines. La croissance est relativement linéaire. On peut ainsi prévoir l'âge auquel le chaton double puis triple son poids... La croissance au cours de cette période traduit la qualité de la lactation et des soins maternels apportés aux jeunes (36).

iii. *La période de pré-sevrage*

C'est une période de transition alimentaire qui s'étend de 4 à 7 semaines d'âge. On observe une cassure sur la courbe de croissance vers 4-5 semaines (correspondant à une baisse du GMQ) liée à une baisse de la lactation associée à une sous-alimentation transitoire. Vers 7 semaines, il y a reprise de la croissance, cela signe la fin du sevrage.

iv. *La période de post-sevrage*

C'est une période d'autonomie du chaton. Le chaton grandit jusqu'à son format adulte définitif. Cette période correspond à l'expression des potentialités génétiques, la variabilité génétique s'exprimant alors pleinement (36).

v. *Autres définitions*

Selon les auteurs, les différentes périodes de croissance diffèrent :

Selon Peterson (38), la période néonatale se définit de la naissance jusqu'à environ 3 semaines, période durant laquelle le chaton marche et est capable d'uriner et de déféquer spontanément. La période de sevrage se définit à partir du moment où le chaton marche et est capable d'uriner et de déféquer spontanément (environ 3 semaines) jusqu'à ce qu'il soit sevré (environ 8 semaines). La période d'adolescence est définie du sevrage jusqu'à ce que le chaton ait atteint sa taille adulte et jusqu'à ce que la physiologie des principaux organes soit normale. D'autres la termine avec l'arrivée de la puberté (premier œstrus chez la femelle, acquisition du comportement sexuel et semence permettant la gestation chez le male). La fin de l'adolescence se termine vers 6 mois.

Concernant la définition de la période néonatale :

- Elle constitue les 2 premières semaines de vie. C'est une période de croissance et de développement rapide (3).
- Elle se définit de la mise-bas au sevrage total (20, 27) et est suivie de la période post-sevrage qui débute du sevrage et se termine à l'âge adulte (c'est-à-dire 10-12 mois) (27).
- Elle couvre les 7-10 premiers jours de vie et est caractérisée par une fonction neurologique peu développée, un développement progressif des réflexes spinaux et une dépendance totale pour la mère. Cette période est suivie d'une période de transition (10-21 jours) caractérisée par le développement d'un système audio-visuel compétent, un développement neurologique supplémentaire et une augmentation de l'indépendance des petits (15).

4. Les facteurs influant sur la croissance

Les facteurs influant sur la croissance sont à la fois des facteurs intrinsèques dominés par la génétique (race, sexe, facteurs familiaux, poids de la mère, facteurs génétiques individuels, facteurs hormonaux...) et des facteurs extrinsèques constitués par l'environnement au sens large (alimentation de la mère, du jeune, taille de la portée, conditions sanitaires et sociales...) (36, 37)

Ainsi, la génétique, l'environnement, les processus endocriniens et métaboliques, la nutrition et les maladies concomitantes sont à considérer lors de la baisse de la croissance du chaton (18).

B. Suivi de la croissance en élevage

La réussite de la transition vie fœtale - période d'allaitement dépend de l'alimentation de la chatte au cours de la gestation et de l'allaitement, de son comportement, de sa santé ainsi que des soins néonataux adéquats (21).

Durant la période néonatale, les éleveurs sont fortement conviés à consigner certaines données susceptibles d'apporter des informations sur la santé et le statut nutritionnel de la portée ainsi que sur les performances reproductrices de la chatte (21).

Nous détaillerons les principales données et informations à relever permettant un suivi correct des chatons au cours de leur croissance.

1. Examen clinique à la naissance

L'examen clinique à la naissance permet un premier bilan de santé de l'animal, permet de détecter certaines anomalies, et permet d'être une ligne de base pour les futures évaluations. Une attention particulière sera portée sur le comportement, le poids à la naissance, la température corporelle, l'examen buccal et le cordon ombilical (21).

Les muqueuses du chaton sont humides et hyperhémisées pendant 4 à 7 jours après naissance (13). A contrario, les muqueuses du chaton malade seront pâles, grises, cyanosées, l'auscultation abdominale sera sans bruits et il y aura présence de diarrhée dans 60% des cas.

Les trois principaux symptômes de maladie chez le nouveau-né au cours des 24 premières heures de vie seront l'hypothermie, la déshydratation et l'hypoglycémie (38).

2. Suivi du poids corporel

i. Il est conseillé d'enregistrer la croissance pondérale des chatons

Le suivi du poids corporel du chaton permet d'évaluer la consommation de lait ainsi que l'état de santé du chaton. De par sa facilité de mesure, c'est un critère conventionnel de croissance (2). Ceci facilite l'évaluation des chatons malades, faibles ou de poids insuffisant (21).

Selon les auteurs, les recommandations diffèrent.

Matériel :

La pesée s'effectuera avec une balance digitale, graduée en gramme pour plus de précision (38). Il est préférable que la pesée soit à la même heure et que tous les chatons de la portée soient pesés afin de visualiser l'évolution et de pouvoir comparer les chatons entre eux (36).

Méthode :

Les recommandations diffèrent selon les auteurs :

- Pour certains, les chatons sains doivent être pesés 1 fois par semaine, les chatons orphelins, faibles ou de poids insuffisant une fois par jour (21).
- Tandis que d'autres préféreront une pesée à la naissance, puis 12h après, puis quotidiennement jusqu'à 2 semaines (25) ou jusqu'à la fin du sevrage puis hebdomadairement le mois suivant et enfin mensuellement (19).
- Il est même recommandé de peser les nouveaux nés à risque avant et après tétée (30).
- Le suivi du poids à intervalle régulier et fréquent jusqu'à au moins 6 semaines est recommandé dans le but de suivre les chatons de croissance lente ou de poids inférieur à la normale (23).
- Ou encore une pesée tous les jours pendant 2 semaines puis tous les 3-4 jours jusqu'au sevrage (3).

Evaluation de la croissance :

Les chats atteignent leur taille adulte vers 8-12 mois. Les 6 premiers mois de vie sont les mois durant lesquels la croissance est la plus rapide (3). Une prise de poids après 12 mois est possible, elle correspond à la maturation et au développement musculaire (21).

La croissance pondérale doit être continue et régulière. Le chaton ne doit pas perdre de poids durant 2 jours consécutifs ou ne pas stagner plus de 2 jours consécutifs (19, 28). La plupart des chatons prennent du poids de manière presque linéaire c'est pourquoi le poids peut être utilisé pour estimer l'âge d'un chaton en bonne santé (38).

De nombreuses sources présentent des tables de croissance en fonction du poids du chat (2). Une croissance pondérale insuffisante ou une perte de poids peut indiquer une maladie des chatons (la perte de poids précède jusqu'à 16 heures l'apparition des signes de maladie (38)) ou de la chatte, un problème de tétée ou une production de lait inadéquate (21).

Evaluation du poids à la naissance

Le poids à la naissance est compris entre 85-120g avec une moyenne d'environ 100g. Lorsque le poids est inférieur à 75g, il y a un fort risque de mortalité. Le premier jour de vie, une perte de 10% est normale (21, 28). Le pronostic devient sombre si la perte de poids est supérieure à 10% (38).

D'autres auteurs considèrent que le poids normal d'un chaton est de 100 +/- 10g (20, 29) ou bien 110 +/- 20g (43), ou encore 110-120g (5) et qu'un poids en dessous de 90g est associé à un risque supérieur de mortalité néonatale (20).

Contrairement au chien, chez le chat, il n'est pas donné d'estimation de poids de naissance en fonction de la race (estimations en fonction des races toy, medium, large, giant chez le chien) (38).

Le poids à la naissance varie en fonction de la race (les nouveaux nés des races grand format étant plus lourds), du sexe (les femelles étant légèrement plus légères que les males), la taille de la portée et de l'alimentation de la mère (un déséquilibre alimentaire ou une sous alimentation de la mère peuvent être responsables de chatons plus légers et moins viables) (37).

Ces facteurs de variations diffèrent selon les auteurs. En effet, pour certains, le poids à la naissance ne dépend pas du sexe. Il est plus un indicateur d'une nutrition intra-utérine inadéquate ou d'une anomalie congénitale (23, 40) (la malnutrition maternelle est un facteur majeur de retard de croissance intra-utérine (27)). Le poids à la naissance ne dépend pas non plus de la taille de la portée ou du poids de la mère (23).

ii. Il faut pouvoir apprécier le rythme de croissance du chaton :

Il est très souvent donné dans la littérature des indicateurs de croissance du chaton permettant à l'éleveur ou vétérinaire de juger de la bonne croissance du chaton. Encore une fois, ces recommandations diffèrent selon les auteurs.

Nous en citerons quelques unes comme exemple.

- Le poids à la naissance est multiplié par deux en 8-10 jours. Le poids à 4 semaines est 4 à 5 fois le poids de naissance. Le poids à 8 semaines est 2 fois le poids à 4 semaines (19, 38).
- Ou encore que le poids de naissance est doublé à 2 semaines (25, 35), en une semaine (5, 27) ou encore entre 7-10 jours (40). Au sevrage, le chaton doit avoir un poids 6-10 fois celui à la naissance (40).

iii. Il est conseillé de calculer les indices de croissance G.M.Q, G.O.M, G.H.M, I.C pour suivre la croissance du chaton

Le G.M.Q est le gain moyen quotidien(g/j), le G.O.M est le gain quotidien moyen

$$G.O.M = P_{t+1\text{jour}} - P_t \quad (14)$$
$$G.M.Q = (P_{t+1\text{semaine}} - P_t) / 7$$

Le GMQ représente la vitesse de croissance. Sa courbe augmente fortement au début de la croissance puis diminue. Un GMQ élevé signifie que le chaton a une croissance rapide, un GMQ plus faible caractérise une croissance qui ralentie. Lorsqu'il est nul, la croissance est arrêtée (36).

Les chatons prennent selon les auteurs :

- Ou 5 à 10g au cours des premiers jours de vie (28).
- Ou encore il est dit que le GMQ reste du même ordre de grandeur d'une semaine sur l'autre (19).
- Les chatons doivent gagner 5-10% de leur poids de naissance quotidiennement (38)
- 10-15g/j (24)
- Au minimum 7-10g/j (29) (21)
- 2-5g/ repas ou 10g/j (43)
- 10-15g/j. En dessous de 7g/j, le gain est inadéquat (27).
- Prise de poids de 5-10% par jour (15).
- Prise en moyenne de 10% de leur poids par jour les premières semaines de vie (20).

Certains auteurs préconisent le sevrage du chaton lorsque le GMQ diminue (19, 35). Après sevrage, le GMQ doit augmenter (35).

Le G.M.H est le gain moyen hebdomadaire (g/semaine)

$$G.M.H. = P_{t+1\text{semaine}} - P_t$$

Selon les auteurs, les chatons prennent :

- En moyenne 100g/semaine au cours des 6 premiers mois de vie (38).
- Environ 100g/semaine pendant les 26 premières semaines de vie (26).
- Environ 100g jusqu'à environ 20 semaines environ. À 20 semaines, les chatons mâles prennent 20g/jour contre 11g/jour pour les femelles (21).
- 50-100g/semaine (38).
- 91 +/- 14g de la naissance à 8 semaines (inclus) puis 114g jusqu'à 12 semaines (5).
- 50-100g/semaine jusqu'à 5-6 semaines (3).
- 80-100g/semaine (43)

Après sevrage les chatons peuvent ne pas prendre de poids pendant 1 à 2 semaines. Mais ils prendront alors 300g la 3^{ème} semaine (43).

L'I.C.J est l'indice de croissance journalier. L'I.C.H est l'indice de croissance hebdomadaire.

$$I.C.J = (P_{t+1\text{jour}} - P_t) / P_t / 100$$

$$I.C.H = (P_{t+1\text{semaine}} - P_t) / P_t / 100$$

Peu de données sont disponibles dans la littérature sur les variations de ces deux indices.

3. Prise du colostrum, consommation alimentaire

La consommation alimentaire de la chatte et des chatons sera suivie (21).

Le colostrum

Le colostrum est sécrété par la chatte pendant les 24 à 72 premières heures qui suivent la mise-bas. Il apporte des nutriments, de l'eau, des facteurs de croissance, des enzymes digestives, des immunoglobulines maternelles. Ces apports sont indispensables pour la survie des nouveaux nés. Il a une consistance épaisse et collante (car riche en matière sèche). À la naissance, le chaton n'a pas de défense propre contre les micro-organismes. Les chatons doivent recevoir le colostrum au cours des 12 premières heures de vie pour acquérir une immunité systémique adéquate (21). La perméabilité de l'intestin aux immunoglobulines commence à diminuer à partir de 8 heures après la naissance. Il n'y a plus d'absorption possible après 48 à 72 heures (38).

La consommation du lait de chatte permet d'obtenir une concentration locale d'immunoglobuline dans le tractus gastro-intestinal et favorise ainsi la prévention d'invasion

systémique de micro-organismes. Les chatons acquièrent ainsi une immunité locale et systémique en consommant le colostrum et le lait mature (21).

Il faut donc veiller à ce que le chaton ingère le colostrum. Pour cela, les nouveau-nés doivent donc être encouragés à téter fréquemment la mère au cours des 72 premières heures de vie (30).

La prise lactée

La plupart des chatons nouveau-nés tètent toutes les 2 à 4 heures la première semaine de vie puis toutes les 4-6 heures jusqu'au sevrage (21). Peu d'informations sont disponibles sur la prise lactée chez le chat. On suppose que les grandes portées consomment plus de lait que les petites. De même, le volume de lait produit par la femelle varie selon la taille de la portée, le moment où la nourriture a été supplémentée et le moment du sevrage. Le lait de la mère permet une croissance normale jusqu'à 4 semaines. Après 4 semaines, le lait n'est plus suffisant pour un développement adéquat (3).

La prise lactée quotidienne a été estimée chez 14 chatons issus de 5 portées au cours des 4 premières semaines de vie. Elle semble constante au cours des 4 premières semaines de lactation. Il n'y a pas d'effet du sexe sur la prise lactée (22).

A titre d'indication, la prise lactée est suffisante si le GMQ (gain moyen quotidien) est supérieur à 10g/j ou le GMH (gain moyen hebdomadaire) supérieur à 100g/semaine (35).

Le sevrage

Le sevrage se définit comme une cessation de l'alimentation lactée au profit d'une alimentation solide exclusive (35). La chatte évite ses petits et les chatons consomment des quantités d'aliments solides croissantes. La mère va réduire sa consommation alimentaire et ainsi sa production de lait diminuera progressivement. Le sevrage peut aussi être initié par l'éleveur qui sépare les chatons de la mère (21).

Il y a différentes justifications au sevrage :

- D'un point de vue physiologique, il se produit une baisse du comportement maternel, le chaton quitte le nid et le lait ne suffit plus.
- D'un point de vue zootechnique, le chaton croît, ses besoins augmentent et il faut préserver la femelle reproductrice.
- D'un point de vue économique, les éleveurs ne vendent les chatons qu'une fois l'animal sevré.

Le sevrage est une période de fragilité.

- C'est un stress pour le chaton : il subit en effet un changement d'alimentation ainsi que la sortie du nid.
- Il est par ailleurs moins protégé par les anticorps maternels et son système immunitaire est plus ou moins défaillant (selon la qualité de l'alimentation).
- Le chaton est plus exposé aux agents infectieux (sortie du nid, exploration du milieu...) (35).

Quand ?

La préparation au sevrage s'effectue vers 4-5 semaines. L'écuelle doit être large, à rebords bas pour que les chatons puissent y accéder. L'aliment solide doit être mouillé et renouvelé fréquemment. Si des croquettes sont données, elles doivent être de petites tailles. L'aliment de lactation de la mère est en général celui des chatons après sevrage. Il faudra surveiller la consommation d'aliment solide par les chatons. Elle doit augmenter régulièrement à partir de la 4^{ème} semaine (36). Dès 5-6 semaines, les chatons sont capables de mâcher et consommer de la nourriture sèche (3).

Le choix du moment du sevrage est fonction de la mère (en cas de portée nombreuse, un sevrage précoce évite d'épuiser les réserves de la mère), des chatons (stress dont la précocité ne s'impose pas), de l'éleveur (la reproductrice doit être protégée, les chatons sevrés peuvent être vendus, tendance à la précocité).

Certains auteurs préconisent le sevrage du chaton

- Lorsque le GMQ diminue ou vers 5 semaines, de manière progressive sur 7-10 jours puis les chatons pourront être séparés de la mère (19) ;
- Lorsque les chatons consomment 20g de matière sèche par jour (normalement vers 6-7 semaines) (36).

Pour la plupart des auteurs, il est initié vers 3-4 semaines (3, 21, 26, 29, 40) et se termine entre 6-8 semaines (5, 24, 35, 36, 40) voire pas avant 7-8 semaines (3), voire entre 6-10 semaines, les chatons de race étant généralement sevrés vers 8-9 semaines (21).

Le chaton pourra être séparé de la mère dès lors qu'il mange et boit de manière satisfaisante (24), vers 6 semaines (26).

L'alimentation post sevrage

Il est conseillé d'apporter une nourriture molle jusqu'à 10 semaines (jusqu'au développement des dents) (26).

4. Température corporelle

Après la naissance, la température des chatons va chuter rapidement (*Tableau 1*). En effet, le chaton sort de l'utérus où la température est constante et entre dans un environnement où la température est variable. Le nouveau-né a peu de graisse sous-cutanée donc peu d'isolation et a une perte de chaleur importante (la perte de chaleur étant importante chez les petits individus avec une grande surface corporelle par unité de poids) (15). Par ailleurs, les chatons ne savent pas frissonner jusqu'à l'âge de 6 semaines (32). Les chatons vont être léchés par la mère et vont se diriger vers ses mamelles. La perte de chaleur va ainsi être compensée par la mère (38). Ils ne vont pas être capable de réguler leur température corporelle pendant les 3 premières semaines (28).

La thermorégulation des nouveau-nés peut être améliorée en s'assurant de certains points :

- La prise alimentaire doit être adéquate (34).
- La température environnementale ainsi que l'humidité doivent être contrôlées (38).
- Les pertes de chaleur doivent être réduites en vérifiant que le pelage du chaton est rapidement sec, le nid bien isolé et chauffé (34).

Tableau 1 : Température rectale normale et température environnementale des nouveau-nés (38)

Semaine	Température rectale normale	Température de l'environnement recommandée
Semaine 1	35 à 37,2°C	30 à 32,2°C
Semaines 2-3	36,1 à 37,8°C	26,7 à 29,4°C
Semaine 4	37,2 à 38,3°C	21,1 à 23,9°C

5. Caractéristiques des fèces

Il faudra observer les fèces et noter leur aspect (21).

L'allaitement au cours des premiers jours va avoir pour conséquence l'expulsion du méconium, matériel épais, gluant et marron, collecté dans les intestins du fœtus. L'absence de méconium peut être due à un manque de tétées, de comportement maternel ou une anomalie congénitale telle que l'atrésie de l'anus ou du colon.

Le système digestif du chaton est très fragile. Les défenses contre les agents infectieux sont diminuées du fait d'une production d'acide chlorhydrique encore non complète. Il y a donc une prédisposition aux infections gastro-intestinales dont le signe clinique majeur sera la diarrhée (38).

Les chatons mangeant des aliments solides doivent avoir des selles molles mais formées. Les chatons se nourrissant essentiellement de lait éliminent des selles pâteuses de couleur jaunes à brun clair (21).

6. Comportement des chatons

Le comportement des chatons ainsi que leur tonus musculaire, leur vigueur, leur activité et leur comportement lors de la tétée, avec les autres chatons et avec la chatte seront observés. (21).

Un chaton en bonne santé de la naissance à 2 semaines est dodu et vigoureux. Il est anormal qu'il pleure plus de 20 minutes. A contrario, un chaton malade est mou, a peu de tonus musculaire (13).

Le chaton présente à la naissance un fort réflexe de succion (38). Au cours des 2-3 premières semaines de vie, le chaton passe son temps à dormir. Les chatons restent proches les uns des autres jusqu'à 5-6 semaines de vie. Ils rentrent dans une période de socialisation à partir de 3 semaine d'âge jusqu'à environ 3 mois, ils passent alors moins de temps à dormir et à manger mais plutôt une majeure partie de leur temps à explorer l'environnement et à jouer. À 5-6 semaines de vie, moment où les anticorps maternels ne protègent plus les chatons, ils seront plus sensibles aux maladies (15).

7. Indicateurs de développement

Les différents indicateurs de développement seront consignés : l'ouverture des fissures palpébrales, l'éruption des dents, la qualité du pelage...(Tableau 2).

La mère reste auprès des petits au cours des 24-48h puis peut s'absenter plusieurs heures à partir de la 2^{ème} semaine de vie. La mère lèche les chatons après chaque tétée au niveau de la région périnéale pour promouvoir la miction et défécation et les ingère. À partir de la 3^{ème} semaine, les chatons commencent à jouer, urinent et défèquent à distance du nid (5). À 1mois le chaton acquiert les compétences auditives de l'adulte : il s'oriente vers la mère à sa voix. La marche sur 4 pattes motrice s'amorce vers 17 jours (4).

Tableau 2 : Indicateurs de développement chez le chaton (5, 19, 25, 21)

Événement	Date d'apparition
Réaction aux stimuli sonores	3 jours
Début d'appui sur les membres antérieurs	3-4 jours
Ouverture des conduits auditifs externes	Entre 6-14 jours (ouverture complète à 17 jours)
Rampe	Entre 7-14 jours
Ouverture des paupières	2 ^{ème} semaine en moyenne 8 jours
Station debout	10 jours
Démarche normale	3 semaines
Audition fonctionnelle	3 semaines
Miction et défécation contrôle volontaire	3 semaines
Eruption des dents déciduales incisives	2-3 semaines
Eruption des dents déciduales canines	3-4 semaines
Eruption des dents déciduales prémolaires	3-6 semaines
Mastication	4-5 semaines

8. Surveillance des chattes reproductrices

Il faut détecter les signes précurseurs de cannibalisme, l'interaction de la mère avec les chatons afin de détecter entre autres une négligence maternelle (21, 34). Les éleveurs doivent être familiers à la mère et doivent évaluer ses performances de lactation fréquemment (30).

9. Evaluation de l'environnement (logement, hygiène)

Une couveuse serait l'idéal pour les chatons jusqu'à l'âge de 2 semaines pour pouvoir régler la température et l'humidité (à 55-65%) (13, 28). La température peut être contrôlée grâce à un thermomètre posé dans la maternité proche du nid (36). Pour réduire les risques de maladie, les chatons doivent être maintenus à l'écart des animaux âgés et des autres portées. Les personnes responsables des soins doivent se laver les mains avant de manipuler les chatons et après stimulation de l'élimination (21). Ce recueil d'informations est particulièrement important pour les chatons orphelins ou adoptés. (21).

L'hygiène doit être stricte dès la période précédant la mise bas. Le lieu de couchage doit être propre et sec. La chatte ne doit pas être dérangée constamment. L'environnement du nid et de la portée doit être préservé de bouleversements, des changements de température, de présences inhabituelles surtout au cours des 36 premières heures de vie du chaton (heures critiques du fait de la naissance et du changement soudain d'environnement). Il faut minimiser le stress et les variations environnementales (3, 15, 37).

La mère peut parfois être réticente à quitter le nid pour se nourrir, il faut donc disposer l'alimentation et la boisson à proximité.

La température ambiante doit être monitorée. Une température de l'environnement excessive se traduit par des changements de positions de la portée (des chatons séparés alors qu'ils sont normalement blottis), une modification de la respiration (respiration la gueule ouverte, hyperventilation), une élévation de la température rectale et de la température à la surface de la peau, des vocalisations de détresse traduisant de l'inconfort (30).

Le chaton ne doit pas changer d'environnement. En effet, ceci l'expose à d'autres germes contre lesquels il n'est pas encore protégé. Ceci constitue un énorme stress qui a des effets négatifs sur les défenses immunitaires du chaton. Il est alors très sensible aux infections même les plus banales (36).

II. Etudes réalisées sur la croissance pondérale du chaton

Plusieurs études sur la croissance du chaton ont été réalisées. Différents facteurs de variation ont été étudiés tels que le sexe, la taille de la portée, le poids à la naissance, la race et les circonstances de mise-bas... Le protocole ainsi que les résultats de chaque étude sont détaillés.

Le modèle de croissance chez les chiens est bien connu. Il existe en effet d'énormes variations de la taille et du poids adulte ainsi que des différences dans la durée et dans le taux de croissance des différentes races. Ces différences ne sont pas observées chez les chats, chez qui la taille adulte varie relativement peu (3, 38). Chez le chat, on ne dispose pas de données relatives au poids corporel des différentes races félines (21). Dans certains modèles, les chats sont classés en fonction de leur hauteur. Ainsi, le « Cat Fanciers of America » reconnaît 39 races, les recommandations sont données en fonction de la taille de la race « small », « medium » ou « large » ou ne sont pas communiquées pour certaines races (38).

A. Protocoles des différentes études

1. Croissance et développement du chaton. Approche de la croissance pondérale par l'étude de la courbe de poids

Dans le cadre d'une thèse (14), une étude de la croissance pondérale du chaton a été réalisée.

Matériel :

La première étude a porté sur la croissance de 147 chatons de race Siamois et Oriental dans le but d'étudier les paramètres sexe du chaton, nombre de jeunes par portée et poids à la naissance. Le nombre de chatons diminue au cours de l'étude (vente, mort des chatons, arrêt des pesées...). La répartition entre sexe est de 54% de mâles et de 46% de femelles. Les chatons pris en compte sont considérés comme normaux, la naissance est naturelle pour la plupart. L'allaitement est naturel, excepté une portée.

Les chatons proviennent de divers élevages. L'effet conditions d'élevage est dit négligeable. Les chatons sont tous partiellement apparentés ce qui homogénéise le facteur génétique.

Les résultats obtenus restent statistiquement significatifs à 2 mois puis du fait de la baisse du nombre de chatons, ils ne restent intéressants que jusqu'à 4 mois puis sont donnés à titre indicatif. L'interférence de chatons malades n'est pas exclue. La moyenne portant sur des effectifs différents, il y a des baisses artificielles lors de l'arrêt de prise en compte d'un gros chaton. L'interprétation des courbes reste délicate après 3 mois.

La deuxième étude a pour objectif de comparer la croissance pondérale des chatons en fonction de la race.

L'étude a porté sur les races Sacré de Birmanie, Sphinx, Européen, Maine Coon, Abyssin, Somali, Persan, Norvégien, Burmese et Siamois. Les poids ont été recueillis auprès

d'élevages, ou sont issus du S.F.F (pour la race Norvégien) ou issus d'une autre thèse (pour la race Burmese).

Les biais de recrutement sont plus nombreux. Les données ont été recueillies directement ou indirectement auprès d'éleveurs. Les effectifs sont plus réduits, le nombre de reproducteur est limité et l'effet élevage ne peut être négligeable. Les résultats sont proposés à titre indicatif.

Méthode :

Les pesées ont été effectuées sur des balances de cuisines de précision variable. Lorsque la pesée n'a pas été effectuée tous les jours, le poids entre deux pesées a été estimé à partir de la moyenne des pesées qui l'encadrent. Des données corrigées ont été créées afin d'estomper les cassures de la croissance (pathologie, baisse du nombre de chaton...).

Les paramètres calculés sont le gain moyen quotidien (G.M.Q), le gain quotidien moyen (G.Q.M), le gain hebdomadaire moyen (G.H.M), l'indice de croissance journalier, l'indice de croissance hebdomadaire.

Les résultats ont été analysés en fonction du sexe du chaton, de la taille de la portée, du poids à la naissance, à 4 semaines (fin de l'allaitement) et à 8 semaines (début de la période d'indépendance). Pour la 2^{ème} étude de croissance avec différentes races de chat, il n'y a pas eu d'analyse en fonction de la taille de la portée ou du poids de naissance compte tenu des effectifs.

Deux modélisations de la croissance de l'échantillon des chatons Siamois-Orientaux ont été réalisées à partir de données sur 6 mois : une première modélisation par une droite de régression linéaire sur une période de 36 jours et une deuxième modélisation par le modèle de Gompertz pour l'ensemble de la période de croissance (ce modèle a permis de confirmer le pic de croissance entre 2 et 3 mois). Un traitement graphique et non statistique des données a été effectué lorsque la population était segmentée.

Le protocole utilisé a permis d'étudier les variations physiologiques de la croissance du chaton (et leur importance au cours du temps), de comparer les résultats avec la bibliographie, de proposer une courbe type de croissance « normale ».

2. *Changements de poids postnatals de chats domestiques maintenus dans une colonie en plein air*

L'étude a porté sur 500 chats sains de génétique connue. Les conditions d'élevage et l'alimentation sont les mêmes pour tous les chatons. La croissance pondérale du chaton est étudiée ainsi que l'influence du sexe du chaton sur celle-ci. Un ajustement de l'équation de Gompertz a été utilisé dans cette étude (42).

3. *Un profil de croissance du chat mâle et femelle*

L'étude a porté sur 100 chatons sains de race Shorthair (50 mâles et 50 femelles) de la naissance jusqu'à l'âge de 52 semaines. Le but de cette étude était de confirmer et affiner les découvertes de Rosenstein et Bergman (42). Les chatons ont eu un régime alimentaire complet et équilibré couvrant leurs besoins énergétiques. Le sevrage a eu lieu à 7 semaines.

Les chatons ont été pesés toutes les semaines pendant 20 semaines. Une équation modifiée de Gompertz a été appliquée aux données (12).

4. Performances de reproduction et Croissance de chats (*Felis catus*) SPF (specific pathogen free)

Cette étude (16) porte sur les performances de reproduction ainsi que sur la croissance de chatons SPF (Specific Pathogen Free). Les chatons ont été pesés tous les jours pendant les 7 premiers jours puis toutes les semaines jusqu'à environ 6 semaines et enfin tous les mois. Ils ont été sevrés vers 8 semaines. Beaucoup d'entre eux ont été retirés de la colonie peu après sevrage. Les animaux n'ont pas été vaccinés. La ration alimentaire ainsi que les conditions d'élevage sont précisément décrits.

Seuls les chatons nés vivant des premières portées ont été pris en compte dans l'étude du poids à la naissance. Les portées de chaton unique ont été exclues. À 42 jours, l'analyse a porté sur 101 chatons. Le poids à 42 jours a été analysé tout comme celui à la naissance mais avec le facteur sexe en plus. Les données proviennent des premières, deuxièmes, troisièmes portées. Les portées avec de la mortalité à la naissance ou avant 42 jours ont été exclues. Quelques corrections ont été effectuées sur les données car les poids n'ont pas tous été relevés au 42^{ème} jour.

5. L'élevage du chat de laboratoire en zone protégée

Les résultats d'élevage présentés ci-dessous sont extraits de l'année 1981 et portent sur 360 femelles reproductrices et 2088 naissances. La qualité microbiologique des animaux, l'environnement, l'alimentation, les facteurs sociaux de relation et la génétique des animaux sont connus et décrits de manière très précise (17).

6. Nutrition du chat

Le but de cette étude est de créer une colonie de chats et de tester une alimentation permettant une croissance et une reproduction adéquates. Les chats ont été élevés dans des conditions environnementales bien précises. Les dimensions des cages, température, éclairage, ventilation, le changement de cages ainsi que le régime alimentaire des animaux sont précisés. Le sevrage est total à 7-8 semaines. Les chatons sont pesés 3 fois par semaine. Le poids moyen de chatons sains de la naissance à la 24^{ème} semaine est disponible chez le mâle et la femelle (10).

Une seconde étude (11) a été réalisée dans le but de déterminer le niveau minimum de protéine nécessaire pour une croissance normale.

7. Contribution à l'étude des conditions de mise-bas et de la mortalité des chatons chez le chat de race en France

L'UMES est à l'origine de cette étude. Un questionnaire sur les performances de reproduction des chats de race en France a été envoyé aux éleveurs par l'intermédiaire du LOOF. Au total, 325 questionnaires ont été recueillis, représentant 31 races. Une analyse des paramètres de reproduction féline a été effectuée par Aurélie Stenkiste (45) dans le cadre de sa thèse. Ses résultats sur le poids à la naissance nous intéresseront pour notre étude.

9. Une étude basée sur un questionnaire sur la gestation, la mise-bas et la mortalité néonatale dans les élevages de chats de race au Royaume-Unis

Les données de cette étude sont issues de 1056 portées de 14 races et de 942 élevages différents. Un questionnaire portant sur plusieurs paramètres de reproduction a été élaboré. Un accent particulier a été mis sur l'effet de la race (44).

10. Une enquête sur la mise-bas chez la chatte

Musters et al. ont étudié plusieurs paramètres de reproduction et leurs influences sur le déroulement de la mise-bas. Les données ont été obtenues par des questionnaires envoyés aux éleveurs de chats (33).

11. Facteurs influents sur la croissance du chaton

Loveridge a étudié l'influence du sexe et du poids de la mère sur le poids à la naissance et sur la croissance pondérale du chaton. Il a également mesuré la quantité de nourriture ingérée au cours de la croissance du chaton. Les données sont issues de 100 chatons (50 mâles et 50 femelles). Les chatons ont été pesés dans les 24 premières heures puis hebdomadairement (48).

12. Etude du changement de poids comme facteur prédictif de survie chez des chiots nouveau-nés Pointer

L'étude porte sur la croissance pondérale de 80 chiots Pointer (41 mâles, 39 femelles) provenant de 10 portées au cours des 7 premiers jours de vie. Les chiots ont été pesés à la naissance, 12h après 24h après puis quotidiennement jusqu'à 7 jours. Trois modèles de croissance ont résulté de cette étude.

Deux modèles sont associés à un bon pronostic de survie.

- Un modèle au cours duquel les chiots prennent du poids depuis la naissance
- Un autre où les chiots perdent moins de 10% du poids de naissance au cours des 2 premiers jours de vie puis prennent du poids.
- Le troisième modèle, associé à une perte de poids excédant 10% du poids de naissance, a un mauvais pronostic de survie sauf si une thérapie est instaurée.

Les auteurs rapportent que le facteur environnemental n'a pas été bien maîtrisé dans cette étude.

En conclusion de cette étude, il est recommandé de peser les chiots à la naissance, 12h et 24h après puis quotidiennement jusqu'à ce que les chiots soient âgés d'une semaine au moins. Ceci se justifie par le fait qu'il a été remarqué que la perte de poids précède le début des signes cliniques de maladie et car connaître le poids et les changements de poids sont un moyen d'évaluation du chiot. Il est aussi recommandé de comparer le poids à la naissance à celui des autres chiots de la même portée (46).

B. Poids à la naissance

1. Etude du poids à la naissance selon la race

Contrairement au chien où l'on peut trouver quelques données sur le poids à la naissance en fonction de la race, il n'existe que très peu d'études sur la croissance pondérale du chat en fonction de la race.

Le poids à la naissance moyen diffère peu selon les races (*Tableau 3*). Deux races se distinguent des autres par un poids moyen à la naissance supérieur aux autres : le Norvégien et le Maine Coon (14).

Tableau 3: Poids à la naissance moyen selon le sexe pour quelques races (14)

Race	Poids à la naissance moyen des Mâles, gramme (n)	Poids à la naissance moyen des Femelles, gramme (n)
Sphinx	99 (11)	91 (3)
Européens	105 (12)	98 (10)
Norvégiens	125 (5)	117 (5)
Maine Coon	112 (5)	115 (2)
Persans	86 (94)	95 (2)
Abyssins	94 (7)	84 (16)
Birmans	97 (42)	96 (28)
Siamois	95 (81)	88 (66)

L'étude de *Stenkiste* (45) montre que la race possède une influence sur le poids à la naissance : le Chartreux est une race où les chatons sont plus légers et le Persan, une race avec des chatons lourds. Les résultats sur les autres races ne sont pas significatifs.

Selon l'étude de *Sparkes et al.* (44), le poids à la naissance varie entre les races : comparés au Burmese, le Birman, British Shorthair, Maine Coon ont des poids à la naissance plus élevés, le Korat, un poids plus faible ($p < 0,0001$).

Dans l'étude de *Musters et al.* (33), les chatons Maine Coon sont plus lourds que ceux des autres groupes avec un poids moyen à la naissance de 111g ($p < 0,01$). Les autres différences du poids à la naissance entre races ne sont pas significatives.

2. Etude du poids à la naissance selon le sexe

De nombreuses études ont été réalisées étudiant l'influence du sexe sur la croissance pondérale du chat.

Les résultats diffèrent selon les études (

Tableau 4):

- Dans l'étude de *Douglass et al.* (12), les mâles sont plus lourds que les femelles à la naissance mais la tendance s'inverse au bout d'une semaine. Selon *Musters et al.* (33), le poids moyen des mâles à la naissance est supérieur à celui des femelles ($p < 0,01$).
- Dans d'autres études, les mâles ne sont pas significativement plus lourds que les femelles à la naissance (16, 31, 42).

Tableau 4 : Poids moyen des mâles et des femelles à la naissance (10, 12, 14, 17, 31, 33)

Etude	(14)	(12)	(42)	(17)	(10)	(33)	(31)
Poids moyen à la naissance Mâles (n)	95	106	103	105	114	101	117
Poids à la naissance Femelles (n)	88	99	97	95	112	95	111

Chez le chien, *Wilsman et Van Sickle* (46) ont montré que les mâles sont plus lourds à la naissance et même après. Cependant, les mâles prennent du poids à la même vitesse que les femelles.

3. Etude du poids de naissance selon la taille de la portée

Festing et Bledy (16) ont étudié les sources de variations du poids de naissance : les résultats montrent que 32% des variations du poids à la naissance sont dues à des différences entre chatons au sein de la même portée, 48% à des différences entre portées non associée à la taille de la portée (taille, âge, génétique de la mère) et seulement 20% à la taille de la portée. Les variations du poids à la naissance selon la taille de la portée ne sont pas significatives (*Tableau 5*).

Tableau 5 : *Etude du poids à la naissance en fonction de la taille de la portée (premières portées uniquement) (16)*

Litter size	No. litters	Wt (g) *
2	8	114
3	9	110
4	5	109
5	2	98

*Différences non significatives

Dans leur étude, *Wilsman et Van Sickle* (46) ont remarqué que les chiots provenant des petites portées tendaient à être plus lourds et à gagner du poids plus rapidement que les chiots de grandes portées. Cet effet poids était encore perceptible jusqu'à 4 jours puis il n'y avait plus de différence significative entre les chiots liée à la taille de la portée.

Stenkiste (45) montre qu'il n'y a pas de relation entre le poids à la naissance des chatons et la taille de la portée.

Dans les études de *Sparkes et al.* (44) et de *Musters et al.*(33), le poids à la naissance diminue avec la taille de la portée de manière significative (de 2,2 g/chaton, $p < 0,0001$ (44), $p < 0,01$ (33)).

Dans l'étude de *Dubos* (14), il a été remarqué une diminution régulière du poids moyen de naissance lorsque le nombre de chatons dans la portée augmente sans différence significative.

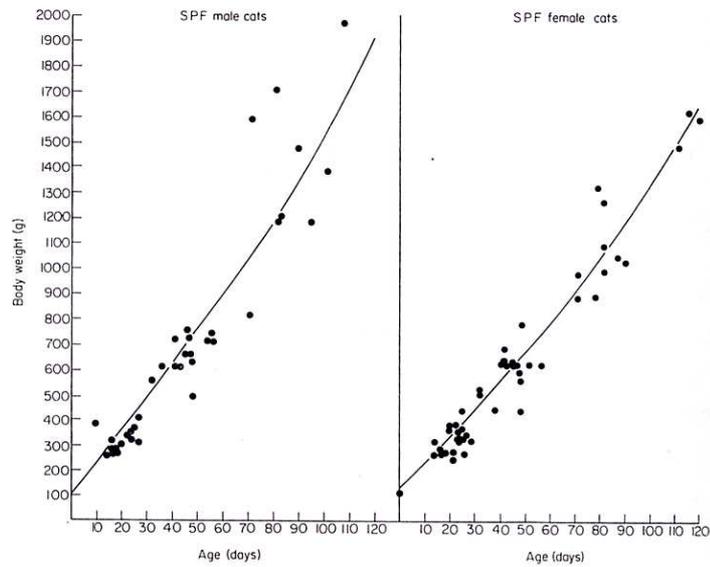
C. Croissance pondérale

1. Courbes de croissance

Nous présenterons dans ce paragraphe quelques courbes de croissance afin d'avoir un aperçu de l'aspect des différentes courbes obtenues.

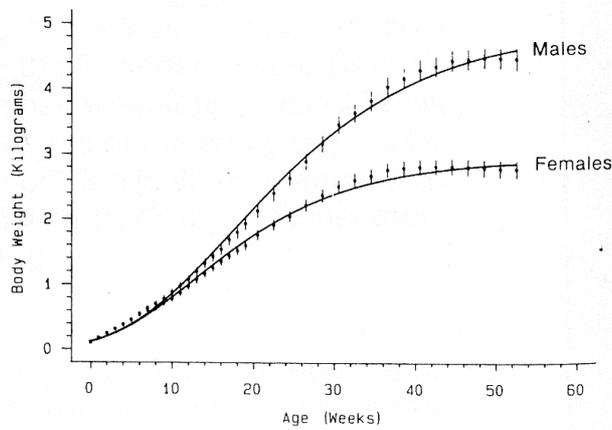
Festing et Bledy (16) ont étudié la croissance de chatons SPF (Specific Pathogen Free) jusqu'à 120 jours. Elle est visualisable sur deux courbes (*Figure 1*). Chaque point représente le poids d'un chaton. Après environ 80 jours, certains mâles de petite taille ont été retirés de l'étude.

Figure 1: Courbes de croissance de chatons SPF mâle et femelle de la naissance jusqu'à 120 jours d'après Festing (16).



Les courbes tracées sur la *Figure 2* sont la représentation graphique d'une équation de Gompertz modifiée. Les points représentent le poids moyen hebdomadaire avec leur intervalle de confiance.

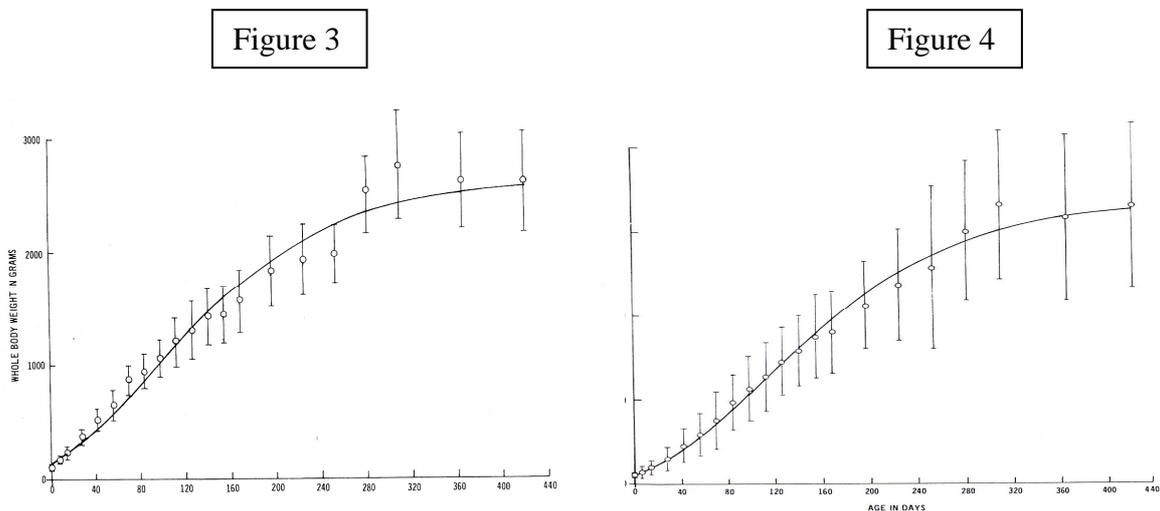
Figure 2 : Courbes de croissance de chatons mâles et femelles d'après Douglass et al. (12)



Ces deux courbes (*Figure 3, Figure 4*) représentent le poids moyen (± 1 S.D.) des chatons mâles et femelles en fonction de leur âge. La courbe tracée est la représentation graphique d'une forme de l'équation de croissance de Gompertz.

Figure 3: Courbe de croissance des femelles d'après Rosenstein et Berman (42)

Figure 4: Courbe de croissance des mâles d'après Rosenstein et Berman (42)



2. Etude de la croissance pondérale selon le sexe

Le sexe semble être un facteur de variation du poids. Quelques études citées ci-dessous ont été menées afin de déterminer à partir de quel stade de croissance le sexe des chatons était un facteur de variation physiologique du poids. Quelques valeurs du poids des chatons mâles et femelles à différents moments de la croissance sont présentées dans le *Tableau 6*.

Festing et Bledy (16) ont montré en étudiant les poids des chatons à 42 jours que le sexe était déjà un facteur de variation du poids à 42 jours.

Selon *Douglass et al.* (12) et *Rosenstein et Berman* (42), les mâles deviennent plus lourds que les femelles à partir de la 10^{ème} semaine. Selon *Loveridge* (48) c'est à partir de 6 semaines que les mâles deviennent significativement plus lourds que les femelles. La supériorité du poids des femelles au cours des 10 premières semaines s'expliquerait par le fait que les femelles ont une croissance plus courte et donc plus accélérée que le mâle. Elles atteignent donc un poids adulte plus tôt que les mâles (la croissance semble se stopper à la 36^{ème} semaine chez la femelle contre 44^{ème} semaine chez le mâle (12)). Par ailleurs, *Rosenstein et Berman* (42) ont montré que la variabilité individuelle du poids entre chats augmente avec l'âge et est plus prononcée chez le mâle.

Dubos (14) quantifie la différence de poids entre les mâles et les femelles, durant les huit premières semaines de vie à 10%, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la variation existant au sein de chaque groupe (mâle ou femelle).

Dans l'étude de *Dickinson et Scott* (10), il n'y a pas de différence concernant le taux de croissance entre sexe avant 12 semaines, c'est seulement à partir de la 12^{ème} semaine que les mâles prennent du poids plus rapidement que les femelles.

Selon *Douglass et al.* (12), la courbe de croissance des mâles et des femelles semble linéaire jusqu'à la 37^{ème} semaine pour les mâles (28^{ème} semaine pour les femelles) puis la croissance ralentie jusqu'à se stopper.

Une équation modifiée de l'équation de Gompertz semble convenir pour caractériser la croissance féline (12, 42). Cependant, les poids à la naissance ainsi que les poids adulte sont surestimés avec cette modélisation et alors que le poids est stabilisé à la 52^{ème} semaine, le modèle de Gompertz lui, continue la croissance. La courbe des mâles dévie de la modélisation au-delà de 40 semaines (12).

Tableau 6 : Poids des mâles et des femelles à différents moments de la croissance (10, 12, 14, 16, 17)

	Poids mâle (gramme)	Poids femelle (gramme)
4 semaines (14)	500	450
6 semaines (16)	625	534
8 semaines (14)	1000	950
Au sevrage (17)	1020	900
24 semaines (10)	2419	2115
26 semaines (14)	2800	2000
52 semaines (12)	4465	2773

3. Etude de la croissance pondérale selon le type de régime alimentaire

Nous ne détaillerons pas l'influence de la composition de la ration alimentaire sur la croissance pondérale mais nous citerons une étude comme exemple afin de mieux objectiver cette influence.

Dickinson et Scott (11) ont donné des rations alimentaires avec différents niveaux de protéines à des chatons. La croissance pondérale des différents groupes de chatons a été suivie. Une perte de poids est notée lorsque la fraction en protéine est trop basse. Ainsi, cette étude montre bien l'influence de la composition de la ration alimentaire sur la croissance pondérale du chaton : une modification de celle-ci résulte en une perte ou en un gain de poids.

4. Etude de la croissance pondérale selon la taille de la portée

Festing et Bledy (16) ont montré que la taille de la portée avait peu d'effet sur le poids à 42 jours (*Tableau 7*). La mère serait ainsi capable de produire suffisamment de lait pour permettre un bon rythme de croissance même dans les grandes portées.

Tableau 7: Etude du poids à 42 jours en fonction de la taille de la portée (16)

Litter size	No. litters	Wt (g) *
2	8	669
3	12	576
4	6	556
5	5	546

*Différences non significatives

Cependant, il y aurait une différence significative concernant la taille de la portée entre la première et deuxième parité mais pas entre la deuxième et troisième parité (*Tableau 8*).

Tableau 8 : Etude la taille de la portée en fonction de la parité (16)

Parity	Mean litter size (born alive)	No. of litters
1	2,8	37
2	4,3	18
3	4,0	6

Dans la plupart des études, la taille des portées n'est pas étudiée en fonction de la parité de la mère. Ceci rend ainsi difficile la comparaison des tailles moyennes des portées avec la littérature.

Dubos (14) a observé un nivellement des différences de poids au cours de la lactation de sorte qu'au sevrage (deux mois), le poids des chatons est relativement homogène : tous les chatons sont « calibrés » quelle que soit la taille de la portée dont ils sont issus.

A 4 semaines, il y a encore une surreprésentation des chatons légers dans les grandes portées et inversement, les chatons les plus lourds dans les petites portées. À huit semaines, le phénomène est moins marqué, le nombre de chaton par portée n'est plus un facteur déterminant du poids des jeunes.

Root et al.(41) ont montré qu'il n'y avait pas de corrélation entre la taille de la portée et le poids ou l'âge de la mère lors de la reproduction.

5. Etude de la croissance pondérale selon le poids à la naissance

Selon *Dubos* (14), le poids à la naissance influe sur la croissance jusqu'à 4 semaines et son effet se fait encore légèrement ressentir jusqu'à 2 mois. Durant les 4 premières semaines (période d'allaitement), il se produit un rattrapage intense des chatons les plus légers à la naissance de sorte qu'à 8 semaines, il y a une uniformisation du poids. Entre 4 et 8 semaines les chatons ont doublé leur poids quelque soit leur poids au sevrage. On note un phénomène de rattrapage résiduel : les chatons les plus légers gagnent 115% de leur poids, les plus lourds 90%.

Wilsman et Van Sickle (46) ont constaté que les chiots qui continuaient à perdre du poids étaient significativement plus légers à la naissance et tendaient à être dans certaines portées

6. Etude de la croissance pondérale selon la race

Avant 2 mois, les différences entre races semblent minimales. Sur une plus longue période, l'étude de *Dubos* (14) n'a pas été concluante du fait d'un manque de données et d'effectifs limités.

7. Etude de la croissance selon les circonstances de la mise bas

Dubos (14) a remarqué à partir de l'exemple de quelques chatons Siamois-Orientaux, que la prise de poids des premiers jours semble inversement proportionnelle au traumatisme subit à la naissance. Selon elle, les circonstances de la mise bas semblent être à prendre en considération.

8. Autres facteurs pris en compte

Wilsman et Van Sickle (46) ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les poids ou entre les gains de poids entre les chiots provenant d'une mère vierge ou non vierge.

Loveridge (48) a montré que le poids de la mère n'affectait pas le poids à la naissance des chatons. À 5 semaines, la différence de poids entre les chatons issus de mères légères et de mères lourdes est significative, les chatons issus des mères les plus lourdes étant plus lourds que les autres. À 10 semaines, soit 2 semaines après sevrage, il n'y a plus de différence significative au sein de ces 2 groupes : les petits chatons ont grandi plus rapidement juste après sevrage. Il a en effet été remarqué à la 9^{ème} semaine que ces chatons ont plus mangé. Les chatons issus de mère légères, qui ont pu être désavantagés par la possible

production lactée moindre de la mère, mangent plus au sevrage et donc grossissent plus après sevrage. Cela montre l'importance de l'aliment à cette période de la croissance.

Dans l'étude de *Musters et al.* (33) l'influence de la présentation du chaton à la naissance a été étudiée sur poids à la naissance. Il s'avère que les mâles naissent plus souvent en présentation postérieure que les femelles et que le poids moyen à la naissance des chatons est supérieur chez les chatons nés en présentation postérieure. Les mâles étant plus lourds que les femelles, ils ont plus de difficulté à se tourner au cours des 14 derniers jours de gestation, ceci peut donc expliquer pourquoi plus de mâles naissent en présentation postérieure et pourquoi les chatons nés par les postérieurs sont plus lourds.

DEUXIEME PARTIE :

*Approche zootechnique de la croissance du chaton ;
Applications en élevage*

L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES) de l'École Vétérinaire d'Alfort est à l'origine de cette étude initiée en 2008. À l'heure actuelle, il n'y a que très peu d'études sur la croissance pondérale du chaton chez le chat de race en France. L'objet de cette thèse est donc de constituer une base de données anonyme sur la croissance pondérale du chaton de race élevé en France et d'analyser les premiers résultats. Nous avons tenté d'approcher au mieux la croissance du chaton sain, en bonne santé, en excluant les chatons ayant eu un problème de santé au cours de leur croissance. Les résultats seront par la suite rendus accessibles par la rédaction d'un article.

I. Matériels et méthodes

A. Population d'étude

1. Base de donnée initiale

Population cible :

Elle regroupe tous les chatons de race élevés en France métropolitaine et en bonne santé.

Population source :

Un questionnaire, élaboré par l'UMES (Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport) de l'École Vétérinaire d'Alfort, a été envoyé en 2008 aux éleveurs UMES inscrits sur liste mail (*Annexe 1*) et aux éleveurs ayant participé un an auparavant à l'étude sur les performances de reproduction des chats (*Annexe 2*). Le questionnaire était joint d'une lettre expliquant les motivations de l'étude. Il fut aussi rendu disponible sur le site internet <http://www.umes-enva.com> ainsi que sur le site internet du LOOF (*Annexe 3*) ou sur demande à l'adresse agrellet@vet-alfort.fr.

Le questionnaire-enquête est composé de questions ouvertes et fermées (*Annexe 1*).

Il recueille des informations concernant :

- Le nombre de reproducteurs mâles et femelles présents dans l'élevage
- La taille de la portée
- Le nombre de chatons mort-nés
- Le type de mise-bas
- L'identification des chatons de la portée (nom et sexe) et leurs poids à 6 mois ou à l'âge adulte quel que soit l'âge (en le précisant)
- Si le chaton a été biberonné
- Les problèmes rencontrés par le chaton au cours de sa croissance.
- Un espace fut laissé libre pour toute remarque ou commentaire personnel.

Ethique

La participation à l'étude repose sur le volontariat des éleveurs. Par ailleurs, il fut bien précisé que les résultats obtenus resteraient anonymes : aucun nom d'éleveur, de propriétaire, de chat ne serait associé aux résultats obtenus.

2. Critères d'exclusion

Une première sélection fut effectuée au moment du recueil des données. En effet, furent exclus de l'étude :

- Les chatons sans relevés de poids
- Les relevés de poids « imprécis » (mesures en semaines, erreurs dans la correspondance jour-poids, mesures sans date associée).
- Les mesures incohérentes chez un éleveur ont été retirées (erreur de frappe ?).
- Les relevés de poids antérieurs à 2005 (certains éleveurs avaient joint des données concernant leurs portées antérieures).
- Les éleveurs n'habitant pas en France métropolitaine

L'échantillon était tout d'abord constitué de 448 chatons issus de 29 élevages.

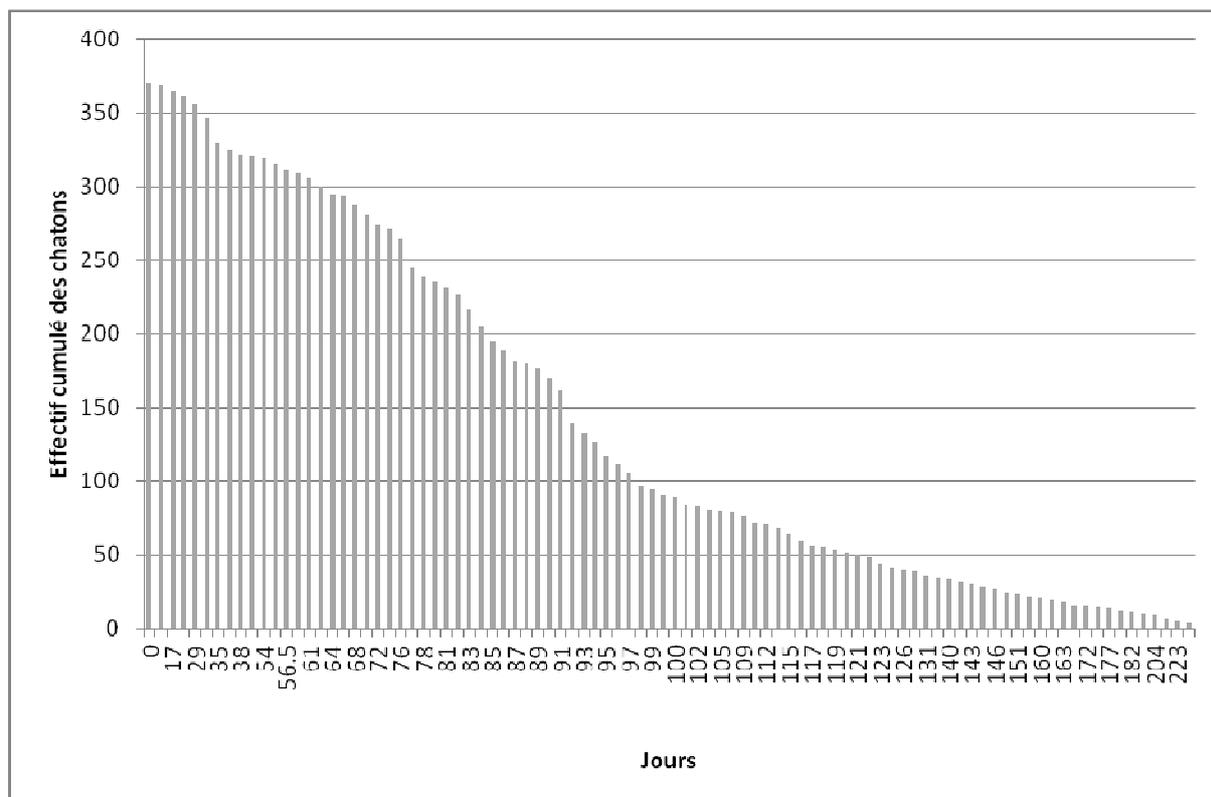
Puis, concernant l'étude du poids à la naissance et l'étude de la croissance pondérale du chaton, les chatons notés comme ayant eu un problème ou étant mort au cours de leur croissance ont été retirés de l'étude afin d'étudier au mieux la croissance du chaton sain en bonne santé (il sera précisé par la suite lorsque seuls les chatons « en bonne santé » sont étudiés).

Notre échantillon est au final constitué de 370 chatons. Il s'agit de chatons issus d'élevages de France métropolitaine nés entre 2005 et 2010, sans problème de santé mentionné. Ces chatons proviennent de 27 élevages.

Les mesures de poids des chatons ont été effectuées tant que le chaton restait dans l'élevage. Alors qu'à t0 le nombre de chatons était de 370, ce nombre diminue avec le temps (vente des chatons à partir de 3 mois, mortalité, arrêt des pesées...) de la façon suivante (*Figure 5*)

- A 10 semaines (70 jours), 281 chatons étaient encore présents dans l'élevage.
- A 13 semaines (91 jours), 162 chatons étaient encore présents dans l'élevage.
- A 16 semaines (112 jours), 71 chatons étaient encore présents dans l'élevage.
- A 20 semaines (140 jours), 33 chatons étaient encore présents dans l'élevage.
- A 23 semaines (161 jours), 20 chatons étaient encore présents dans l'élevage.

Figure 5: Effectifs cumulés décroissant au cours du temps



B. Données recueillies

1. Mode de recueil des données

Recueil des données

Les réponses des éleveurs furent envoyées par e-mail ou par courrier à l'adresse de l'UMES. Au total, 44 éleveurs répondirent puis, après exclusion, seuls 27 éleveurs furent présents dans l'étude.

Les réponses attendues devaient contenir à la fois une réponse au questionnaire (un questionnaire par portée) ainsi que les relevés de poids des différents chatons de la portée mentionnée ; un questionnaire comportait par conséquent les informations concernant une seule portée (nombre de mort-nés, taille de la portée, type de mise-bas, identification et sexe des chatons, biberon, problème) et devait être accompagné d'autant de courbe de croissance que le nombre de chatons présents dans la portée. Les éleveurs pouvaient remplir plusieurs questionnaires. Les relevés de poids joints étaient soit sous forme manuscrite soit informatisés.

De nombreuses réponses d'éleveurs furent incomplètes :

- Pas de questionnaire ou un seul questionnaire alors que des relevés de poids de plusieurs portées étaient fournis.
- Pas de relevé de poids.
- Imprécision concernant le jour de la naissance : date de naissance non précisée, imprécision concernant la notation « J1 » des éleveurs (est-ce le poids à la naissance ou le lendemain ?).
- Imprécision concernant la race : pas de question prévue à cet effet dans le questionnaire.
- Poids à 1 an non fourni dans la plupart des cas.
- Imprécision concernant les coordonnées des éleveurs : pas de question prévue dans le questionnaire. Ceci pose un double problème : pas de contact possible des éleveurs et pas de localisation de l'élevage (France métropolitaine ?).
- Pas de questions prévues concernant l'alimentation, la fiabilité de la mesure de poids, le sevrage, la date du biberon...
- Des erreurs de frappe des éleveurs sur les relevés de poids.
- Des problèmes de correspondance entre chatons (certains prénoms de chatons changent au cours de la croissance).
- Des problèmes de correspondances date et nième jour après la naissance ou encore pas de date devant les mesures.
- Des mesures incohérentes.
- Des problèmes concernant le nombre total de chatons dans la portée (nombre de mort-nés non inclus dans certains cas).
- Les commentaires des éleveurs parfois illisibles.
- La structure/l'écriture des données Excel®/manuscrites des éleveurs parfois difficile à comprendre.

Suite à ces différents problèmes rencontrés, un deuxième questionnaire (*Annexe 4*) fut établi en collaboration avec une nutritionniste vétérinaire Dr. Yaguiyan-Colliard Laurence. Le but était de combler les données manquantes et d'enrichir l'ancien questionnaire avec des questions complémentaires. Ainsi, les éleveurs ayant répondu par e-mail ou ayant laissé leurs coordonnées ont été recontactés par téléphone ou par e-mail afin d'avoir les renseignements manquants. Peu d'éleveurs répondirent au 2^{ème} questionnaire. Les nouvelles données issues du 2^{ème} questionnaire ne furent pas intégrées dans la base de données car trop peu d'éleveurs y répondirent et car cela devenait trop chronophage (attente des réponses, relances e-mail et téléphonique...).

2. Période de recueil des données

Les réponses furent recueillies sur une période de 6 mois en 2008 ainsi que pendant la période de constitution de la base de données (de septembre à mi-novembre 2010) suite à certaines relances.

Elaboration de la base de données :

Les données des questionnaires et les données manuscrites ont été saisies informatiquement. Un premier enregistrement des données a été effectué par le Dr Grellet Aurélien (UMES). De septembre à mi-novembre 2010, la base de données fut complétée (fichier Microsoft Excel®) regroupant toutes les informations des questionnaires ainsi que les courbes de poids.

Une relecture du tableau constituant la base de données a été effectuée minutieusement.

3. Définition de l'événement d'intérêt de l'étude

Dans notre étude, l'événement d'intérêt est la croissance pondérale du chaton à partir, *a priori*, du jour de naissance. Nous étudierons les facteurs de risques intervenant dans la croissance pondérale du chaton. La croissance pondérale est définie par le gain de poids (en gramme) par jour de suivi du chaton dans l'élevage.

Les relevés de poids des chatons ont débuté le jour de la naissance pour certains, le lendemain pour d'autres (pour 23 chatons, une incertitude existe concernant le jour de la première prise de poids). Certains éleveurs ont effectué un relevé de poids tous les jours, d'autres plusieurs relevés par jour.

Les intervalles entre les relevés de poids sont variables. Le dernier recueil de poids dans l'échantillon a été effectué au 235^{ème} jour de vie d'un chaton. La précision de la mesure n'est pas connue pour tous les éleveurs (ceci correspondait à une question du 2^{ème} questionnaire).

Certains éleveurs ont calculé dans leurs fichiers des moyennes de poids les jours où il n'y avait pas de pesées. Ces moyennes ont été retirées dans la mesure du possible afin de n'avoir que des pesées « brutes ».

C. Méthodes statistiques

1. Tests statistiques utilisés

Principe et définition (9) :

Le test statistique va permettre de conclure s'il y a de grandes chances ou non pour que la différence observée entre les populations comparées soit due à une vraie différence, et non pas à de la fluctuation d'échantillonnage. Il permet de prendre la décision de dire si oui ou non, les populations étudiées sont très vraisemblablement différentes.

Tests et hypothèses :

Chaque test est précédé d'une hypothèse. Une des conditions d'application de tous les tests est celle de l'indépendance des individus. L'hypothèse nulle H_0 est l'hypothèse que l'on teste, celle que l'on voudrait rejeter avec peu de risque d'erreur. Ce risque d'erreur (risque d'erreur de 1^{ère} espèce) est fixé en général à 5%, et sera fixé à cette valeur dans notre étude. L'hypothèse alternative H_1 est l'hypothèse retenue si l'on rejette H_0 .

Différents tests statistiques ont été utilisés dans cette étude (8, 9). Le test de Student a été utilisé pour comparer puis tester deux moyennes (si l'un des effectifs était <30 , il fallait vérifier que les variances n'étaient pas trop différentes (rapport des variances < 3)) ; l'analyse de variance a été utilisée pour comparer plus de deux moyennes.

2. Modèles multivariés utilisés

Nous étudierons l'association entre plusieurs expositions d'intérêt principal (sexe, taille de la portée, race et chaton biberonné) et l'événement d'intérêt (ici : la croissance pondérale du chaton). Le poids à la naissance a été pris en compte mais l'association avec la croissance pondérale n'a pas été étudiée.

La modélisation multivariée permet, grâce à la prise en compte du biais de confusion en introduisant dans le modèle des facteurs de confusion, de s'approcher au plus près de la vraie relation causale entre les expositions d'intérêt principal et, ici, la croissance pondérale.

Pour quantifier l'association entre les diverses expositions et la croissance pondérale, il a fallu modéliser le poids journalier du chaton en fonction du temps et prendre en compte le fait que chacune des expositions étudiées pouvaient modifier la croissance pondérale. Dans la mesure où la variable Y du modèle est le poids en fonction entre autre du temps, nous avons utilisé le modèle de régression linéaire multivarié (7).

i. Régression linéaire

Description :

Le modèle de régression linéaire testant l'association entre Y (l'évènement d'intérêt) et X (une exposition quantitative) s'écrit de la façon suivante : $Y = a + b.X$ (b = pente de la droite, a ordonnée à l'origine).

Les paramètres a et b sont estimés par le logiciel utilisé (par maximisation de la vraisemblance du modèle).

Test de la pente de la droite de régression :

On souhaite savoir si la pente calculée b est suffisamment éloignée de zéro pour affirmer la liaison entre les variables X et Y . ($H_0 : b=0$, c'est-à-dire, la pente de la droite est horizontale ; H_1 : il existe une association entre les deux variables Y et X).

Estimations :

Un des intérêts dans l'estimation d'une droite de régression est de pouvoir estimer une valeur de Y connaissant une valeur de X (1).

Modèle de régression linéaire dans notre étude :

P = variable représentant la maladie = poids du chaton
 t = âge du chaton en jours

Le modèle s'écrit par conséquent de la façon suivante : $P = a + b.t$, où b correspond à la croissance moyenne pondérale (en grammes/jour) d'un chaton (quantité de poids prise pour une différence de $t = 1$ jour), et a correspond au poids moyen estimé d'un chaton à $t=0$, le jour de sa naissance).

Pour savoir si une exposition E codée en 0/1 (par exemple, le sexe du chaton qui vaut « 0 » pour les mâles, et « 1 » pour les femelles) était associé à la croissance pondérale, le modèle suivant a été utilisé :

$$P = a + b.t + c.E + d.Inter_E$$

Où la variable $Inter_E$ est la variable égale au produit de E par t (terme d'interaction entre E et le temps t : $Inter_E = E*t$). Le paramètre a est le poids moyen pour un chaton mâle à $t=0$ (le jour de sa naissance), b la croissance pondérale (en gramme/jour) pour les mâles, c l'écart de poids à $t=0$ entre les femelles et les mâles (si $c < 0$, cela signifie que les femelles ont un poids de naissance moyen inférieur à celui des mâles), et d l'écart de croissance pondérale entre les femelles et les mâles (si $d < 0$, cela signifie que les femelles prennent moins de poids par jour que les mâles).

Donc, de façon générale, le paramètre d quantifie ce que l'on cherche, à savoir la différence de croissance pondérale entre des chatons exposés à E et des chatons non exposés à E .

Pour s'approcher de la relation causale entre E et le poids, c'est-à-dire, pour pouvoir dire que E a un effet sur la croissance pondérale, il faut introduire dans le modèle multivarié les facteurs de confusion. Soient X_1 et X_2 deux facteurs de confusion. Le modèle multivarié s'écrit donc :

$$P = a + b.t + c.E + d.E.t + f_1.X_1 + f_2.X_2$$

Ainsi, d quantifiera l'écart de croissance pondérale entre les femelles et les mâles, indépendamment de X_1 et X_2 . Si X_1 et X_2 étaient les seuls facteurs de confusion, on pourrait donc dire que si $d < 0$, et significativement différent de 0, le fait d'être une femelle conduit à avoir une croissance pondérale inférieure à celle d'un mâle.

Dans notre étude, il y avait plusieurs mesures par chaton, et plusieurs chatons par élevage ont été inclus dans l'étude. Par conséquent, les mesures au sein d'un même chaton, tout comme les mesures de poids des chatons appartenant à un même élevage, ne peuvent pas être considérées comme indépendantes. Il a fallu utiliser un modèle de régression linéaire prenant en compte la non indépendance entre les mesures de poids. Il s'agissait de modèles de régression linéaires mixtes, en prenant en compte la non indépendance des mesures au niveau chaton (plusieurs mesures par chaton) et au niveau élevage (plusieurs chats par élevage).

L'interprétation des paramètres (cf. ci-dessus) reste cependant identique avec un modèle mixte.

ii. Codage des variables

- **Variable binaire**

Les variables binaires dans notre étude :

Type de mise-bas « mise_bas » 0 = naturelle 1 = césarienne

Sexe du chaton_« sexe » 0 = mâle 1 = femelle

Le chaton a été biberonné « biberon » 0 = non 1 = oui

Le chaton a eu un problème au cours de sa croissance « probleme »
0 = non 1 = oui

Le chaton est mort au cours de la période de croissance « deces »
0 = non 1 = oui

- **Variable qualitative nominale**

Une variable qualitative nominale ne doit jamais figurer telle quelle dans le modèle de régression. Les variables qualitatives nominales à k classes doivent être recodées en k variables indicatrices (variables binaires correspondant aux modalités de la variable qualitative).

Puis on inclut dans le modèle $k-1$ variables indicatrices parmi les k créés.

La variable indicatrice absente du modèle sera la variable (modalité) de référence. On la choisit selon les critères suivants :

- Modalité considérée comme non exposée dans la littérature / selon ses connaissances
- En cas de doute, on choisit la modalité qui comprend le plus de sujets.

Exemple :

- La variable « race » : race du chaton. C'est une variable qualitative nominale.

Recodage de la variable :

Au vue des effectifs très disparates des différentes races et d'un nombre trop important de race, il fut nécessaire de créer des classes de races (sept au total) afin d'avoir des effectifs permettant une étude de la croissance pondérale en fonction de la race. Un nombre supérieur de classes de race aurait compliqué l'analyse statistique. Les races choisies sont donc les races pour lesquelles les effectifs sont les plus grands.

race_cl = 1 race British longhair
race_cl = 2 race British shorthair
race_cl = 3 race Chartreux
race_cl = 4 race Maine Coon
race_cl = 5 race Sacré de Birmanie
race_cl = 6 race Sphynx
race_cl = 7 les autres races

La variable a été recodée variables indicatrices binaires : race_1, race_2...race_7.

- **Variable qualitative ordinale ou quantitative**

Une variable qualitative ordinale ou quantitative ne peut figurer dans le modèle de régression linéaire qu'à condition d'avoir vérifié la linéarité de l'association entre cette variable et la variable Y (ici, le poids).

Variable quantitative :

Il faut recoder la variable quantitative en variables qualitative ordinale à k classes
Il faut ensuite vérifier la linéarité de cette nouvelle variable telle quelle.

Si la linéarité n'est pas vérifiée, on ne peut pas inclure la variable quantitative telle quelle, on laisse les k-1 variables indicatrices dans le modèle ou on recode la variable initiale en 2 classes.

Si la linéarité est vérifiée, on peut inclure la variable quantitative telle quelle.

Exemple :

- La variable « delai_naissance » correspond au jour de la pesée.

Recodage de la variable qualitative ordinale à 34 classes, où la classe 1 correspond à la 1^{ère} semaine depuis la naissance, la classe 2 la 2^{ème} semaine, etc. jusque la semaine 34. Ensuite, nous avons créé 34 variables indicatrices binaires : delai_1, delai_2...delai_34.

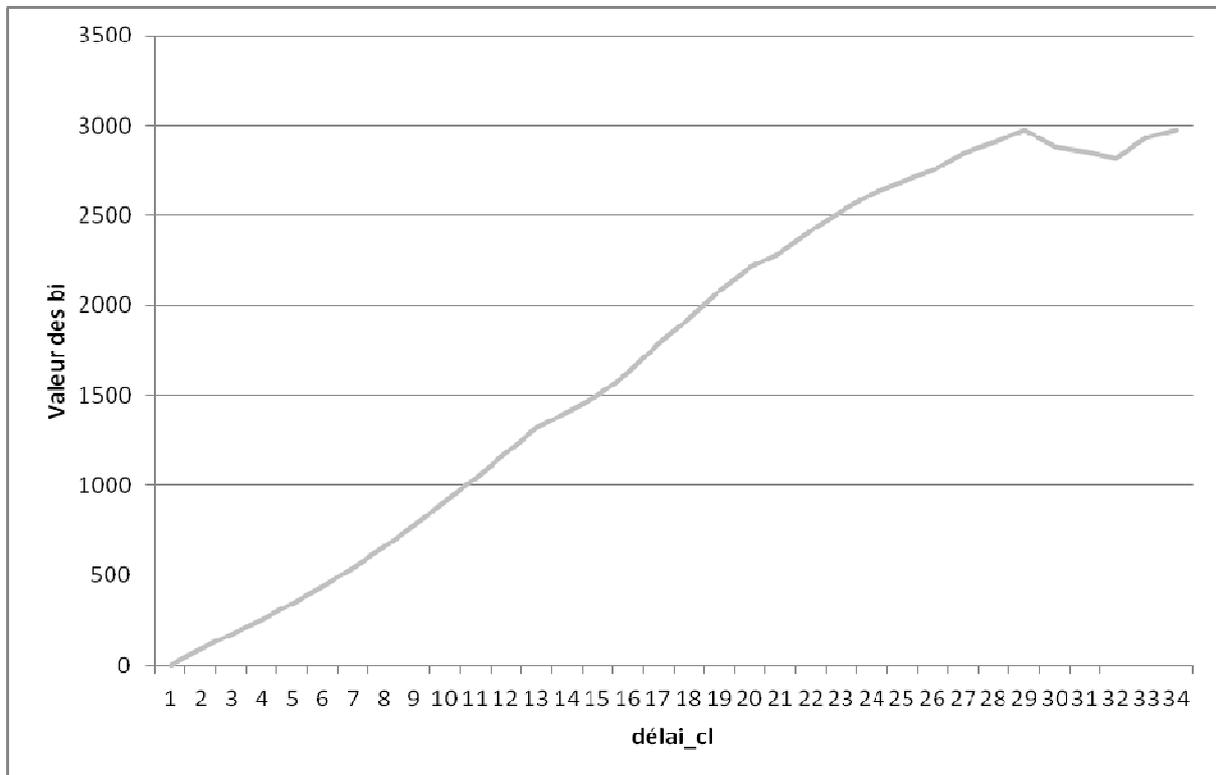
Vérification de la linéarité (Figure 6) :

Classe de référence : delai_cl = 1

$$P = a + b_2\text{delai}_2 + b_3\text{delai}_3 + \dots + b_{34}\text{delai}_{34}$$

L'association entre la variable "delai_naissance" et la variable « poids » sera considérée comme linéaire si les paramètres b_i sont relativement bien alignés sur une droite.

Figure 6 : Vérification de la linéarité de la variable délai_naissance



Les b_i sont considérés comme étant correctement alignés jusqu'à la semaine 29. Par conséquent, l'association avec la variable « delai_naissance » peut donc être considérée comme linéaire jusqu'au jour 199 et nous pouvons donc l'inclure telle quelle dans le modèle.

iii. Facteurs de risque

Un facteur de risque est une exposition dont le lien causal avec la maladie est probable/envisageable et statistiquement associée à la maladie après élimination des biais (dont les biais de confusion) dans la quantification de l'association.

Ce n'est qu'après l'analyse statistique et l'interprétation des résultats que l'on pourra qualifier une exposition de "facteur" (de risque).

Les expositions étudiées en tant que facteurs de risque possible sont : la race du chaton, le sexe du chaton, la taille de la portée et si le chaton a été biberonné.

3. Données manquantes

Les données manquantes sur les caractéristiques des chatons étaient présentes, mais nous avons considéré que la raison pour laquelle la donnée manquait sur ces caractéristiques était indépendante du poids recueilli quotidiennement. Ainsi, le fait qu'il existe des données manquantes ne va pas biaiser les résultats quant aux associations entre les caractéristiques étudiées et la croissance pondérale.

4. Logiciel utilisé

Le logiciel utilisé dans cette étude est le logiciel statistique SAS®. Une formation au logiciel (6) ainsi que quelques compléments de cours (1, 7, 8, 9) ont été nécessaires avant de se lancer dans le traitement statistique des données. Les procédures SAS suivantes ont été utilisées : TTEST pour comparer des moyennes avec le test de Student, ANOVA pour l'analyse de variance, et MIXED pour la modélisation de régression linéaire mixte.

II. Résultats statistiques

A. Description de l'échantillon

L'échantillon décrit est constitué des chatons présents dans notre base de données (les chatons notés comme ayant eu un « problème » et notés « décédés » sont donc compris dans cette description, ils seront exclus lors de l'étude de la croissance pondérale du chaton en bonne santé).

Les données sont issues de 29 éleveurs. Elles concernent 448 chatons.

1. Répartition des sexes

Dans notre base de données, 51% des chatons sont des mâles. La donnée est manquante pour 26 chatons.

2. Races étudiées

Les races présentes dans notre base de données sont (*Tableau 9*) : le Bobtail japonais, le British longhair, le British shorthair, le Burmese anglais, le Chartreux, le Highland fold, un croisement Highland fold-Bobtail japonais, le Maine coon, le Norvégien, l'Oriental, le Persan, le Sacré de Birmanie, le Scottish fold, le Selkirk rex, le Siamois, le Somali et le Sphynx. Soit au total 16 races et un croisement.

Les races étant trop nombreuses pour l'étude de la croissance en fonction de la race et les effectifs des chatons étant hétérogènes, il a fallu regrouper les races.

Tableau 9 : Effectif des différentes races présentes dans la base de données

Races présentes dans la base de données	Effectifs
Bobtail japonais	7
British longhair	34
British shorthair	80
Burmese anglais	18
Chartreux	39
Highland fold	6
Croisement Highland fold-Bobtail japonais	2
Maine coon	40
Norvégien	15
Oriental	3
Persan	4
Sacré de Birmanie	33
Scottish fold	1
Selkirk rex	7
Siamois	1
Somali	14
Sphynx	32
Données manquantes	112

Le choix des races étudiées a donc été fonction de leur effectif (effectifs >30). Les races British longhair, British shorthair, Chartreux, Maine Coon, Sacré de Birmanie, Sphynx étant correctement représentées dans l'échantillon, elles seront étudiées par la suite. Les autres races ont été regroupées au sein d'un même groupe, qualifié de « race 7».

La majorité des races sont représentées par un éleveur (*Tableau 10*).

Tableau 10 : Nombre d'élevages représentant la race

Race	Nombre d'élevages
Bobtail japonais	1
British longhair	2
British shorthair	4
Burmese anglais	1
Chartreux	2
Highland fold	2
Croisement HF-BJ	1
Maine coon	2
Norvégien	3
Oriental	1
Persan	1
Sacré de Birmanie	2
Scottish fold	1
Selkirk rex	1
Siamois	1
Somali	1
Sphynx	2

3. Chatons notés comme ayant eu un problème

La présence de problème est notée si l'éleveur le précise dans le questionnaire ou dans ses commentaires présents sur les relevés de poids. Si aucun problème n'est signalé, le chaton est considéré comme sans problème. Si le chaton est décédé, il est alors noté comme ayant eu un problème.

Dans notre base de données, 79 % des chatons n'ont pas eu de problème à la naissance. La donnée est manquante pour 73 chatons.

4. Chatons notés décédés

Le chaton est noté décédé lorsque l'éleveur l'a précisé. Les chatons pour lesquels aucun décès n'a été signalé au cours de leur croissance sont considérés comme non décédés. En cas de doute (arrêt de prise de poids par l'éleveur avant les autres chatons par exemple) rien n'est précisé. Les décès au delà d'un an (lorsqu'ils sont précisés) ne sont pas inscrits. Les euthanasies sont notées comme décès.

Dans notre base de données, seuls 8,4 % des chatons sont morts alors qu'ils étaient encore dans l'élevage. La donnée est manquante pour 32 chatons. Cette mortalité est la mortalité des chatons de moins de 1 an qui ont été pesés. Ainsi, si des chatons sont morts sans avoir été pesés, ils ne sont pas compris dans ce pourcentage.

5. Nombre total de chatons dans la portée

Cette valeur reste floue car nous ne savons pas si les éleveurs ont noté le nombre total de chatons nés vivants ou le nombre total de chaton (mort-nés compris).

Nous posons comme définition que cette donnée comprend les chatons nés vivants et mort-nés. Une vérification de cette valeur a été effectuée en additionnant le nombre de chatons identifiés au nombre de mort-nés.

La donnée n'a pas été inscrite si le nombre de mort-nés n'était pas précisé.

Le nombre de chaton par portée varie de 1 à 8.

6. Nombre de chatons mort-nés

Cette donnée est notée si l'éleveur l'a précisée dans le questionnaire ou dans les documents joints. Quelques erreurs d'éleveurs ont été relevées concernant ce nombre.

Le nombre de mort-nés varie de 0 à 3.

7. Type de mise-bas

La mise-bas est soit naturelle (chaton sorti par les voies naturelles) ou par césarienne. Rien n'est noté lorsque le type de mise bas n'est pas précisé ou que l'éleveur répond les deux types de mise-bas sans préciser sur quels chatons.

Ainsi, la mise-bas est naturelle pour 96 % des chatons. La donnée est manquante pour 37 chatons.

8. Chatons biberonnés

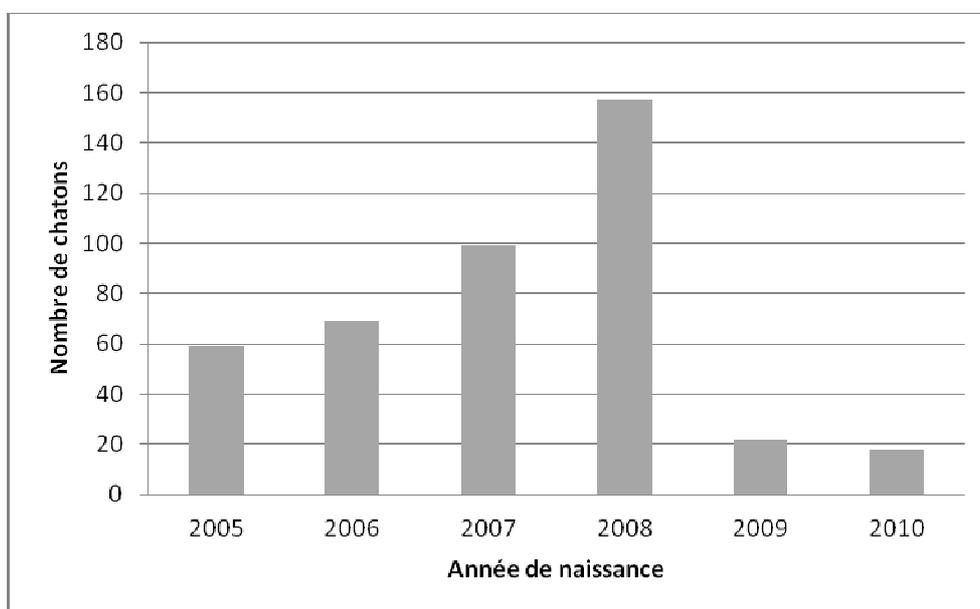
L'alimentation par biberon est notée lorsque l'éleveur le précise dans le questionnaire ou sur ses relevés de poids. La date de début du biberon est parfois précisée.

47 % des chatons ne sont pas biberonnés. La donnée est manquante pour 66 chatons.

9. Année et mois de naissance des chatons

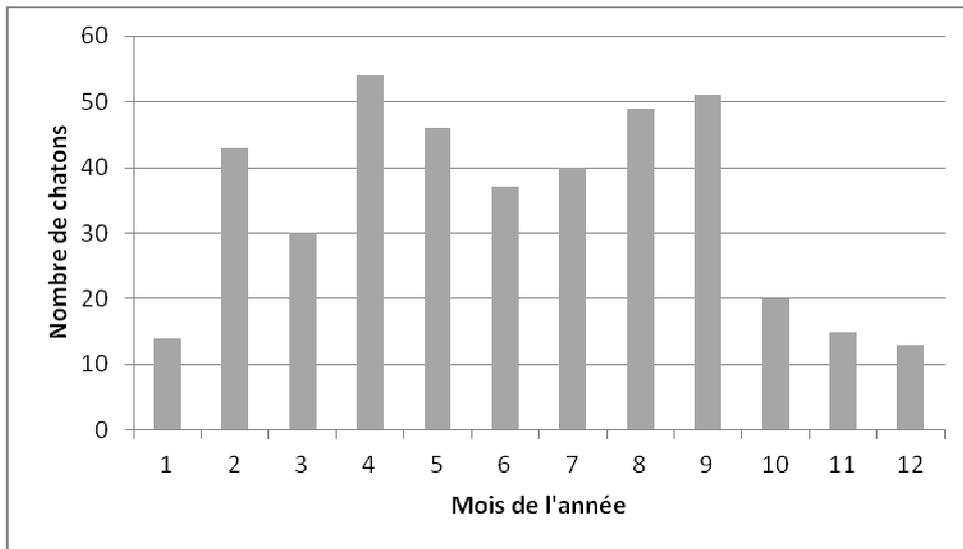
Les chatons sont nés entre l'année 2005 et 2010 (*Figure 7*). Les données sont principalement issues de chatons nés en 2008. La donnée est manquante pour 24 chatons.

Figure 7: Répartition des naissances au cours des années



Les chatons sont nés tout au long de l'année (*Figure 8*). La donnée est manquante pour 36 chatons.

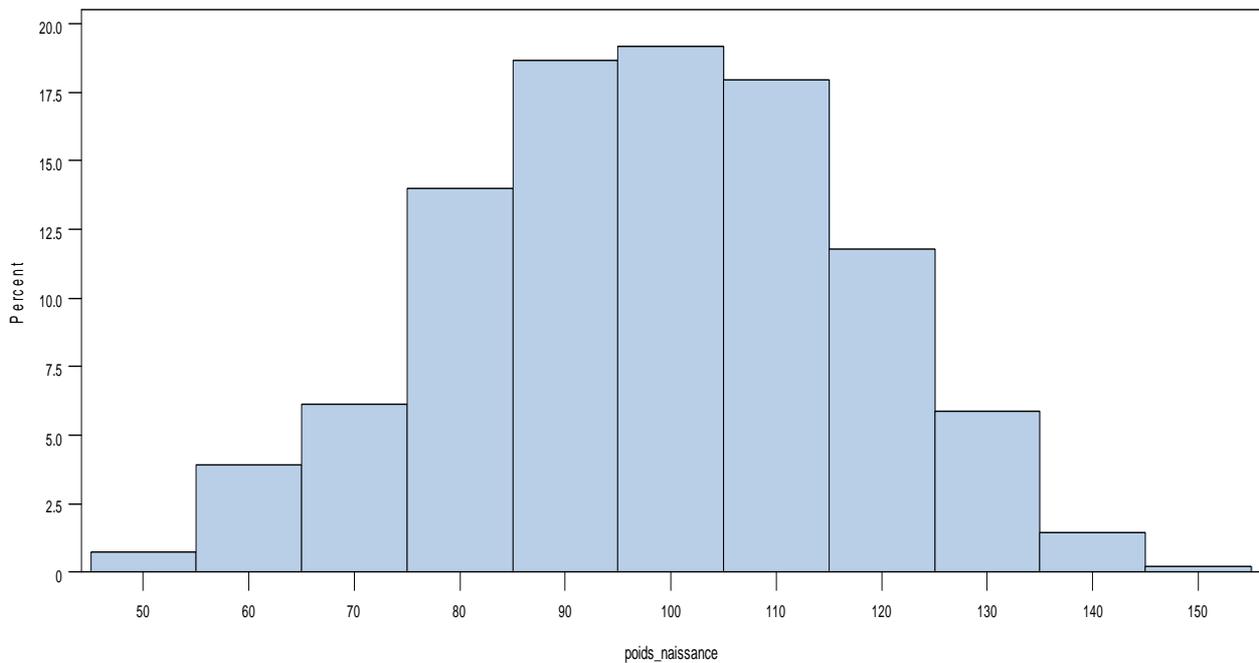
Figure 8 : Répartition des naissances au cours de l'année



10. Poids à la naissance

Le poids à la naissance varie de 45 à 150g (Figure 9). La donnée est manquante pour 41 chatons.

Figure 9 : Répartition du poids à la naissance



B. Etude du poids à la naissance

Le poids à la naissance suit une loi normale (*Figure 10*), on pourra donc appliquer les tests de Student et d'analyse de la variance pour comparer des moyennes.

Afin d'approcher au mieux les paramètres et la croissance pondérale d'un chaton sain en bonne santé, nous avons exclus de l'étude les chatons décédés et ceux ayant eu un problème de santé au cours de leur croissance.

Le poids moyen à la naissance est de 98,7g dans notre échantillon des 333 chatons « en bonne santé » (dans notre échantillon, seuls 333 chatons ont un poids à la naissance) (*Tableau 11*)

Figure 10 : Répartition du poids à la naissance des chatons « en bonne santé »

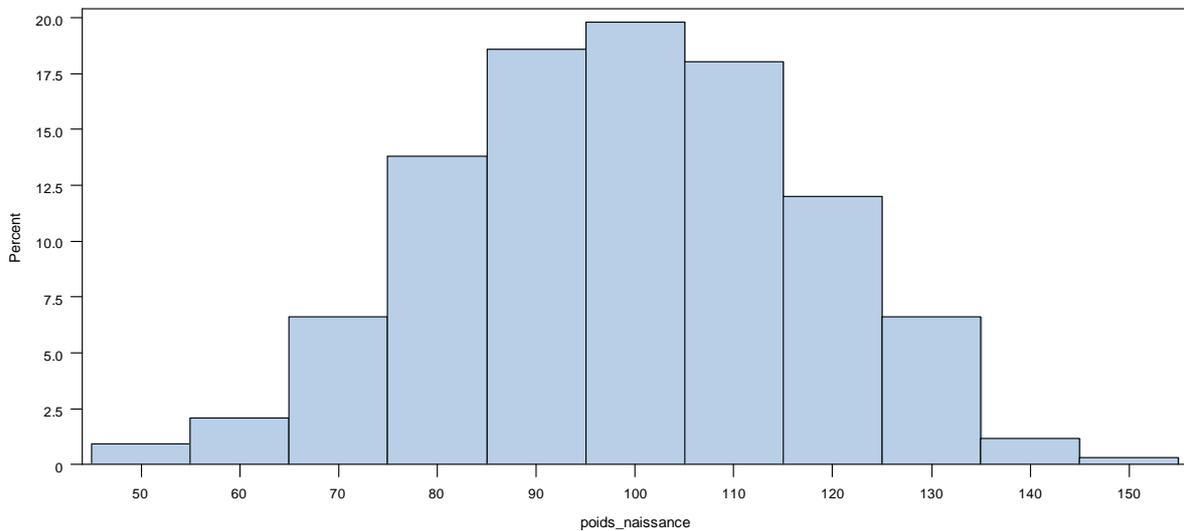


Tableau 11 : Poids moyen à la naissance des 333 chatons « en bonne santé »

Poids moyen à la naissance	Ecart type	Min	Max
98,66	18,41	45	150

1. Variation du poids à la naissance selon la santé de l'animal

Le but de ce test de Student est de savoir si les chatons ayant eu un problème au cours de la croissance (décès inclus) avaient un poids à la naissance différent de ceux n'ayant rencontré aucun problème, et si cette différence était significative.

Les chatons n'ayant pas eu de problème au cours de leur croissance (n=262) ont un poids moyen à la naissance (100,0 grammes) significativement supérieur à ceux ayant eu un problème de santé ou décédés au cours de leur croissance (n=73 ; moyenne=94,7 grammes ; p=0,003).

Dans la suite de l'étude, nous étudierons le poids à la naissance des chatons « en bonne santé », c'est-à-dire notés sans problème et non décédés au cours de la croissance.

2. Variation du poids à la naissance en fonction de la race

Les moyennes du poids à la naissance des différentes races étudiées sont significativement différentes (Tableau 12). Le Maine Coon est la race la plus lourde à la naissance avec un poids moyen de 121,75g, le Sphynx et le Sacré de Birmanie, sont les races les plus légères (Tableau 12).

3. Variation du poids à la naissance en fonction du sexe de l'animal

Les mâles pèsent 103,3g, les femelles 95,3g.

Le poids moyen des mâles à la naissance est significativement supérieur à celui des femelles (Tableau 12).

4. Variation du poids à la naissance en fonction de la taille de la portée

Les moyennes du poids à la naissance des différentes tailles de la portée sont significativement différentes. On remarque que globalement, le poids à la naissance diminue avec le nombre de chatons dans la portée (Tableau 12).

5. Variation du poids à la naissance en fonction de la mise-bas

L'effectif d'un des groupes est < 30 (Tableau 12). Il faut donc vérifier que les variances des deux groupes ne sont pas significativement différentes. Ici, $p = 0,82$: elles ne sont donc pas significativement différentes.

Le résultat du test de Student donne une différence non significative entre les deux moyennes (mise-bas naturelle versus mise-bas par césarienne ; $p=0,69$).

6. Variation du poids à la naissance en fonction du nombre de mort-nés

Les différences de poids moyen à la naissance sont significatives (Tableau 13) selon le nombre de mort-nés (nombre allant de 0 à 3). On remarque que globalement, le poids moyen à la naissance diminue avec l'augmentation du nombre de mort-nés.

Tableau 12 : Etude du poids moyen à la naissance en fonction de la race, du sexe, de la taille de la portée et de la mise-bas

		N*	Poids moyen à la naissance (Ecart-type)	p-value
Race				
	British Longhair	25	96,92 (11,82)	
	British Shorthair	68	102,21 (16,87)	
	Chartreux	39	102,87 (19,63)	
	Maine Coon	32	121,75 (13,44)	<0,0001
	Sacré de Birmanie	31	86,03 (12,51)	
	Sphynx	23	88,52 (12,45)	
	Autres	115	94,53 (17,23)	
Sexe				
	Mâle	162	103,25 (17,37)	
	Femelle	149	95,31 (17,52)	<0,0001
Taille de la portée				
	1	2	128,5 (16,26)	
	2	6	106,33 (12,31)	
	3	31	103,19(15,04)	
	4	68	106,97 (18,24)	0,0002
	5	82	98,84 (17,24)	
	6	57	93,96 (15,64)	
	7	24	95,37 (21,91)	
Mise-bas				
	Naturelle	296	100,03 (18,21)	
	Césarienne	9	102,44 (16,42)	0,69

* Nombre de données non manquantes sur le poids à la naissance

Tableau 13: Etude du poids à la naissance en fonction du nombre de mort-nés

	N*	Poids moyen à la naissance (Écart-type)	p-value
Nombre de mort-nés			
0	230	102,07 (17,41)	
1	18	84,89 (16,15)	<0,0001
2	10	98,2 (14,16)	
3	6	77,67 (14,83)	

* Nombre de données non manquantes sur le poids à la naissance

C. Etude de la croissance pondérale du chaton en bonne santé

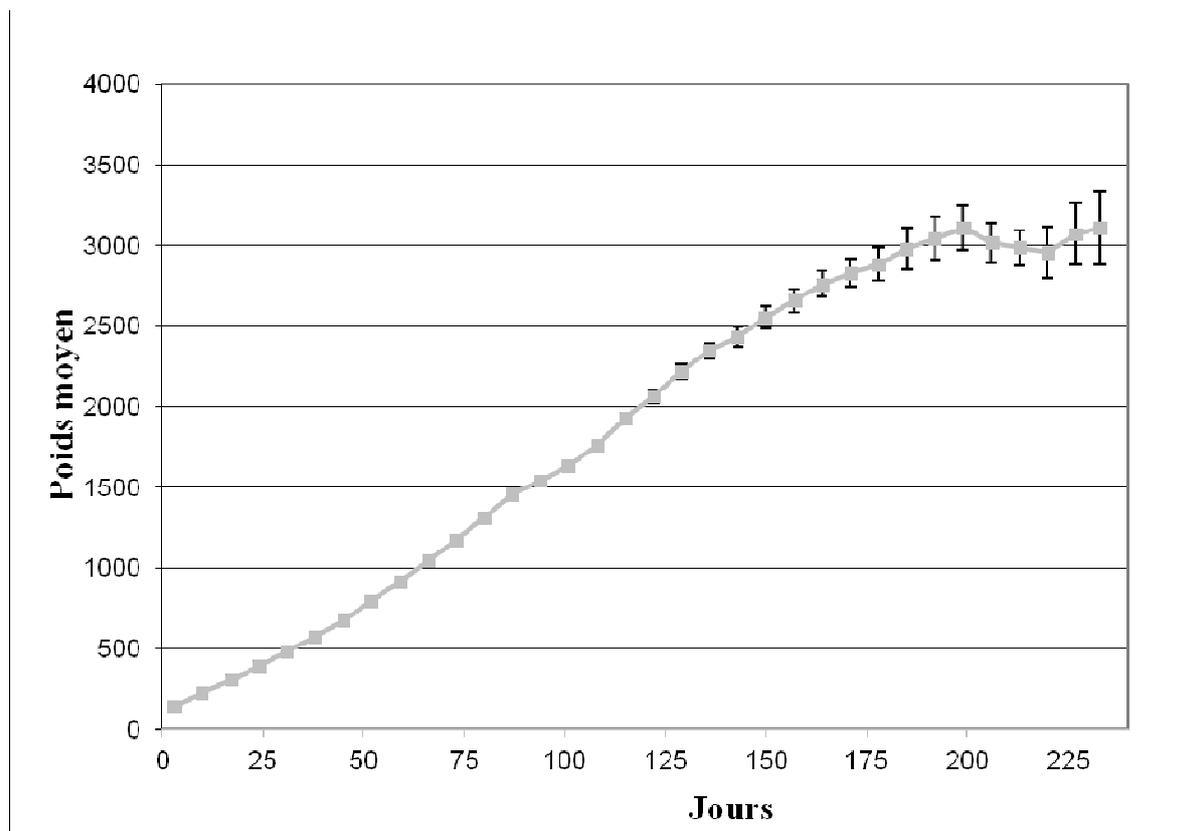
Dans la suite de cette étude, **seuls les chatons « en bonne santé »** (N=370) sont inclus dans l'étude (chatons n'ayant pas eu de problème et n'étant pas décédés au cours de la croissance).

1. Allure de la courbe de croissance des chatons « en bonne santé »

La croissance pondérale semble augmenter linéairement jusqu'à environ 199 jours (*Figure 11*). Après, il semble y avoir un plateau. Les fluctuations après 199 jours peuvent être attribuées à l'échantillon (peu de chatons sont alors présents) mais nous limiterons cependant l'étude de la croissance entre 0 et 199 jours.

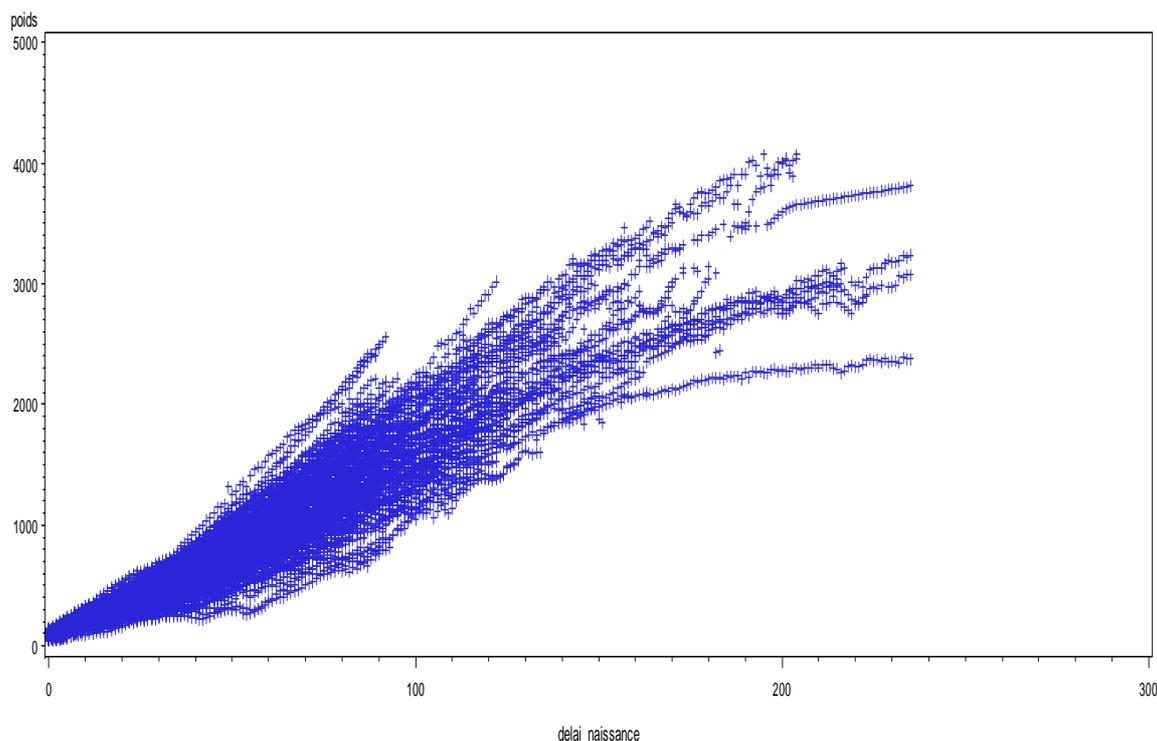
Nous travaillerons sur un modèle de régression linéaire sans rupture de pente.

Figure 11 : Poids moyen (avec IC 95%) des chatons "en bonne santé" au cours de la croissance



La *Figure 12* représente l'ensemble des mesures des poids. Elle met en évidence que le nombre de données s'amenuise au cours du temps.

Figure 12 : Poids des chatons "en bonne santé" (chaque point représente le poids d'un chaton)



2. Expositions étudiées

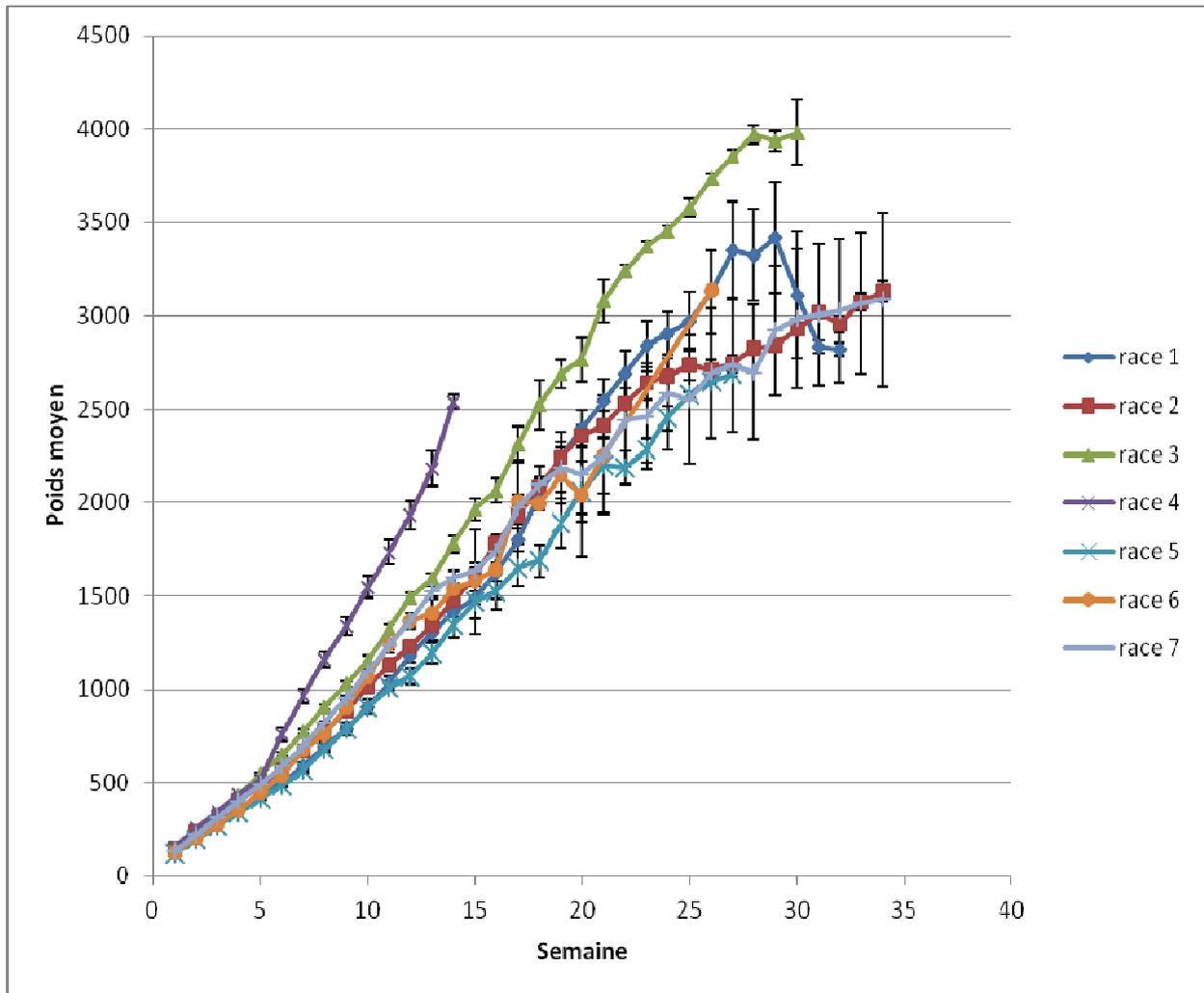
i. La race

C'est une variable qualitative nominale qui a été recodée en sept variables indicatrices binaires. Les effectifs varient de 25 à 147 chatons (*Tableau 14*).

On remarque que la race 4 (Maine Coon) se distingue des autres à partir de la 5^{ème} semaine avec une croissance pondérale plus importante. Il en est de même pour la race 3 (Chartreux) dont la courbe se dégage des autres courbes à partir de la 13^{ème} semaine (Figure 13).

La race 5 (Sacré de Birmanie) reste majoritairement sous les autres courbes.

Figure 13 : Courbes de croissance pondérale (avec IC 95%) des différentes races



La race 1 correspond à la race British Longhair.

La race 2 correspond à la race British Shorthair.

La race 3 correspond à la race Chartreux.

La race 4 correspond à la race Maine Coon.

La race 5 correspond à la race Sacré de Birmanie.

La race 6 correspond à la race Sphynx.

La race 7 correspond aux autres races.

ii. Le sexe

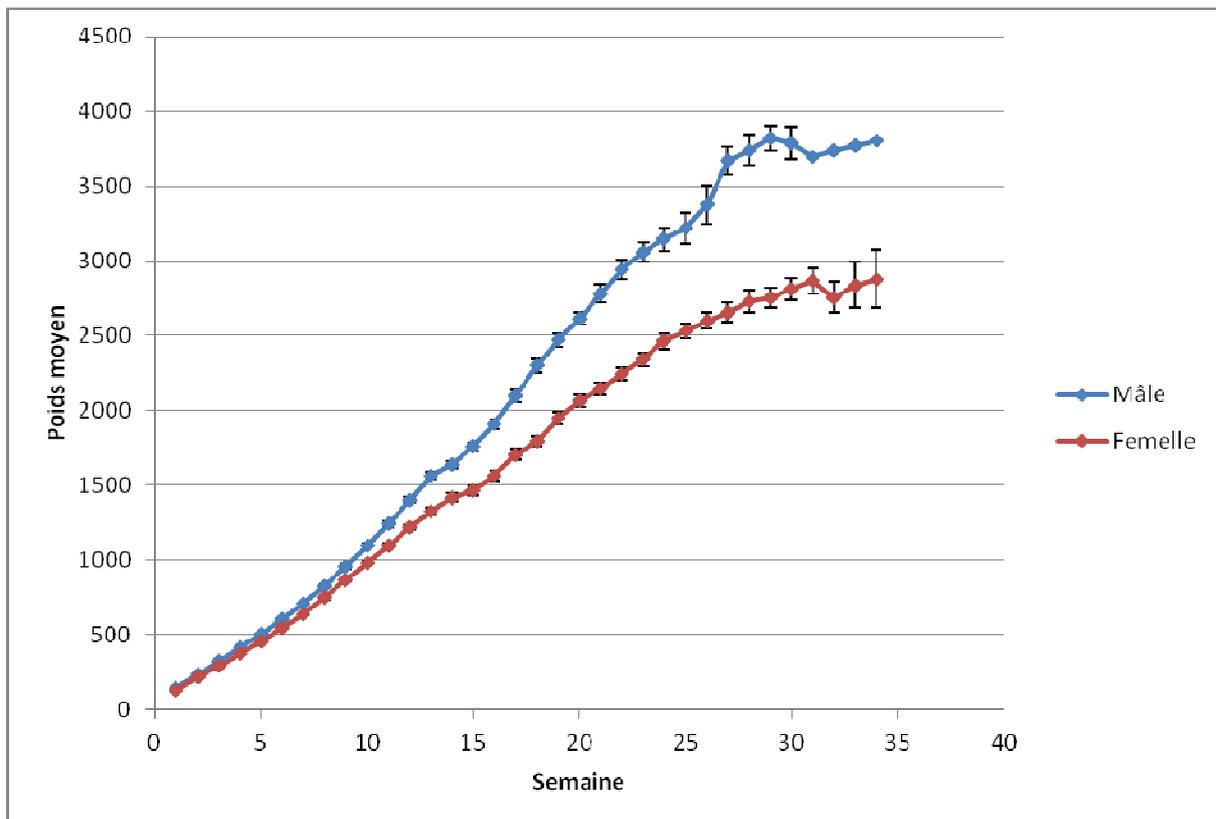
C'est une variable binaire tel que :

- Femelle = 0 = mâle (effectif de 180 chatons).
- Femelle = 1 = femelle (effectif de 168 chatons).
- La donnée est manquante pour 22 chatons (*Tableau 14*).

On remarque qu'à partir de la 5^{ème} semaine, la courbe des mâles se sépare de celle des femelles, ceci est d'autant plus marqué à partir de la 10^{ème} semaine : les mâles deviennent nettement plus lourds que les femelles (*Figure 14*).

La croissance des femelles semble se stopper aux environs de la 30^{ème} semaine tandis que celle des mâles semble continuer.

Figure 14 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons mâles et femelles



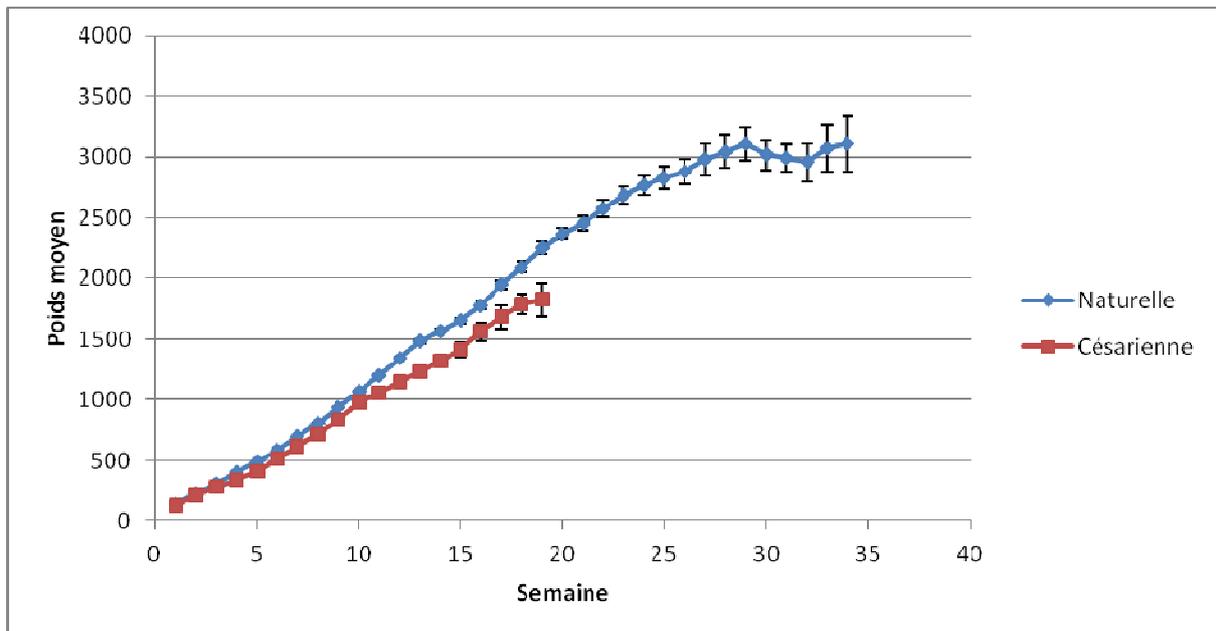
iii. La mise-bas

C'est une variable binaire tel que :

- Césarienne = 0 = naturelle (effectif de 332 chatons).
- Césarienne = 1 = césarienne (effectif de 9 chatons).
- La donnée est manquante pour 29 chatons (*Tableau 14*)

On remarque que la courbe des chatons nés par césarienne est sous celle des chatons nés naturellement (*Figure 15*). Il aurait été plus intéressant de pouvoir détailler la courbe au cours des premiers jours de vie afin de noter si le traumatisme à la naissance se répercute sur la croissance pondérale.

Figure 15 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons en fonction du type de mise-bas



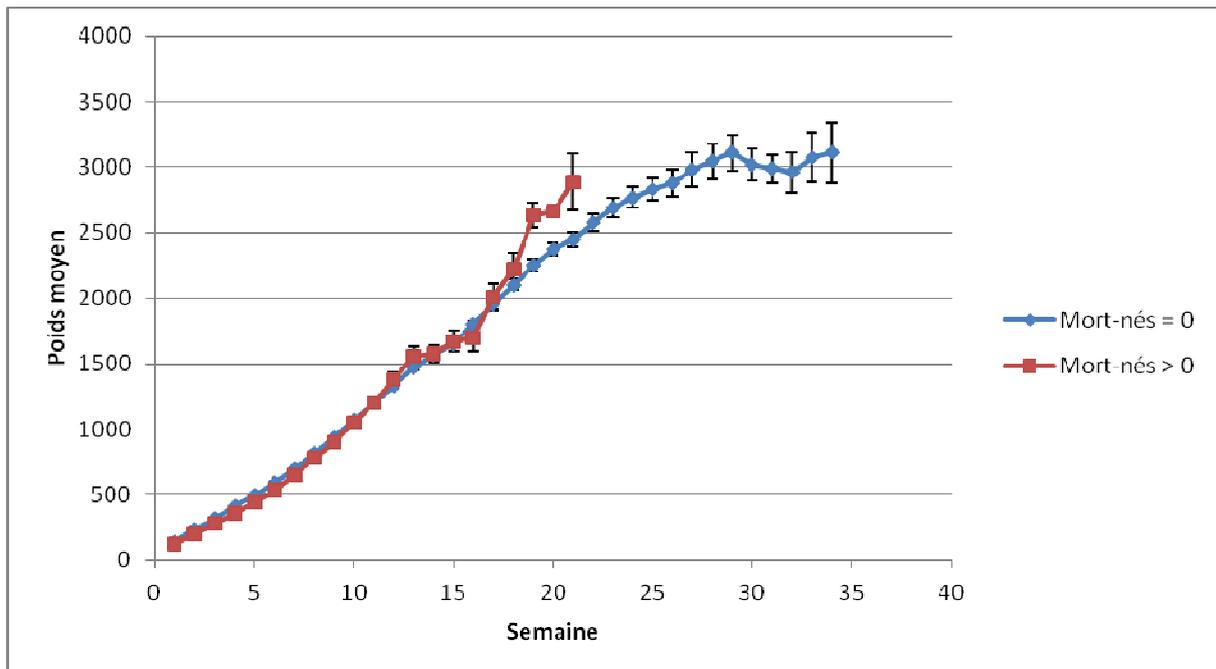
iv. Le nombre de mort-nés

Le nombre de mort-nés est une variable quantitative qui a été recodée en variable binaire :

- Si nombre de mort-nés = 0 alors mort = 0 (effectif de 262 chatons).
- Si nombre de mort-nés > 0 alors mort = 1 (effectif de 38 chatons).
- La donnée est manquante pour 70 chatons (*Tableau 14*).

Les courbes sont relativement semblables jusqu'aux alentours de la 17^{ème} semaine puis divergent (*Figure 16*). Ici aussi, il aurait été plus intéressant de détailler la courbe au cours des premiers jours de vie afin de noter s'il y avait une répercussion sur la croissance pondérale.

Figure 16 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons selon le nombre de mort-nés dans la portée



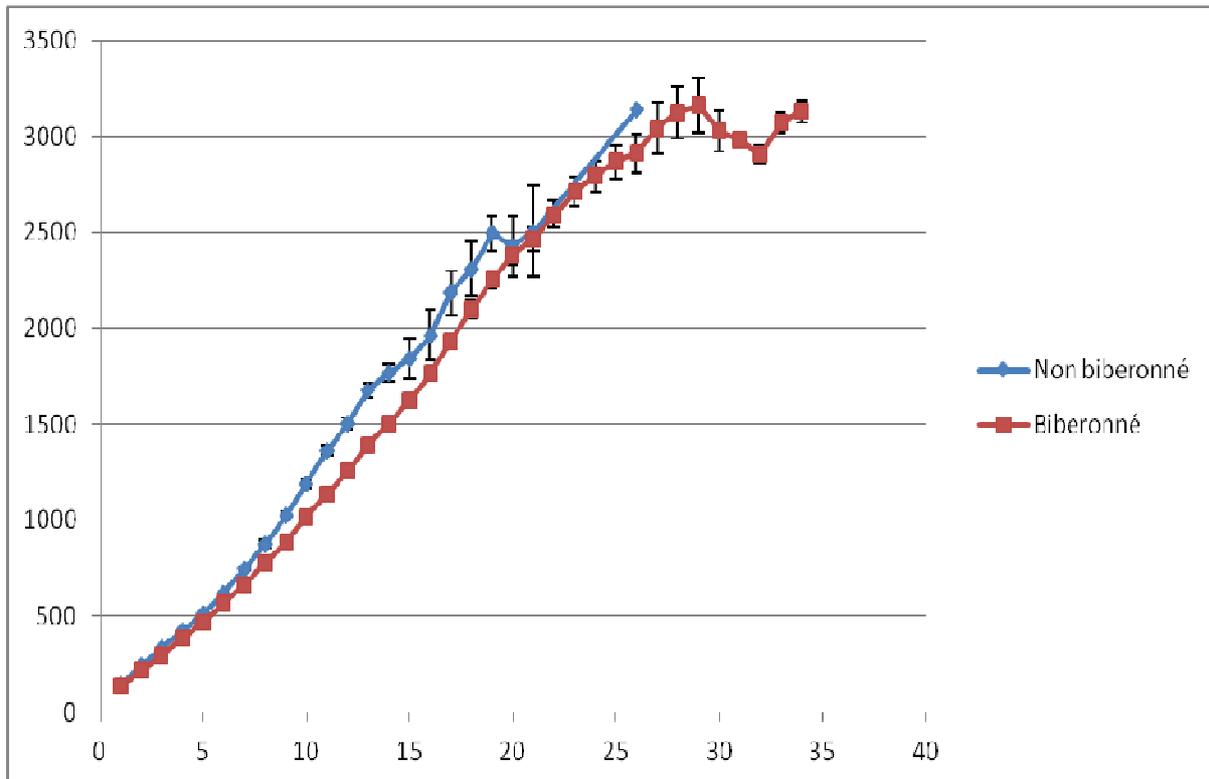
v. Biberon

Cette variable est une variable binaire :

- Biberon = 0 = non biberonné (effectif de 148 chatons).
- Biberon = 1 = biberonné (effectif de 160 chatons).
- La donnée est manquante pour 62 chatons (*Tableau 14*)

La courbe des chatons non biberonnés est au dessus de celles des chatons biberonnés (*Figure 17*).

Figure 17 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons selon s'ils ont été biberonnés ou non



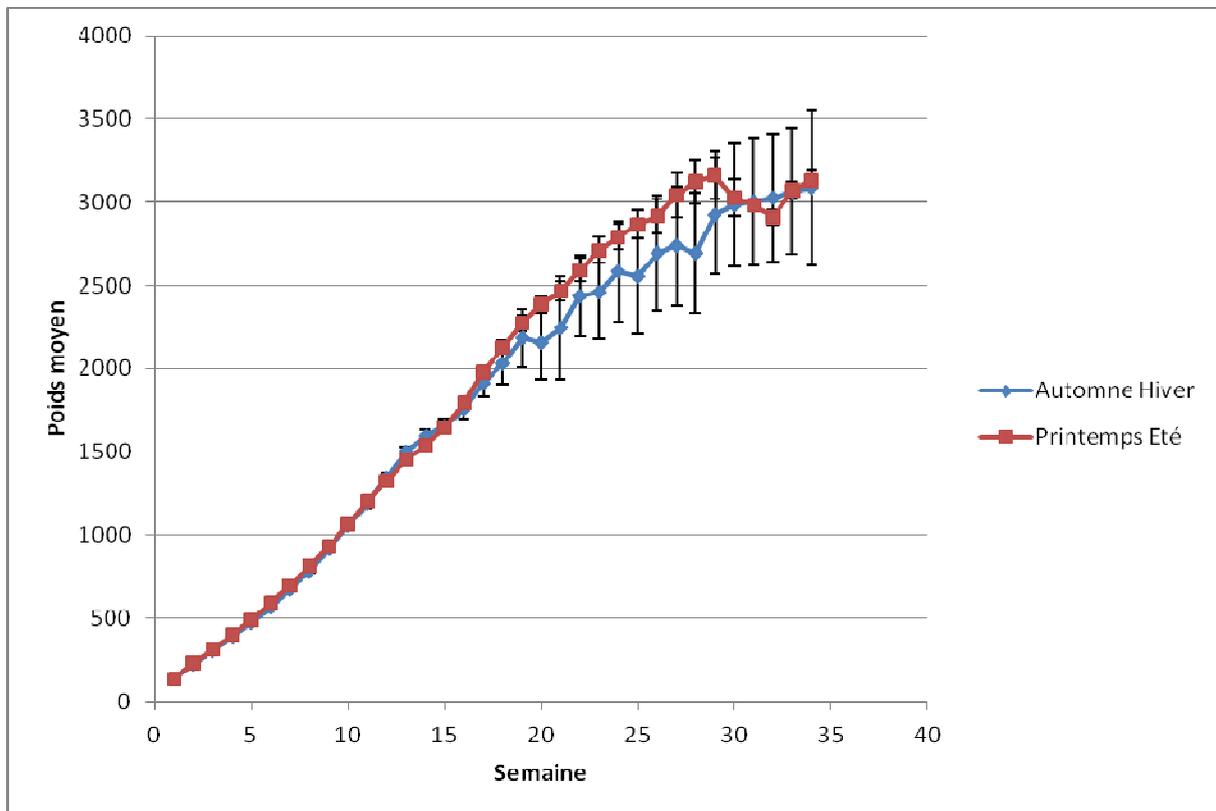
vi. Saison

Cette variable est une variable qualitative nominale qui a été recodée en variable binaire :

- Mois d'automne et d'hiver : $ete = 0$ (effectif de 123 chatons).
- Mois de printemps et d'été : $ete = 1$ (effectif de 219 chatons).
- La donnée est manquante pour 28 chatons (*Tableau 14*).

Les courbes de croissance sont relativement semblables jusqu'à 16 semaines puis divergent : les chatons nés en automne-hiver ont alors un poids plus faible que ceux nés au cours du printemps-été (*Figure 18*).

Figure 18 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) selon la saison



vii. La taille de la portée

Cette variable est une variable quantitative qui a été recodée en variable binaire :

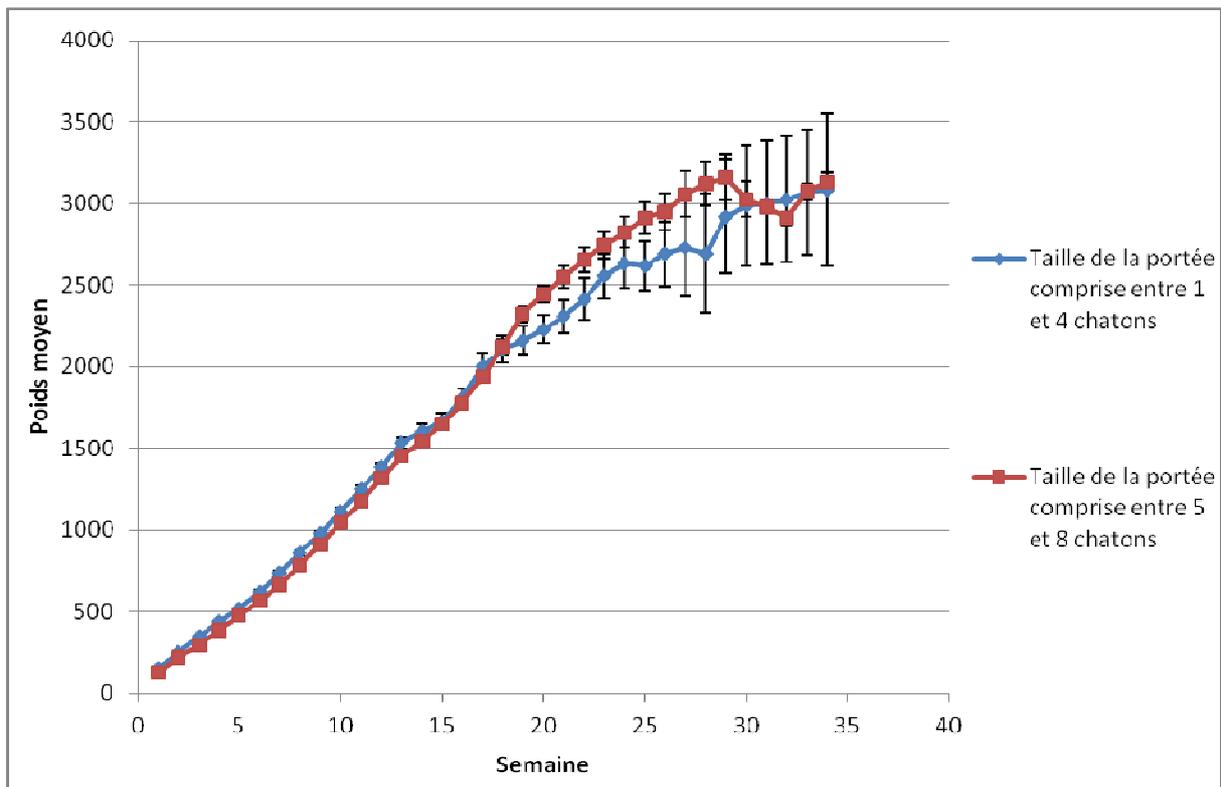
- Si le nombre de chatons appartient à l'intervalle [1 - 4] alors portee_sup5 = 0 (effectif de 117 chatons).
- Si le nombre de chatons appartient à l'intervalle [5 - 8] alors portee_sup5 = 1 (effectif de 189 chatons).
- La donnée est manquante pour 64 chatons (*Tableau 14*).

La courbe des chatons issus de grandes portées (5-8 chatons) est légèrement sous la courbe des chatons issus de petites portées (1-4 chatons) jusqu'aux alentours de 15 semaines (*Figure 19*).

Passé 18 semaines, le phénomène s'inverse : les chatons issus des grandes portées ont rattrapé et surplombent désormais les chatons issus des petites portées.

Après 30 semaines, les courbes semblent relativement semblables.

Figure 19 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) en fonction de la taille de la portée.



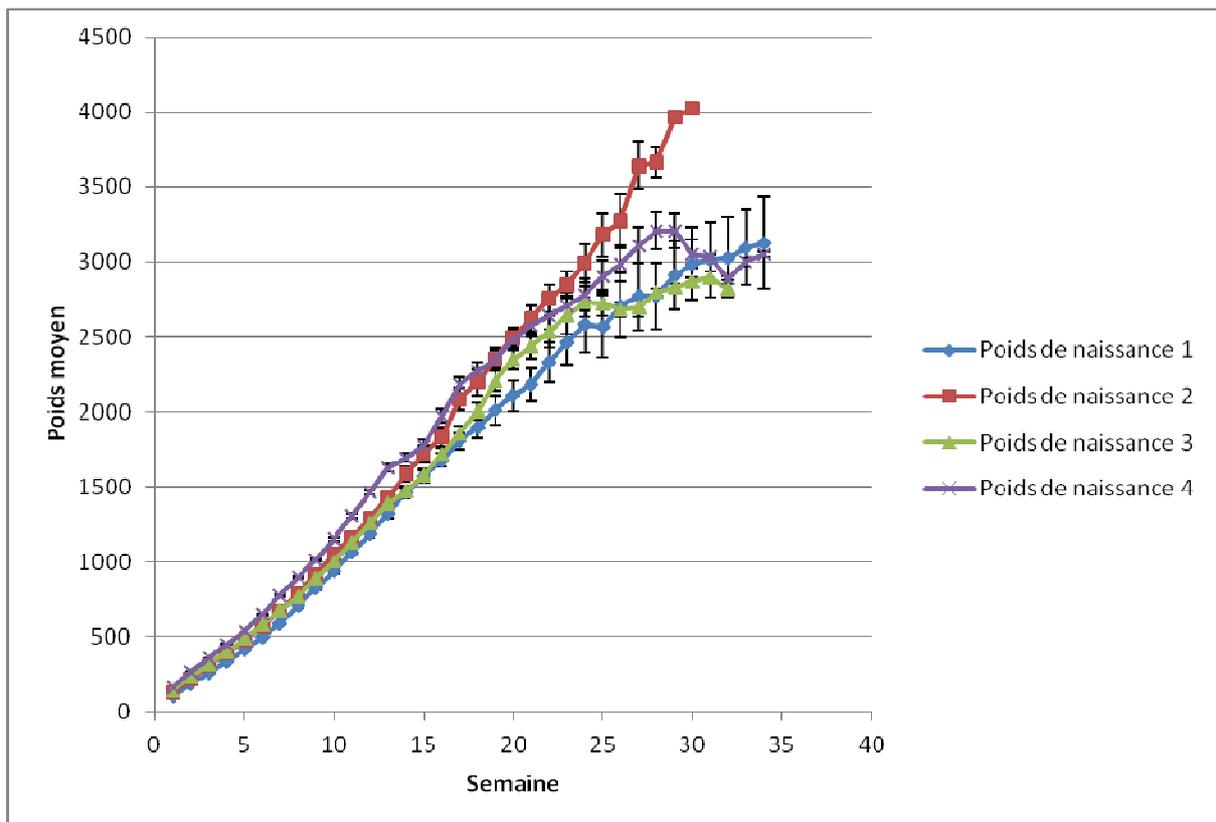
viii. Le poids à la naissance

Cette variable est une variable quantitative. La variable a été recodée en quatre variables indicatrices binaires en fonction des quartiles.

- P0_1 correspond à un poids à la naissance compris entre 45 et 86g (effectif de 82 chatons).
- P0_2 correspond à un poids à la naissance compris entre 86 et 98,7g (effectif de 86 chatons).
- P0_3 correspond à un poids à la naissance compris entre 98,7 et 112g (effectif 78 chatons).
- P0_4 correspond à un poids à la naissance compris entre 112 et 155g (effectif de 87 chatons).
- La donnée est manquante pour 37 chatons (*Tableau 14*).

Les chatons du 4^{ème} groupe ont un poids supérieur aux autres jusqu'à la 19^{ème} semaine (*Figure 20*).

Figure 20 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) en fonction du poids à la naissance du chaton



ix. Délai naissance

Cette variable est une variable quantitative. Elle représente le jour de la pesée du chaton. La linéarité de l'association avec cette variable a été vérifiée précédemment.

Tableau 14 : Effectif des différentes modalités des variables

Race	Codage	Effectif
British Longhair	1	25
British Shorthair	2	72
Chartreux	3	39
Maine Coon	4	32
Sacré de Birmanie	5	31
Sphynx	6	24
Autres races	7	147
Sexe		
Mâle	0	180
Femelle	1	168
donnée manquante		22
Mise-bas		
Naturelle	0	332
Césarienne	1	9
donnée manquante		29
Mort-nés		
= 0	0	262
> 0	1	38
donnée manquante		70
Biberon		
Non	0	148
Oui	1	160
Donnée manquante		62
Saison		
Automne-hiver	0	123
Printemps-été	1	219
donnée manquante		28
Portée		
<5	0	117
>5	1	189
donnée manquante		64
Poids naissance		
45<P0<86	P1	82
86<P0<98,7	P2	86
98,7<P0<112	P3	78
112<P0<155	P4	87
donnée manquante		37

3. Etude de la croissance pondérale

Dans la suite de cette étude, la procédure « proc mixed » du logiciel SAS® a été utilisée.

Nous étudierons l'influence des expositions « race », « sexe », « taille de la portée » « biberon » sur la croissance pondérale du chaton « en bonne santé ».

Les expositions « mort-nés », « saison » et « mise-bas » ne seront pas étudiées car (1) elles ne sont pas considérées comme des expositions d'intérêt principal, et (2) elles semblent peu influencer sur la croissance pondérale et ne joueront donc pas de rôle de facteur de confusion. De plus, pour la variable mise-bas, on ne pourra pas faire de distinction avec un éventuel effet élevage car très peu d'élevages sont présents pour une modalité de ces variables (seuls 2 éleveurs ont pratiqué la césarienne).

i. Régression linéaire mixte

Avec $t = \text{delai_naissance}$, le modèle s'écrit de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Poids} = & a + b_1 t + c_1 \text{race_1} + c_3 \text{race_3} + c_4 \text{race_4} + c_5 \text{race_5} + c_6 \text{race_6} + c_7 \text{race_7} \\ & + d_1 \text{race_t1} + d_3 \text{race_t3} + d_4 \text{race_t4} + d_5 \text{race_t5} + d_6 \text{race_t6} + d_7 \text{race_t7} \\ & + e \text{ femelle} + f \text{ inter_femelle} \\ & + g \text{ portee_sup5} + h \text{ inter_portee} \\ & + i_2 \text{ P02} + i_3 \text{ P03} + i_4 \text{ P04} \\ & + j \text{ biberon} + k \text{ inter_biberon} \end{aligned}$$

Dans ce modèle, nous avons préféré ne pas introduire de terme d'interaction entre le poids de naissance et le temps dans la mesure où (1) la *Figure 20* nous laissait penser que la croissance pondérale en fonction du poids à la naissance n'était pas linéaire, et (2) que l'ajustement sur le poids à la naissance seulement suffit à capturer le biais de confusion dû au poids de naissance.

- **Variables binaires du modèle :**

race_1 = British Longhair

race_2 = British Shorthair : race de référence (donc modalité non incluse dans le modèle) car possède l'effectif le plus important

race_3 = Chartreux

race_4 = Maine Coon

race_5 = Sacré de Birmanie

race_6 = Sphynx

race_7 = Autres chats

45 ≤ P01 < 86 g : classe de référence

86 ≤ P02 < 98,67 g

$98.67 \leq P03 < 112$ g

$112 \leq P04 < 155$ g

Si la taille de la portée est comprise dans l'intervalle [1 ; 4] alors $portee_sup5 = 0$

biberon = 0 : chaton non biberonné

- Interaction entre les variables binaires et le temps t, qui permettent d'obtenir l'association entre la variable binaire et la croissance pondérale (cf. partie 2 : I.C.2.i) :

$inter_race_1 = race_1 * t$

$inter_race_3 = race_3 * t$

...

$inter_femelle = femelle * t$

$inter_portee = portee_sup5 * t$

$inter_biberon = biberon * t$

ii. Interprétation des coefficients

Le paramètre associé à l'interaction entre le temps t et la variable binaire X codée en 0/1 quantifie l'écart de pente de poids avec le temps entre les chatons pour lesquels X=0 et les chatons pour lesquels X=1 ; il quantifie donc l'écart de croissance pondérale entre les chatons pour lesquels X=0 et les chatons pour lesquels X=1.

t = croissance pondérale des chatons mâles de la race 2 issus de petites portées, sans avoir été biberonnés.

$d1$ = écart de croissance pondérale entre la race 1 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

$d3$ = écart de croissance pondérale entre la race 3 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

$d4$ = écart de croissance pondérale entre la race 4 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

$d5$ = écart de croissance pondérale entre la race 5 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

$d6$ = écart de croissance pondérale entre la race 6 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

$d7$ = écart de croissance pondérale entre la race 7 par rapport à la race 2 (race de référence) indépendamment des autres variables.

f = écart de croissance pondérale entre les femelles par rapport aux mâles, indépendamment des autres variables.

h = écart de pente entre les portées de grande taille par rapport aux portées de petite taille indépendamment des autres variables.

k = écart de pente entre les portées biberonnées par rapport aux portées non biberonnées, indépendamment des autres variables (*Tableau 1415*).

Tableau 15 : Estimation des paramètres du modèle de régression linéaire

Variabiles	Paramètre	p-value
T	18,2	<0,0001
race_1	-25	0,26
race_3	-17,5	0,44
race_4	-84,5	0,11
race_5	-92,4	0,19
race_6	19,7	0,8
race_7	10,5	0,7
race_t1	-0,5	<0,0001
race_t3	2,2	<0,0001
race_t4	6,1	<0,0001
race_t5	1,1	<0,0001
race_t6	-2,9	0,015
race_t7	-1,0	<0,0001
femelle	54,1	<0,0001
inter_femelle	-2,7	<0,0001
portee_sup5	-59,8	<0,0001
inter_portee	0,8	<0,0001
biberon	1,7	0,94
inter_biberon	-1,5	<0,0001
P0_2	51,6	0,016
P0_3	34,3	0,11
P0_4	71,5	0,001

iii. Conclusion

La croissance pondérale des chatons mâles de la race British Shorthair issus de petites portées non biberonnés est de 18 g/j (*Tableau 15*).

Les femelles croissent en moyenne moins rapidement que les mâles de 2,7 g/j ($p < 0,01$) (*Tableau 15*).

Les grandes portées croissent en moyenne plus rapidement de 0,9 g/j que les portées de moins de 5 chatons ($p < 0,01$) (*Tableau 145*).

Les portées ayant été biberonnées croient en moyenne moins rapidement que les portées non biberonnées de 1,5 g/j ($p < 0,01$) (*Tableau 15*).

Les races British Longhair, Sphynx et le groupe « autres races » croissent en moyenne moins rapidement que la race British Shorthair (*Tableau 15*). Les races Chartreux, Maine Coon et Sacré de Birmanie croissent en moyenne plus rapidement que la race British Shorthair. La valeur des coefficients nous permet de dire que la croissance de la race Sacré de Birmanie est plus rapide que celle de la race British Shorthair. La race Chartreux et enfin la race Maine Coon ont une croissance encore plus rapide. Par contre, tester statistiquement la différence de croissance pondérale entre les races deux à deux ne garantit pas un risque d'erreur de 5% (problème des tests multiples et inflation du risque d'erreur de 1^{ère} espèce).

La différence de vitesse de croissance entre les grandes et petites portées (0,8 g/j) est du même ordre de grandeur que l'écart entre les races 1,5 et 7 et la race 2 (0,5 à 1,1 g/j). La différence de croissance entre la race 1 et la race 2 est de 0,5 g/j ce qui est peu, comparé à la différence entre la race 4 et la race 2 (6,1 g/j) ou encore entre les sexes (2,7 g/j).

D. GOM : gain quotidien moyen

1. Allure de la courbe du GOM

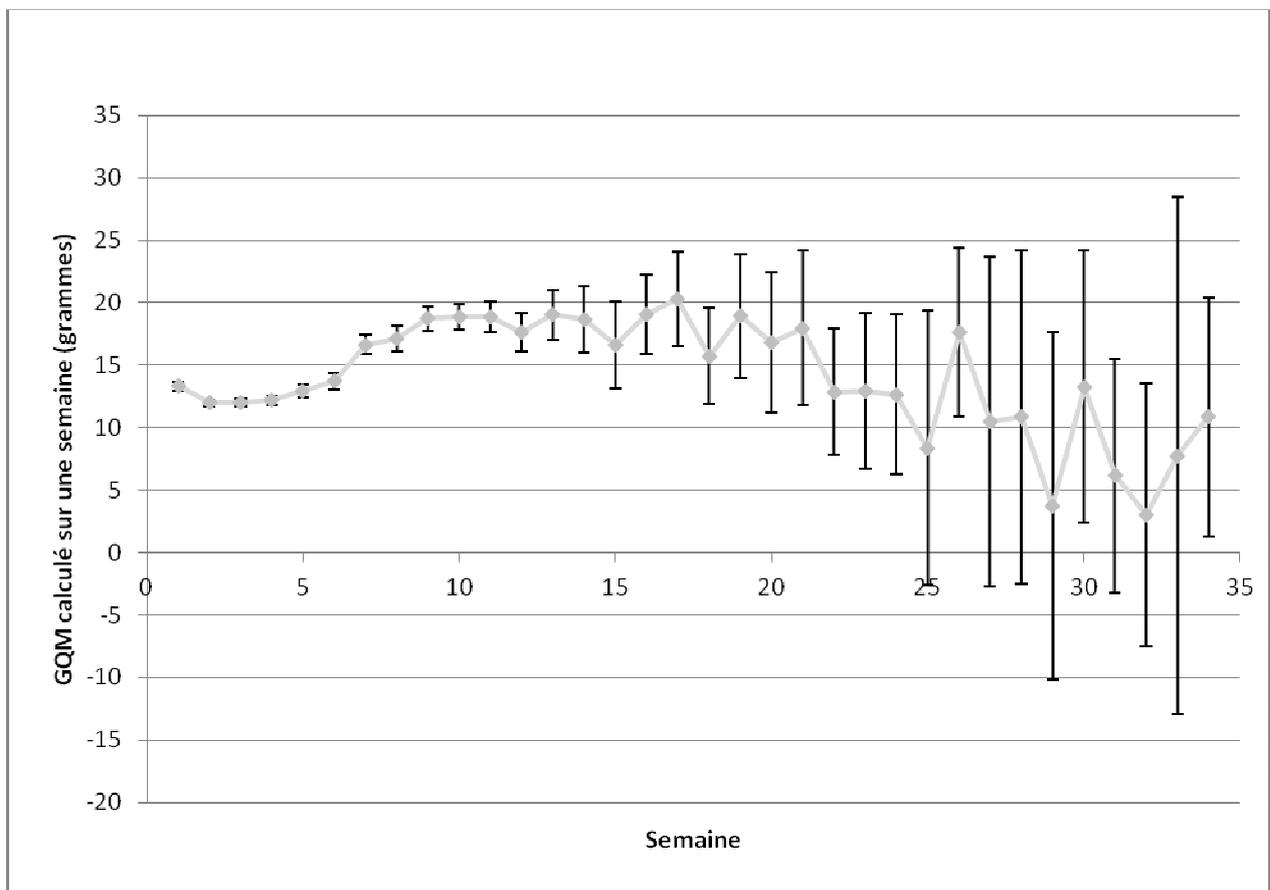
Le GQM correspond à la différence de poids d'un jour à l'autre :

$$G.Q.M = P_{t+1\text{jour}} - P_t$$

Lorsque la donnée n'était pas disponible, une moyenne a été effectuée sur l'écart de jours entre deux pesées.

Il est calculé sur une période d'une semaine dans le graphique suivant (Figure 21).

Figure 21 : GQM au cours de la croissance des chatons en "bonne santé"



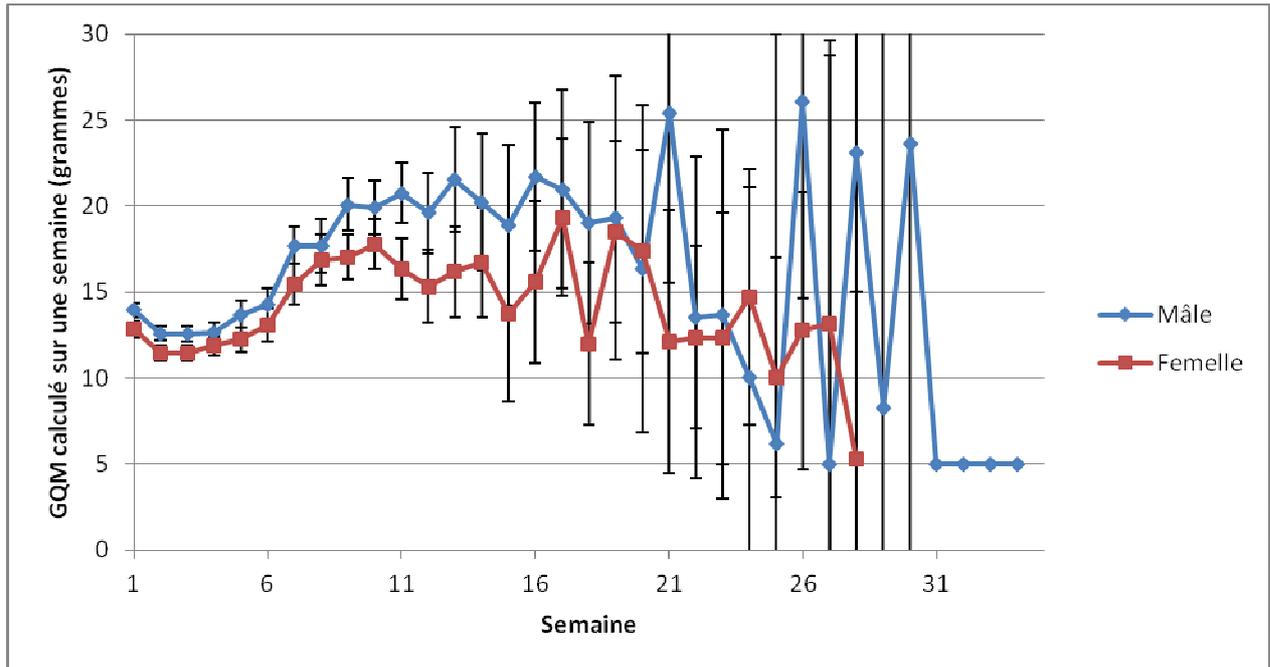
On remarque que le GQM est compris entre 10 et 15 grammes jusqu'à la 6^{ème} semaine avec un plateau de la 2^{ème} à la 5^{ème} semaine de vie à 12 grammes. Puis à partir de la 7^{ème} semaine, il augmente pour arriver à un nouveau plateau, compris entre 15 et 20 grammes.

A partir de la 15^{ème} semaine, les intervalles de confiance augmentent, il est alors difficile d'interpréter les variations du GQM au delà.

2. GOM en fonction du sexe du chaton

Le GQM des mâles est supérieur à celui des femelles. Après 15 semaines, les intervalles de confiance sont trop importants pour pouvoir interpréter le reste de la courbe (Figure 22).

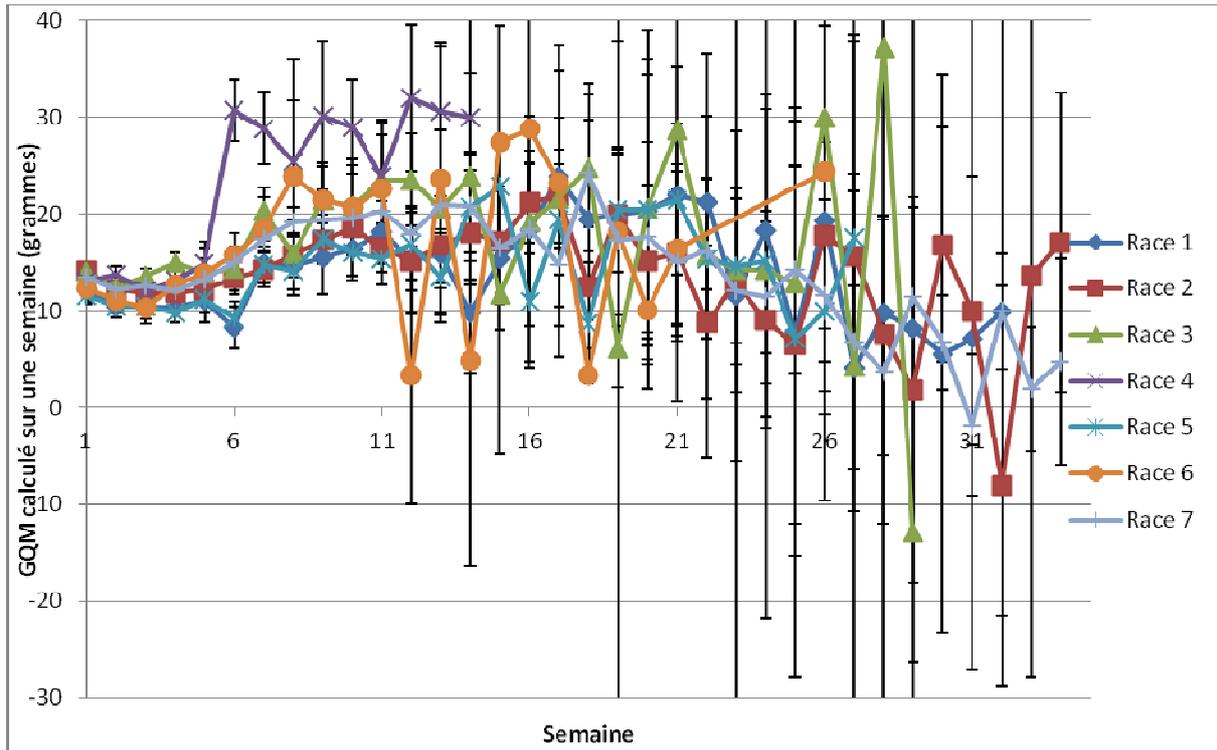
Figure 22 : GQM en fonction du sexe.



3. GOM en fonction de la race du chaton

Le GQM des races est globalement le même jusqu'à la 5^{ème} semaine de vie. À partir de la 5^{ème} semaine, la race 4 (Maine Coon) se distingue des autres avec un GQM supérieur (Figure 23). Mais dès la 15^{ème} semaine, les GQM sont à nouveau à peu près semblables.

Figure 23 : GQM en fonction de la race



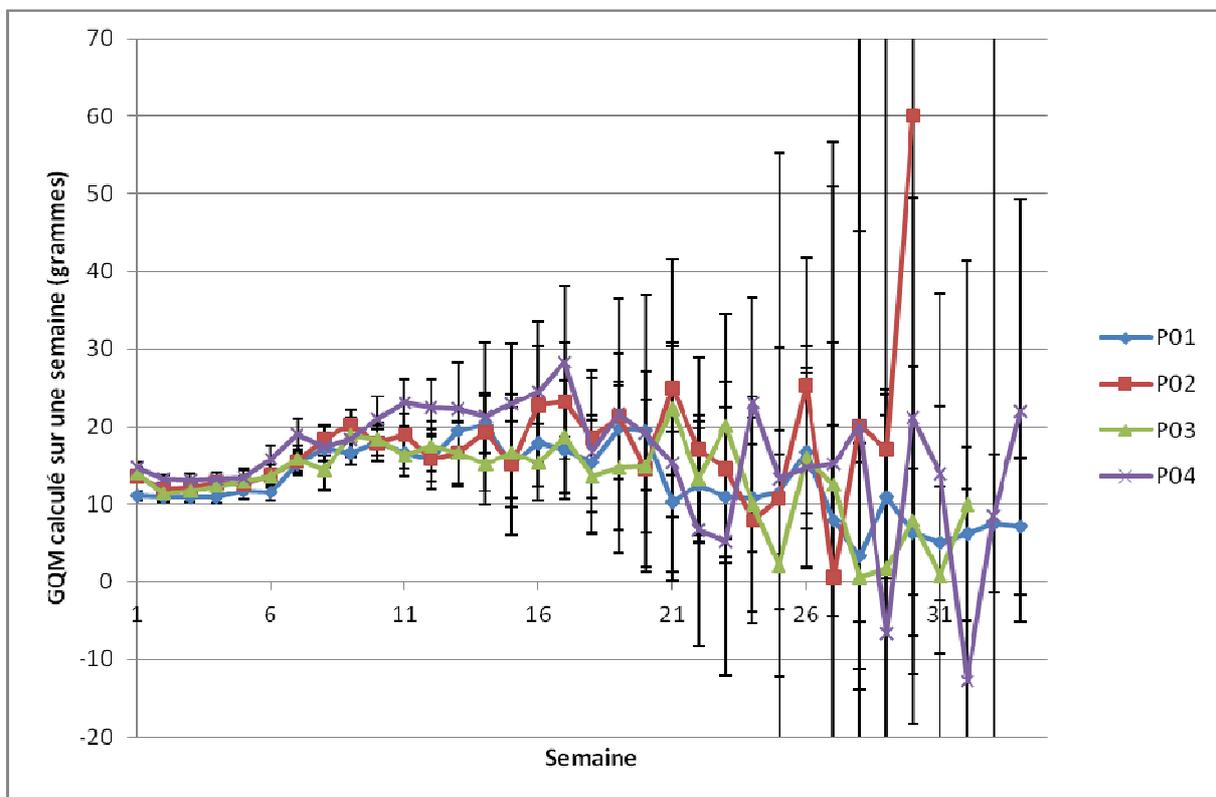
4. GOM en fonction du poids à la naissance

Les chatons les plus lourds à la naissance (P04) prennent plus de poids quotidiennement au cours des 7 premières semaines.

A partir de la 6^{ème} semaine de vie, les chatons les plus légers (P01) vont avoir un gain de poids quotidien qui va augmenter et qui va prendre approximativement les valeurs de chatons plus lourds (P02, P03) à la naissance.

Il est difficile d'interpréter les courbes au-delà de 10 semaines (*Figure 24*).

Figure 24 : GQM en fonction du poids à la naissance

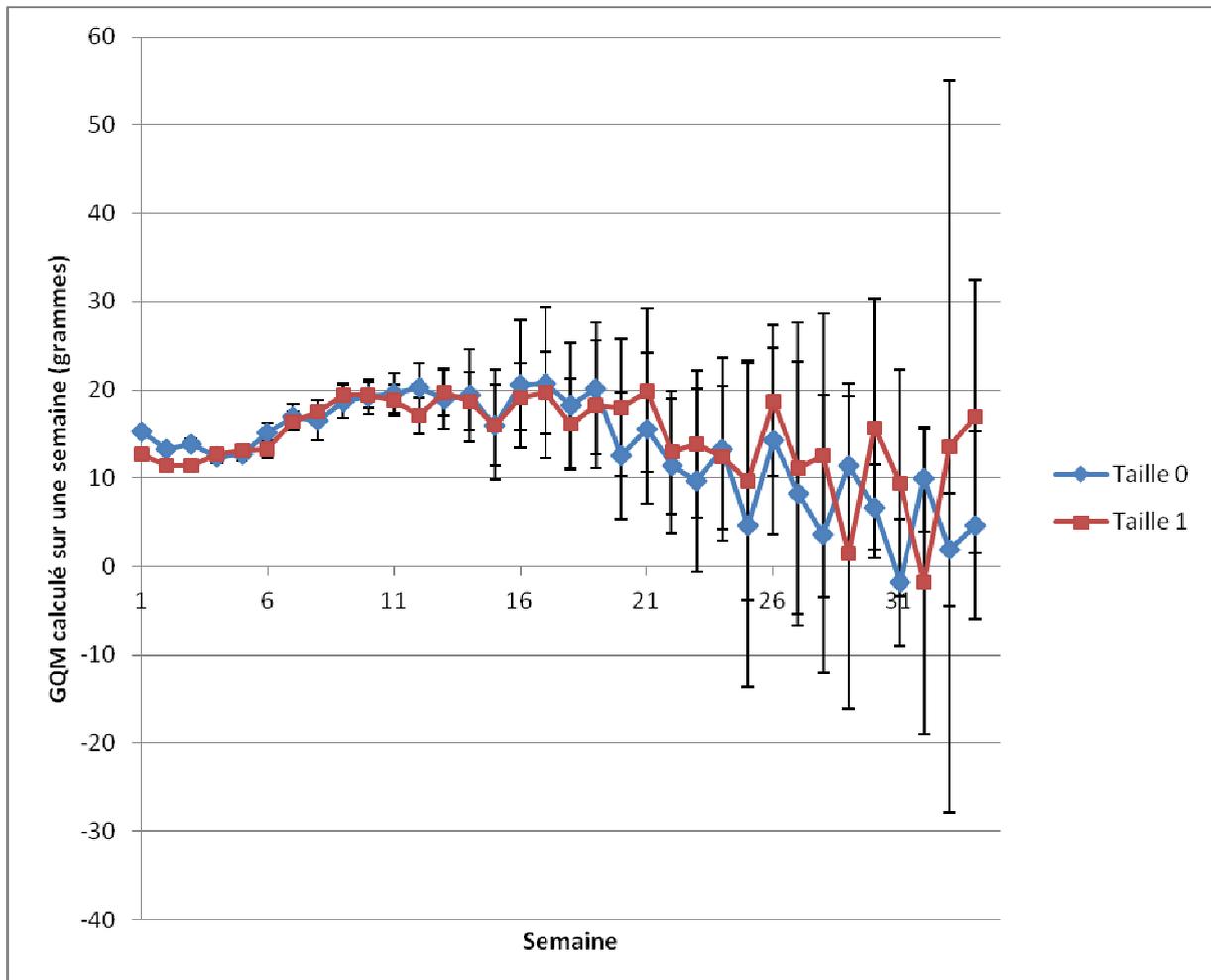


5. GOM en fonction de la taille de la portée

Les chatons issus de petites portées (1 à 4 chatons) ont un GQM légèrement supérieur au cours des 3 premières semaines de vie. À partir de la 4^{ème} semaine de vie, les GQM des deux groupes sont approximativement semblables (Figure 25).

Il est difficile d'interpréter le restant de la courbe au vu des intervalles de confiance.

Figure 25 : GQM en fonction de la taille de la portée



III. Discussion

A. Objectifs espérés, objectifs atteints

1. Concernant l'étude de la croissance pondérale du chaton

Dans un premier temps, différentes courbes de croissance ont été réalisées afin de visualiser la croissance pondérale du chaton en fonction de la race, du sexe, de la mise-bas, du nombre de mort-nés, si le chaton a été biberonné, de la saison, de la taille de la portée et du poids à la naissance.

Suite à cela, nous avons décidé de n'étudier que les expositions race du chaton, sexe du chaton, taille de la portée, si le chaton a été biberonné, et poids à la naissance. L'objectif de l'étude est d'étudier l'association entre ces expositions et la croissance pondérale du chaton en bonne santé (excepté pour l'exposition « poids à la naissance »). Une régression linéaire multiple a été effectuée.

Les résultats de notre étude ont été concluants. L'objectif a été pleinement rempli.

2. Concernant l'étude du poids à la naissance

L'étude a aussi permis une analyse du poids à la naissance en fonction de divers paramètres tels que la race du chaton, le sexe du chaton, la taille de la portée, le type de mise-bas et le nombre de mort-nés.

Nous avons par ailleurs étudié s'il existait une relation entre le poids à la naissance et l'état de santé du chaton, à savoir : les chatons ayant eu un problème de santé ou étant décédés au cours de leur croissance, avaient-ils un poids à la naissance inférieur aux chatons « en bonne santé » ?

Cette étude fut elle aussi concluante et fut l'occasion d'actualiser les données de la thèse d'Aurélie Stenkiste (45) qui travailla sur les paramètres de reproduction des Chats de race en France.

3. Concernant le gain de poids quotidien

Devant la disparité des recommandations concernant le gain de poids quotidien moyen cité dans la partie bibliographique, nous avons étudié le gain de poids quotidien moyen de notre échantillon et ses variations en fonction de la race, du sexe, du poids à la naissance et de la taille de la portée. Cette étude est une étude descriptive.

Elle permet de donner aux éleveurs le gain de poids des chatons en fonction de la race, du sexe et d'étudier ses variations en fonction de la taille de la portée et du poids à la naissance. C'est un indicateur utile dans le suivi de la croissance du chaton.

Dans cette même optique, il aurait été intéressant d'étudier le gain de poids hebdomadaire moyen des chatons de notre étude et de pouvoir décrire certains paramètres de reproduction.

L'étude du poids adulte n'a pas pu être effectuée en raison d'un trop grand nombre de données manquantes (la quasi-totalité des éleveurs ne fournirent pas cette donnée).

B. Qualité et validité des résultats

1. Le Questionnaire

i. Les points faibles du questionnaire

De nombreuses informations furent manquantes dans le questionnaire. Les principaux problèmes rencontrés furent :

- Pas de questionnaire ou un seul questionnaire fournit par l'éleveur alors que des relevés de poids de plusieurs portées nous avaient été donnés.
- Pas de relevé de poids joint au questionnaire.
- Des imprécisions concernant le jour de la naissance : date de naissance non précisée, imprécision concernant la notation « J1 » des éleveurs (est-ce le poids à la naissance ou le lendemain ?).
- La race des chatons n'était pas précisée : pas de question prévue à cet effet dans le questionnaire.
- Le poids à 1 an n'était pas donné dans la plupart des cas.
- Les coordonnées des éleveurs n'étaient pas demandées. Ceci posa un double problème : pas de contact possible des éleveurs et pas de localisation de l'élevage (éleveur localisé en France métropolitaine ?).
- Pas de questions prévues concernant l'alimentation, la fiabilité de la mesure de poids, le sevrage, la date du biberon...
- La présence d'erreurs de frappe des éleveurs sur les relevés de poids.
- Des problèmes de correspondance entre chatons (certains prénoms de chatons ont changé au cours de la croissance).
- Des problèmes de correspondances date et nième jour après la naissance (certains éleveurs ont décalé leurs mesures de poids au cours du temps) ou encore pas de date devant les mesures.
- Des mesures incohérentes.
- Des problèmes concernant le nombre total de chatons dans la portée : ce nombre comprend-il le nombre de mort-nés ?

- Des commentaires des éleveurs parfois illisibles.
- La structure/l'écriture des données Excel®/manuscrites des éleveurs était parfois difficile à comprendre.

Ces différents problèmes ont eu pour conséquence la création d'un 2^{ème} questionnaire (cité précédemment dans la partie « matériel et méthode »). Ce questionnaire a été envoyé aux éleveurs dont l'adresse e-mail ou les coordonnées téléphoniques étaient disponibles.

A l'issue des deux questionnaires, de nombreuses données furent encore manquantes car tous les éleveurs ne purent être contactés et tous ne répondirent pas. Par ailleurs, certaines portées étaient trop anciennes : les éleveurs ne se souvenaient pas de tous les détails les concernant.

ii. Les possibles améliorations du questionnaire

Les principales améliorations à apporter au questionnaire ont été insérées dans le 2^{ème} questionnaire : précision des coordonnées, de la date de naissance de la portée, de la race de la portée, la première mesure est-elle le jour de la naissance, précision de la mesure (marque de la balance, étalonnage, moment de la pesée), alimentation de la mère au cours de la gestation, au sevrage, alimentation artificielle, disposition des gamelles, date du sevrage.

Mais il aurait aussi été intéressant de noter le traumatisme de la mise-bas sur une échelle de 1 à 5 afin de mieux étudier l'effet de la mise-bas sur la croissance pondérale et de noter l'aliment de lactation de la mère.

iii. Conséquences

L'étude repose sur le volontariat des éleveurs et non sur un tirage au sort. En faisant l'hypothèse que certains éleveurs n'ont pas participé à l'étude car leurs résultats concernant la croissance pondérale n'étaient pas bons (en l'occurrence, une croissance pondérale moins importante), nous avons alors un biais d'échantillonnage qui conduit à sous estimer la vraie croissance pondérale. L'échantillon n'est alors pas représentatif de la population concernant la croissance pondérale.

Par ailleurs, il est impossible de savoir si les élevages sont en France métropolitaine (certains éleveurs étaient Suisse ou provenaient des DOM-TOM...).

La race est une donnée manquante pour de nombreux chatons (112 chatons). Ainsi, parfois, seuls deux à trois éleveurs représentent une race. Il est donc difficile de connaître la part de la race ou des conditions d'élevage dans l'association entre une race et la croissance pondérale.

D'autres données sont également manquantes. Il n'est pas possible de savoir si ces données sont manquantes car volontairement non fournies par l'éleveur (mauvais résultats) ou si ce sont des oublis de la part de l'éleveur.

La précision de la mesure du poids n'est pas connue.

Les associations étudiées sont ajustées sur la race, le sexe, le poids à la naissance, la taille de la portée et le biberon. Les relations étudiées s'approchent donc de relations causales si l'on fait l'hypothèse qu'il n'y a pas d'autres facteurs de confusions majeurs. On peut donc dire que dans notre étude, la race Maine Coon a plus de chance d'avoir une bonne croissance pondérale que la race de référence British Shorthair. Cependant, les conditions d'élevage ne sont pas connues (alimentation de la mère, du jeune, sevrage...). Ainsi, si ces conditions d'élevage sont en même temps associées aux expositions étudiées (sexe, race, biberon, ...) et à la croissance pondérale, cela peut conduire à des biais de confusion dans l'estimation de la relation causale entre les expositions étudiées et la croissance pondérale.

On peut craindre des erreurs dans le nombre de chatons dans la portée par exemple, selon si l'éleveur a inclus les mort-nés ou pas : il y a donc un risque de biais de classement non différentiel dans l'association entre la taille de la portée et la croissance pondérale, conduisant à une sous estimation de l'association entre la taille de la portée et la croissance pondérale.

Les relevés de poids manuscrits peuvent être une source d'erreur : mauvaise lecture des chiffres, décalage dans le relevé de poids, erreur de frappe... Des erreurs peuvent être présentes dans les relevés de poids informatisés (erreur de correspondance date-jour, erreur de frappe...).

Le poids du chat adulte n'a pas pu être étudié car le poids adulte des chats n'a pas été donné par les éleveurs dans la plupart des cas.

2. Codage des variables

Les points faibles

Le codage des variables a été effectué dans un premier temps sur un fichier Excel® pour ensuite être recodé pour pouvoir être utilisé par le logiciel SAS®. Ceci fut une perte de temps dans le codage des variables.

L'information par portée n'étant pas présente, les données se rapportant aux portées n'ont donc pas pu être décrites (taille moyenne de la portée, nombre de reproducteurs dans l'élevage, nombre de mort-nés dans la portée...).

3. Etude du poids à la naissance

i. Les points faibles

L'étude du poids à la naissance ne fait pas intervenir la non indépendance des individus (plusieurs chats par élevage). Une étude statistique analytique a été effectuée chez les chatons dits « en bonne santé ». Il est impossible de savoir si les chatons compris dans l'étude n'ont pas eu de problème de santé. Seuls les chatons notés décédés et ayant eu un problème ont été retirés. Les chatons dont la donnée « problème » ou « décès » n'est pas donnée ont été inclus dans l'étude. Le but est de s'approcher au mieux des paramètres du chaton sain.

Dans l'étude du poids à la naissance, on ne peut pas négliger l'effet élevage, à savoir les soins procurés à la mère au cours de la gestation (alimentation, environnement, état de santé de la mère...) Les conditions d'élevage peuvent être source de biais de confusion à ne pas négliger dans l'interprétation des résultats du poids à la naissance.

L'étude du poids à la naissance en fonction de la taille de la portée est possiblement biaisée par du biais de classement (on ne sait pas si les chatons mort-nés sont inclus dans le nombre de chaton dans la portée).

Les données manquantes ont pour conséquence des effectifs de chatons faibles dans l'étude de certains paramètres diminuant par conséquent la puissance statistique de l'étude.

Concernant l'étude du poids à la naissance des chatons ayant eu un problème, il aurait fallu se limiter aux chatons ayant eu un problème dans les semaines qui suivent la naissance pour que cette étude soit plus intéressante. Cela aurait permis de voir si les chatons malades et décédés dans les semaines suivant la mise-bas avaient d'ores et déjà un faible poids à la naissance.

ii. Les points forts

Une étude statistique analytique a pu être effectuée sur plusieurs paramètres (race, sexe, taille de la portée, mise-bas, nombre de mort-nés).

Les données concernant des chatons sains ont été approchées au mieux.

4. Etude de la croissance pondérale

i. Les points faibles

- De nombreuses données sont manquantes. Or, le modèle de croissance n'utilise que les données totales non manquantes. Ceci diminue donc la taille de l'effectif étudié.
- Les conditions d'élevages ne sont pas étudiées et sont une source potentielle de biais de confusion pour l'interprétation de l'association causale de certaines expositions.
- Il existe un possible biais de classement dans l'interprétation de l'effet de la taille de la portée.

ii. Les points forts

Cette étude présente de nombreuses qualités :

- L'échantillon d'étude est important (N=370 chatons). La croissance est étudiée jusqu'à 199 jours.
- On a essayé d'approcher au mieux la croissance du chaton sain en excluant de l'étude les chatons ayant eu un problème et décédés au cours de la croissance.
- Une étude statistique analytique a été menée en effectuant une régression linéaire multivariée.
- Plusieurs ruptures de pente ont été testées, les valeurs des écarts de pente étant faibles, un modèle sans rupture de pente a été utilisé. Par ailleurs, la prise en compte de plusieurs ruptures de pente aurait complexifié l'analyse et aurait rendu par conséquent plus difficile l'interprétation des résultats.
- L'utilisation de modélisation linéaire mixte a permis la prise en compte de la non indépendance entre les mesures de poids.

5. Le gain de poids quotidien moyen

i. Les points faibles

Seule une analyse descriptive a été effectuée et seules les premières semaines de vie sont étudiées, les intervalles de confiance devenant trop important par la suite.

ii. Les points forts

Ces données sont présentes à titre indicatif afin de pouvoir donner aux éleveurs une échelle de grandeur.

C. Comparaison avec la littérature

1. Le poids à la naissance

Le poids à la naissance des chatons de notre étude est de 98,7 grammes (45-150 grammes), ce qui coïncide avec l'étude de *Stenkiste* (45) (98 grammes) et de *Musters et al.* (33) (98 grammes +/- 18 g) mais est supérieur à celui de *Sparkes et al* (44) (93,5 grammes).

Les moyennes des poids à la naissance en fonction des races sont significativement différentes dans notre étude. Comme on peut l'attendre, le Maine Coon est la race la plus lourde à la naissance (122 g). Le Sphynx et le Sacré de Birmanie sont les races les plus légères dans notre échantillon, ce qui est étonnant concernant le Sacré de Birmanie, qui fait parti des grands chats. *Stenkiste* (45) trouve que la race possède une influence sur le poids à la naissance : le Chartreux est une race où les chatons sont plus légers et le Persan, une race avec des chatons lourds. Les résultats sur les autres races ne sont pas significatifs dans son étude. *Sparkes et al.*, (44) trouvent aussi que le poids à la naissance varie entre les races. Les Maine Coon, British Shorthair et Birmans se distinguent des autres races par leur poids à la naissance plus important (comparé à la race Burmese). De la même manière, *Musters et al.* (33) trouvent que les chatons Maine Coon sont les plus lourds (111 g) dans son étude, les autres races n'étant pas significativement différentes. *Dubos* (14) quant à elle trouve un poids de naissance de 112 grammes pour le Maine Coon mâle et de 115 grammes pour le Maine Coon femelle.

Le poids moyen à la naissance des mâles est significativement supérieur à celui des femelles (103,3 grammes contre 95,3 grammes). Nos valeurs sont comparables à celles de *Douglass et al.*(race Shorthair), *Rosenstein et Berman* (42), *Forissier* (17) et *Musters et al.* (33) chez qui le poids des mâles à la naissance varie de 101 à 106 grammes et celui des femelles de 95 à 99 grammes. Elles sont par contre supérieures à celles de *Dubos* (14) (chatons Siamois et Orientaux) et inférieures à celle *Dickinson et Scott* (10). Selon les études, ces différences de poids entre sexe sont significatives ou non.

Le poids à la naissance est significativement différent selon la taille de la portée : globalement, le poids à la naissance diminue avec le nombre de chatons dans la portée. Mais il faut rappeler qu'il y a un possible biais de classement au sein de la variable « taille de la portée » et certains groupes ont des effectifs inférieurs à 7 chatons. *Stenkiste* ne trouve pas de relation dans son étude. *Sparkes et al.* (44) et *Musters et al.* (33) trouvent que le poids à la naissance diminue chez les grandes portées. *Festing et Bledy* (16) ne trouvent pas de différences significatives entre les différentes tailles de portées.

Le type de mise-bas ne semble pas interférer dans les variations du poids à la naissance. L'interprétation du résultat est délicate : seuls deux éleveurs ont eu à pratiquer la césarienne et seuls neuf chatons sont concernés. *Sparkes et al.* (44) ont montré que le poids à la naissance augmente avec la durée de gestation.

On note une relation significative entre le poids à la naissance et le nombre de mort-nés. Cette variable est, elle aussi influencée par les conditions d'élevage : seul un éleveur est présent dans le groupe « mort-nés = 3 » et ce groupe ne contient que 6 chatons.

Par ailleurs, on a pu remarquer que les chatons décédés ou qui ont eu un problème au cours de leur croissance avaient un poids à la naissance inférieur aux chatons sans problèmes (94,7 grammes contre 99,9 grammes). Cette différence est significative mais il aurait été plus intéressant de n'étudier que les chatons ayant eu un problème de santé dans les 2 semaines suivant la naissance.

2. La croissance pondérale

Concernant l'étude de la croissance pondérale, les mêmes critiques peuvent être formulées sur le fait que les conditions d'élevages sont une source potentielle de biais de confusion non négligeable dans l'interprétation de l'association causale entre la croissance pondérale et certaines expositions et qu'il existe un potentiel biais de classement dans l'association avec variable « taille de la portée ».

L'analyse statistique permet de conclure que la croissance pondérale au sein des différents groupes de race est significativement différente par rapport à la race de référence (British Shorthair) : la race Maine Coon est la race ayant la croissance la plus importante puis viennent les races Sacré de Birmanie et Chartreux comme autres races « lourdes ». L'étude de la croissance pondérale en fonction de la race de *Dubos* (14) n'a pas été concluante du fait d'un manque de données et d'effectifs limités.

Comme ce qui a été visualisé sur les courbes de poids, les mâles ont une croissance plus importante que les femelles de 2,7 grammes/j. La croissance des femelles semble se stopper aux alentours de la 30^{ème} semaine. Selon *Douglass et al.* (12) et *Rosenstein et Berman* (42), les mâles deviennent plus lourds que les femelles à partir de la 10^{ème} semaine. Dans l'étude de *Douglass et al.*, la croissance des mâles et des femelles semble linéaire jusqu'à la 37^{ème} semaine pour les mâles (28^{ème} semaine pour les femelles) puis la croissance ralentie jusqu'à se stopper (aux alentours de la 36^{ème} semaine pour les femelles). Dans l'étude de *Dickinson et Scott* (10), c'est seulement à partir de la 12^{ème} semaine que les mâles prennent du poids plus rapidement que les femelles.

Les grandes portées (≥ 5 chatons) ont une croissance globalement plus importante que les petites portées (0,9 gramme/j). *Festing et Bledy* (16) ont montré que la taille de la portée avait peu d'effet sur le poids à 42 jours. Il aurait été intéressant d'effectuer une rupture de pente pour l'étude de cette exposition : en effet, on remarque que jusqu'à 15 semaines, la courbe des grandes portées est sous celle des petites portées et que ce phénomène s'inverse passé 18 semaines. Le gain de poids des grandes portées est inférieur à celui des petites portées au cours des 3 premières semaines, ceci explique la croissance plus importante des petites portées. Par ailleurs, nous avons montré que le poids à la naissance diminuait avec la taille de la portée. Ainsi, les chatons issus des petites portées ont tendance à avoir un poids à la naissance supérieur aux grandes portées et une croissance plus importante au cours des premières semaines. Il semble y avoir par la suite un rattrapage de ce retard de croissance. *Dubos* (14) observe un nivellement des différences de poids au cours de la lactation de sorte

qu'au sevrage (deux mois), le poids des chatons est relativement homogène : tous les chatons sont « calibrés » quelle que soit la taille de la portée dont ils sont issus.

Les portées biberonnées croient moins rapidement que les portées non biberonnées (1,5 grammes/j). Dans les pratiques d'élevage, les éleveurs biberonnent les chatons ayant perdu du poids. Ceci explique donc cette croissance moindre des chatons biberonnés.

Le poids à la naissance du chaton a été pris en compte comme facteur de confusion dans le modèle de régression mais la valeur des coefficients n'a pas été interprétée. Peut-être aurait-il fallu étudier son influence uniquement sur les premières semaines de vie et non sur toute notre période de croissance (199 jours) ou encore étudier son effet avec une rupture de pente (la variable a peut-être une évolution non linéaire). *Wilsman et Van Sickle* (46) ont constaté que les chiots qui continuaient à perdre du poids étaient significativement plus légers à la naissance et tendaient à être dans certaines portées. Selon *Dubos* (14), le poids à la naissance influe sur la croissance jusqu'à 4 semaines et son effet se fait encore légèrement ressentir jusqu'à 2 mois.

L'étude du type de mise-bas (naturelle versus césarienne) n'a pas été effectuée : seuls 2 éleveurs ont pratiqué la césarienne. Les conditions d'élevage auraient trop influencé nos résultats. *Dubos* (14) constate que la prise de poids des premiers jours semble inversement proportionnelle au traumatisme subit à la naissance. Les circonstances de la mise bas semblent être à prendre en considération selon elle.

3. Le gain de poids quotidien moyen

Le gain de poids quotidien de l'échantillon est d'environ 12 grammes au cours des 6 premières semaines. Nos valeurs sont en accord avec ce que préconise *Kirk* (27) et *Hoskins* (24). À partir de la 7^{ème} semaine, il augmente pour ensuite fluctuer entre 15 et 20 grammes. On peut expliquer cette augmentation brutale du gain de poids par le passage à l'alimentation solide (sevrage total vers 7 semaines). Passé 15 semaines l'interprétation de la courbe est trop délicate, les intervalles de confiance deviennent trop importants.

On a pu remarquer que le gain de poids quotidien des mâles était supérieur à celui des femelles, qu'il était relativement semblable au sein des différentes races étudiées jusqu'à 5 semaines et que les chatons les plus lourds à la naissance semblent prendre plus de poids au cours des 7 premières semaines. Le gain de poids des chatons les plus légers va augmenter à partir de la 6^{ème} semaine de vie comme si ces chatons « rattrapaient » le retard de croissance qu'ils avaient.

Par ailleurs, le gain de poids des chatons issus des petites portées semble supérieur au cours des 3 premières semaines de vie puis est environ semblable à celui des grandes portées à partir de la 4^{ème} semaine de vie.

CONCLUSION

L'étude de l'association entre les expositions race, sexe, taille de la portée, chaton biberonné (tout en prenant en compte le poids à la naissance) et la croissance pondérale du chaton a porté sur un échantillon d'étude de 370 chatons et jusqu'à 199 jours après leur naissance. La croissance du chaton sain a été approchée au mieux en retirant de l'étude les chatons ayant eu un problème ou étant décédés au cours de leur croissance. Cette étude statistique a été menée en effectuant une régression linéaire multivariée sans rupture de pente. L'utilisation de modélisation linéaire mixte a permis la prise en compte de la non indépendance entre les mesures. Nos résultats montrent que les femelles croissent en moyenne moins rapidement que les mâles, que les grandes portées (≥ 5 chatons) ont une croissance en moyenne supérieure aux petites portées et que les portées ayant été biberonnées croissent en moyenne moins rapidement que les portées non biberonnées. Les races Maine Coon, Chartreux et Sacré de Birmanie sont les races ayant une croissance plus rapide à la race de référence de l'étude (British Shorthair).

Une étude statistique analytique du poids à la naissance des chatons « en bonne santé » a aussi pu être réalisée sur plusieurs paramètres. Les résultats montrent qu'il existe une différence significative entre les poids moyen à la naissance selon le sexe du chaton, selon la race, selon la taille de la portée et selon le nombre de mort-nés.

Il serait intéressant de poursuivre cette étude en modifiant le questionnaire de telle sorte que les conditions d'élevage soient étudiées (en particulier l'alimentation de la mère et du chaton), que la précision de la mesure soit connue et que le nombre de données manquantes concernant certaines expositions soit diminué.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANCELLE T. Statistique Epidémiologique. 2^{ème} Ed, Maloine, 2006, 119-120.
- [2] BERMAN E. Growth Patterns, Fetal and Neonatal. *In Current Therapy in Theriogenology. Diagnosis, treatment and prevention of reproductive diseases in animals.* Morrow DA Saunders WD., 1980, 850-853.
- [3] CASE LP. CAREY DP. DARISTOLE L. HIRAKAWA DA. Canine and Feline nutrition, a resource for companion Animal Professionals. Second Edition, Mosby, 2000, 233-254.
- [4] CHAPPUIS-GAGNON AC. Comportement du chat : biologie et clinique. Editions du Point vétérinaire, 2003, 290 p.
- [5] CHRISTIANSEN IJ. Parturition and Newborn Kittens. *In Reproduction in the dog and cat.* 1984, 282-289.
- [6] DESQUILBET L. *Initiation à SAS® PC.* Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Département des Productions Animales et de Santé Publique, 2010-2011, 96 p .
- [7] DESQUILBET L. *Modèles de régression multivariés en épidémiologie analytique – application à la régression logistique* - Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Département des Productions Animales et de Santé Publique, 2010-2011, 61 p.
- [8] DESQUILBET L. *Procédure d'analyses statistiques univariées et bivariées.* Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Département des Productions Animales et de Santé Publique, 97-190 p.
- [9] DESQUILBET L. *Tests statistiques.* Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort Département des Productions Animales et de Santé Publique, 2010-2011, 39 p.
- [10] DICKINSON CD., SCOTT P. Nutrition of the cat. 1/ A practical stock diet supporting growth and reproduction. *British Journal of Nutrition*, 1956, **10**, 304-316.
- [11] DICKINSON CD., SCOTT P. Nutrition of the cat. 2/ Protein requirements for growth of weanling kittens and young cats maintained on a mixed diet. *British Journal of Nutrition*, 1956, **10**, 304-316.
- [12] DOUGLASS GM., KANE E., HOLMES EJ. A profile of male and female cat growth. *Companion animal practice*, 1988, **2**, 11, 9-12.
- [13] DOUGLASS K. MACINTIRE DK. Pediatric intensive care. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999, 29 (4) : 971-988.

- [14] DUBOS V., Croissance et développement du chaton. Approche de la croissance pondérale par l'étude de la courbe de poids. Thèse de Méd Vét, Nantes, 1997, n°11.
- [15] ENGLAND G. HARVEY M. SIMPSON G. Manual of Small Animal Reproduction and Neonatology. *British Small Animal veterinary association*, 1998, 153-157.
- [16] FESTING MW., BLEDDY J. Breeding performance and growth of SPF (specific pathogen free) cats (*Felis catus*). *J. Small Anim. Pract*, 1970, **11**, 533-542.
- [17] FORISSIER P. L'élevage du chat de laboratoire en zone protégée. *In* : Le chat animal de laboratoire. Sa place dans la recherche biomédicale. Journée d'étude IFFA-Credo, Avril 1982, 81-98.
- [18] GELENS HC. HANS C. SHERRI L. Failure to grow. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999, 29 (4) : 989-1001.
- [19] GRECO DS. BLANCHARD G. PARAGON BM. "Le Chaton : de la naissance au sevrage" Société Française de Félinotechnie. Séminaire du 21 Mars 2009.
- [20] GRUNDY SA. Clinically Relevant Physiology of the Neonate. *Vet Clin Small Anim*, 2006, 36, 443-459.
- [21] HAND MS., THATCHER CD., REMILLARD RL., ROUDEBUSH P., Nutrition Clinique des Animaux de Compagnie. 4^{ème} édition. Mark Moris Associates, 2000, 311-365, 1052-1085
- [22] HENDRIKS WH. WAMBERG S. Milk Intake of Suckling Kittens Remains Relatively Constant from One to Four Weeks of Age. Nutrient Requirements. *The Journal of Nutrition*, 2000, 130, 77-82.
- [23] HOSKINS JD. Fading Puppy and Kitten Syndromes. *Feline Practice*, 1993, 21 (5), 19-20.
- [24] HOSKINS JD. Pediatrics : Puppies and Kittens. Pediatric health care and management. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1999, 29 (4) : 837-844.
- [25] HOSKINS JD. The physical Examination and Diagnostic Imaging Techniques. *In* Veterinary pediatrics, Dogs and Cats from birth to six months. Second edition, WB. Saunders, 2.
- [26] KEALY R.D. Feline nutrition. *In* Current therapy in theriogenology. Ed Saunders. 1980, 853-860.
- [27] KIRK CA. New concepts in pediatric nutrition. Clinical theriogenology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2001, 31 (2), 369-391.

- [28] KRETZ-COUSSEMANT C. Mortinatalité et Avortement : de l'avortement à la mort subite In : Actualité sur le chaton et son élevage. Société Française de Félinotechnie. Séminaire du 23 Mars 2002.
- [29] LAWLER DF. BEBIAK DM. Nutrition and management of reproduction in the cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1986, 16, 495-519.
- [30] LAWLER DF. Neonatal and pediatric care of the puppy and kitten. *Theriogenology*, 2008, 70, 384-392.
- [31] LOVERIDGE GG. Factors affecting kitten growth. In : Nutrition, Malnutrition and Dietetics in the dog and cat. Proceedings of an international symposium held. Hanover, 3-6 September 1987.
- [32] MOON PF. MASSAT BJ. PASCOE PJ. Neonatal Critical Care. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2001, 31 (2), 343-365.
- [33] MUSTERS J., DE GIER J., KOOISTRA H.S., OKKENS A.C. Questionnaire-based survey of parturition in the Queen. *Theriogenology*, 2011, 75, 9, 1596-1601.
- [34] NOAKES DE. PARKINSON TJ. ENGLAND GCW. Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics. Eight Edition, Saunders Elsevier, 2001, 198-202.
- [35] PARAGON B.M. Allaitement et sevrage du Chaton : faire et ne pas faire ! In : Actualité sur le chaton et son élevage. Société Française de Félinotechnie. Séminaire du 23 Mars 2002.
- [36] PARAGON BM. MALANDAIN E. KRETZ C. Guide pratique de l'élevage félin. Royal Canin, 2000, 296 p.
- [37] PARAGON BM. VAISSAIRE JP. Encyclopédie du chat Royal Canin. Aniwa Publishing, 2001, 128 p.
- [38] PETERSON ME. KUTZLER MA. Small Animal Pediatrics. The first 12 months of life. Saunders Elsevier, 2011, 1-43.
- [39] PRESCOTT CW. Reproduction patterns in the domestic cat. *Australian Veterinary Journal*, 1973, 49, 126-129.
- [40] ROOT KUSTRITZ MV. Small Animal theriogenology. Butterworth-Heinemann, 2003, 651 p.
- [41] ROOT MV. JOHNSTON SD. OLSON PN. Estrous Length, Pregnancy Rate, Gestation and Parturition Lengths, Litter Size, and Juvenile Mortality in the Domestic Cat. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 1995, 31, 429-433.
- [42] ROSENSTEIN L., BERMAN E. Postnatal body weight changes of domestic cats maintained in an outdoor colony. *Am. Journ. Vet. Res*, 1973, **34**, (4), 575-577.

[43] SCOTT PS. The Cat. *In* : the U.F.A.W. handbook on the care and management of laboratory animals U.F.A.W. Fifth edition, Ed Churchill livingstone, 1976, 3330-356.

[44] SPARKES AH., ROGERS K., HENLEY WE., GUNN-MOORE DA., MAY JM. et al. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2006, 8, 145-157.

[45] STENKISTE A. Contribution à l'étude des conditions de mise-bas et de la mortalité des chatons chez le chat de race en France. Thèse Méd Vét., Alfort, 2009, n°67.

[46] WILSMAN NJ. VAN SICKLE DC. Weight Change Patterns as a Basis for Predicting Survival of Newborn Pointer Pups. *J Am Vet Med Assoc*, 1973, 163, 971-975.



ETUDE SUR LA CROISSANCE DES CHATONS

Madame, Monsieur,

L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES) de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (Paris France) poursuit l'étude débutée il y a un an sur les performances de reproduction des chats de races et en réalise une seconde sur la **croissance des chatons de races** dans les élevages européens.

Notre travail a pour objectif d'établir une base de données anonyme où les résultats compilés seront accessibles à tous. Ce travail de collaboration entre vous et l'UMES permettra notamment des moyennes en fonction des races de chats, de la viabilité des chatons, du sexe des individus...

Le sérieux de l'étude reposant sur le nombre de réponses analysées, nous comptons sur votre participation et vous prions de bien vouloir nous **renvoyer les valeurs de l'ensemble des pesées** que vous avez effectuées sur vos chatons (depuis leur naissance jusqu'au moment où vous avez décidé d'arrêter les mesures) **ainsi que le questionnaire ci-joint** et nous les retourner par mail

agrellet@vet-alfort.fr ou à l'adresse suivante :

Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport
Dr Aurélien GRELLET
7 avenue du Général de Gaulle
94700 Maisons-Alfort

Les résultats obtenus resteront anonymes : aucun nom d'éleveur, de propriétaire ou de chat ne sera associé aux résultats qui seront donc publiés de manière totalement anonyme.

En vous remerciant par avance de l'aide que vous pourrez nous apporter, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Dr Aurélien GRELLET

[Feuille à envoyer avec les pesées que vous avez effectuées sur vos chatons (depuis leur naissance jusqu'au moment où vous avez décidé d'arrêter les mesures)]

Nombre de reproducteurs dans l'élevage :

Mâles :

Femelles :

Nombre de total de chatons dans la portée :

Nombre de chatons mort-nés :

Type de mise bas : (cocher la bonne réponse)

-Naturelle

-Césarienne

Identification des chatons et sexe :

Nom chaton 1 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 2 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 3 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 4 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 5 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 6 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 7 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :
Nom chaton 8 :	Sexe :	Poids à l'âge de 6 mois* :

** ou le poids du chaton à l'âge adulte quelque soit l'âge (dans ce cas préciser l'âge)*

Avez-vous biberonné un ou plusieurs chatons ?

Oui Non

Si oui le ou lesquels :

Les chatons ont-ils présenté des problèmes ?

Oui Non

Si oui quel(s) problème(s) :

Et sur quel(s) chaton(s) :

Autres remarques :

Annexe 2 : Courrier envoyé aux éleveurs ayant participé à l'étude sur les performances de reproduction du chat.



NOTE D'INFORMATION A DESTINATION DES ELEVEURS DE CHATS

Madame, Monsieur,

L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES) de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort poursuit l'étude débutée il y a un an sur les **performances de reproduction des chats de races** et en réalise une seconde sur la **croissance des chatons de races** dans les élevages français.

Notre travail a pour objectif d'établir des bases de données françaises anonymes où les résultats compilés seront accessibles à tous.

Ce travail de collaboration entre vous et l'UMES permettra notamment des moyennes françaises en fonction des races de chat concernant des paramètres sur la gestation, la mise bas, la viabilité des chatons, le sexe des individus, ...

Le sérieux de l'étude reposant sur le nombre de réponses analysées, nous comptons sur votre participation et vous prions de bien vouloir remplir les questionnaires ci-joints et nous les retourner à l'adresse suivante :

**Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport
Dr Aurélien GRELLET
7 avenue du Général de Gaulle
94700 Maisons-Alfort**

Si vous souhaitez également nous donner des informations sur vos portées précédentes, ces questionnaires sont disponibles en téléchargement sur le site de l'UMES (<http://www.umes-enva.com>). Vous pouvez également en faire la demande à l'adresse agrellet@vet-alfort.fr.

Les résultats obtenus resteront anonymes : aucun nom d'éleveur, de propriétaire ou de chat ne leur sera associé.

En vous remerciant par avance de l'aide que vous pourrez nous apporter, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Annexe 3 : Annonce sur le site internet.

ETUDE SUR LA CROISSANCE DES CHATONS

Madame, Monsieur,

L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES) de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort réalise une étude sur la croissance des chatons de races dans les élevages français.

Notre travail a pour objectif d'établir une base de données anonyme où les résultats compilés seront accessibles à tous. Ce travail de collaboration entre vous et l'UMES permettra notamment des moyennes françaises en fonction des races de chats, de la viabilité des chatons, du sexe des individus...

Le sérieux de l'étude reposant sur le nombre de réponses analysées, nous comptons sur votre participation et vous prions de bien vouloir nous renvoyer les valeurs de l'ensemble des pesées associées au questionnaire ci-joint et nous les retourner par mail agrellet@vet-alfort.fr ou à l'adresse suivante :

Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport
Dr Aurélien GRELLET
7 avenue du Général de Gaulle
94700 Maisons-Alfort

Les résultats obtenus resteront anonymes : aucun nom d'éleveur, de propriétaire ou de chat ne sera associé aux résultats qui seront donc publiés de manière totalement anonyme.

En vous remerciant par avance de l'aide que vous pourrez nous apporter, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Dr Aurélien GRELLET

Annexe 4 : Deuxième questionnaire envoyé aux éleveurs par mail

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de ma thèse encadrée par l'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES) de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort je poursuis l'étude sur la **croissance des chatons de race** dans les élevages français à laquelle vous avez participé.

Nous tenons à vous remercier d'avoir répondu au questionnaire. Sans votre participation, l'étude n'aurait pu voir le jour. Nous comptons de nouveau sur vous pour quelques renseignements supplémentaires se trouvant dans le **questionnaire ci-joint** afin que cette étude puisse se poursuivre.

Les résultats obtenus resteront **anonymes** : aucun nom d'éleveur, de propriétaire ou de chat ne sera associé aux résultats qui seront publiés de manière anonyme.

Vous pouvez nous retourner le questionnaire :

- **Par mail** : agrellet@vet-alfort.fr ou annesophie.gast@gmail.com
- **Par téléphone** au 06 81 90 08 26

En vous remerciant par avance de l'aide que vous pourrez nous apporter, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Anne-Sophie GAST (Etudiante Vétérinaire à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort)

Questionnaire UMES : étude sur la croissance du chaton

Nom	
Adresse	
Téléphone	

Date de naissance de la portée	Race de la portée

Votre 1^{ère} mesure de poids fut-elle le jour de la naissance ? Oui Non
 Si non, quel jour ? _____

Avez-vous pesé les chatons au même moment de la journée ? Oui Non
 Si oui, à quel moment :

Matin Midi Après Midi Soir
 Avant tétée Après tétée Les 2 Autre : _____

Marque, modèle de la balance utilisée : _____

Précision de la balance ? 1 gramme près 5 grammes près 20 grammes près
 Autre : _____

Étalonnez-vous régulièrement la balance ? Oui Non

Aliment physiologique d'entretien de la mère pendant la gestation :	Nom, marque : _____
Aliment de gestation :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non A partir de quelle date ? _____ Nom, marque : _____ Mode de distribution : <input type="checkbox"/> à volonté <input type="checkbox"/> quantité restreinte Si quantité donnée : _____ g/jour/chatte Nombre de repas par jour : _____
Aliment sevrage :	Est-il l'aliment de gestation ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si non, nom, marque : _____ Mode de distribution : <input type="checkbox"/> à volonté <input type="checkbox"/> quantité restreinte Si quantité donnée : _____ g/jour/chatte Nombre de repas par jour : _____
Alimentation artificielle	Nom, marque : _____ Quelle quantité par jour ? _____

Les chatons ont-ils accès à l'alimentation de la mère ? Oui Non

Si oui, depuis quel âge ont-ils accès à la nourriture ? _____

Les chatons et la mère ont-ils des gamelles séparées ? Oui Non

Date du sevrage : _____

Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Température rectale normale et température environnementale des nouveau-nés (38)</i>	18
<i>Tableau 2 : Indicateurs de développement chez le chaton (5, 19, 25, 21)</i>	19
<i>Tableau 3 : Poids à la naissance moyen selon le sexe pour quelques races (14).....</i>	25
<i>Tableau 4 : Poids moyen des mâles et des femelles à la naissance (10, 12, 14, 17, 31, 33) ...</i>	26
<i>Tableau 5 : Etude du poids à la naissance en fonction de la taille de la portée (premières portées uniquement) (16)</i>	27
<i>Tableau 6 : Poids des mâles et des femelles à différents moments de la croissance (10, 12, 14, 16, 17)</i>	30
<i>Tableau 7: Etude du poids à 42 jours en fonction de la taille de la portée (16)</i>	31
<i>Tableau 8 : Etude la taille de la portée en fonction de la parité (16).....</i>	31
<i>Tableau 9 : Effectif des différentes races présentes dans la base de données</i>	51
<i>Tableau 10 : Nombre d'élevages représentant la race</i>	52
<i>Tableau 11 : Poids moyen à la naissance des 333 chatons « en bonne santé »</i>	56
<i>Tableau 12 : Etude du poids moyen à la naissance en fonction de la race, du sexe, de la taille de la portée et de la mise-bas.....</i>	58
<i>Tableau 13: Etude du poids à la naissance en fonction du nombre de mort-nés</i>	59
<i>Tableau 14 : Effectif des différentes modalités des variables</i>	70
<i>Tableau 15 : Estimation des paramètres du mode de régression linéaire</i>	73

Table des illustrations

<i>Figure 1 : Courbes de croissance de chatons SPF mâle et femelle de la naissance jusqu'à 120 jours d'après Festing (16).</i>	28
<i>Figure 2 : Courbes de croissance de chatons mâles et femelles d'après Douglass et al. (12)</i>	28
<i>Figure 3 : Courbe de croissance des femelles d'après Rosenstein et Berman (42).</i>	29
<i>Figure 4 : Courbe de croissance des mâles d'après Rosenstein et Berman (42)</i>	29
<i>Figure 5 : Effectifs cumulés décroissant au cours du temps</i>	41
<i>Figure 6 : Vérification de la linéarité de la variable délai_naissance</i>	48
<i>Figure 7 : Répartition des naissances au cours des années</i>	54
<i>Figure 8 : Répartition des naissances au cours de l'année</i>	55
<i>Figure 9 : Répartition du poids à la naissance</i>	1
<i>Figure 10 : Répartition du poids à la naissance des chatons « en bonne santé »</i>	56
<i>Figure 11 : Poids moyen (avec IC 95%) des chatons "en bonne santé" au cours de la croissance</i>	60
<i>Figure 12 : Poids des chatons "en bonne santé" (chaque point représente le poids d'un chaton)</i>	61
<i>Figure 13 : Courbes de croissance pondérale (avec IC 95%) des différentes races</i>	62
<i>Figure 14 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons mâles et femelles</i>	63
<i>Figure 15 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons en fonction du type de mise-bas</i>	64
<i>Figure 16 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons selon le nombre de mort-nés dans la portée</i>	65
<i>Figure 17 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) des chatons selon s'ils ont été biberonnés ou non</i>	66
<i>Figure 18 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) selon la saison</i>	67
<i>Figure 19 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) en fonction de la taille de la portée</i>	68
<i>Figure 20 : Courbe de croissance pondérale (avec IC 95%) en fonction du poids à la naissance du chaton</i>	69
<i>Figure 21 : GQM au cours de la croissance des chatons en "bonne santé"</i>	75
<i>Figure 22 : GQM en fonction du sexe</i>	76
<i>Figure 23 : GQM en fonction de la race</i>	77
<i>Figure 24 : GQM en fonction du poids à la naissance</i>	78
<i>Figure 25 : GQM en fonction de la taille de la portée</i>	79

Table des annexes

<i>Annexe 1 : Questionnaire envoyé aux éleveurs.....</i>	<i>95</i>
<i>Annexe 2 : Courrier envoyé aux éleveurs ayant participé à l'étude sur les performances de reproduction du chat.</i>	<i>97</i>
<i>Annexe 3 : Annonce sur le site internet.</i>	<i>98</i>
<i>Annexe 4 : Deuxième questionnaire envoyé aux éleveurs par mail.....</i>	<i>99</i>

APPROCHE ZOOTECHNIQUE DE LA CROISSANCE DU CHATON ; APPLICATIONS EN ELEVAGE

NOM et Prénom : GAST Anne-Sophie

Résumé

La croissance du chaton nécessite un suivi du chaton, de la mère et un recueil de certaines informations tout au long de la croissance. Ce suivi ainsi que quelques études menées sur la croissance pondérale du chaton sont détaillés dans la première partie de la thèse.

La deuxième partie expose l'étude initiée par l'UMES (Unité de Médecine de l'Elevage et du Sport) sur la croissance pondérale du chaton. L'étude porte sur l'association entre les expositions telles que la race, le sexe, la taille de la portée, si le chaton a été biberonné (tout en prenant en compte le poids à la naissance) et la croissance pondérale de 370 chatons jusqu'à 199 jours après la naissance. La croissance du chaton sain a été approchée au mieux en retirant de l'étude les chatons ayant eu un problème ou étant décédés au cours de leur croissance. Cette étude statistique a été menée en effectuant une régression linéaire multivariée sans rupture de pente. L'utilisation de modélisation linéaire mixte a permis la prise en compte de la non indépendance entre les mesures. Ainsi, on a pu observer que certaines caractéristiques du chaton étaient associées à la croissance pondérale.

Mots clés CROISSANCE, POIDS, ELEVAGE, CARNIVORE, CHATON

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Pr. Grandjean Dominique

Assesseur : Dr. Desquilbet Loïc

ZOOTECHNICAL APPROACH TO KITTEN GROWTH ; BREEDING APPLICATIONS

SURNAME : GAST

Given name : Anne-Sophie

Summary

Kitten growth requires monitoring of the kitten, mother and a collection of informations throughout the growth. This monitoring and some studies on weight gain of the kitten are detailed in the first part of the thesis.

The second part presents the study initiated by the UMES (Unit of Medicine, Breeding and Sport) on weight kitten growth. The study examined the association between expositions such as race, sex, litter size, nursing bottle (taking into account birth weight) and weight gain of 370 kittens up to 199 days from birth. Healthy growth of the kitten was approached by removing from the study kittens that had been sick or dead during their growth. This statistical study was conducted by performing a multivariate linear regression with no change in slope. The use of linear mixed models allowed the inclusion of non-independence between measurements. It was observed that some kitten's characteristics were associated with kitten's weight gain.

Keywords GROWTH, WEIGHT, BREEDING, CARNIVORE, KITTEN

Jury :

President : Pr.

Director : Pr. Grandjean Dominique

Assessor : Dr. Desquilbet Loïc

