



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : [http://oatao.univ-toulouse.fr/  
Eprints ID : 19686](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints ID : 19686)

**To cite this version :**

Lecarpentier, Manon and Martinez, Clara. *La croissance du chiot entre 0 et 2 mois : établissement de courbes de croissance de référence par race*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2017, 274 p.

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

ANNEE 2017 THESE : 2017 – TOU 3 – 4062

---

# LA CROISSANCE DU CHIOT DE RACE ENTRE 0 ET 2 MOIS ETABLISSEMENT DE COURBES DE CROISSANCE DE REFERENCE PAR RACE

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*  
**LECARPENTIER, Manon**  
Née, le 31/05/1992 à ROUEN (76)  
ET  
**MARTINEZ, Clara**  
Née, le 03/07/1992 à TOULOUSE (31)

---

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

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Jean PARINAUD**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD**  
**Mme Hanna MILA**

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

MEMBRE INVITE :  
**M. Aurélien GRELLET**

Ingénieur de Recherches à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation  
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directrice : Madame Isabelle CHMITELIN

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*
- Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*
- M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*
- M. FRANC Michel, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. MILON Alain, *Microbiologie moléculaire*
- M. PETIT Claude, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1<sup>re</sup> CLASSE

- M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
- M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*
- M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*
- M. DUCOS Alain, *Zootéchnie*
- M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*
- Mme GAYARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme HAGEN-PICARD, Nicole, *Pathologie de la reproduction*
- M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. LIGNEREUX Yves, *Anatomie*
- M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. PICAVET Dominique, *Pathologie infectieuse*
- M. SANS Pierre, *Productions animales*
- Mme TRUMEL Catherine, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2<sup>e</sup> CLASSE

- M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mme CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. GUERRE Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. GUERIN Jean-Luc, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme LACROUX Caroline, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, *Anatomie pathologique*
- M. MAILLARD Renaud, *Pathologie des Ruminants*



## PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*

M **SEVERAC Benoit**, *Professeur d'Anglais*

## MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*

Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*

Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*

M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*

Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*

M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*

Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

## MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*

Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*

Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*

Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*

Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*

M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*

M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*

M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*

Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*

Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*

M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*

Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*

M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*

Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*

M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*

M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*

Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*

Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*

M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*

Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*

M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*

M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*

M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*

Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*

Mme **SABY-CHABAN Claire**, *Gestion de la santé des troupeaux bovins*



## REMERCIEMENTS

**A Monsieur le Professeur Jean PARINAUD**

*Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse*

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,  
Hommage respectueux.

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

*Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse*

*Pathologie de la reproduction*

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la direction de notre thèse,  
Pour nous avoir confié ce travail et nous avoir guidées tout au long de sa réalisation,  
Pour son aide précieuse et sa patience,  
Sincères remerciements.

**A Madame le Docteur Hanna MILA**

*Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse*

*Pathologie de la reproduction*

Qui nous a guidées dans les premiers pas de ce travail,  
Pour son aide et sa gentillesse,  
Sincères remerciements.

**A Monsieur Aurélien GRELLET**

*Ingénieur de recherches à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse*

Qui a suivi de près la progression de cette étude, et a toujours été disponible pour nous aiguiller,  
Pour sa gentillesse, sa bienveillance et sa disponibilité,  
Sincères remerciements.



# TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	1
LISTE DES ABBREVIATIONS .....	7
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	9
LISTE DES ANNEXES .....	17
INTRODUCTION.....	21
PREMIÈRE PARTIE .....	25
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	25
<b>I. Méthodologie de la construction de courbes de croissance de référence .....</b>	<b>27</b>
<b>A. Définition des paramètres d'évaluation de la croissance.....</b>	<b>27</b>
<b>B. Grands principes et intérêts de la construction de courbes de croissance .....</b>	<b>28</b>
1. But de l'étude .....	28
2. Durée de l'étude .....	28
3. Utilité des courbes de croissance.....	29
<b>C. Méthodologies employées pour réaliser des courbes de croissance .....</b>	<b>30</b>
1. Choix du type d'étude employé .....	30
2. Sélection de l'échantillon .....	30
3. Collecte des données .....	30
<b>D. Méthodes statistiques pour la construction de courbes de croissance.....</b>	<b>31</b>
1. Variables utilisées .....	31
2. Représentation graphique des données.....	32
3. Choix du modèle statistique .....	32
<b>E. Points critiques de la construction des courbes .....</b>	<b>33</b>
<b>II. Analyse des courbes de croissance de référence chez d'autres espèces que le chien .</b>	<b>35</b>
<b>A. Protocoles élaborés .....</b>	<b>35</b>
1. Échantillonnage et récolte des données.....	35
2. Traitement des données et tracé des courbes de croissance .....	37
<b>B. Allure des courbes de croissance.....</b>	<b>45</b>
1. Chez l'Homme .....	45
2. Chez le primate non humain.....	46
3. Chez le porc.....	48
4. Chez le chat .....	49
5. Chez le lapin.....	51
6. Chez la souris .....	52



<b>C. Facteurs de variation de la croissance</b> .....	<b>54</b>
1. Comparaison entre espèces .....	54
a) <i>Phases et allure de la courbe de croissance</i> .....	54
b) <i>Comparaison des paramètres relatifs à la croissance</i> .....	55
2. Facteurs de variation intra spécifiques .....	57
a) <i>Facteurs relatifs aux parents</i> .....	57
b) <i>Facteurs relatifs au nouveau-né</i> .....	60
c) <i>Facteurs sociaux et environnementaux</i> .....	66
d) <i>Facteurs obstétricaux</i> .....	68
e) <i>Facteurs propres à l'espèce humaine</i> .....	71
 DEUXIÈME PARTIE .....	 75
 ÉTUDE EXPÉRIMENTALE .....	 75
 <b>I. Matériel et méthode</b> .....	 <b>77</b>
<b>A. Création d'un questionnaire à destination des éleveurs</b> .....	<b>77</b>
<b>B. Contact et recrutement des éleveurs</b> .....	<b>77</b>
<b>C. Saisie des données</b> .....	<b>78</b>
1. Saisie des données brutes .....	78
2. Tri des données.....	78
a) <i>Critères d'éligibilité des données</i> .....	78
b) <i>Classement des données</i> .....	79
c) <i>Harmonisation des données</i> .....	79
d) <i>Calcul de l'âge à la mise-bas et de la durée de gestation</i> .....	79
e) <i>Traitement des données aberrantes</i> .....	79
3. Constitution des bases de données « Poids de naissance » et « Croissance ».....	80
<b>D. Distribution des données</b> .....	<b>80</b>
<b>E. Analyse des données et tests statistiques</b> .....	<b>82</b>
1. Types de modèles utilisés.....	82
2. Choix des variables intégrées dans le modèle .....	83
a) <i>Prise en compte de la colinéarité</i> .....	83
b) <i>Prise en compte des données manquantes</i> .....	84
3. Contrôle a posteriori des conditions d'utilisation du modèle.....	85
<b>F. Construction des courbes de croissance</b> .....	<b>85</b>
 <b>II. Résultats</b> .....	 <b>87</b>
<b>A. Description générale de la population</b> .....	<b>87</b>
1. Chiots et élevages ayant participé à l'étude .....	87
2. Paramètres enregistrés.....	88
a) <i>Races représentées</i> .....	88
b) <i>Sexe des chiots</i> .....	89
c) <i>Taille de portée</i> .....	89

d)	<i>Durée de gestation</i> .....	90
e)	<i>Age de la mère</i> .....	90
f)	<i>Parité de la mère</i> .....	91
g)	<i>Poids des parents</i> .....	91
<b>B.</b>	<b>Etude du poids de naissance</b> .....	<b>92</b>
1.	Description de la population étudiée.....	92
2.	Description du poids de naissance.....	97
3.	Facteurs influençant le poids de naissance.....	99
4.	Analyse des résultats obtenus.....	100
<b>C.</b>	<b>Etude de la croissance entre 0 et 56 jours</b> .....	<b>106</b>
1.	Description de la population étudiée.....	106
2.	Facteurs influençant la croissance précoce.....	110
3.	Analyse des résultats obtenus.....	112
a)	<i>Taux de croissance 0-2 jours</i> .....	112
b)	<i>Taux de croissance 2-7 jours</i> .....	118
c)	<i>Taux de croissance 7-21 jours</i> .....	122
d)	<i>Taux de croissance 21-56 jours</i> .....	126
e)	<i>Bilan sur la croissance 0-56 jours du chiot</i> .....	129
<b>D.</b>	<b>Elaboration de courbes de croissance</b> .....	<b>131</b>
a)	<i>Disponibilité des données</i> .....	131
b)	<i>Distribution des données</i> .....	132
c)	<i>Croissance dans l'espèce canine et par format racial</i> .....	132
d)	<i>Croissance néonatale précoce (0-7 jours)</i> .....	134
e)	<i>Croissance néonatale (0-21 jours) et croissance globale sur la période 0-2 mois</i> .....	137
<b>III.</b>	<b>Discussion</b> .....	<b>141</b>
<b>A.</b>	<b>Limites de l'étude</b> .....	<b>141</b>
1.	Méthode de récolte des données.....	141
a)	<i>Conception du questionnaire</i> .....	141
b)	<i>Récolte des données</i> .....	142
c)	<i>Fiabilité des données</i> .....	143
2.	Population sélectionnée pour l'étude.....	143
a)	<i>Notion de croissance physiologique</i> .....	143
b)	<i>Effectifs disponibles</i> .....	144
3.	Choix des paramètres étudiés.....	144
a)	<i>Elimination de paramètres suite à un effectif trop faible</i> .....	144
b)	<i>Non inclusion de paramètre disponibles</i> .....	145
4.	Analyse des données.....	145
a)	<i>Indépendance des paramètres</i> .....	145
b)	<i>Elaboration des courbes de croissance</i> .....	145

<b>B. Résultats .....</b>	<b>146</b>
1. Effectifs et population d'étude .....	146
2. Récolte des données .....	146
3. Caractéristiques des différents paramètres étudiés.....	147
a) <i>Format racial et race des chiots</i> .....	147
b) <i>Élevages d'origine des chiots</i> .....	149
c) <i>Sexe du chiot</i> .....	149
d) <i>Taille de portée</i> .....	150
e) <i>Durée de gestation</i> .....	152
4. Résultats concernant le poids de naissance .....	152
a) <i>Données générales</i> .....	152
b) <i>Poids de naissance selon la race</i> .....	152
c) <i>Poids de naissance selon le sexe</i> .....	155
d) <i>Poids de naissance selon la taille de portée</i> .....	155
a) <i>Poids de naissance selon la portée et l'élevage</i> .....	156
b) <i>Bilan</i> .....	156
5. Résultats concernant la croissance .....	156
a) <i>Résultats généraux</i> .....	156
b) <i>Influence de la race</i> .....	157
c) <i>Influence du sexe</i> .....	158
d) <i>Influence de la taille de portée</i> .....	159
e) <i>Influence du poids de naissance</i> .....	159
f) <i>Influence de la croissance 0-2 jours</i> .....	159
6. Analyse des courbes de croissance obtenues .....	160
a) <i>Allure</i> .....	160
b) <i>Influence du sexe</i> .....	162
CONCLUSION .....	165
BIBLIOGRAPHIE .....	169
ANNEXES .....	176





## LISTE DES ABBREVIATIONS

CDC : Center for Disease Control and prevention

IC : Indice de consommation

IQR : Ecart interquartile

G : Giant, pour chien de format racial géant (>45kg)

GMH : Gain Moyen Hebdomadaire

GMJ : Gain Moyen Journalier

GMQ : Gain Moyen Quotidien

L : Large, pour chien de format racial grand (25-45kg)

LOESS : Locally Weighted Regression Scatterplot Smoothing

LOWESS : LOcal RegrESSion

M : Medium, pour chien de format racial moyen (10-25kg)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

S : Small, pour chien de format racial petit (<10kg)

SD : Standard Deviation (écart-type)





# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation manuscrite des courbes de croissance pondérale moyenne du chimpanzé ( <i>Pan troglodytes</i> ) en fonction du sexe (n = 25, dont 10 mâles et 15 femelles) .....	38
Figure 2 : Tracé à la main des courbes de croissance du chaton ( <i>Felis catus</i> ) pendant les 50 premiers jours de vie (n = 70) .....	39
Figure 3 : Courbe de croissance de macaques rhésus ( <i>Macaca mulatta</i> ) femelles (n = 72) ....	40
Figure 4 : Régression linéaire modélisant la croissance de chats mâles de laboratoire ( <i>Felis catus</i> ) entre la naissance et l'âge de 120 jours (n = 213 chatons) .....	40
Figure 5 : Régression non linéaire modélisant la croissance de quatre lignées de souris mâles ( <i>Mus musculus</i> ) (n = 854 souris) .....	41
Figure 6 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la croissance de chimpanzés ( <i>Pan troglodytes</i> ) femelles élevés en nurserie au Primate Foundation of Arizona (n = 10) .....	42
Figure 7 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la courbe de croissance de chimpanzés mâles ( <i>Pan troglodytes</i> ) (n = 197 mesures) .....	42
Figure 8 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la croissance pondérale de babouins chacma mâles ( <i>Papio ursinus</i> ) (n = 17) .....	43
Figure 9 : Equation de Von Bertalanffy appliquée à la croissance de babouins olive mâles ( <i>Papio anubis</i> ), se nourrissant par eux-mêmes (n = 49) .....	44
Figure 10 : Equation de Gompertz appliquée à l'évolution du poids vif (PV) du porc ( <i>Sus scrofa domestica</i> ) en fonction de l'âge (n = 308), et comparaison à la courbe obtenue par Colin et Querne, 1991 (n = 157) .....	44
Figure 11 : Equation de Gompertz appliquée au tracé de la courbe de croissance de lapins mâles ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> ) sélectionnés (sm) (n = 27) ou non (cm) (n = 27) pour le facteur croissance .....	44
Figure 12 : Courbe de croissance dans l'espèce humaine de 0 à 60 mois : représentation de la courbe moyenne, puis des différents Z-scores .....	45
Figure 13 : Courbe de croissance du chimpanzé ( <i>Pan troglodytes</i> ) de la naissance à l'âge de 16 ans (représentation des percentiles 25, 50 et 75) .....	46
Figure 14 : Croissance et vitesse de croissance du babouin jaune ( <i>Papio cynocephalus</i> ) mâle et femelle, selon différentes conditions d'alimentation .....	47
Figure 15 : Croissance et vitesse de croissance du macaque japonais ( <i>Macaca fuscata</i> ) mâle (lignes pleines, n = 905 mesures) et femelle (lignes pointillées, n = 1204 mesures), entre la naissance et l'âge de 12 ans .....	48
Figure 16 : Evolution du poids du porc ( <i>Sus scrofa domestica</i> ) en fonction de l'âge .....	49
Figure 17 : Evolution du GMQ en fonction du poids vif du porc ( <i>Sus scrofa domestica</i> ) (n = 308) .....	49
Figure 18 : Courbe de croissance du chaton ( <i>Felis catus</i> ) entre 0 et 235 jours .....	50

Figure 19 : Courbe de croissance de lapins mâles ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> ) sélectionnés (sm, n = 27) ou non (cm, n = 27) pour le facteur croissance.....	51
Figure 20 : Evolution du poids moyen de lapereaux ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> ) issus d'une population locale algérienne, de la naissance au sevrage (n = 3965).....	52
Figure 21 : Croissance pondérale de souris ( <i>Mus musculus</i> ) non sélectionnées (CBI), ou sélectionnées pour un poids adulte élevé (CBI+) ou faible (CBI-) .....	53
Figure 22 : Différents profils de croissance pondérale en fonction du temps.....	55
Figure 23 : Comparaison de la croissance et de la vitesse de croissance chez deux lignées de macaques : <i>Macaca fuscata fuscata</i> (lignes pointillées) et <i>Macaca fuscata yakui</i> (lignes pleines) .....	58
Figure 24 : Influence de la race sur la croissance pondérale chez le chat ( <i>Felis catus</i> ) (n = 370) .....	59
Figure 25 : Influence du poids de naissance sur la croissance pondérale du chaton ( <i>Felis catus</i> ) .....	61
Figure 26 : Comparaison des courbes de croissance du garçon et de la fille de 0 à 60 mois, établies par l'OMS (Garçons : n = 3878. Filles : n = 3673) .....	63
Figure 27 : Comparaison de la courbe de croissance du chaton ( <i>Felis catus</i> ) mâle (n = 180) et femelle (n = 168).....	64
Figure 28 : Influence du type d'alimentation du chaton ( <i>Felis catus</i> ) sur sa croissance pondérale .....	65
Figure 29 : Influence de la saison de naissance sur la courbe de croissance du chaton ( <i>Felis catus</i> ) .....	67
Figure 30 : Influence de la taille de la portée sur la croissance du chaton ( <i>Felis catus</i> ).....	69
Figure 31 : Influence de la présence d'individus mort-nés dans la portée sur l'évolution du poids des autres chatons de la portée ( <i>Felis catus</i> ) au cours du temps. ....	70
Figure 32 : Influence du type de mise-bas sur la courbe de croissance pondérale du chaton ( <i>Felis catus</i> ) .....	71
Figure 33 : Facteurs initialement enregistrés dans l'étude de la variation du poids de naissance du chiot.....	82
Figure 34 : Facteurs initialement enregistrés dans l'étude de la variation du taux de croissance chez le chiot.....	83
Figure 35 : Paramètres retenus pour l'étude des facteurs d'influence sur le poids de naissance du chiot.....	84
Figure 36 : Paramètres retenus pour l'étude des facteurs d'influence sur la croissance précoce du chiot.....	85
Figure 37 : Représentation des différentes étapes de sélection de la population choisie pour l'étude du poids de naissance et de la croissance .....	87
Figure 38 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (66 élevages, n = 6481).....	88
Figure 39 : Répartition de la taille de la portée dans la population générale (n = 5394) .....	90
Figure 40 : Répartition de la durée de gestation (n = 3457).....	90
Figure 41 : Répartition de l'âge des mères (n = 3931).....	91

Figure 42 : Répartition de la parité des mères (n = 1573).....	91
Figure 43 : Répartition du poids des mères (n = 948).....	92
Figure 44 : Répartition du poids des pères (n = 751).....	92
Figure 45 : Effectifs par race, et races conservées pour l'étude du poids de naissance (cadre rouge) .....	93
Figure 46 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (63 élevages, 4726 chiots) .....	94
Figure 47 : Effectifs par race pour l'étude du poids de naissance (n = 3632 chiots, 19 races) 94	
Figure 48 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (32 élevages, 3632 chiots) .....	95
Figure 49 : Taille de la portée par race (n = 3026).....	96
Figure 50 : Influence du format racial sur le poids de naissance (n = 3735) .....	98
Figure 51 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation du poids de naissance du chiot et effectifs de chiots associés.....	99
Figure 52 : Poids de naissance par race en grammes et en pourcentage du poids adulte (n = 3735 chiots).....	101
Figure 53 : Poids de naissance en fonction de la taille de la portée (n = 3735).....	103
Figure 54 : Poids de naissance du chiot Bouvier Bernois selon son élevage d'origine (n = 265, nombre de chiots par élevage indiqué à côté de chaque barre).....	103
Figure 55 : Poids de naissance du chiot Cocker selon son élevage d'origine (n = 427, nombre de chiots par élevage indiqué à côté de chaque barre) .....	104
Figure 56 : Poids de naissance du chiot Schnauzer miniature selon sa portée d'origine au sein d'un même élevage (n = 85 chiots, effectifs par portée indiqué au-dessus de chaque barre) 104	
Figure 57 : Effectifs par race et races conservées pour l'étude de la croissance (cadre rouge) (n = 5413) .....	106
Figure 58 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (64 élevages, 5166 chiots) .....	107
Figure 59 : Effectifs par race pour l'étude de la croissance 0-56 jours (n = 4159 chiots, 19 races) .....	107
Figure 60 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (31 élevages, 4051 chiots) .....	108
Figure 61 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation de la croissance 0-2 jours du chiot, et effectifs de chiots associés.....	111
Figure 62 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation de la croissance 2-56 jours du chiot, et effectifs de chiots associés.....	111
Figure 63 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction de la race, et effectifs de chiots par race associés (n = 2744).....	112
Figure 64 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction de la taille de la portée, et effectifs de chiots par taille de portée associés (n = 2204) .....	114
Figure 65 : Taux de croissance 0-2 jours par taille de portée au sein de chaque race étudiée (n = 2204 chiots).....	115
Figure 66 : Effet du sexe sur le taux de croissance 0-2 jours (n = 2651).....	116

Figure 67 : Taux de croissance 0-2 jours par sexe au sein de chaque race étudiée (n = 2651)	117
Figure 68 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 0-2 jours (n = 2744)	118
Figure 69 : Taux de croissance 2-7 jours en fonction de la race, et effectifs de chiots par race associés (n = 3191)	119
Figure 70 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 2-7 jours (n = 2500)	121
Figure 71 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 2-7 jours (n = 2500)	121
Figure 72 : Taux de croissance 7-21 jours en fonction de la race (n = 2508)	122
Figure 73 : Effet du sexe sur le taux de croissance 7-21 jours (n = 2415)	124
Figure 74 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 7-21 jours (n = 1999)	125
Figure 75 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 7-21 jours (n = 1906)	125
Figure 76 : Taux de croissance 21-56 jours en fonction de la race (n = 883)	126
Figure 77 : Effet du sexe sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 856)	128
Figure 78 : Influence du poids de naissance sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 689)	129
Figure 79 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 645)	129
Figure 80 : Nombre de chiots Cocker pesés par jour, de la naissance à 60 jours (n = 513)	131
Figure 81 : Répartition des données de poids des chiots Cocker à 14 jours différents (n = 513)	132
Figure 82 : Courbes de croissance médiane de l'espèce canine et des différents formats raciaux lissées avec une fonction polynomiale du second degré (n = 4159 chiots au total)	133
Figure 83 : Courbes de croissance médiane du Berger australien (marron), du format Medium (jaune) et du Cocker (orange clair), entre la naissance et l'âge de 60 jours lissées avec une fonction polynomiale du second degré (n = 866 chiots au total, dont 513 Cockers et 353 Berger australiens)	133
Figure 84 : Courbe de croissance du Yorkshire Terrier de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 138)	134
Figure 85 : Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 513)	135
Figure 86 : Courbe de croissance du Bichon maltais de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 98)	136
Figure 87 : Courbe de croissance du Lhasa Apso, de la naissance à l'âge de deux mois (n = 205)	137
Figure 88 : Courbe de croissance du Basset Hound, de la naissance à l'âge de deux mois (n = 354)	138
Figure 89 : Courbe de croissance du Yorkshire Terrier entre la naissance et l'âge de deux mois (n = 138)	139

Figure 90 : Corrélation entre la taille de portée et le quartile moyen de poids de naissance des chiots au sein d'une portée, avec expression des variables en quartiles (n = 100 portées, 514 chiots) .....	155
Figure 91 : Taux de croissance du chiot exprimé en pourcentage du poids adulte entre la naissance et l'âge de 7 semaines au sein de 7 races (n = 501 chiots).....	158
Figure 92 : Courbes de croissance moyennes par race pour 12 races de chiens (n = 173 chiots) .....	160
Figure 93 : Courbes de croissance moyennes modélisées à l'aide d'une fonction de Gompertz pour (du haut vers le bas) : le Labrador Retriever mâle, le Berger allemand mâle, le Labrador Retriever femelle, et le Berger allemand femelle (n = 880 chiots, 10 484 mesures) .....	161
Figure 94 : Courbe de croissance (courbe d'allure sigmoïde, axe de droite), et courbe de vitesse de croissance (courbe d'allure parabolique, axe de gauche), chez le Labrador Retriever mâle (courbes pleines) et femelle (courbes pointillées), lissées grâce à une fonction de Gompertz (n = 167) .....	161



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres relatifs à la croissance de différentes espèces de mammifères .....	56
Tableau 2 : Description des catégories utilisées pour l'étude de chaque paramètre .....	81
Tableau 3 : Races représentées dans la base de données, réparties par format racial, et effectifs de chiots associés .....	89
Tableau 4 : Nombre de mâles et femelles par race pour l'étude du poids de naissance (n = 3626) .....	95
Tableau 5 : Quartiles de taille de portée par race, pour l'étude du poids de naissance (n = 3026) .....	96
Tableau 6 : Distribution des tailles de portées par race (n = 3026).....	97
Tableau 7 : Poids de naissance du chiot par race (n = 3735) .....	98
Tableau 8 : Nombre de données manquantes par paramètre étudié pour le poids de naissance .....	99
Tableau 9 : Poids de naissance médian du chiot selon le sexe au sein de chaque race (n = 3626) .....	102
Tableau 10 : Poids de naissance médian du chiot par race selon la taille de portée (n = 3026) .....	102
Tableau 11 : Poids de naissance médian d'un chiot (en grammes) selon sa race, son sexe et la taille de la portée (définie au sein de chaque race) dont il est issu (n = 2978 chiots) .....	105
Tableau 12 : Nombre de mâles et de femelles par race (n = 4063).....	108
Tableau 13 : Quartiles de taille de portée par race pour l'étude de la croissance 0-56 jours (n = 3389).....	109
Tableau 14 : Distribution des tailles de portée par race (n = 3389) .....	109
Tableau 15 : Nombre de données manquantes par paramètre étudié et par période de croissance .....	110
Tableau 16 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 0-2 jours par race .....	113
Tableau 17 : Minimum, maximum et quartiles du taux de croissance 0-2 jours en fonction du sexe.....	116
Tableau 18 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 2-7 jours par race .....	120
Tableau 19 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 7-21 jours par race .....	123
Tableau 20 : Minimum, maximum et quartiles du taux de croissance 7-21 jours selon le sexe .....	124
Tableau 21 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 21-56 jours par race .....	127
Tableau 22 : Minimum, maximum et quartiles de taux de croissance 21-56 jours en fonction du sexe.....	128

Tableau 23 : Taux de croissance (en % du poids en début de période) par race et par période (n = 4159) .....	130
Tableau 24 : Récapitulatif des 20 races totalisant le plus grand nombre d'inscriptions au Livre des Origines Français en 2000, 2005, 2010 et 2016.....	148
Tableau 25 : Sexe ratio dans différentes études, et effectifs associés .....	149
Tableau 26 : Comparaison des valeurs (médianes et moyennes) de taille de portée par race de notre étude, avec les résultats (en moyenne) de différentes publications .....	151
Tableau 27 : Comparaison des valeurs médianes de poids de naissance par race de notre étude avec les résultats (médiane ou moyenne) de différentes publications.....	154
Tableau 28 : Multiplicité du poids de naissance aux 24ème et 42ème jours de vie au sein de 8 races (n = 501 chiots) .....	158



## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire envoyé aux éleveurs pour la récolte des données.....	176
Annexe 2 : Espèce canine : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	179
Annexe 3 : Chiens de format Small : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	183
Annexe 4 : Chiens de format Medium : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	187
Annexe 5 : Chiens de format Large : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	191
Annexe 6 : Chiens de format Giant : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	195
Annexe 7 : Basset Hound : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	199
Annexe 8 : Berger allemand : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	203
Annexe 9 : Berger australien : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	207
Annexe 10 : Bichon maltais : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	211
Annexe 11 : Bouledogue français : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	215
Annexe 12 : Bouvier bernois : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	219
Annexe 13 : Cavalier King Charles : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	223
Annexe 14 : Cocker : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	227
Annexe 15 : Coton de Tuléar : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	231
Annexe 16 : Golden Retriever : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	235
Annexe 17 : Jack Russel Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	239
Annexe 18 : Labrador Retriever : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	243
Annexe 19 : Lhasa Apso : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	247

Annexe 20 : Rottweiler : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	251
Annexe 21 : Schnauzer miniature : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	255
Annexe 22 : Shih Tzu : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	259
Annexe 23 : Teckel : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	263
Annexe 24 : West Highland White Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois. ....	267
Annexe 25 : Yorkshire Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.....	271







## INTRODUCTION

De la naissance à l'âge de 6 semaines au minimum, le chiot vit en élevage avec sa mère (Arrêté du 03 Août 2014 ; [www.legifrance.fr](http://www.legifrance.fr)). La mesure de son poids, et plus généralement la surveillance de sa croissance, est un élément important dans l'évaluation de son état de santé. Deux objectifs de référence sont disponibles : le taux de croissance entre la naissance et l'âge de deux jours doit être positif (Mila et al., 2015), et à l'âge de 10-12 jours, le poids de naissance doit avoir été doublé (Moon et al., 2001). Cependant, il n'existe encore à l'heure actuelle que peu d'informations portant sur les caractéristiques de la croissance physiologique du chiot de race en élevage, et les courbes de croissance de référence par race sont rarement disponibles. Les éleveurs ne disposent le plus souvent que des courbes réalisées par eux-mêmes dans leur propre élevage.

Cependant, la durée de croissance et l'allure de la courbe de croissance chez le chiot sont extrêmement variables, avec une durée de croissance plus importante chez les races de grand format par rapport aux races de plus petit format. Par exemple, dans une étude portant sur la croissance de 12 races différentes, il a été montré que l'Épagneul nain continental papillon atteint 50% de son poids adulte en  $11,1 \pm 0,28$  (moyenne  $\pm$  SD) semaines, tandis que le Mastiff l'atteint en  $22,9 \pm 0,19$  semaines (Hawthorne et al., 2004). De même, dans une autre étude portant sur la croissance de quatre races de chien de format grand à géant (Trangerud et al., 2007), la durée totale de croissance du Labrador Retriever (grande race) est estimée à 351 jours, tandis que celle du Terre-Neuve (race géante) atteint 413 jours. Cette étude met également en évidence un effet du sexe, de la taille de la portée ainsi que du poids de naissance sur la croissance du chiot, et ce au sein de chaque race étudiée. Par ailleurs, il est démontré qu'au sein d'un même format, la durée et la vitesse de la croissance peuvent varier selon la race : le Terre-Neuve notamment se distingue des autres chiens de race géante étudiés par un taux de croissance (estimé à partir de la courbe de croissance tracée à partir d'une équation logistique, correspondant à la prise pondérale hebdomadaire estimée) beaucoup plus élevé au cours de la phase de croissance exponentielle ( $16,7 \pm 0,33\%$  contre  $10,9 \pm 0,24\%$  chez le Mastiff et  $13,2 \pm 0,32\%$  chez le Saint-Bernard) (Hawthorne et al., 2004).

L'entreprise américaine Waltham, en association avec les cliniques Banfield, le University College de Londres et l'Université de Liverpool, a récemment établi des courbes de croissance pondérale entre 12 semaines et 2 ans d'âge pour 6 catégories de format racial de chien (poids adulte attendu inférieur à 6,5kg, entre 6,5 et 9kg, entre 9 et 15kg, entre 15 et 30kg, entre 30 et 40kg et supérieur à 40kg), à partir de l'étude de 50 000 chiens en bonne santé, excluant les chiens de race géante ([www.waltham.com](http://www.waltham.com)).

Cependant, peu de publications étudient spécifiquement la croissance précoce du chiot, peu abordent les spécificités de chaque race, et enfin, peu disposent d'effectifs suffisamment importants pour obtenir des données représentatives de la race et interprétables en termes de facteurs de variation. La mise à disposition de données précises concernant la croissance du chiot de race entre 0 et 2 mois constituerait pourtant un outil précieux en élevage canin.

Les objectifs de notre étude sont d'évaluer les différents facteurs ayant un impact sur le poids de naissance ainsi que sur la croissance entre 0 et 2 mois du chiot de race, d'estimer les différences en terme de poids de naissance et de croissance précoce entre les différents formats raciaux ainsi qu'entre les différentes races au sein d'un même format, et enfin d'établir des courbes de croissance pondérale précoce de référence des races les plus représentées.

Dans la première partie, une synthèse bibliographique détaillera la méthodologie de la construction des courbes de croissance, puis abordera l'analyse de courbes de croissance établies dans d'autres espèces (Homme, primate non humain, porc, souris, chat et lapin). Une comparaison de la croissance entre ces espèces, et au sein d'une même espèce, sera également réalisée.

La seconde partie de l'étude sera consacrée à la présentation et à la discussion de nos résultats expérimentaux concernant différents paramètres ayant une influence sur le poids de naissance et la croissance du chiot entre 0 et 2 mois, ainsi que les courbes de croissance de référence par race. Ces résultats sont issus de l'analyse de données portant sur la croissance de 5468 chiots issus de 62 élevages, obtenues à l'aide d'un questionnaire rempli par des éleveurs.





## **PREMIÈRE PARTIE**

---

### **ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**



# **I. Méthodologie de la construction de courbes de croissance de référence**

## **A. Définition des paramètres d'évaluation de la croissance**

La croissance peut être étudiée d'un point de vue dimensionnel, compositionnel ou encore fonctionnel (Di Masso et al., 2000). La croissance dimensionnelle, qui sera étudiée ici, est un phénomène quantitatif résultant de la multiplication et de la croissance cellulaires, et qui se caractérise par une augmentation en longueur et en hauteur (croissance staturale), ainsi qu'en volume et en poids (croissance pondérale) d'un tissu, d'un organe, d'un organisme, d'une population ou de la biomasse.

La courbe de croissance est une représentation graphique de l'évolution des paramètres de croissance, de la naissance à l'acquisition de la taille adulte. Pour chaque paramètre, la gamme de valeurs observées est exprimée en pourcentage, ou en déviation par rapport à une moyenne. Chez l'enfant, les principaux paramètres de croissance utilisés sont la taille, le poids, l'indice de masse corporelle (paramètre permettant d'estimer la corpulence d'un individu grâce à la formule  $IMC = \frac{\text{poids}}{\text{taille}^2}$ ), et le périmètre crânien (pour les deux à trois premières années de vie seulement).

Il existe trois moyens de représenter une courbe de croissance pondérale : en exprimant le poids de l'individu en fonction du temps, le gain de poids par unité de temps en fonction du temps, ou le pourcentage d'augmentation du poids en fonction du temps (Hafez, 1963) :

- Le poids correspond simplement au résultat d'une pesée à un moment donné. Par exemple, le poids de naissance correspond au poids du nouveau-né au moment de sa naissance. Il devra être mesuré le plus tôt possible après la naissance pour éviter les biais.
- Le gain moyen quotidien (GMQ), ou gain moyen journalier (GMJ), est la vitesse moyenne de croissance exprimée en grammes par jour pendant une période déterminée.

$$GMQ = (P_{t+x \text{ jours}} - P_t) / x$$

(où  $P_t$  est le poids au premier jour de la période considérée,  $P_{t+x \text{ jours}}$  le poids au dernier jour de la période, et  $x$  est la durée (en jours) de cette période)

De même, le gain moyen hebdomadaire (GMH) est la vitesse moyenne de croissance exprimée en grammes par semaine pendant une période donnée.

$$GMH = P_{t+1 \text{ semaine}} - P_t$$

- Enfin, le taux de croissance, exprimé en pourcentage, indique et mesure une croissance par unité de temps.

$$\text{Taux de croissance de } t \text{ à } t + x \text{ jours} = (P_{t+x \text{ jours}} - P_t) / P_t$$



## **B. Grands principes et intérêts de la construction de courbes de croissance**

### **1. But de l'étude**

Le mode de construction des courbes de croissance diffère selon qu'il s'agit de définir une référence ou un standard de croissance.

La référence est une description factuelle de la croissance d'un groupe d'individus pendant une période donnée, comme cela a par exemple été réalisé chez l'enfant en 2002 par le CDC (Center for Disease Control and prevention) (Kuczmarski et al., 2002).

Le standard, tel que celui établi chez l'enfant par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) en 2004, permet de décrire la croissance des individus lorsqu'ils grandissent dans les conditions recommandées, donc leur croissance optimale (De Onis et al., 2004).

### **2. Durée de l'étude**

La période d'intérêt doit également être définie : souhaite-t-on décrire la croissance dans son ensemble, du poids de naissance jusqu'au poids adulte, ou une période en particulier ? En effet, étudier une phase précise de la croissance peut permettre une compréhension plus fine de certains événements qui surviennent pendant cette période : croissance pendant la lactation, stress alimentaire au moment du sevrage par exemple chez le porcelet (Colin et Querne, 1991), pic de croissance à l'adolescence chez l'Homme ou le singe (Cole et al., 1998 ; Grether et Yerkes, 1940 ; Altmann et Alberts, 2005).

Plusieurs phases peuvent être délimitées au cours de la croissance d'un individu. On distingue tout d'abord deux grandes périodes de croissance, séparées par la naissance, qui sont la croissance prénatale (pendant laquelle différents facteurs peuvent avoir un impact sur la croissance fœtale et donc la taille et le poids à la naissance), et la croissance postnatale (Johnson et al., 2012).

Pendant la période post-natale, plusieurs phases de croissance peuvent également être distinguées. La période néonatale en est la première, et a une durée variable selon les auteurs et les espèces : 4 jours à 8 semaines chez le chaton (Gast, 2011), 28 jours d'après l'OMS pour l'Homme, 21 à 28 jours le chien et 21 à 35 jours (période pré-sevrage) chez le porc (Mila, 2015). Suite à cette période néonatale, il est possible de différencier plusieurs phases via différents critères de classification :

- Selon l'alimentation : par exemple chez le chaton, une période d'allaitement exclusif de la naissance jusqu'à l'âge de 4 semaines, est suivie d'une période de pré-sevrage qui correspond à la transition vers l'aliment solide entre 4 et 7 semaines de vie. Enfin, les animaux entrent dans la phase de post-sevrage où la croissance se poursuit jusqu'à l'âge adulte (Gast, 2011).
- Selon la vitesse de croissance : chez le macaque japonais (Hamada, 1994), le chimpanzé et l'Homme (Spence et Yerkes, 1937), on distingue une période infantile pendant laquelle la vitesse de croissance chute régulièrement (entre 0 et 2-3 ans chez le chimpanzé, entre 0 et 4-5 ans chez l'Homme), puis une période juvénile avec une vitesse de croissance qui reste constante, puis la croissance présente le plus souvent un pic à la puberté (vers 7-8 ans chez le chimpanzé, et 14 ans chez l'Homme) correspondant au point d'inflexion de la courbe de croissance. Enfin, suit une phase post-pubère durant

laquelle la vitesse de croissance diminue régulièrement jusqu'à l'âge adulte, correspondant à la fin de la croissance et survenant vers 11-12 ans chez le chimpanzé, et 22 ans chez l'Homme.

- Selon le développement et la reproduction : chez le macaque, on distingue le stade de nourrisson entre 0 et 6 mois, puis après le sevrage, l'enfance entre 7 et 18 mois, qui se poursuit par la période juvénile entre 19 et 31 mois, la puberté entre 32 et 44 mois pour enfin atteindre le stade d'adulte sexuellement mature entre 45 et 192 mois (Andrade et al., 2004). Chez le babouin, Altmann et Alberts (2005) ont considéré que chaque individu demeure au stade d'enfant tant que sa mère n'a pas conçu de nouvelle portée, puis qu'il entre dans la phase juvénile jusqu'à atteindre sa maturité sexuelle.

L'établissement de phases de croissance précises peut cependant être problématique. Par exemple, peut être soulevé le problème de la définition de l'âge auquel le stade adulte est atteint (Strum, 1991). S'il s'agit de l'âge auquel la croissance s'arrête, cet âge peut varier fortement selon les conditions de vie et plus particulièrement l'alimentation, et il n'y a donc pas d'âge adulte défini pour une espèce donnée. De même, le sevrage correspond à une période pouvant durer plusieurs semaines, et qui peut varier selon les pratiques d'élevage.

### 3. Utilité des courbes de croissance

Les courbes de croissance permettent l'évaluation de l'état de santé et l'identification d'individus à croissance anormale, traduisant un autre trouble (alimentaire, pathologique, ...). Ces individus peuvent ensuite voir leur risque de maladie ou de mortalité augmenté. Par exemple, ces courbes sont utilisées en médecine humaine pour s'assurer qu'un enfant présente un développement staturo-pondéral harmonieux, progressif et proche de la moyenne, et permettent indirectement d'évaluer son état de santé en détectant précocement les risques d'obésité ou de maigreur (Gillman et al., 2003 ; De Onis et al., 2004).

Chez les animaux de compagnie comme le chien et le chat, une utilisation similaire peut être effectuée avec en complément un rôle dans la détection précoce des risques de mortalité en élevage, notamment dans les premiers jours de vie (Mila et al., 2015).

Concernant les animaux de production tels que le porc, de telles données présentent un intérêt économique pour l'éleveur : en effet, une faible croissance a un impact économique pouvant être important (poids à l'abattage plus faible ou âge d'abattage plus élevé), et la courbe de croissance permet d'identifier rapidement les individus à risque. Cela peut également permettre d'anticiper le temps nécessaire pour atteindre un certain objectif de poids (en vue d'un abattage), au vu du poids de naissance et de l'évolution précoce de la croissance. Ces courbes permettent aussi d'établir des critères standardisés pour l'élevage, afin de pouvoir comparer les performances au sein d'un élevage et entre élevages, par exemple via le calcul du GMQ et de l'indice de consommation<sup>1</sup> (permet de mesurer l'efficacité de la conversion de l'aliment consommé en gain de poids sur une période donnée). Ces performances sont standardisés chez le porc à partir de l'étude de la courbe de poids en fonction de l'âge, et de la courbe représentant l'évolution du GMQ en fonction du poids vif (Aubry et al., 2004).

---

<sup>1</sup> L'indice de consommation :  $IC = \frac{\text{aliment consommé (kg)}}{\text{gain de poids (kg)}}$

## **C. Méthodologies employées pour réaliser des courbes de croissance**

### **1. Choix du type d'étude employé**

Deux types d'études peuvent être menées afin de réaliser des courbes de croissance, et sont en pratique fréquemment associés :

- Étude transversale : se focalise sur une situation à un instant donné. Il n'y aura donc qu'une seule mesure des paramètres de la croissance effectuée pour chaque individu. Différents individus pris à des âges différents permettent donc d'obtenir une courbe complète.
- Étude longitudinale : les variables sont mesurées de façon répétée dans le temps pour un même individu. Ce type d'étude est plus adapté à la réalisation de courbes de taux de croissance que l'étude transversale (Strum, 1991). Elle permet d'avoir une meilleure vue d'ensemble, mais elle nécessite plus de temps, et sa mise en œuvre est plus complexe et plus coûteuse.

### **2. Sélection de l'échantillon**

Les critères de sélection doivent être choisis en fonction de l'objectif de l'étude. Il faut dans un premier temps sélectionner des individus issus de la population cible : par exemple si l'on s'intéresse à la croissance du chiot de race en élevage, il ne faut pas sélectionner de chiots élevés en laboratoire, ni de chiots issus de croisements. Au sein de cette population, d'autres critères de sélection peuvent être appliqués : on peut choisir de se focaliser sur les données correspondant à une période de croissance en particulier (par exemple entre la naissance et l'âge de 6 mois chez l'Homme (De Onis et al., 2006)), sur les individus en bonne santé uniquement, sur des individus nés pendant une période définie, sur des individus présents dans une zone géographique précise (par exemple des enfants nés dans 6 pays choisis dans le cas de l'étude de l'OMS chez l'Homme (De Onis et al., 2004))...

Au final, l'objectif est que l'échantillon soit représentatif de la population cible, afin d'obtenir des informations fiables après analyse des résultats et de pouvoir extrapoler ces informations à la population d'intérêt (Virolle, 2015). La taille optimale d'un échantillon peut généralement se calculer préalablement à l'étude, par exemple à l'aide de formules prenant en compte la proportion d'individus au sein de la population qui présentent la caractéristique étudiée (si celle-ci est inconnue, une pré-étude peut être réalisée ou bien cette proportion est estimée de façon arbitraire). Néanmoins, en pratique, il n'est pas toujours possible de récolter un nombre précis de données ou d'atteindre le nombre voulu dans le temps imparti.

### **3. Collecte des données**

La collecte des données doit suivre un protocole de référence établi à l'avance, avec des prises de mesure aussi standardisées que possible. Pour recueillir des données de poids, il est préférable d'utiliser la même balance, ou bien des balances calibrées de la même façon. Dans ce cas, l'opérateur n'a que peu d'importance car il s'agit d'effectuer une simple lecture.

La durée de croissance de l'espèce considérée conditionne la période de récolte des données. Il est parfois difficile d'obtenir des courbes de croissance complètes pour certaines espèces du fait de la grande longueur de leur période de croissance. C'est le cas pour l'Homme, dont la durée de croissance est de 22 ans (Zullinger et al., 1984). Il est donc important de définir les limites de l'étude au préalable.

Dans le cas de l'analyse de la croissance pondérale, la saisie des données peut s'effectuer dans un tableau unique, par exemple dans un tableur Excel (Microsoft®) dans lequel les individus sont classés en ligne, et les variables en colonne. La saisie des données doit être vérifiée (ce qui n'est pas prévu automatiquement par le logiciel) : il ne doit y avoir ni doublon, ni donnée aberrante (par exemple un nombre bien trop grand dû à une erreur de frappe). De plus, une donnée manquante ne doit pas être remplacée par un zéro (si la mesure de poids a été impossible au jour j, la case doit rester vide). Le soin apporté à l'élaboration de la base de données et à la vérification de leur saisie conditionne la fiabilité des résultats issus de l'analyse.

Une description précise de l'échantillon récolté et un tri préalable des données (suppression de données aberrantes, catégorisation des individus, classement en différents groupes) sont indispensables à l'obtention de résultats fiables et précis.

## **D. Méthodes statistiques pour la construction de courbes de croissance**

### **1. Variables utilisées**

Différentes variables sont utilisées de manière courante pour l'étude de la croissance des différentes espèces animales (Saporta, 2006) :

- Médiane : valeur au-dessus de laquelle se situe 50% de l'effectif.
- Moyenne : somme des valeurs divisée par le nombre de valeurs. Elle exprime la grandeur qui serait prise par toutes les données si celles-ci étaient toutes identiques, sans changer la dimension globale de l'ensemble.
- Ecart-type (Standard Deviation ou SD) : distance par rapport à la moyenne. Il permet de visualiser la variabilité du caractère mesuré : si la distribution du caractère quantitatif suit une loi normale, alors deux tiers des mesures des individus à un temps donné sont contenues dans l'intervalle d'un écart-type au-dessus et au-dessous de la moyenne. L'écart type quantifie donc la dispersion des données de l'échantillon.

La moyenne et l'écart-type ne peuvent être utilisés pour décrire les données que lorsque la distribution des données étudiées suit une loi normale.

- Variable centrée réduite, ou Z-score : elle décrit en nombre d'écart-types la distance à la moyenne d'un échantillon d'une série de données (<http://www.who.int>).
- Intervalle de confiance : l'intervalle de confiance à 95 % de chaque moyenne est utilisé pour donner une indication de la vraie valeur de la moyenne dans la réalité (dans la population cible qu'il faut avoir définie au préalable, en vérifiant l'absence de biais d'échantillonnage et de mesure). Pour rappel, l'intervalle de confiance s'exprime comme suit, s'il y a plus de 30 mesures à un temps donné :

$$IC\ 95\ \% = \text{moyenne} \pm 1,96\ SE$$

Avec SE (Standard error) =  $SD / \sqrt{n}$ , où n est le nombre de mesures au temps t donné.

## 2. Représentation graphique des données

Différentes représentations graphiques sont disponibles pour permettre de visualiser la dispersion des données :

- Nuage de points : reprend toutes les mesures de poids à tout moment et donne une idée de l'allure générale des données. Cette représentation permet de vérifier aisément l'absence de valeurs aberrantes.
- Courbes individuelles : cette représentation permet d'avoir une idée de la trajectoire des courbes, et éventuellement de définir différents profils.
- Moyennes et écarts-types ou intervalles de confiance à 95% : il est possible de calculer, séparément pour certaines catégories (les mâles et les femelles par exemple), les moyennes pour chaque jour, en leur associant des barres d'erreur de hauteur égale aux écarts types ou aux intervalles de confiance à 95 %. Cela permet d'évaluer les données brutes, ainsi que leur dispersion par rapport à la moyenne.

Ces différentes méthodes de représentation constituent une aide pour déterminer le modèle mathématique à utiliser par la suite.

## 3. Choix du modèle statistique

Le principe de la construction d'une courbe de croissance est d'appliquer un modèle mathématique à des données expérimentales, le plus souvent en utilisant des régressions non linéaires (Di Masso et al., 2000).

Le modèle choisi doit se rapprocher le plus de la réalité, tout en n'étant pas trop complexe. Il est possible de comparer plusieurs modèles pour trouver le plus adéquat (Virolle, 2015). Il existe des modèles linéaires utilisant des équations de droites (modèles les plus simples), et des modèles non linéaires polynomiaux ou curvilignes (exponentiel, de Gompertz, logistique). Afin que l'adéquation d'un modèle linéaire aux données soit bonne, il est possible de lui autoriser une ou plusieurs ruptures de pente c'est-à-dire des seuils temporels auxquels l'inclinaison des portions de droite est susceptible de changer.

La croissance pondérale d'un mammifère est généralement modélisée par des courbes sigmoïdes, car elle est le plus souvent non linéaire (Di Masso et al., 2000).

Les équations de Von Bertalanffy, de Gompertz et l'équation logistique (Ricklefs, 1967), qui sont des modèles non linéaires curvilignes, sont donc celles qui sont le plus souvent employées. Selon Zullinger et al., (1984), après comparaison des trois modèles, l'équation de Von Bertalanffy correspond le mieux à la croissance de la plupart des espèces, bien que la différence avec l'équation de Gompertz soit minime. Cependant, quelques espèces étant mieux représentées par l'équation logistique (dont la souris, Eisen, 1976), c'est donc finalement le modèle de Gompertz qui semble le meilleur compromis dans l'optique de comparer les différentes espèces de mammifères entre elles. Parmi ces trois modèles, l'équation de Von Bertalanffy est néanmoins la plus fréquemment utilisée pour modéliser la croissance postnatale des grands mammifères (Strum, 1991).

Il paraît donc difficile de définir le modèle à utiliser en priorité, et il semble évident que le choix du modèle varie selon les données disponibles et l'espèce considérée. Par ailleurs, ces modèles ne sont pas toujours applicables, notamment lorsque les données se limitent à la croissance précoce, c'est-à-dire avant le point d'inflexion de la courbe survenant au moment de la puberté ; ou bien lorsque les données ne suivent pas une allure sigmoïde (Zullinger et al., 1984).

### ***E. Points critiques de la construction des courbes***

Il est parfois complexe d'estimer la représentativité de l'échantillon par rapport à la population cible initiale, notamment du fait de grandes variations pouvant être observées selon le mode de vie des animaux étudiés. Par exemple, chez le babouin jaune (*Papio cynocephalus*), les individus élevés en captivité présentent une croissance plus rapide que les animaux sauvages du fait de la bonne disponibilité alimentaire. Cependant, la différence de poids est compensée par une croissance de plus longue durée chez l'animal sauvage (Altmann et Alberts, 1987). Les conclusions tirées à partir d'animaux étudiés en captivité ne peuvent donc pas nécessairement être extrapolées aux animaux sauvages.

Il en va de même pour les animaux de laboratoire tels que le chat ou la souris : dans le cas du chat, les études ont porté soit sur des chats élevés en laboratoire (Festing and Bleby, 1970), soit sur des chats de race en élevage (Moik and Kienzle, 2011), ce qui ne représente en aucun cas la population globale de chats de nos jours. De même dans le cas de la souris, les animaux étudiés sont pour certains issus de lignées sélectionnées pour leur croissance, et les résultats ne peuvent donc pas nécessairement s'appliquer ni à des lignées souches, ni à d'autres lignées homozygotes (Di Masso et al., 2000).

Par ailleurs, se pose la question de l'impact de la stérilisation précoce des animaux sur la croissance, largement pratiquée notamment en production porcine (où la quasi-totalité des mâles sont castrés dans les premiers jours de vie), ou chez les chats (souvent stérilisés autour de la puberté). L'étude de la croissance de porcs mâles d'élevage ne représentera donc probablement pas la croissance de l'espèce porcine en général, mais l'application de ces résultats en élevage sera possible dans la majorité des cas, car cette pratique y est très largement répandue.

Enfin, l'état de santé des individus étudiés entre également en ligne de compte. Si l'on ne souhaite n'étudier que les individus en bonne santé pour établir des courbes de référence ou bien des standards, il faut définir des critères qui permettent d'attester de cette bonne santé. Chez l'Homme par exemple, de nombreux facteurs (état de santé de la mère et du nouveau-né, environnement, type d'allaitement, tabagisme...) ont été strictement contrôlés pour l'inclusion des individus dans l'étude réalisée par l'OMS pour l'établissement de standards de croissance (De Onis et al., 2004).

Les critères géographiques peuvent également avoir un impact si les courbes construites ont une visée internationale. Chez l'Homme par exemple, les enfants ayant participé à l'étude de l'OMS de 2004 étaient issus de six pays différents, sélectionnés dans chacune des grandes régions du Monde (Amérique du Nord, Amérique du Sud, Europe, Moyen-Orient, Asie, Afrique). Des études préalables ont donc été nécessaires pour démontrer l'absence de différence

significative en terme de croissance entre ces 6 pays, et donc par extension entre ces différentes régions du monde (De Onis et al., 2004).

Malgré toutes ces précautions, des biais sont toujours susceptibles d'être présents au sein d'une étude, du fait de la difficulté d'obtenir des données précises et homogènes. Ce biais est d'autant plus important chez l'animal, car la coopération de ce dernier ne permet pas toujours d'obtenir des mesures fiables.

## **II. Analyse des courbes de croissance de référence chez d'autres espèces que le chien**

Cette partie sera illustrée par des exemples tirés de l'étude de différentes espèces de mammifères : l'Homme (*Homo sapiens*), le gorille (*Gorilla gorilla*), le chimpanzé commun (*Pan troglodytes*), différentes espèces de macaques (macaque rhesus *Macaca mulatta*, macaque japonais *Macaca fuscata*, macaque à queue de cochon *Macaca nemestria*) et de babouins (babouin chacma *Papio ursinus*, babouin jaune *Papio cynocephalus*, babouin olive *Papio anubis*), le cochon (*Sus scrofa domesticus*), le chat (*Felis catus*), le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) et la souris (*Mus musculus*). L'exemple du chien (*Canis lupus familiaris*) sera volontairement abordé plus tard, au cours de la discussion de nos résultats expérimentaux.

Les données retenues sont tirées d'études dans lesquelles les nouveau-nés sont considérés en bon état de santé, le poids de naissance et la croissance pathologiques ne seront donc pas abordés.

### **A. Protocoles élaborés**

#### **1. Échantillonnage et récolte des données**

Les courbes de croissance pondérale, élaborées au cours du temps chez différentes espèces de mammifères, sont issues de protocoles variant parfois fortement selon le type d'animal considéré, et l'époque de réalisation de l'étude.

Chez l'Homme, les protocoles utilisés ont le plus souvent combiné l'étude longitudinale d'une cohorte d'enfants, associée à des données transversales, permettant ainsi l'obtention d'un très grand nombre de données, dont la facilité d'acquisition repose sur le suivi médical structuré des individus ainsi que sur la coopération importante des individus pour la réalisation des mesures (Cole et al., 1998 ; Kuczmarski et al., 2002 ; de Onis et al., 2004).

Par ailleurs, ces protocoles établis préalablement au commencement de l'étude ont permis d'acquérir des données fiables et précises grâce à des méthodes de mesure standardisées (utilisation d'une même balance, formation des opérateurs, sessions de standardisation et opérations de contrôle régulières), et des critères d'inclusion stricts tels que ceux définis dans l'étude longitudinale de l'OMS publiée en 2004 : pas de facteur de santé ou d'environnement connu pour avoir un effet négatif sur la croissance, une mère suivant les recommandations de l'OMS en matière d'alimentation (allaitement maternel exclusif pendant 6 mois), une mère non fumeuse avant et après l'accouchement, une grossesse non gémellaire, et une absence de pathologie notable au cours de l'étude (De Onis et al., 2004).

Par ailleurs, il s'agit de la seule espèce pour laquelle une étude a pu être menée sur un échantillon international. Cette étude réalisée entre 1997 et 2003, a inclus 882 nourrissons pour l'étude longitudinale, et 6669 enfants pour l'étude transversale, issus de 6 pays différents (Brésil, Etats-Unis, Ghana, Inde, Norvège, Oman). Elle a donné lieu à l'établissement de courbes de croissance standard de l'enfant, par sexe, entre la naissance et 71 mois, mais aussi des courbes plus globales allant jusqu'à l'âge de 17 ans. Ces courbes avaient pour objectif de décrire la croissance de l'espèce humaine dans son ensemble (De Onis et al., 2004).



Le même type d'étude longitudinale a pu être réalisée chez les animaux domestiques ainsi que chez les animaux de rente, avec cette fois-ci un suivi en élevage ou en station expérimentale, depuis la naissance jusqu'à un âge donné.

Chez le porc, ainsi que chez le lapin, de nombreux animaux (80 à 6669 porcelets et 1299 lapereaux selon les études considérées) ont été pesés individuellement, ou parfois par portée avec calcul du poids moyen de chaque animal *a posteriori*, à intervalles réguliers (tous les 2 à 21 jours selon l'étude), jusqu'au sevrage (Aumaitre et al., 1966 ; Lebas et Sardi, 1969 ; Škorjanc et al., 2007), ou jusqu'à l'abattage (environ 180 jours chez le porc charcutier, et 80 jours chez le lapin) (Aubry et al., 2004 ; Vaclavkova et al., 2012). Dans certains cas, différents groupes ont pu être étudiés selon le stade d'élevage (maternité, post-sevrage, engraissement), permettant ainsi la construction d'une courbe de croissance globale par étapes (Colin et Querne, 1991). Cependant, aucune étude n'a pu établir la croissance complète du porc en élevage, du fait de l'abattage des animaux à un poids fixe ayant lieu avant la fin de la croissance. A l'inverse, chez le lapin, ces résultats sont disponibles du fait de l'utilisation de cette espèce en expérimentation animale (Masoud et al., 1986 ; Blasco et Gomez, 1993).

De même, chez le chat, un suivi du poids des chatons en élevage, avec l'aide d'un questionnaire destiné aux éleveurs, a permis l'obtention de données satisfaisantes pour l'établissement de courbes de croissance de 0 à 35 semaines, via l'étude de 448 chatons appartenant à 16 races distinctes et issus de 29 élevages différents (Gast, 2011).

Néanmoins, dans ces espèces, les protocoles n'ont jamais atteint le niveau de standardisation rencontré chez l'Homme (méthodes de mesure très « élevage ou station dépendantes », critères d'inclusion moins stricts, peu de contrôles de la méthode de mesure...). De plus, chez le chat, peu d'études sont disponibles et celles-ci n'ont généralement pas été menées sur un effectif très important (448 chatons dans l'étude de Gast en 2011, contre 7751 enfants, 6669 porcs et 1299 lapereaux dans d'autres études), du fait sans doute de l'intérêt économique moindre pour cette espèce par rapport aux animaux de rente.

La difficulté de l'étude des animaux de compagnie et de rente réside donc dans le fait d'obtenir un échantillon de taille suffisante pour être représentatif de la population cible, et de parvenir à récolter les données de façon standardisée.

Chez l'animal de laboratoire, tel que la souris, le lapin, le singe ou encore le chat lorsqu'il est élevé en laboratoire, la récolte de données et le suivi des animaux au cours de leur croissance ne posent pas de problème majeur. Chez la souris, les études ont généralement combiné des individus issus de lignées différentes et couvrant plusieurs générations (Gall et Kyle, 1968 ; Di Masso et al., 2000). En effet, la petite taille et la croissance rapide de cette espèce ont permis l'élevage d'un nombre important d'animaux et l'obtention de données conséquentes sur l'intégralité de leur croissance. Ce n'est malheureusement pas le cas pour les espèces de grande taille élevées en centres de recherche, telles que le gorille, pour lequel les populations sont généralement de taille inférieure à une dizaine d'individus, avec une durée d'étude bien supérieure, de l'ordre d'une vingtaine d'années (Gijzen et Tijssens, 1971), mettant par conséquent en jeu des moyens matériels et financiers considérablement différents et donnant des résultats très variables entre études.

L'élevage d'animaux de laboratoire fait par ailleurs appel à des conditions le plus souvent strictement contrôlées, ce qui a garanti dans la plupart des études des conditions environnementales et nutritionnelles comparables durant la récolte des données : par exemple, dans le cas d'études réalisées chez le macaque à queue de cochon (Sackett et Ruppenthal, 1992), le babouin jaune (Glassman et Coelho, 1988) ou encore le chat (Hall et Pierce, 1934), les animaux étaient élevés dans des conditions strictement comparables tout au long de l'étude. De plus, l'origine génétique des animaux a également pu être contrôlée : le lapin et la souris ont fait notamment l'objet d'études portant sur des lignées artificielles, sélectionnées pour le critère

de poids ou de vitesse de croissance, ou sur des lignées homozygotes possédant des caractères particuliers liés à la vitesse de croissance ( Di Masso et al., 2000 ; Blasco et al., 2003).

L'étude de la croissance chez l'Homme ainsi que sur des animaux de rente ou de laboratoire a permis l'élaboration de protocoles dans lesquels le moment exact de chaque pesée pouvait être choisi et répété. Par exemple, dans une publication portant sur la croissance du lapin (Masoud et al., 1986), les pesées étaient systématiquement réalisées à jeun ; *a contrario*, dans une étude sur le macaque à queue de cochon (Sackett et Ruppenthal, 1992), les pesées étaient effectuées après le repas. L'intervalle entre deux pesées pouvait également être choisi sans contrainte du fait de la disponibilité permanente des animaux pour les mesures. Ces derniers paramètres sont en revanche très difficiles à fixer dans le cas de l'étude de la croissance d'animaux sauvages, tels que le babouin, les pesées ne pouvant pas être réalisées régulièrement ni à des périodes fixes de la journée. Par ailleurs, une difficulté supplémentaire réside dans le moyen de peser les animaux, qui contrairement à tous ceux cités précédemment, ne sont pas habitués à la présence et au contact humains. Deux options ont pu être choisies par les scientifiques ayant mené ces études : la sédation des animaux afin de pouvoir effectuer les mesures (Strum, 1991), ou bien l'installation de balances plateformes sur le territoire des animaux, avec mise en place d'une période d'accoutumance, puis réalisation des relevés de mesure et identification des individus à distance grâce à des jumelles ou des caméras ( Johnson, 2003 ; Altmann et Alberts, 2005). Ces techniques permettent l'obtention de mesures répétées pour un nombre conséquent d'individus, mais celles-ci sont cependant obtenues à des fréquences aléatoires (certains individus sont pesés plus fréquemment que d'autres, et les intervalles entre deux pesées ne sont pas choisis).

Enfin, pour toutes les espèces étudiées, se pose la difficulté liée à la diversité morphologique de ces espèces, constituées de plusieurs races de différents formats.

La méthode de récolte des données peut donc extrêmement varier, allant du simple remplissage d'un questionnaire par l'éleveur à la télé-anesthésie, en passant par la pesée réalisée par un opérateur ou encore par l'utilisation d'une balance plateforme, selon les espèces considérées et leurs conditions de vie (élevage, laboratoire, vie sauvage).

## **2. Traitement des données et tracé des courbes de croissance**

Les méthodes employées pour traiter les données obtenues, et pour tracer les courbes de croissance, varient principalement selon l'époque de réalisation de l'étude. Les dates de publication des études considérées s'étendent de 1925 à 2014, période au cours de laquelle les méthodes d'analyse statistique de données ont considérablement évolué.

Les études les plus anciennes, réalisées majoritairement entre 1925 et 1950, aboutissent le plus souvent au tracé, généralement effectué à la main, de courbes individuelles ou de courbes représentant le poids moyen d'un certain nombre d'individus, en kilogrammes ou en grammes, en fonction du temps. C'est notamment le cas pour une étude de 1937 ayant permis l'établissement d'une courbe de croissance pour le chimpanzé (Figure 1) (Spence et Yerkes, 1937) ainsi que pour celle de 1934 représentant la croissance du chat (Figure 2) (Hall et Pierce, 1934).

Les représentations graphiques réalisées par ordinateur se multiplient par la suite. Dans certains cas, les écart-types sont également représentés, comme dans une étude de 1956 portant sur le macaque rhésus (Figure 3) (Catchpole et Van Wagenen, 1956).

A partir des années 70, les courbes de croissance ne sont plus tracées que par ordinateur, et la majorité d'entre elles sont représentées dans un premier temps par un nuage de points, puis modélisées à l'aide de régressions linéaires (Figure 4) (Festing et Bleby, 1970 chez le chat), puis à l'aide de régressions non linéaires polynomiales (Aumaitre et al., 1966 chez le porc ; Gall et Kyle, 1968 chez la souris, Figure 5).

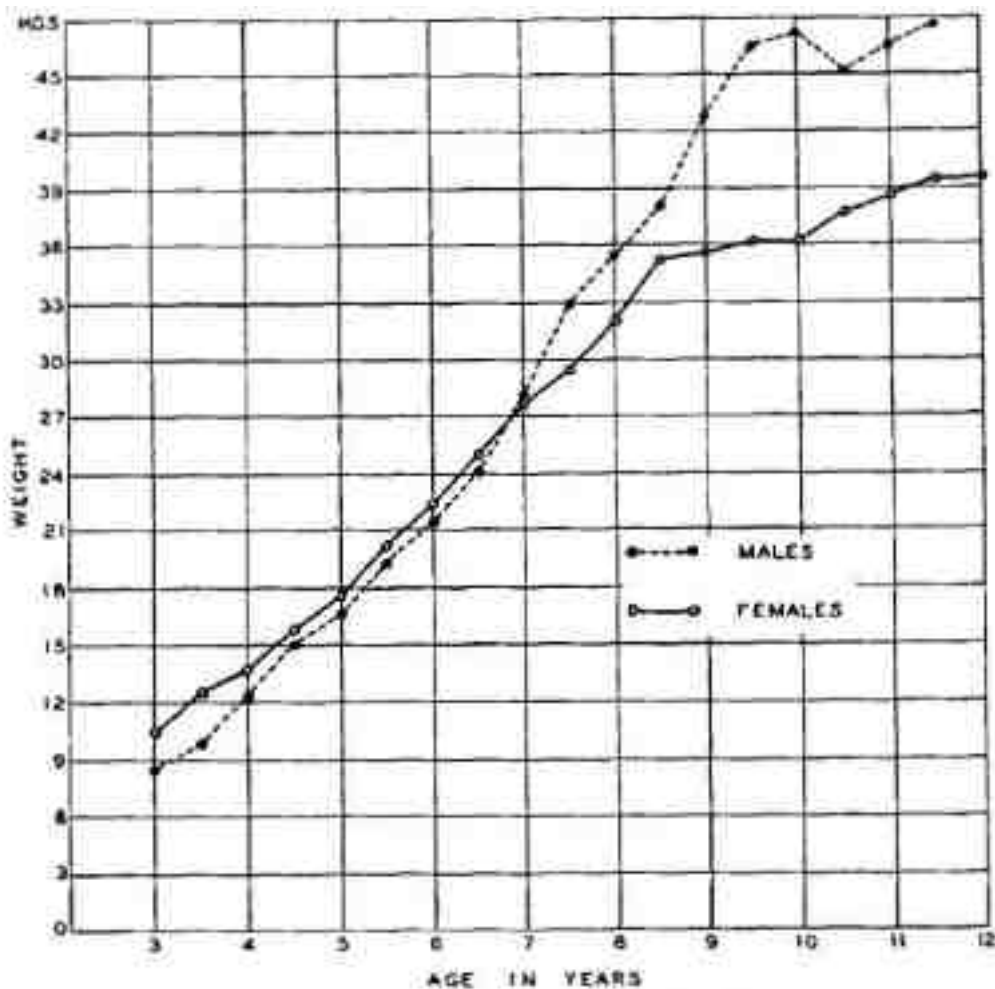


Figure 1 : Représentation manuscrite des courbes de croissance pondérale moyenne du chimpanzé (*Pan troglodytes*) en fonction du sexe (n = 25, dont 10 mâles et 15 femelles)  
L'axe des ordonnées représente le poids des individus, en kilogrammes (Spence et Yerkes, 1937)

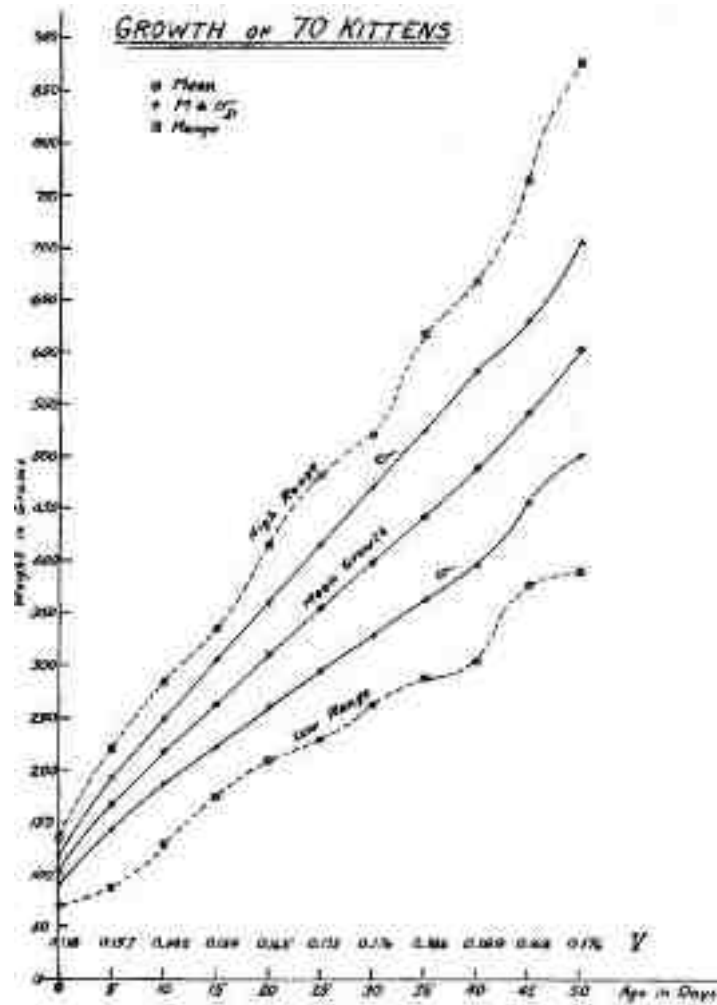


Figure 2 : Tracé à la main des courbes de croissance du chaton (*Felis catus*) pendant les 50 premiers jours de vie (n = 70)  
 Courbe moyenne, courbe à  $\pm$  un écart-type, courbe maximale et courbe minimale  
 (Hall et Pierce, 1934)

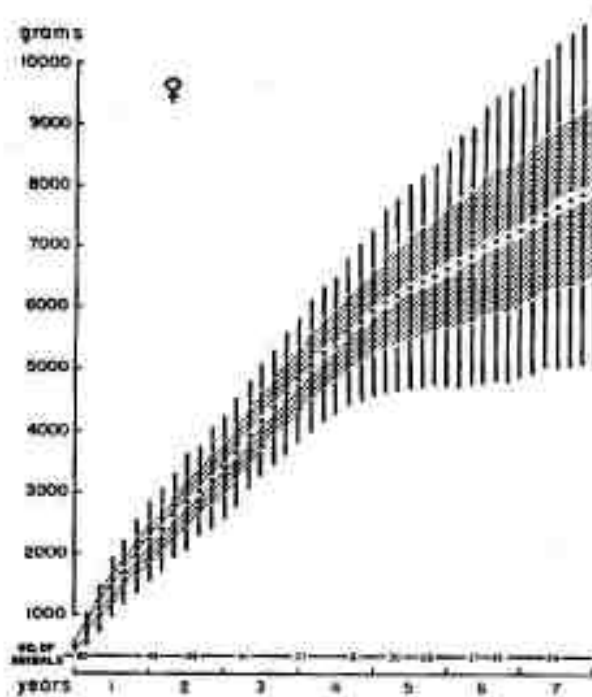


Figure 3 : Courbe de croissance de macaques rhésus (*Macaca mulatta*) femelles (n = 72)  
 L'axe des ordonnées représente le poids des individus en gramme. L'axe des ordonnées représente leur âge, en années.  
 (Catchpole et Van Wagenen, 1956)

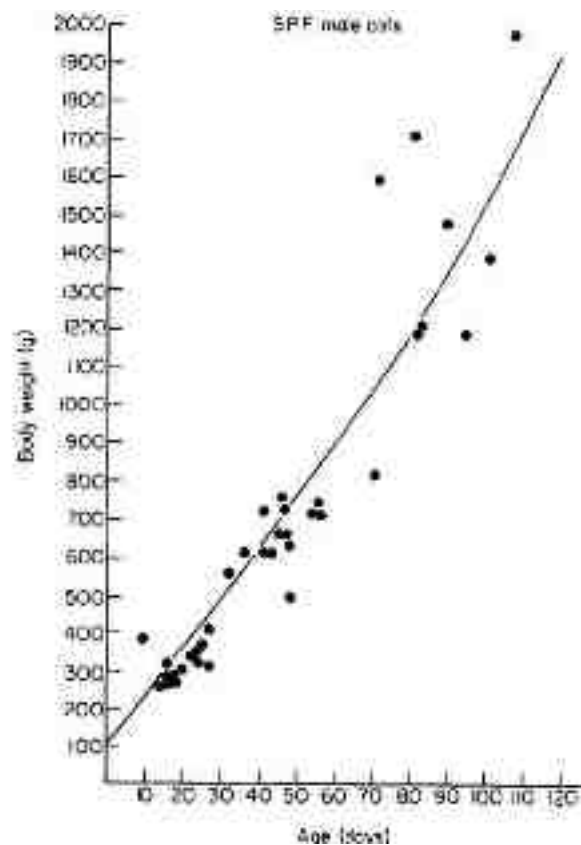


Figure 4 : Régression linéaire modélisant la croissance de chats mâles de laboratoire (*Felis catus*)  
 entre la naissance et l'âge de 120 jours (n = 213 chatons)  
 (Festing et Bleby, 1970)

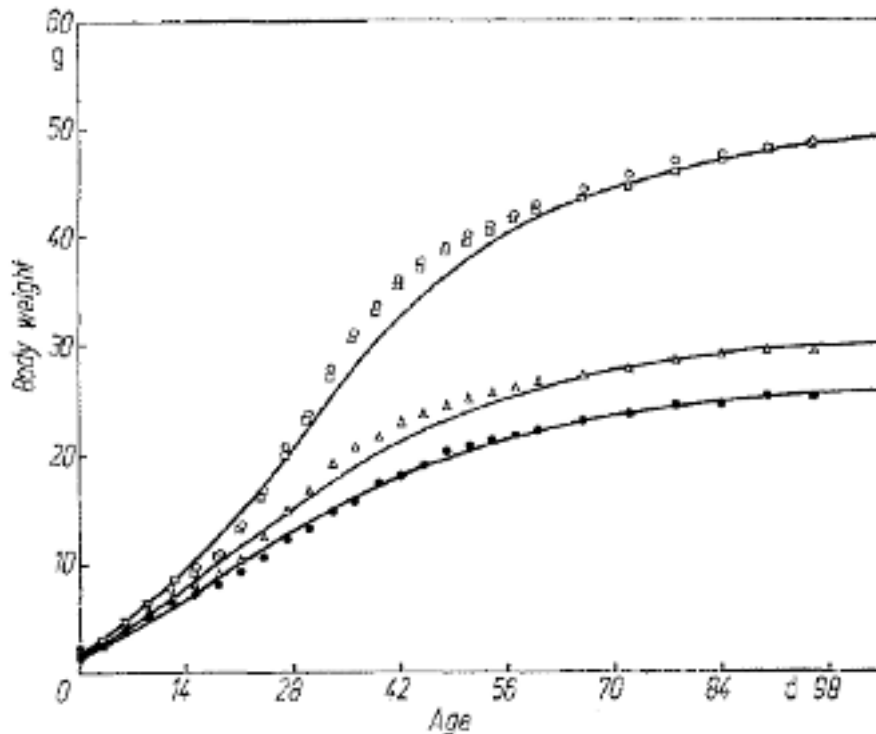


Figure 5 : Régression non linéaire modélisant la croissance de quatre lignées de souris mâles (*Mus musculus*) (n = 854 souris)

L'axe des ordonnées représente le poids des individus en gramme. L'axe des ordonnées représente leur âge, en jours. (Gall et Kyle, 1968)

Au cours de la fin des années 90 et du début des années 2000, l'utilisation de logiciels de statistiques de plus en plus performants et spécialisés se répand, et permet une analyse des données et un tracé des courbes de plus en plus fins. Par ailleurs, l'utilisation de la méthode LOWESS (Locally Weighted Regression Scatterplot Smoothing), puis plus tardivement LOESS (Local RegrESSion), qui sont des méthodes de régression locale non paramétriques, aussi appelées régressions polynomiales avec pondération locale, apparaît. Elles permettent le tracé d'une courbe de lissage qui s'ajuste au nuage de points représentant les données, à l'aide de plusieurs fonctions polynomiales successives correspondant aux différentes portions du nuage de points. Pour calculer les coefficients de ces différentes fonctions, elle applique plus de poids aux points les plus proches, et moins de poids aux points les plus éloignés (méthode des moindres carrés pondérés). Cela permet la construction d'une courbe ayant une meilleure adéquation aux données que celles obtenues avec les régressions linéaires ou polynomiales classiques, puisque tracée à l'aide d'une succession d'équations et non d'une seule. Cette méthode est notamment utilisée pour les primates (Leigh et Shea, 1996), chez le chimpanzé (Figure 6, Marzke et al., 1996, Figure 7, Hamada et Udon, 2002), ainsi que chez le babouin chacma (Figure 8, Johnson, 2003).

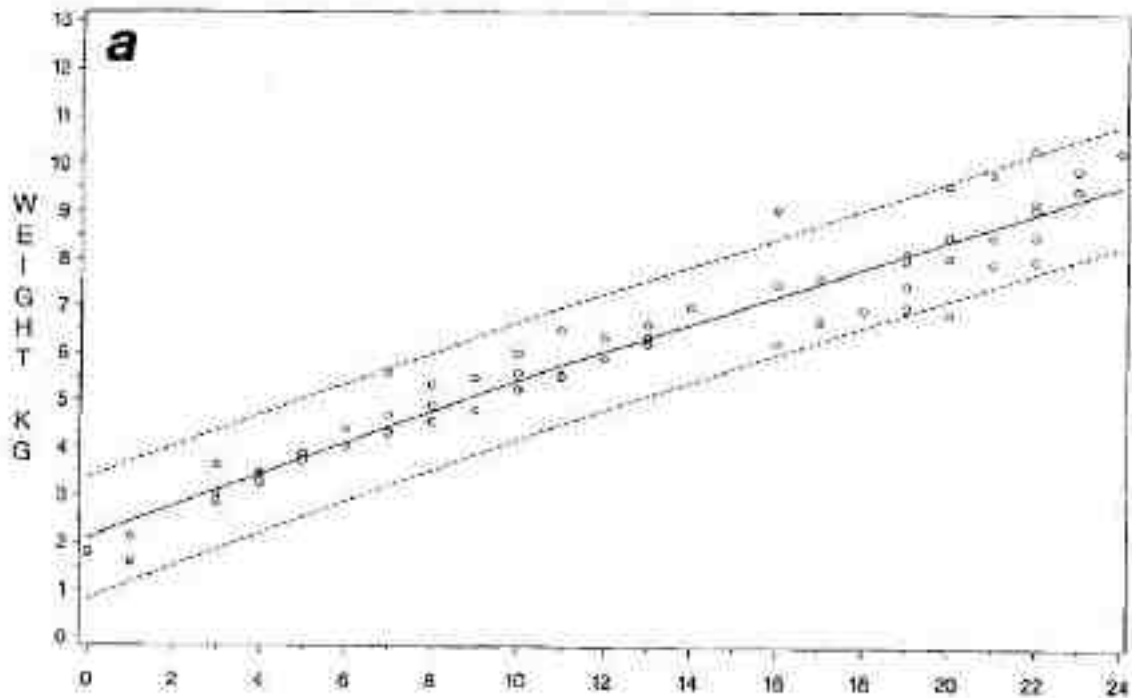


Figure 6 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la croissance de chimpanzés (*Pan troglodytes*) femelles élevés en nurserie au Primate Foundation of Arizona (n = 10)  
 Représentation de la croissance médiane et des percentiles 5 et 95. L'axe des abscisses représente l'âge des individus, exprimé en mois  
 (Marzke et al., 1996)

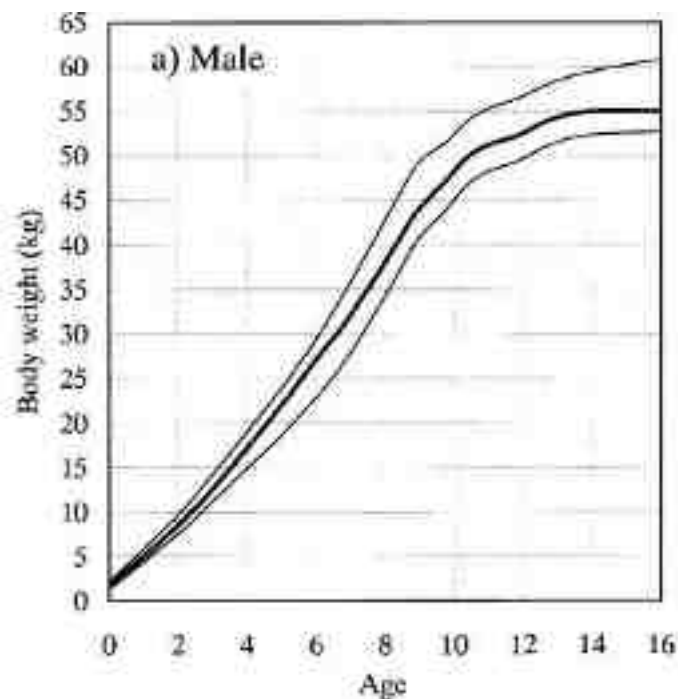


Figure 7 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la courbe de croissance de chimpanzés mâles (*Pan troglodytes*) (n = 197 mesures)  
 Représentation des percentiles 25, 50 et 75. L'axe des ordonnées représente l'âge des individus, exprimé en années. (Hamada et Uono, 2002)

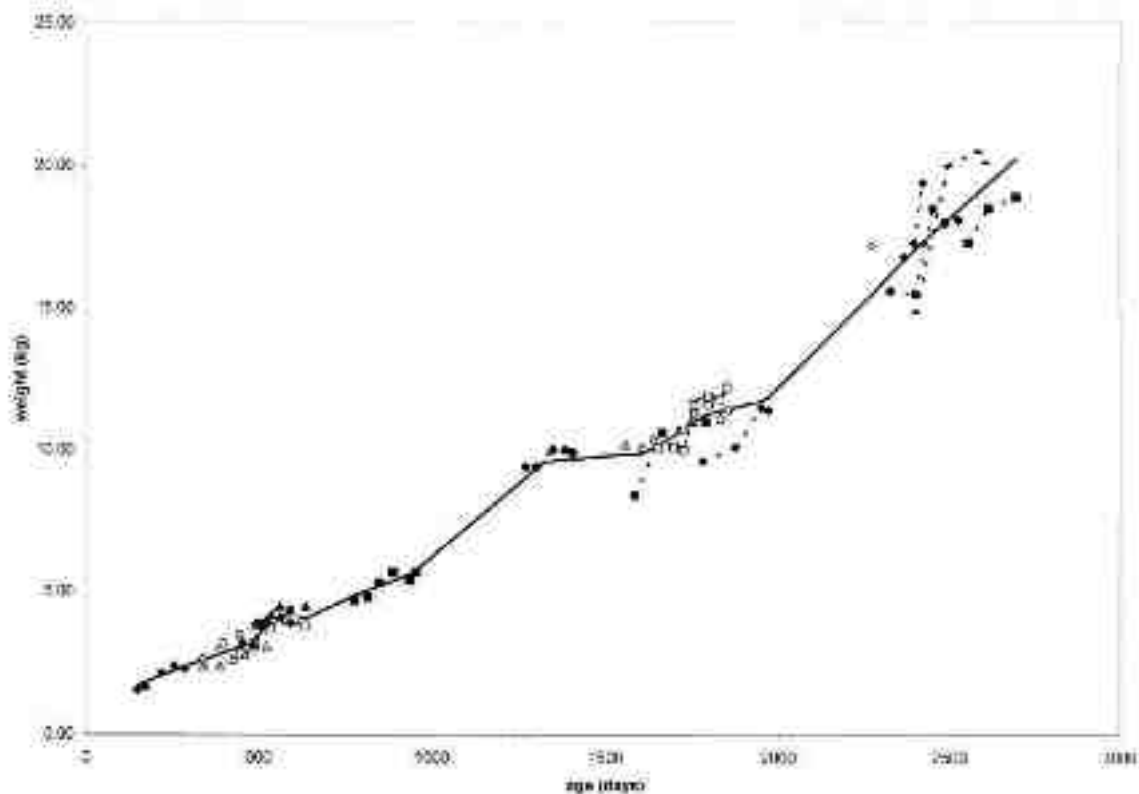


Figure 8 : Méthode LOWESS appliquée au tracé de la croissance pondérale de babouins chacma mâles (*Papio ursinus*) (n = 17)  
Les différents symboles représentent le statut hiérarchique de la mère (Johnson, 2003)

L'utilisation de modèles non linéaires curvilignes tels que l'équation logistique, de Von Bertalanffy ou de Gompertz, débute dans les années 70 de manière sporadique puis se généralise dans les années 90 à 2000. L'équation de Von Bertalanffy a notamment été utilisée chez le babouin (Figure 9, Strum, 1991). Une version reparamétrée de la fonction logistique a permis le tracé des courbes de croissance pour 4 lignées de souris (Di Masso et al., 2000). Enfin, l'équation de Gompertz a très largement été utilisée, par exemple chez le porc (Figure 10<sup>2</sup>, Aubry et al., 2004), et le lapin (Figure 11, Blasco et Gomez, 1993 ; Blasco et al., 2003).

Enfin, au cours des quinze dernières années, l'utilisation de modèles de régression et de fonctions de lissage de plus en plus complexes et perfectionnés, a permis l'élaboration de courbes de plus en plus détaillées (affichage des différents percentiles) et fiables, avec notamment vérification de la concordance des données grâce à des logiciels et méthodes d'analyse toujours plus variés. C'est par exemple le cas des courbes de croissance générées suite à l'étude de l'OMS chez l'Homme (Figure 12, de Onis et al., 2004).

<sup>2</sup> Certaines figures, dont celle-ci ont été présentées deux fois dans le manuscrit, et ce, pour faciliter la lecture (les figures étant utilisées dans plusieurs objectifs et nécessitant d'être comparées à d'autres).



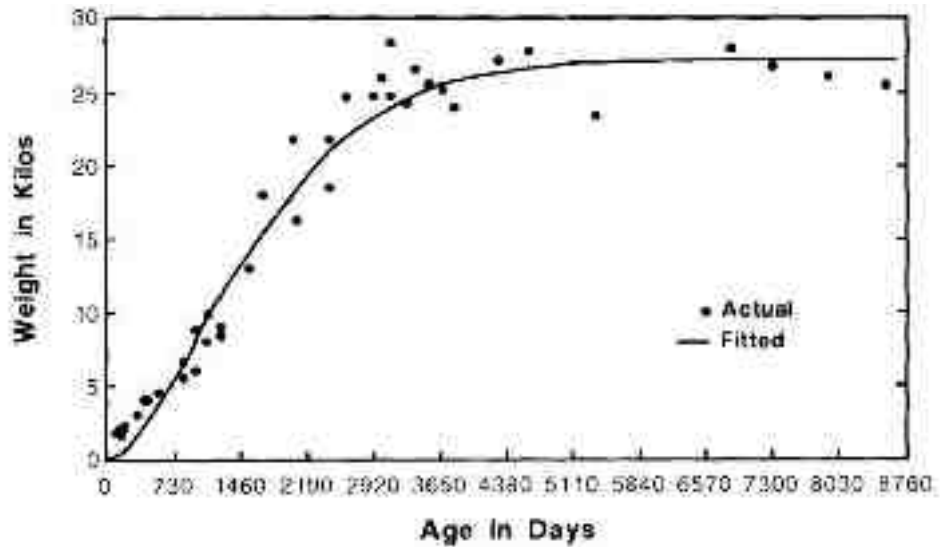


Figure 9 : Equation de Von Bertalanffy appliquée à la croissance de babouins olive mâles (*Papio anubis*), se nourrissant par eux-mêmes (n = 49) (Strum, 1991)

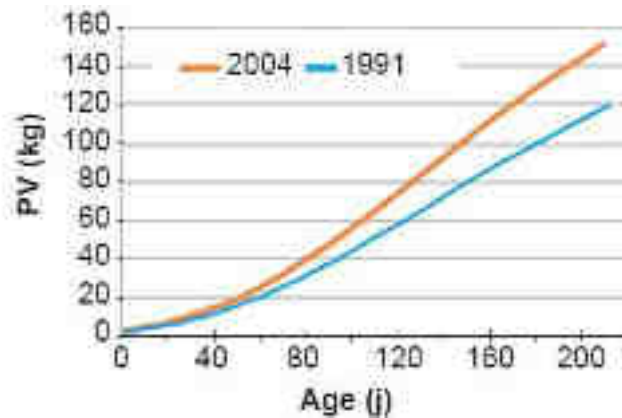


Figure 10 : Equation de Gompertz appliquée à l'évolution du poids vif (PV) du porc (*Sus scrofa domestica*) en fonction de l'âge (n = 308), et comparaison à la courbe obtenue par Colin et Querne, 1991 (n = 157) (Aubry et al, 2004)

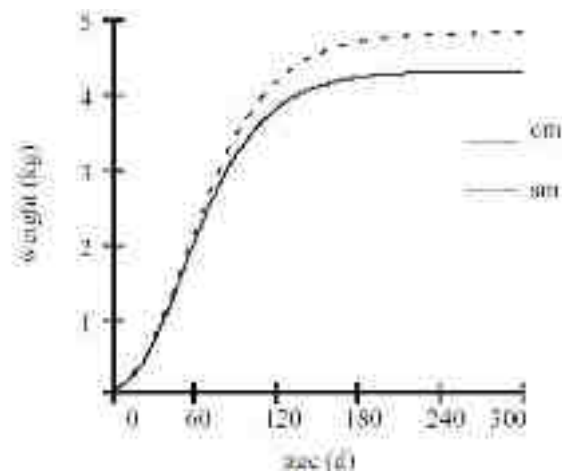


Figure 11 : Equation de Gompertz appliquée au tracé de la courbe de croissance de lapins mâles (*Oryctolagus cuniculus*) sélectionnés (sm) (n = 27) ou non (cm) (n = 27) pour le facteur croissance (Blasco et al, 2003)

## B. Allure des courbes de croissance

### 1. Chez l'Homme

L'étude réalisée par l'OMS, portant sur une cohorte de 882 nourrissons pour l'étude longitudinale, et 6669 enfants pour l'étude transversale (De Onis et al., 2004), a permis l'élaboration de courbes de croissance standard de l'enfant par sexe entre 0 et 60 mois (Figure 12). Le poids de naissance standard dans cette étude est respectivement de  $3,35 \pm 0,49$  kg chez les garçons et de  $3,23 \pm 0,46$  kg chez les filles.

La vitesse de croissance chute rapidement à partir de la naissance, jusqu'à atteindre un plateau à la fin de la 1<sup>ère</sup> année. La deuxième année, la vitesse de croissance décroît toujours, mais plus lentement. Globalement, les enfants doublent leur poids de naissance à l'âge de 6 mois, et le triplent à 12 mois.

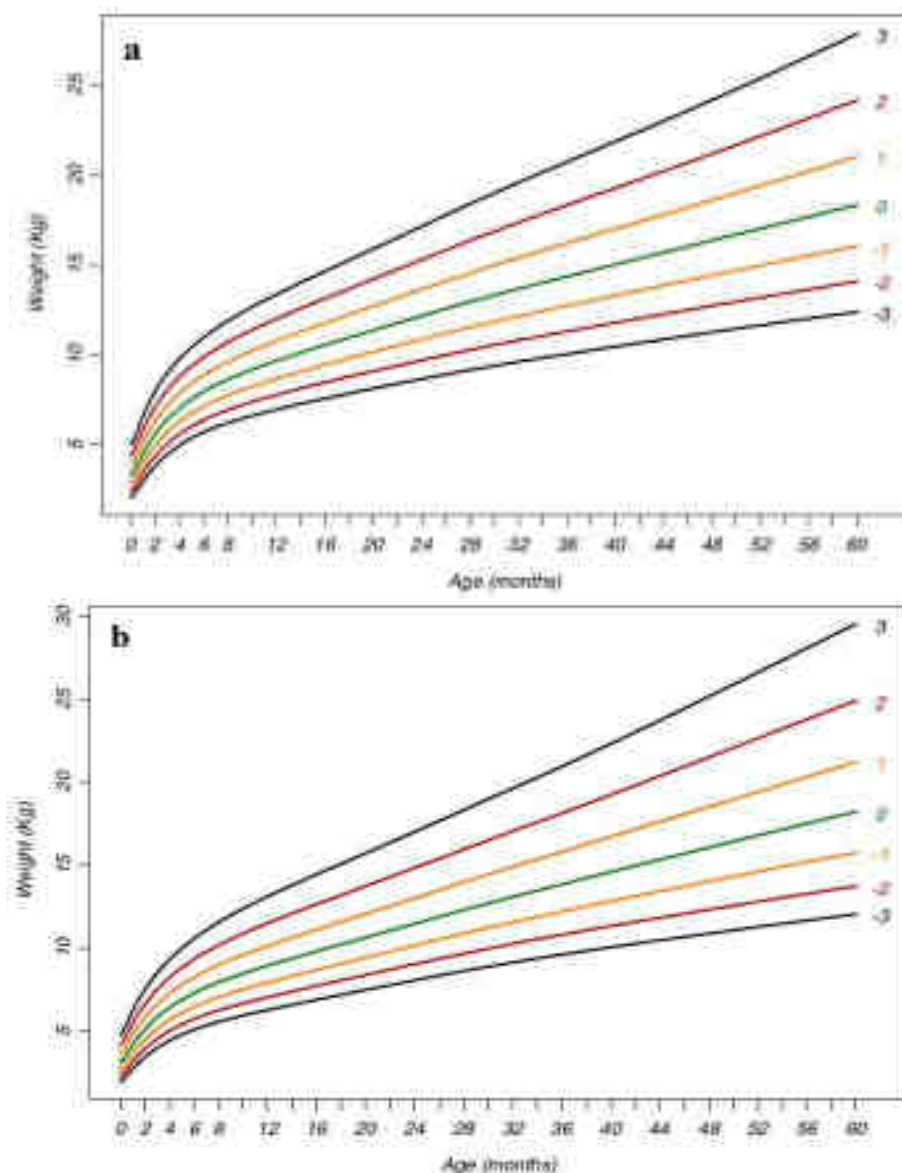


Figure 12 : Courbe de croissance dans l'espèce humaine de 0 à 60 mois : représentation de la courbe moyenne, puis des différents Z-scores  
a) Chez le garçon (n = 3878), b) Chez la fille (n = 3673)  
(De Onis et al., 2004)

## 2. Chez le primate non humain

Chez le chimpanzé, une étude publiée en 2002 et réalisée sur 5 mâles et 7 femelles pour le suivi longitudinal (pesée tous les 3 à 6 mois), et 105 autres chimpanzés pour les données transversales a permis l'établissement de courbes de croissance de référence par sexe entre la naissance et l'âge de 16 ans. Les animaux ont été élevés en laboratoire dans deux instituts distincts. Un total de 197 mesures pour les mâles et 253 pour les femelles ont été obtenues et analysées (Figure 13, Hamada et Udono, 2002). La vitesse de croissance décroît de manière linéaire jusqu'à l'âge de 3-4 ans.

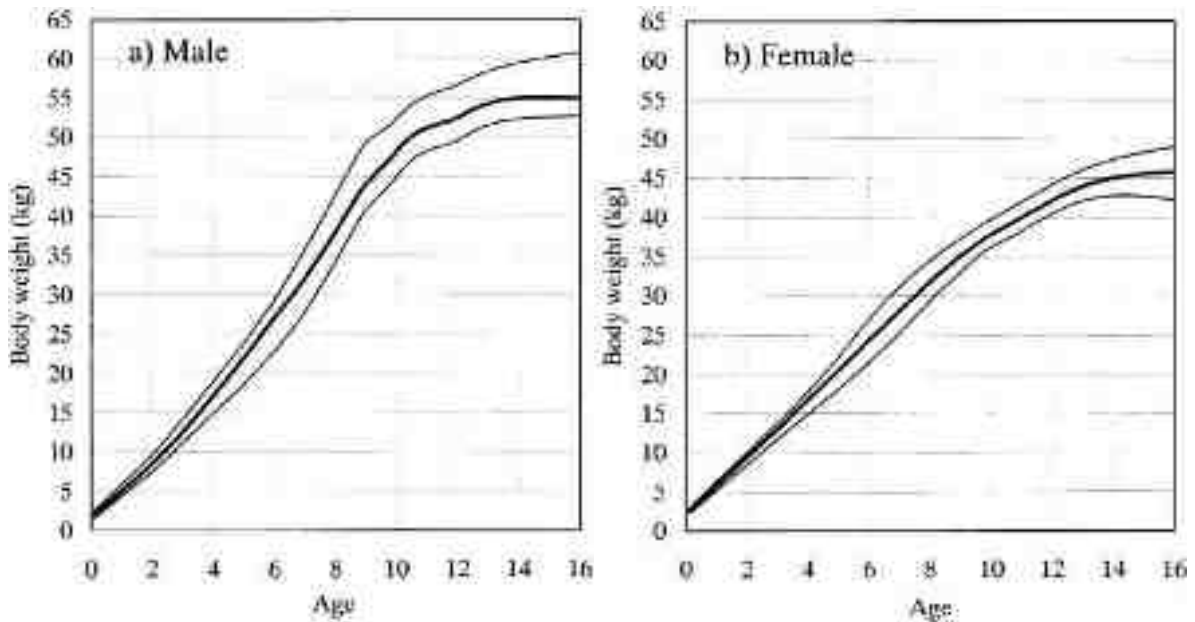


Figure 13 : Courbe de croissance du chimpanzé (*Pan troglodytes*) de la naissance à l'âge de 16 ans (représentation des percentiles 25, 50 et 75)

- a) Mâles (n = 5 individus pour l'étude longitudinale, 197 mesures pour l'étude transversale)
  - b) Femelles (n = 7 individus pour l'étude longitudinale, 253 mesures pour l'étude transversale)
- L'axe des abscisses représente l'âge des chimpanzés en années. (Hamada et Udono, 2002)

Chez le babouin, les courbes de croissance ont été générées entre la naissance et l'âge de 8 ans, pour chaque sexe, et pour deux groupes d'animaux recevant des alimentations différentes : l'un des groupes se nourrissait par lui-même, et le second état en partie nourri par l'Homme. Les courbes ont été tracées à partir de l'analyse de 1012 mesures obtenues à l'aide d'une balance plateforme et relevées à la jumelle par des opérateurs (Figure 14, Altmann et Alberts, 2005). Le tracé des courbes a été effectué à l'aide d'une régression linéaire par morceaux, réalisée avec un logiciel de statistiques permettant de déterminer le point d'inflexion de la courbe, ainsi que la vitesse de croissance.

Cette courbe met en évidence un pic de croissance à l'adolescence (vers 3 à 5 ans) chez le mâle, avec un taux de croissance doublé, que l'on ne retrouve pas chez la femelle.

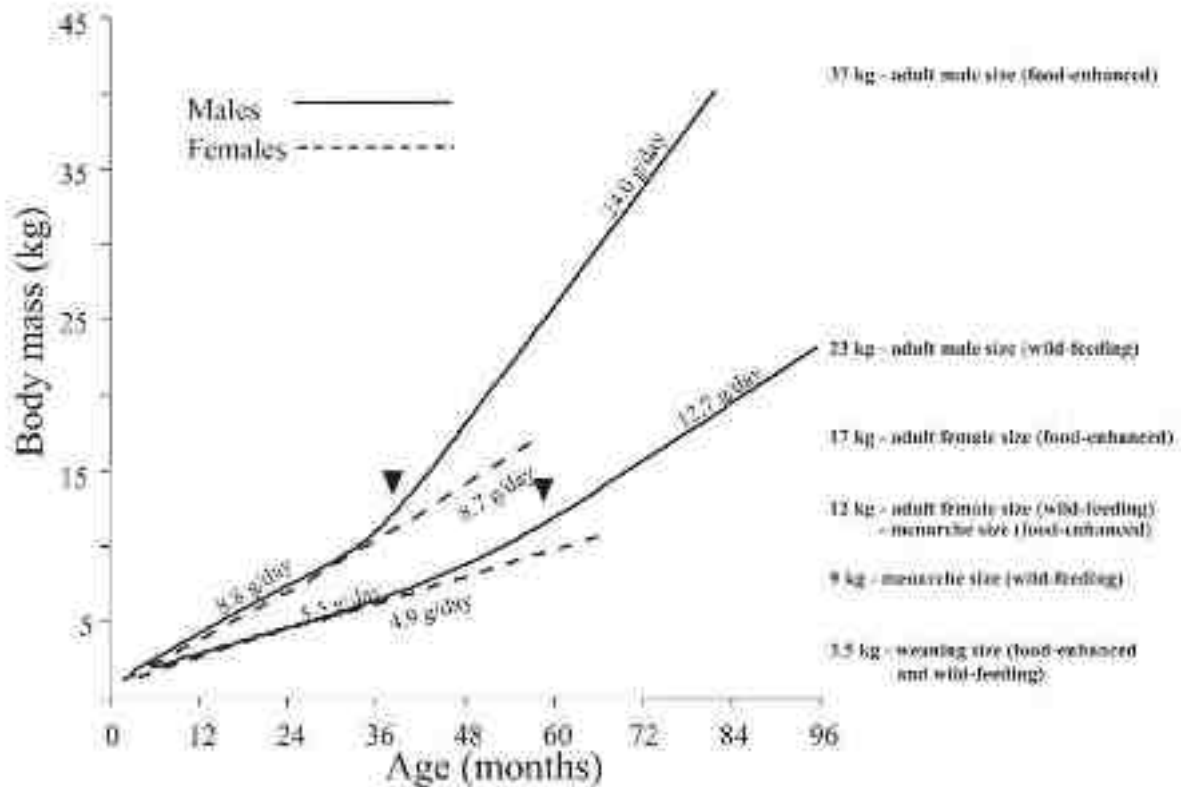


Figure 14 : Croissance et vitesse de croissance du babouin jaune (*Papio cynocephalus*) mâle et femelle, selon différentes conditions d'alimentation (n = 113, dont 34 mâles et 44 femelles se nourrissant par eux-mêmes, 20 mâles et 15 femelles nourris en partie par l'Homme) (Altmann et Alberts, 2004)

Enfin, concernant le macaque japonais, une étude transversale réalisée sur 4 groupes distincts d'individus a permis l'obtention et l'analyse de 2886 mesures. Le tracé d'une courbe de croissance globale par sexe entre la naissance et l'âge de 12 ans a été réalisé à l'aide d'une régression locale (fonction spline), semblable à la méthode LOWESS précédemment explicitée. La courbe de vitesse de croissance au cours du temps a également été générée par dérivation (Hamada, 1994).

Le poids de naissance représente 5,3% du poids adulte chez le mâle (représenté en trait plein), et 7% chez la femelle (en pointillé). La croissance peut ensuite se décomposer en 4 phases selon la vitesse de croissance : tout d'abord une diminution de la vitesse entre 0 et 2 ans (période infantile), puis entre 2 et 3,5 ans la croissance est constante chez la femelle, alors qu'elle s'accélère entre 2 et 4,5 ans pour atteindre un pic chez le mâle (période juvénile et adolescence). Par la suite, on observe une diminution de la vitesse de croissance (période post-adolescence), qui enfin devient nulle vers l'âge de 8 ans en moyenne (fin de la croissance) (Figure 15).

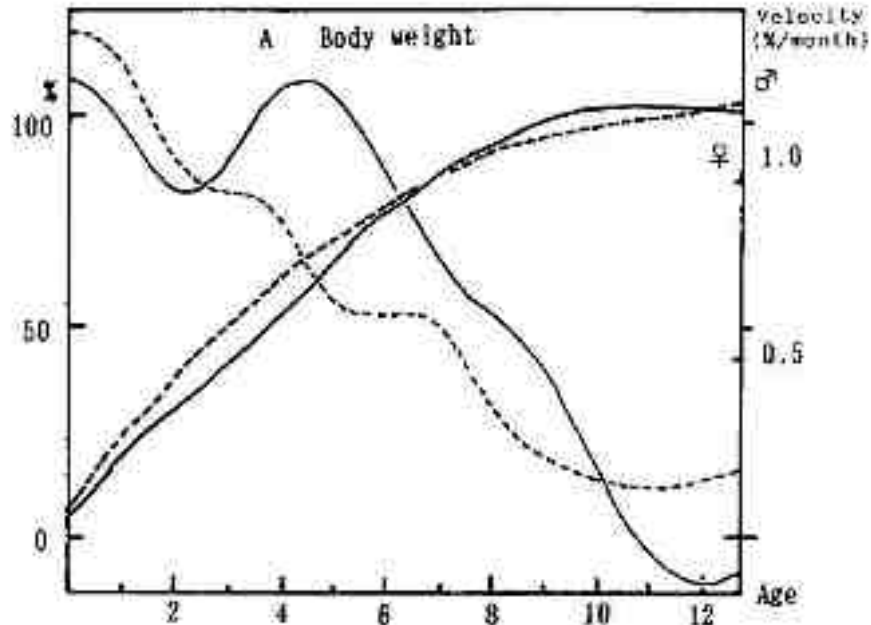


Figure 15 : Croissance et vitesse de croissance du macaque japonais (*Macaca fuscata*) mâle (lignes pleines, n = 905 mesures) et femelle (lignes pointillées, n = 1204 mesures), entre la naissance et l'âge de 12 ans

Axe des abscisses : âge (en années). Axe des ordonnées : Gauche (courbe croissante) : poids vif exprimé en pourcentage du poids adulte atteint. Droite (courbe décroissante) : vitesse de croissance (en pourcentage par mois). (Hamada, 1994)

### 3. Chez le porc

Une étude publiée en 2004 (Aubry et al., 2004) (actualisant l'étude de Colin et Querne (1991)), a permis l'établissement d'une courbe de croissance pondérale entre la naissance et 200 jours (Figure 16), ainsi que la représentation du GMQ en fonction du poids vif (Figure 17). Ces courbes ont été obtenues à partir du suivi de 308 porcs de station expérimentale, pesés individuellement de la naissance à 100 kg toutes les 2 à 3 semaines, puis une fois par semaine jusqu'à l'abattage. Une régression non linéaire appliquée à une fonction de Gompertz a pour cela été utilisée, à partir des 4132 mesures obtenues. Une comparaison avec les données de 1991 met en évidence une croissance plus rapide des porcs après 15 ans de sélection et d'optimisation en élevage.

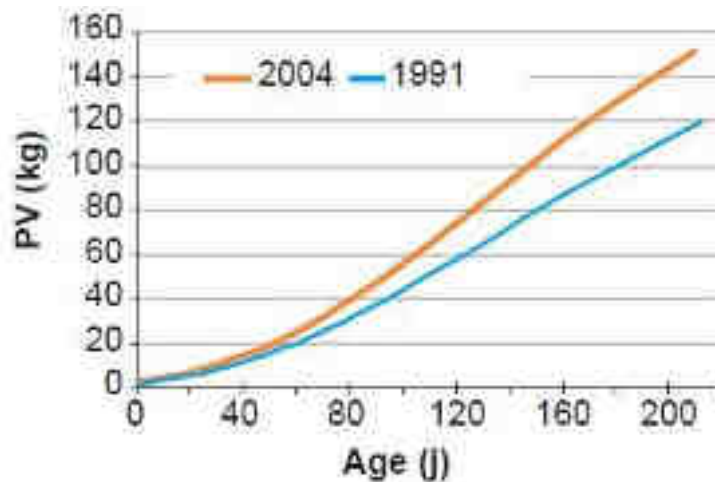


Figure 16 : Evolution du poids du porc (*Sus scrofa domesticus*) en fonction de l'âge  
 1991 : données de Collin et Querne (n = 157)  
 2004 : données d'Aubry et al. (n = 308)

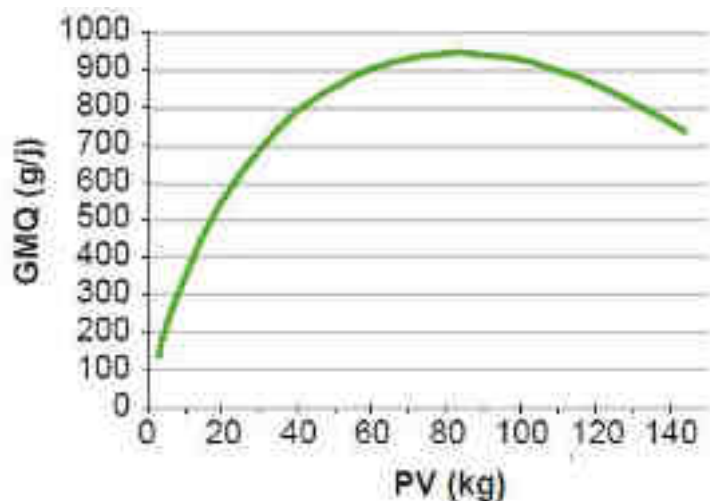


Figure 17 : Evolution du GMQ en fonction du poids vif du porc (*Sus scrofa domesticus*) (n = 308)  
 (Aubry et al., 2004)

#### 4. Chez le chat

Des courbes de croissance ont été publiées en 2011 (Figure 18) suite à l'étude de 370 chatons en bonne santé nés entre 2005 et 2010 (nombre d'individus dégressif au cours de l'étude), originaires de 27 élevages français, appartenant à 16 races distinctes elles-mêmes regroupées en 7 catégories : British Longhair, British Shorthair, Chartreux, Maine Coon, Sacré de Birmanie, Sphynx, et autres races. Les pesées ont été réalisées au sein des élevages par les éleveurs eux-mêmes entre la naissance et 235 jours, et les données récoltées à l'aide d'un questionnaire. Une régression linéaire sans rupture de pente a été utilisée afin de tracer les courbes de croissance globale, puis par sexe (Gast, 2011). Des courbes spécifiques pour chaque race ont également été établies.

Le poids de naissance moyen des chatons s'élève à 98,7 grammes (45 à 150 g), et ceux-ci présentent une croissance linéaire jusqu'à 200 jours environ, suivie par une phase de plateau.

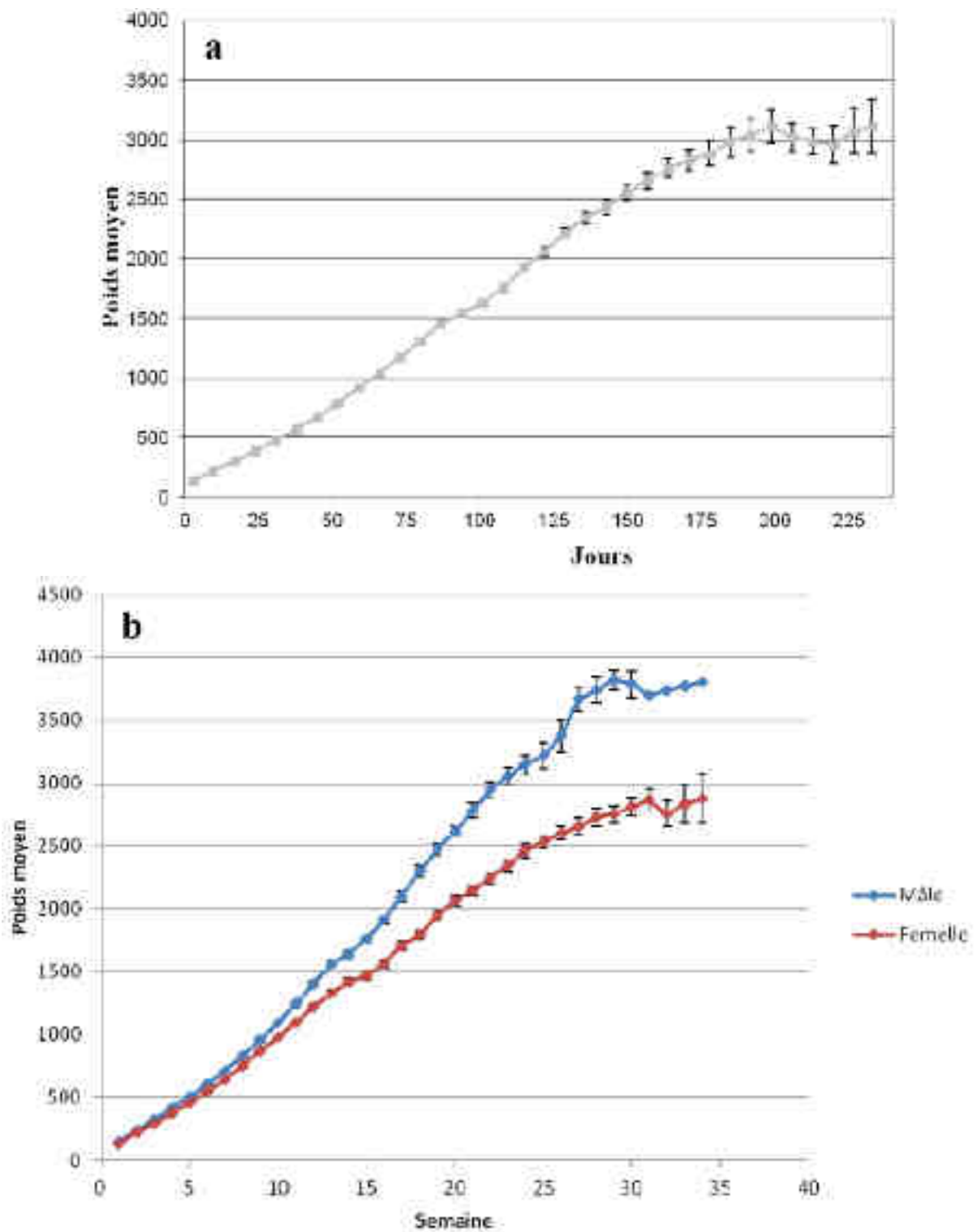


Figure 18 : Courbe de croissance du chaton (*Felis catus*) entre 0 et 235 jours  
 a) Pour tous les individus (n = 370)  
 b) Par sexe (n = 348 ; 180 mâles et 168 femelles)

Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en jours (a) ou en semaines (b). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

## 5. Chez le lapin

Dans cette espèce, Blasco et al. (2003) ont analysé les poids de 27 animaux issus d'une lignée artificiellement sélectionnée sur la vitesse de croissance (génération 10), et l'ont comparé avec les animaux issus de la même lignée avant sélection (génération 3-4, 27 animaux).

Les pesées ont été effectuées 2 fois par semaine jusqu'à 4 semaines, puis de façon hebdomadaire jusqu'à 20 semaines pour les femelles et 40 semaines pour les mâles, ce qui a permis le tracé d'une courbe de croissance globale entre 0 et 300 jours (Figure 19) à l'aide d'une régression non linéaire appliquée à une fonction de Gompertz.

De plus, une étude plus récente (Abdelli-Larbi et al., 2014) a établi une courbe de croissance plus précoce du lapin, entre la naissance et 30 jours de vie (Figure 20).

Cette courbe a été tracée à partir de mesures réalisées entre la naissance et le sevrage, sur 3795 lapereaux d'une population locale algérienne, pesés 7 à 10 fois par portée (avec calcul *a posteriori* du poids moyen individuel de chaque lapereau de la portée). Le tracé de la courbe a été réalisé à l'aide de deux régressions linéaires distinctes : 0-23 jours et 23-30 jours.

Le poids de naissance moyen est de 54,4 grammes, avec une croissance linéaire pendant les 24 premiers jours (10,2 g/j), qui s'accélère par la suite jusqu'à 30 jours (19,0 g/j), ce qui pourrait correspondre au début de l'ingestion d'aliment solide par les lapereaux. Le poids moyen atteint au sevrage s'élève à 404 grammes.

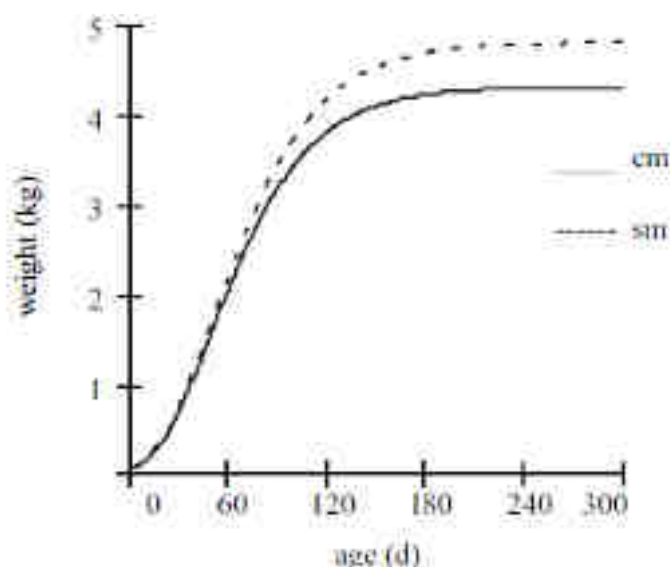


Figure 19 : Courbe de croissance de lapins mâles (*Oryctolagus cuniculus*) sélectionnés (sm, n = 27) ou non (cm, n = 27) pour le facteur croissance. (Blasco et al, 2003)



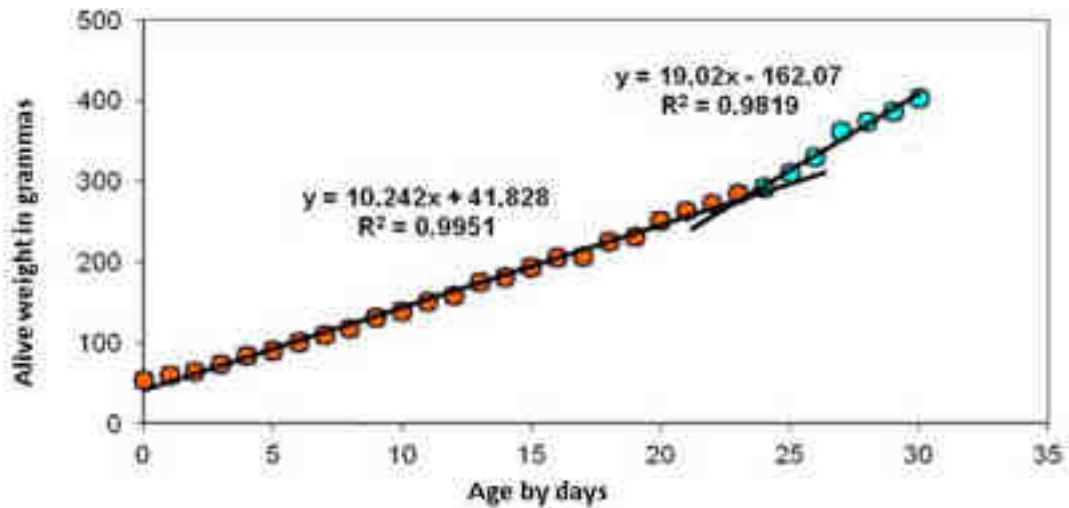


Figure 20 : Evolution du poids moyen de lapereaux (*Oryctolagus cuniculus*) issus d'une population locale algérienne, de la naissance au sevrage (n = 3965) (Abdelli-Larbi et al., 2014)

## 6. Chez la souris

Chez la souris, l'étude la plus récente, publiée en 2000, compare la croissance de 4 lignées artificielles de souris, dont les portées ont été homogénéisées en termes de nombre d'individus et de sexe à un jour : deux lignées agonistes (poids et taille de queue élevée CBi+, poids et taille de queue faible CBi-), et deux lignées antagonistes (poids élevé/queue courte CBiC, poids faible/queue longue CBiL), avec 16 individus par sous-groupe de sexe, soit 128 individus au total (Di Masso et al., 2000). Les courbes de croissance par sexe et par lignée ont été réalisées à l'aide d'une régression non linéaire appliquée à une version reparamétrée de la fonction logistique, grâce aux données obtenues à partir des pesées hebdomadaires des individus entre la naissance et l'âge de 17 semaines (Figure 21).

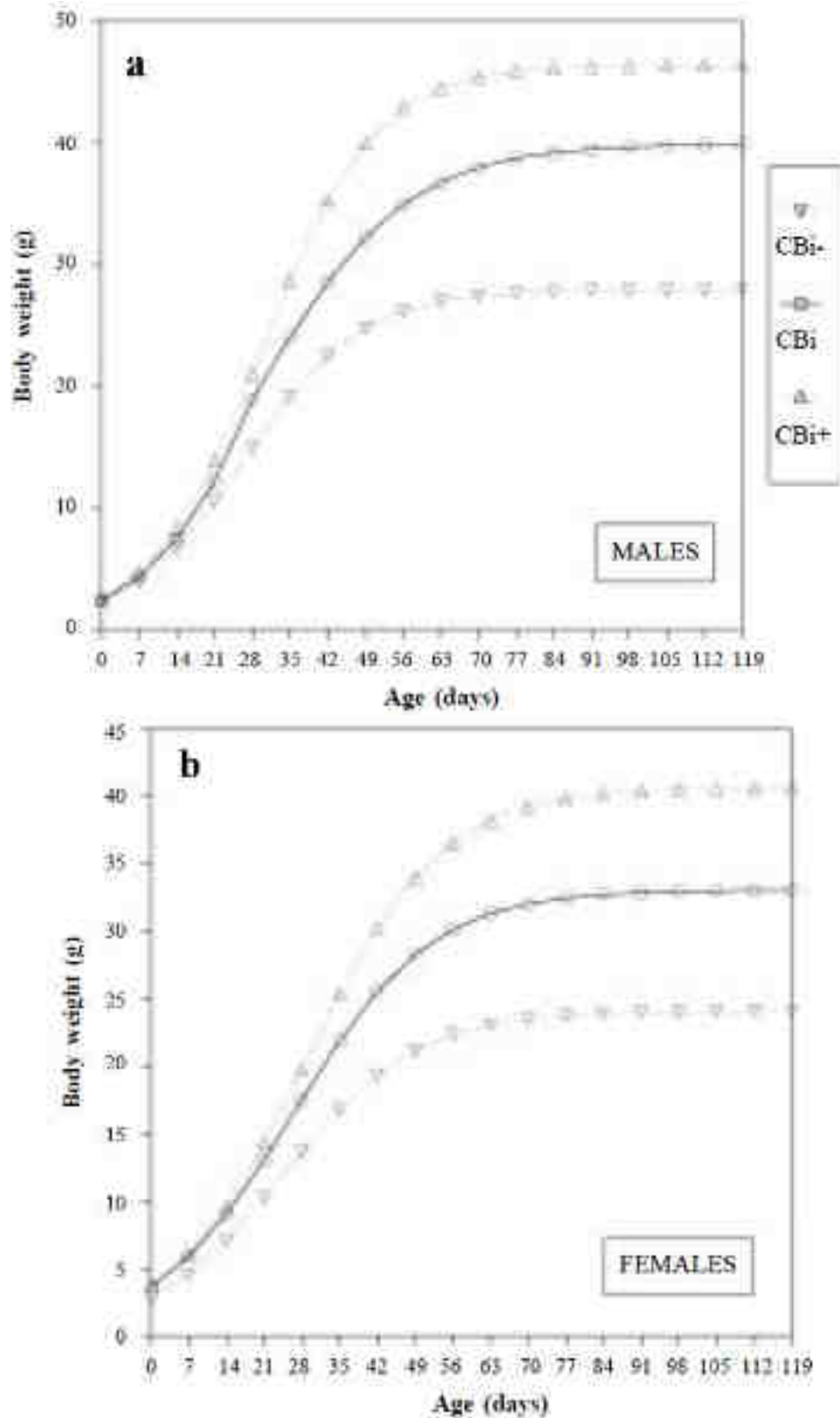


Figure 21 : Croissance pondérale de souris (*Mus musculus*) non sélectionnées (CBI), ou sélectionnées pour un poids adulte élevé (CBI+) ou faible (CBI-)  
 a) Chez les mâles (n = 48 ; 16 souris CBI, CBI+ et CBI-)  
 b) Chez les femelles (n = 48 ; 16 souris CBI, CBI+ et CBI-)  
 (Di Masso et al., 2000)

## C. Facteurs de variation de la croissance

Après analyse de la courbe de croissance de chaque espèce considérée, une comparaison de l'allure de cette courbe entre espèces, mais également au sein d'une même espèce (nombreux facteurs de variation de la croissance), peut être réalisée.

### 1. Comparaison entre espèces

#### a) *Phases et allure de la courbe de croissance*

Des études comparatives ont pu établir des points communs en termes de croissance, notamment entre différentes espèces de primates. Catchpole et Van Wagenen (1956) ont mis en évidence différentes phases au sein de la courbe de croissance de l'Homme, du chimpanzé et du macaque : une vitesse de croissance au départ importante mais qui décroît rapidement dans les premiers mois, puis une phase de plateau, qui est suivie par un pic de croissance à la puberté avec une vitesse de croissance élevée. La vitesse décroît par la suite pour finalement devenir nulle à l'âge adulte.

La diminution linéaire de la vitesse de croissance au cours de la croissance précoce a été également relevée dans d'autres espèces, telles que le chat jusqu'à 200 jours (Gast, 2011) et le lapin jusqu'à 24 jours (Abdelli-Larbi et al., 2014).

Un pic de croissance au moment de la puberté est également décrit : par exemple chez le babouin mâle à l'âge de 3 à 5 ans (Altmann et Alberts, 2005), ou le macaque japonais vers 2 à 4,5 ans (Hamada, 1994).

Cependant, Kirkwood (1985), comparant la croissance de différentes espèces de primates, met en évidence l'existence de plusieurs allures de courbes de croissance au sein de différents groupes, constitués d'individus proches en termes de poids adulte et de position taxonomique (prosimiens, cercopithecidae, singes du nouveau monde, grands singes, Homme). Il souligne la difficulté liée à ces allures de courbes variées pour comparer la croissance entre les différentes espèces animales. En effet, les Callitrichinae (famille du Ouistiti) présentent une courbe de croissance de forme exponentielle inversée (1), les Lémuriens une courbe sigmoïde (2), contrairement aux Macaques dont la croissance suit une courbe linéaire (3), et au Chimpanzé et à l'Homme qui présentent des courbes de croissance plus complexes (4) (Figure 22).

Une superposition des courbes, qui serait réalisée en modifiant simplement l'échelle des axes du temps et du poids n'est donc pas réalisable, car la forme de la courbe varie entre les différentes espèces (Zullinger et al., 1984).

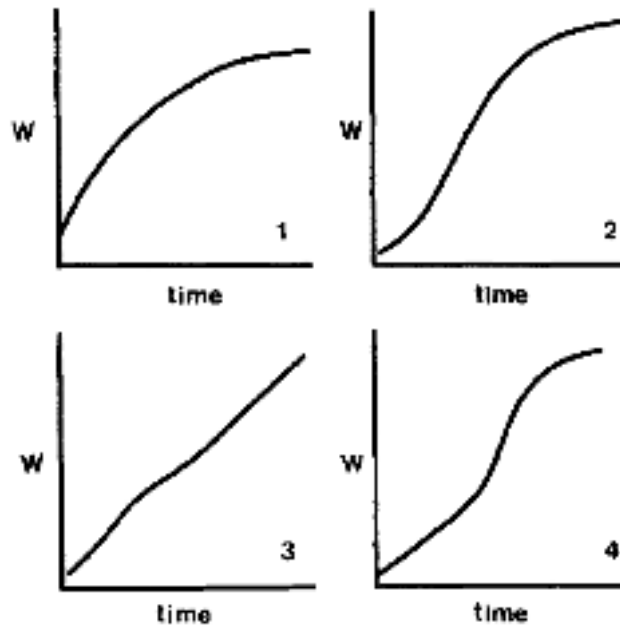


Figure 22 : Différents profils de croissance pondérale en fonction du temps  
 W : Weight, 1 : Courbe exponentielle. 2 : Courbe sigmoïde. 3 : Profil linéaire. 4 : Courbe complexe  
 (Kirkwood, 1985)

***b) Comparaison des paramètres relatifs à la croissance***

Une synthèse de différents paramètres relatifs au poids de naissance, à la vitesse et à la durée de la croissance a été réalisée dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) pour les espèces considérées dans notre étude.

Tableau 1 : Paramètres relatifs à la croissance de différentes espèces de mammifères

M = mâle ; F = femelle

\* : les valeurs indiquées correspondent à des moyennes

Espèce	Poids de naissance*	Poids adulte*	% du poids adulte à la naissance*	Ratio poids mâle / poids femelle à la naissance	Temps pour doubler le poids de naissance *	Age (poids) au sevrage	Maturité sexuelle	Durée de croissance*	Références
<b>Homme</b> <i>Homo sapiens</i>	3230g F 3350g M	60kg F 70kg M	5,4% F 4,8% M	1,03	6 mois	Jusqu'à 1 an	12,2-13,5 ans F 11,5-12,0 ans M	22 ans	Kirkwood, 1985 ; Smith et Leigh, 1998 ; Anderson et al., 2003 ; Coleman and Coleman, 2002 ; Herman-Giddens et al., 2001 ; Mul et al., 2001 ; De Onis et al., 2006
<b>Chimpanzé</b> <i>Pan troglodytes</i>	1814g F 1877g M	49kg F 60kg M	5,5% F 3,1% M	1,03	-	5 ans	11 ans F 9 ans M	11-12 ans	Kirkwood, 1985 ; Leigh et Shea, 1996 ; Vančata et Vančatová, 2002
<b>Babouin</b> <i>Papio sp.</i>	603-915g F 681-980g M	12kg F 20kg M	6,3% F 4,1% M	1,09	-	-	3,4-4,7 ans F 4,4-5,7 ans M	7-8 ans	Kirkwood, 1985 ; Glassman et Coelho, 1988 ; Smith et Leigh, 1998 ; Altmann et Alberts, 1987, 2005
<b>Gorille</b> <i>Gorilla gorilla</i>	1996g F 2251 M	80kg F 170kg M	2,5% F 1,3% M	1,13	-	3-4 ans	7-8 ans F 9 ans M	9,5-10 ans F Env 14 ans M	Kirkwood, 1985 ; Leigh et Shea, 1996 ; Smith et Leigh, 1998
<b>Macaque</b> <i>Macaca sp.</i>	326-526g F 353-558g M	7,5-8,5kg F 11,5-14kg M	5,3% F 3,5% M	1,04-1,11	90-92 jours	5-9 mois (Poids naissance x4)	3,5-4,5 ans F 4-5 ans M	8 ans	Catchpole et Van Wagenen, 1956 ; Kirkwood, 1985 ; Sackett et Ruppenthal, 1992 ; Silk et al., 1993 ; Hamada, 1994 ; Bowman et Lee, 1995 ; Price et al., 1999 ; Sackett et al., 2002
<b>Porc</b> <i>Sus scrofa domestica</i>	1420-1570g	111,8 – 147kg (abattage)	1-1,3%	1,04	-	21 (5,8kg) -28 jours (9,2kg)	-	> 200 jours (abattage)	Aumaitre et al., 1966 ; Milligan et al., 2001 ; Aubry et al., 2004 ; Cariolet et al., 2004 ; Gondret et al., 2005 ; Smith et al., 2007
<b>Chien</b> <i>Canis lupus familiaris</i>	185g S, 267g M, 377g L	1-115kg	1-3,6%	1,04	10-12 jours	9 semaines	6-14 mois	9-15 mois	Burger, 1994 ; Moon et al., 2001 ; Hawthorne et al., 2004 ; Fiszdon et Kowalczyk, 2009 ; Concannon, 2011 ; Gropetti et al., 2017 ; Milla, 2015 ; Milla et al., 2015
<b>Chat</b> <i>Felis catus</i>	82-120g	2,5-6,5kg	-	1,06-1,08	8-10 jours	9 semaines, (6-10x poids de naissance)	6 mois	36 semaines F 44 semaines M	Burger, 1994 ; Gast, 2011 ; Moik et Kienzle, 2011
<b>Lapin</b> <i>Oryctolagus cuniculus</i>	54g	-	-	1	7 jours	4-5 semaines (404 - 1026g)	4-9 mois	34 semaines	Venge, 1950 ; Lebas et Sardi, 1969 ; Masoud et al., 1986 ; Kilborn et al., 2002 ; Abdelli-Larbi et al., 2014 ; Milla, 2015
<b>Souris</b> <i>Mus musculus</i>	1,43g	14,3-28,6g (calculé)	5-10%	1	-	3-4 semaines	1-1,5 mois	20-25 semaines	Gates, 1925 ; Taylor, 1965 ; Aumaitre et al., 1966 ; Gall et Kyle, 1968 ; Eisen, 1976 ; Kilborn et al., 2002 ; Milla, 2015

## 2. Facteurs de variation intra spécifiques

Les causes de variation du poids de naissance et de la croissance ont été très largement étudiées, notamment chez l'Homme et le primate non humain, et chez les animaux de production pour lesquels ces variations peuvent avoir d'importantes conséquences économiques.

Ces facteurs peuvent être regroupés en cinq catégories principales : les facteurs relatifs aux parents, les facteurs relatifs au nouveau-né, les facteurs obstétricaux, les facteurs sociaux et environnementaux. Une dernière catégorie, qui sera traitée séparément, concerne les facteurs propres au mode de vie de l'Homme.

### a) *Facteurs relatifs aux parents*

- Génétique des parents

L'influence du génotype des parents sur le poids de naissance est relativement élevée, elle serait responsable de 38 à 80% de sa variabilité (Johnson et al., 2012). Plus particulièrement, la mère participerait à 50 à 75% de la variabilité du poids de naissance, contre 25 à 50% pour le père (Hafez, 1963). Chez l'Homme, le poids de naissance des enfants est en partie corrélé à celui de leurs parents avec un effet plus important du poids de la mère (Johnson et al., 2012). Il en va de même pour la taille (Kramer, 1987). Ainsi, une mère de taille et de poids élevés donnera naissance à un enfant de poids supérieur chez l'Homme (Brooke et al., 1989), le chimpanzé (Gavan, 1952) et le macaque rhésus (Price et al., 1999). *A contrario*, chez l'Homme une mère de moins de 45 kg aura 44% de chances d'avoir un enfant avec un petit poids de naissance (Metgud et al., 2012). Chez l'Homme, la taille de la mère peut également influencer sur le risque d'obésité de l'enfant (Varela-Silva et al., 2009), contrairement au macaque rhésus chez lequel la taille et le poids de la mère n'ont pas d'influence sur la croissance pondérale (Bowman et Lee, 1995). Le poids de naissance est fortement héritable chez le macaque à queue de cochon (*Macaca nemestrina*) (Ha et al., 2002), de même que les paramètres de croissance chez la souris (taux de croissance, poids au point d'inflexion, poids maximal) (Kachman et al., 1988).

Enfin, au sein d'une même espèce animale, la race joue un rôle non négligeable sur la variation du poids de naissance et de la croissance. Cela a été mis en évidence notamment chez le macaque japonais (Figure 23) (Hamada, 1994), et le chat, chez lequel les chatons de grandes races (Maine Coon, Chat des Forêts Norvégiennes) naissent plus lourds en poids absolu, mais plus légers relativement au poids adulte, et grandissent plus rapidement que les autres chatons (Figure 24) (Gast, 2011 ; Moik et Kienzle, 2011 ; Musters et al., 2011).

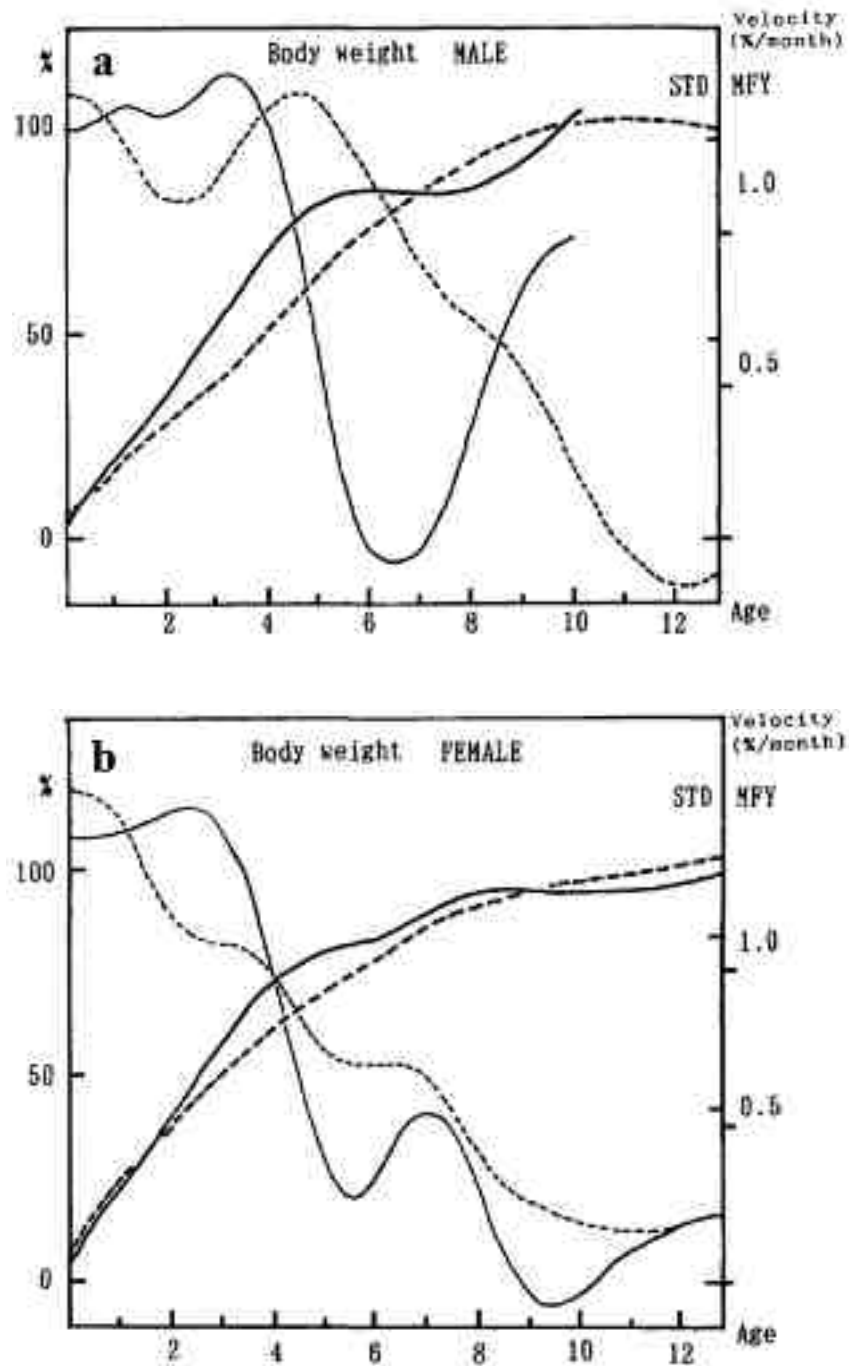


Figure 23 : Comparaison de la croissance et de la vitesse de croissance chez deux lignées de macaques : *Macaca fuscata fuscata* (lignes pointillées) et *Macaca fuscata yakui* (lignes pleines)  
 a) Mâles (*M. f. fuscata* : n = 905 mesures. *M. f. yakui* : n = 160 mesures)  
 b) Femelles (*M. f. fuscata* : n = 1204 mesures. *M. f. yakui* : n = 173 mesures)  
 Axe des abscisses : âge (en années). Axe des ordonnées :  
 Gauche (courbe croissante) : poids vif exprimé en pourcentage du poids adulte atteint.  
 Droite (courbe décroissante) : vitesse de croissance (en pourcentage par mois)  
 (Hamada, 1994)

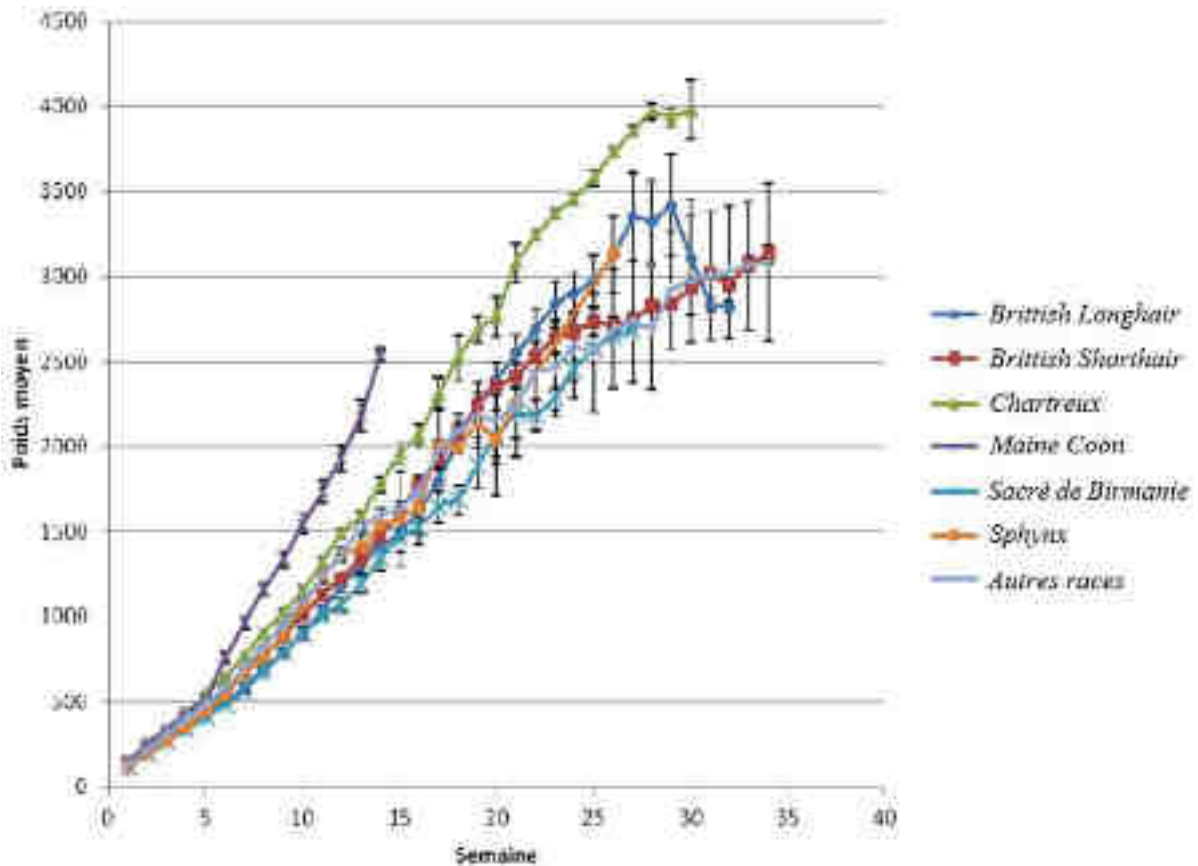


Figure 24 : Influence de la race sur la croissance pondérale chez le chat (*Felis catus*) (n = 370) (British Longhair : n = 25. British Shorthair : n = 72. Chartreux : n = 39. Maine Coon : n = 32. Sacré de Birmanie : n = 31. Sphynx : n = 24. Autres races : n = 147)  
 Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

- Age et parité de la mère

Alors que l'effet de l'âge de la mère est peu étudié et controversé selon les études (Kramer, 1987), la parité semble exercer un effet sur le poids de naissance ainsi que sur la croissance similaire dans de nombreuses espèces animales.

Tout d'abord, les mères primipares sont plus susceptibles de donner naissance à des nouveau-nés de faible poids de naissance, notamment chez l'Homme (risque de poids inférieur à 2,5 kg (Amosu et Degun, 2014)), et le porc (Milligan et al., 2002a, b). Chez le babouin (Altmann et Alberts, 2005) et le porc (Aumaitre et al., 1966), ces petits présentent également une croissance plus lente. Cet effet peut être expliqué par le fait que la mère n'ayant pas achevé sa croissance, celle-ci se retrouve en compétition avec la croissance des fœtus (Hafez, 1963).

De plus, le poids de naissance et la croissance sont d'autant plus élevés que la parité augmente. Cet effet est retrouvé chez l'Homme (Kramer, 1987 ; Brooke et al., 1989 ; Fessler et al., 2005), chez le chimpanzé (Fessler et al., 2005) et chez le macaque rhésus (Bowman et Lee, 1995). Chez le porc, cet effet n'est cependant observé que jusqu'à la quatrième portée. A partir de la cinquième portée, on observe au contraire une diminution du poids de naissance (Caugant and Guéblez, 1993 ; Cariolet et al., 2004) et du poids au sevrage (Cariolet et al., 2004 ; Smith et al., 2007).



- Alimentation de la mère

L'alimentation de la mère joue un rôle non négligeable sur la croissance *in utero* de l'enfant, et par conséquent sur son poids de naissance. La question de la quantité et de la qualité de l'alimentation maternelle a été très largement étudiée chez l'Homme, chez qui il a été démontré que 30% des enfants naissant avec un petit poids étaient issus de mères ayant rencontré des problèmes nutritionnels au cours de la grossesse (Johnson et al., 2012). En effet, un déficit énergétique et protéique supérieur à 50% des apports journaliers recommandés au cours de la grossesse entraînerait une plus forte incidence de petits poids de naissance (Metgud et al., 2012), mais uniquement s'il intervient en fin de grossesse pour ce qui concerne le déficit énergétique (Johnson et al., 2012). En effet, une compensation placentaire en début de gestation permet de pallier la mauvaise alimentation de la mère (Stephenson et Symonds, 2002).

Il est ainsi possible d'augmenter le poids de naissance du nouveau-né en fournissant une supplémentation énergétique à la mère durant la gestation pour l'Homme (Kramer, 1987) et le porcelet (Caugant et Guéblez, 1993), avec un effet plus marqué chez les femmes initialement en sous-nutrition (Kramer, 1987). Cependant, l'augmentation du poids de naissance sera limitée par le génotype de l'enfant, et à partir d'un certain seuil l'augmentation des apports de la mère n'aura plus d'effet sur le poids de naissance (Hafez, 1963).

Enfin, une prise alimentaire plus conséquente chez la truie pendant la lactation, et une alimentation plus riche chez la souris pendant la gestation et la lactation, favorisent un taux de croissance supérieur du petit dans les premières semaines de vie (Eisen, 1976 ; Cariolet et al., 2004).

- État de santé de la mère

Il est justifié de penser que la santé de la mère a des conséquences sur le nouveau-né quelle que soit l'espèce, comme cela a été démontré chez l'Homme.

Ainsi, une diminution de poids de naissance est associée à certaines pathologies spécifiques comme la malaria, à des pathologies non spécifiques (atteinte de l'état général) avec une perte de poids de naissance proportionnelle à la durée de la maladie (Kramer, 1987), ou encore à une anémie sévère avec une corrélation entre la gravité de l'anémie et la diminution de poids de naissance (Metgud et al., 2012).

A l'inverse, la survenue d'un diabète gestationnel au cours de la gestation est associée à un plus fort poids de naissance, ainsi qu'à un risque d'obésité plus important à l'adolescence (Gillman et al., 2003).

### ***b) Facteurs relatifs au nouveau-né***

- Impact du poids de naissance sur la croissance

Le poids de naissance est un facteur de grande importance pour la croissance ultérieure du nouveau-né. Il a notamment été démontré que le lapereau présente un meilleur taux de croissance avant et après le sevrage lorsqu'il naît avec un poids élevé (Poigner et al., 2010). De

même, le GMQ du porcelet est positivement corrélé à son poids de naissance, sur des périodes variables selon les études : pendant la première semaine de vie uniquement (mais avec un impact jusqu'au sevrage) (Škorjanc et al., 2007), de la naissance au sevrage (Gondret et al., 2005 ; Bergstrom et al., 2009), de la naissance à la fin du post-sevrage (Quiniou et al., 2002) ou de la naissance à l'abattage (Vaclavkova et al., 2012). Bien qu'il semble que l'effet du poids de naissance sur la croissance diminue lorsque le poids vif augmente (Aumaitre et al., 1966 ; Gondret et al., 2005), il n'existe *a priori* pas de compensation d'un petit poids de naissance chez le porcelet au sevrage (Milligan et al., 2002a, 2002b ; Cariolet et al., 2004), 5 semaines après le sevrage (Quiniou et al., 2002 ; Smith et al., 2007), voire même jusqu'à l'abattage. Il a en effet été remarqué qu'un petit poids de naissance entraîne un retard de la date d'abattage non négligeable, qui a été estimé à en moyenne 12 jours entre les poids de naissance les plus faibles et les plus élevés (Gondret et al., 2005).

Une évolution semblable a été mise en évidence chez le chat, avec une croissance supérieure des chatons les plus lourds à la naissance au cours des 7 premières semaines (Figure 25) (Gast, 2011), et chez l'Homme, chez lequel un enfant naissant à moins de 3 kg a trois fois plus de risque de présenter un retard de croissance qu'un enfant naissant à un poids supérieur à 3 kg (Varela-Silva et al., 2009). Au contraire, lorsque le poids de naissance est plus faible, la croissance du macaque queue de cochon (*Macaca nemestrina*) est plus rapide au cours de la première semaine, mais le pic de croissance sera plus tardif que celui des individus nés plus lourds (Sackett et Ruppenthal, 1992). Chez le chat, la compensation d'un petit poids de naissance ne semble pas possible au moins avant 13 semaines d'âge (Latimer et Ibsen, 1932).

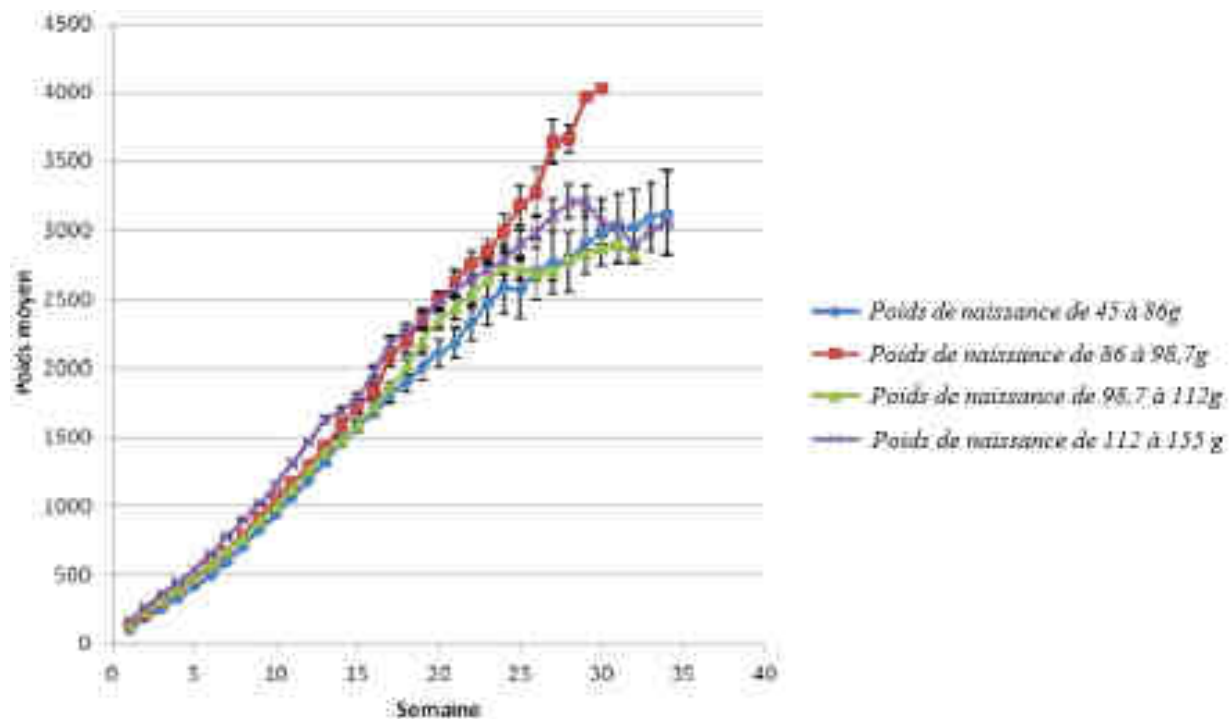


Figure 25 : Influence du poids de naissance sur la croissance pondérale du chaton (*Felis catus*)

Dans l'ordre de poids de naissance croissant : n = 82 ; n = 86 ; n = 78 ; n = 87

Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines.

Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%

(Gast, 2011)

Une étude réalisée chez le lapin a analysé un aspect intéressant de l'effet du poids de naissance. Dans cette étude, les portées ont été réorganisées par adoption des lapereaux, de telle sorte à homogénéiser ou non les poids de naissance à l'intérieur de la portée. Lorsque les portées étaient ainsi triées et homogénéisées par poids de naissance, l'effet poids de naissance devenait très faible, certainement par réduction de l'effet de compétition entre les nouveau-nés (Poigner et al., 2010). C'est donc d'après cette étude l'hétérogénéité des poids de naissance au sein d'une portée qui influe sur la croissance, plutôt que la valeur absolue du poids de naissance.

Enfin, chez l'Homme, une augmentation du poids de naissance de 1 kg augmente le risque d'obésité ultérieure de 30% (Gillman et al., 2003), mais les enfants naissant à un poids inférieur à 3 kg ont un risque d'obésité très diminué (Varela-Silva et al., 2009).

- Sexe

Le dimorphisme sexuel est le seul paramètre qui a été étudié dans toutes les espèces considérées, et dans la majorité des études portant sur le poids de naissance et la croissance. Il en ressort que pour la quasi-totalité des espèces, les mâles naissent avec un poids plus élevé que les femelles, avec un ratio poids du mâle / poids de la femelle d'importance variable. En effet, il est le plus élevé avec une valeur de 1,13 chez le gorille (Smith et Leigh, 1998), de 1,11 chez le macaque à queue de cochon (Sackett et Ruppenthal, 1992), de 1,08 (Gast, 2011) à 1,06 (Latimer et Ibsen, 1932 ; Musters et al., 2011) pour le chat, 1,05 pour le macaque rhesus (Price et al., 1999), 1,04 pour le macaque japonais (Hamada, 1994) et le porc (Milligan et al., 2001), et enfin 1,03 chez l'Homme et le chimpanzé (Smith et Leigh, 1998). Pour certaines espèces (chimpanzé, porc, souris, chat, lapin), certains auteurs ne montrent pas de différence significative de poids de naissance selon le sexe (Venge, 1950), mais aucune référence ne mentionne un poids des femelles supérieur à celui des mâles à la naissance.

Cette similarité entre espèces quant à l'influence du sexe est moins marquée en ce qui concerne la croissance du jeune. Toutefois, de manière globale, les mâles ont un poids et une croissance supérieurs pendant une partie ou la totalité de la croissance, sauf chez le lapin qui est l'une des rares espèces dans laquelle la femelle est plus lourde que le mâle pendant la majorité de la croissance et après la fin de celle-ci (Venge, 1950 ; Blasco et Gomez, 1993) . Dans cette espèce, au début de la croissance, il n'y a pas de différence significative de poids entre le mâle et la femelle, puis le taux de croissance de la femelle augmente, creusant ainsi une différence de poids à partir de 9 à 15 semaines, avec une différence de poids en fin de croissance d'environ 5.5% (Cantier et al., 1969 ; Blasco and Gomez, 1993).

Si on regarde plus en détail la croissance dans d'autres espèces que le lapin, on remarque qu'il existe également quelques différences notables. Chez l'Homme, le garçon a une croissance et un poids supérieurs à la fille dès les deux premières semaines de vie et ce, pendant plusieurs mois (De Onis et al., 2006; Guo et al., 1991; Nelson et al., 1989). Puis la vitesse de croissance des filles augmente jusqu'à l'adolescence, et elles passent par une phase où elles sont brièvement plus lourdes que les garçons (Figure 26, Tanner et al, 1966 ; Cole et al, 1998 ; De Onis et al., 2006). Les garçons connaissent ensuite une poussée de croissance et sont, à l'âge adulte, en moyenne 20% plus lourds que les filles (Cole et al., 1998).

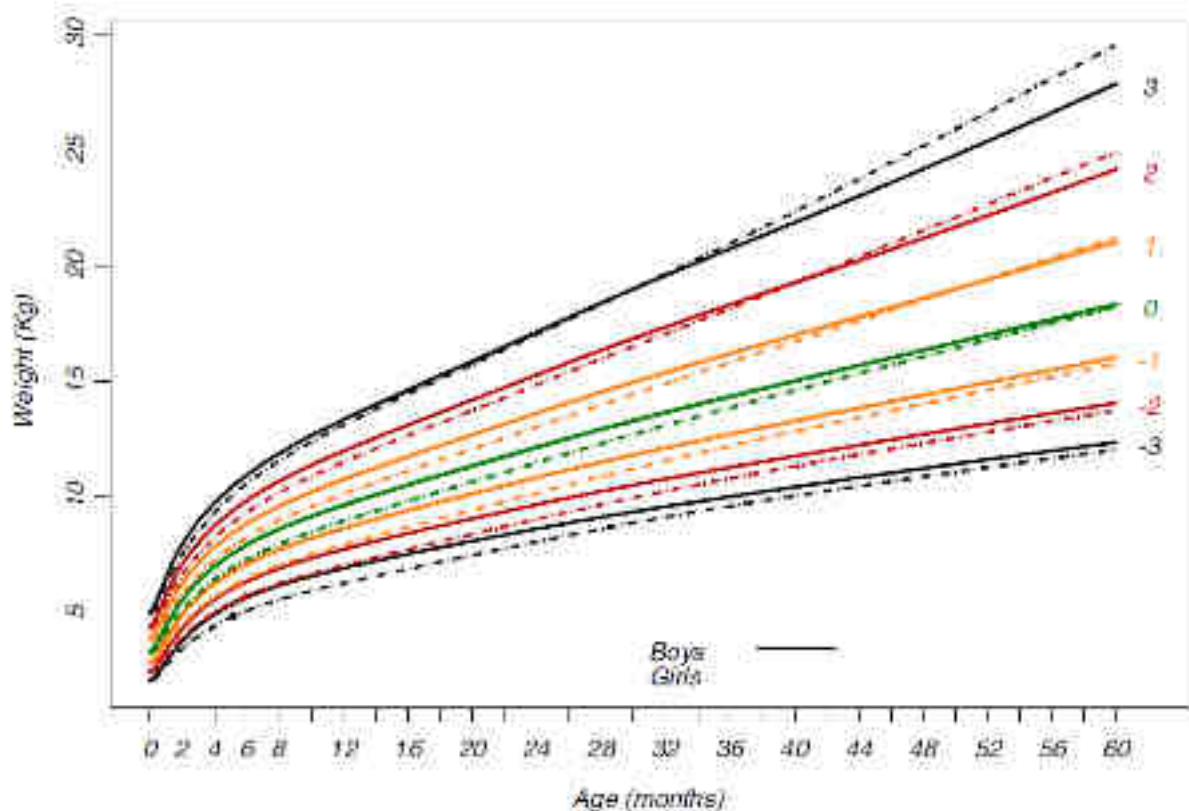


Figure 26 : Comparaison des courbes de croissance du garçon et de la fille de 0 à 60 mois, établies par l’OMS (Garçons : n = 3878. Filles : n = 3673)  
Les chiffres à droite des courbes représentent le Z-score (De Onis et al., 2006)

Cette cinétique se rapproche de celle du chat (Figure 27, Gast, 2011), pour qui la croissance de la femelle est supérieure à celle du mâle jusqu’à 5 semaines (Latimer et Ibsen, 1932). Celle du mâle augmente à partir de cet âge, engendrant une différence marquée du taux de croissance et du poids par la suite (Latimer et Ibsen, 1932 ; Gast, 2011), avec une croissance plus longue pour le mâle (Gast, 2011). Il semblerait cependant que ce dimorphisme ne soit pas retrouvé dans toutes les races de chats (Moik et Kienzle, 2011).

De même chez le macaque japonais (*Macaca fuscata*), la femelle a une croissance plus rapide que le mâle jusqu’à la puberté, après quoi le mâle croît plus rapidement et plus longtemps. Le pic de croissance du mâle a lieu également plus tardivement que celui de la femelle, qui est quasi inexistant (Hamada, 1994). Chez les autres espèces de primates non humains (gorille, chimpanzé, macaque rhésus et babouin), on retrouve cette même particularité, avec le pic de croissance du mâle plus tardif, prononcé et long, et celui de la femelle plus précoce, court et quasi-inexistant (Catchpole et Van Wagenen, 1956 ; Gijzen et Tijskens, 1971 ; Leigh et Shea, 1996). Cependant, chez ces autres espèces, la croissance du mâle et de la femelle sont tout d’abord similaires, jusqu’à 7-8 ans pour le gorille (Leigh et Shea, 1996) et le chimpanzé (Spence et Yerkes, 1937 ; Leigh et Shea, 1996 ; Hamada et Udono, 2002), jusqu’à environ 5 ans chez le babouin (Altmann et Alberts, 1987, 2004; Johnson, 2003; Strum, 1991), et jusqu’à 4 ans chez le macaque rhésus (Andrade et al., 2004). Ensuite, le taux de croissance du mâle augmente fortement (pic de croissance), tandis que celui de la femelle reste stable. Chez le babouin jaune (*Papio cynocephalus*), le mâle est environ deux fois plus lourd que la femelle à la fin de la croissance (Altmann et Alberts, 2004).

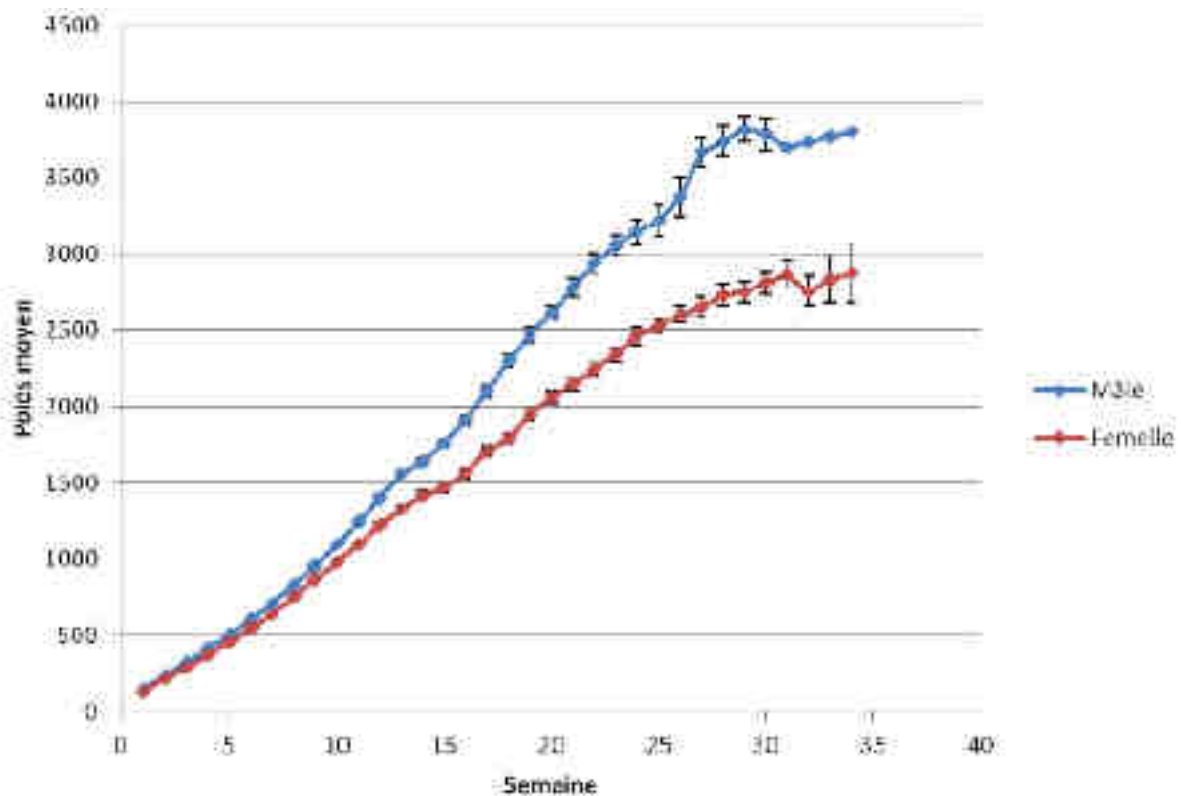


Figure 27 : Comparaison de la courbe de croissance du chaton (*Felis catus*) mâle (n = 180) et femelle (n = 168). Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

Chez la souris, le poids et le taux de croissance du mâle sont systématiquement supérieurs à celui de la femelle (Gall et Kyle, 1968 ; Hanrahan et Eisen, 1973), et l'âge au point d'inflexion est plus tardif pour les mâles, comme dans les autres espèces précédemment étudiées (Laird et Howard, 1967 ; Kachman et al., 1988).

Enfin, l'allure de la croissance des porcelets mâles et femelles ne montre pas de différence significative de la naissance au sevrage (Milligan et al., 2001; Škorjanc et al., 2007), ce qui permet donc une atténuation progressive de la différence de poids à la naissance selon le sexe (Aumaitre et al., 1966).

- Alimentation du nouveau-né

La croissance du jeune va dans un premier temps être très dépendante de la quantité de lait ingérée, puis s'en détacher progressivement au fur et à mesure que la consommation de nourriture solide va se mettre en place (Hafez, 1963). Par exemple, il a été montré chez le lapin que la consommation laitière est responsable de 97% du gain de poids la première semaine de vie, avec une diminution progressive pour atteindre 46% la 5<sup>ème</sup> semaine. Puis, avec l'approche du sevrage, la consommation laitière ne représente plus que 5% du gain de poids à la 6<sup>ème</sup> semaine de vie des lapereaux (Lebas et Sardi, 1969). Une fois la consommation d'alimentation solide amorcée, la vitesse de croissance augmente significativement, chez le lapin (Abdelli-Larbi et al., 2014), chez le chaton (Gast, 2011), et chez l'Homme (Grote et al., 2011).

Concernant la période d'alimentation exclusivement lactée, de nombreux auteurs se sont demandé si la méthode d'alimentation employée (allaitement maternel ou biberonnage avec du lait artificiel) pouvait avoir un impact sur la croissance du jeune. Les résultats qui en découlent sont différents selon les espèces, mais homogènes au sein d'une même espèce. En effet, chez le chimpanzé (Marzke et al., 1996) comme chez le macaque rhesus (Catchpole et Van Wagenen, 1956), une alimentation artificielle exclusive entraîne une croissance plus rapide. A l'inverse, un allaitement par la mère exclusivement permet une meilleure croissance chez le chat (Figure 28) (Gast, 2011), et chez l'Homme pendant les 3 à 4 premiers mois de vie (Victora et al., 1998). L'effet semble moins marqué chez les filles (Nelson et al., 1989).

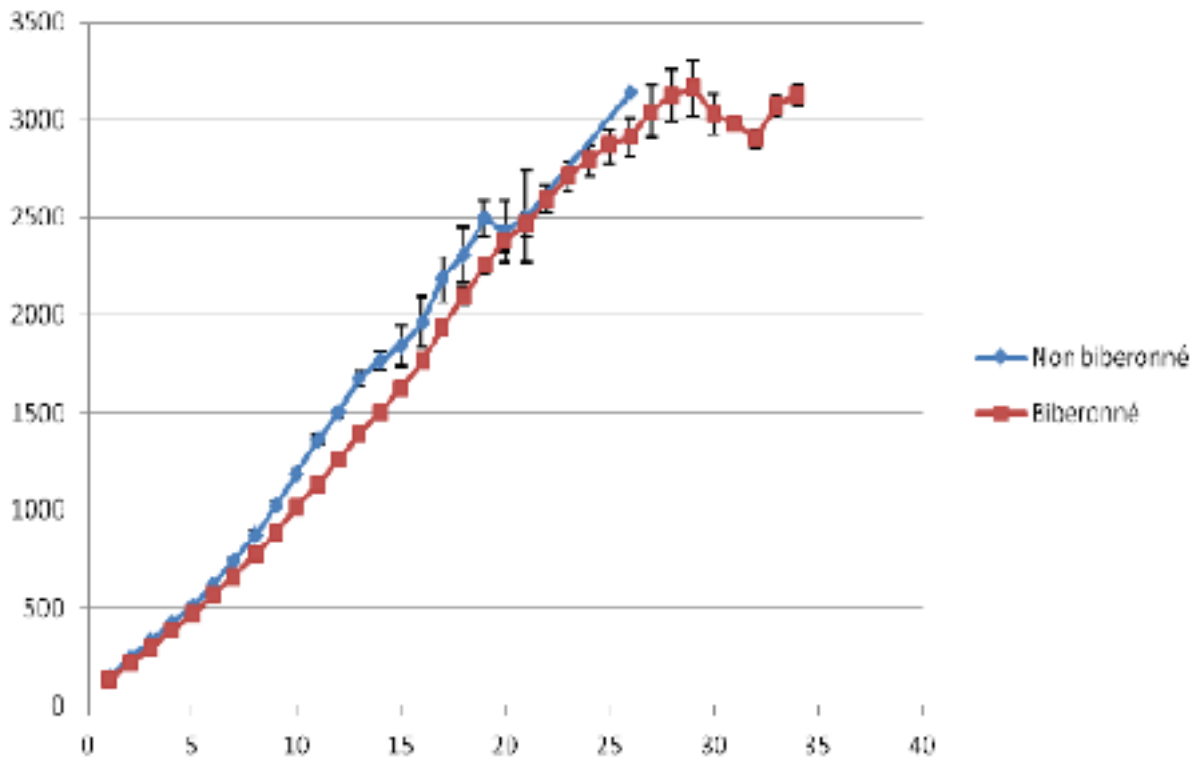


Figure 28 : Influence du type d'alimentation du chaton (*Felis catus*) sur sa croissance pondérale (n = 148 chatons non biberonnés (alimentation maternelle exclusive) ; n = 160 chatons biberonnés (ayant été biberonné par l'éleveur, sans précision concernant la présence ou non d'alimentation maternelle complémentaire))

L'axe des ordonnées représente le poids des chatons, exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons, exprimé en semaines

Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%

(Gast, 2011)

Une fois la prise alimentaire solide débutée, sa disponibilité peut jouer un rôle important dans la croissance des jeunes. La disponibilité dépend de la quantité globale mais aussi de la densité d'individus, entraînant une compétition pour l'alimentation. Trois études chez le babouin sauvage ont démontré qu'une forte disponibilité alimentaire permettait un pic de croissance plus élevé, et un poids adulte supérieur et atteint plus rapidement, et ce plus particulièrement chez les mâles sur lesquels l'impact de la disponibilité alimentaire est supérieure à celui observé chez les femelles (Altmann et Alberts, 2004; Johnson, 2003; Strum, 1991). La maturité sexuelle est aussi atteinte plus tôt, et ce quel que soit le sexe (Altmann et Alberts, 2004).

- Croissance précoce, état de santé, gestation

Une faible croissance précoce a-t-elle un impact sur la croissance ultérieure, et existe-t-il une croissance compensatrice en cas de retard de croissance précoce ? Chez le chimpanzé, une faible croissance pendant l'enfance est entièrement compensée grâce à une forte augmentation de croissance à l'adolescence (Hamada et Udono, 2002). Au contraire, chez le macaque à queue de cochon (Sackett et Ruppenthal, 1992) et chez le lapin (Poigner et al., 2010), cette croissance compensatrice n'a pas pu être mise en évidence.

De plus, l'état de santé du petit peut avoir un impact négatif sur sa croissance. Par exemple, chez le gorille, la survenue d'une maladie chez le jeune est associée à un ralentissement de la croissance (Bellisari et al., 2001), et chez le chimpanzé une altération de la croissance d'une des deux sœurs jumelles étudiées était liée à la présence d'une maladie neurologique (Vančata et Vančatová, 2002).

Chez la femelle, une gestation survenant avant la fin de la croissance a également un impact sur celle-ci, comme démontré dans une étude sur le gorille (Gijzen et Tijssens, 1971).

### ***c) Facteurs sociaux et environnementaux***

- Statut socio-économique et rang hiérarchique

Chez le singe à l'état sauvage, le statut hiérarchique de la mère influence le poids de naissance et la croissance de l'enfant. Les mères macaque rhésus (*Macaca mulatta*) de haut rang social ont des enfants de poids de naissance élevé qui grandissent lentement, et inversement pour les mères de rang social inférieur (Bowman et Lee, 1995). De même, un enfant babouin jaune (*Papio cynocephalus*) ou babouin chacma (*Papio ursinus*) né d'une mère de rang hiérarchique élevé aura un poids supérieur aux autres enfants pendant la période juvénile (Altmann et Alberts, 2004). Le babouin chacma femelle issu d'une mère de faible rang social n'atteindra la maturité sexuelle qu'en moyenne 200 jours après les femelles issues de mères de rang social élevé (Johnson, 2003).

Chez la femme, l'effet du statut socio-économique de la mère a un rôle discuté selon les études, mais il semblerait qu'il ne soit pas significatif une fois tous les autres paramètres de variation contrôlés (Kramer, 1987 ; Brooke et al., 1989).

Dans une étude sur le porcelet (*Sus scrofa domesticus*), c'est le rang de dominance du nouveau-né dans la portée qui a été cette fois-ci étudié. Pour un même poids de naissance, un porcelet dominant aura une croissance d'environ 30g/j supérieure aux autres porcelets, car il sera en mesure de s'approprier les tétines antérieures, ayant la meilleure production laitière (Solignac et al., 1989).

- Période de naissance

Une modification de la courbe de croissance de l'Homme a été mise en évidence au fil des décennies, avec une augmentation en 80 ans du poids de naissance compensée par une



diminution du taux de croissance la première année, probablement liée entre autres à des changements de conditions de vie, d'alimentation, et à une amélioration sanitaire globale (Johnson et al., 2012 ; Scherdel et al., 2015).

Au sein d'une même année, la saison a également un impact sur la croissance, avec une croissance similaire chez le chaton (*Felis catus*) quelle que soit la période de naissance jusqu'à 16 semaines, puis diminuée à partir de 16 semaines chez ceux nés en automne et en hiver, par rapport à ceux nés au printemps et en été (Figure 29, Gast, 2011). Chez les macaques rhésus mâles (*Macaca mulatta*), ceux nés en fin d'année ont une moindre croissance pendant la période juvénile que les autres, malgré un poids de naissance supérieur (Small et Smith, 1986). Les chimpanzés (*Pan troglodytes*) ont, pour leur part, une meilleure croissance pendant l'automne et l'hiver (Grether et Yerkes, 1940), mais ce facteur n'a pas d'influence sur la croissance du babouin jaune (*Papio cynocephalus*) (Altmann et Alberts, 1987).

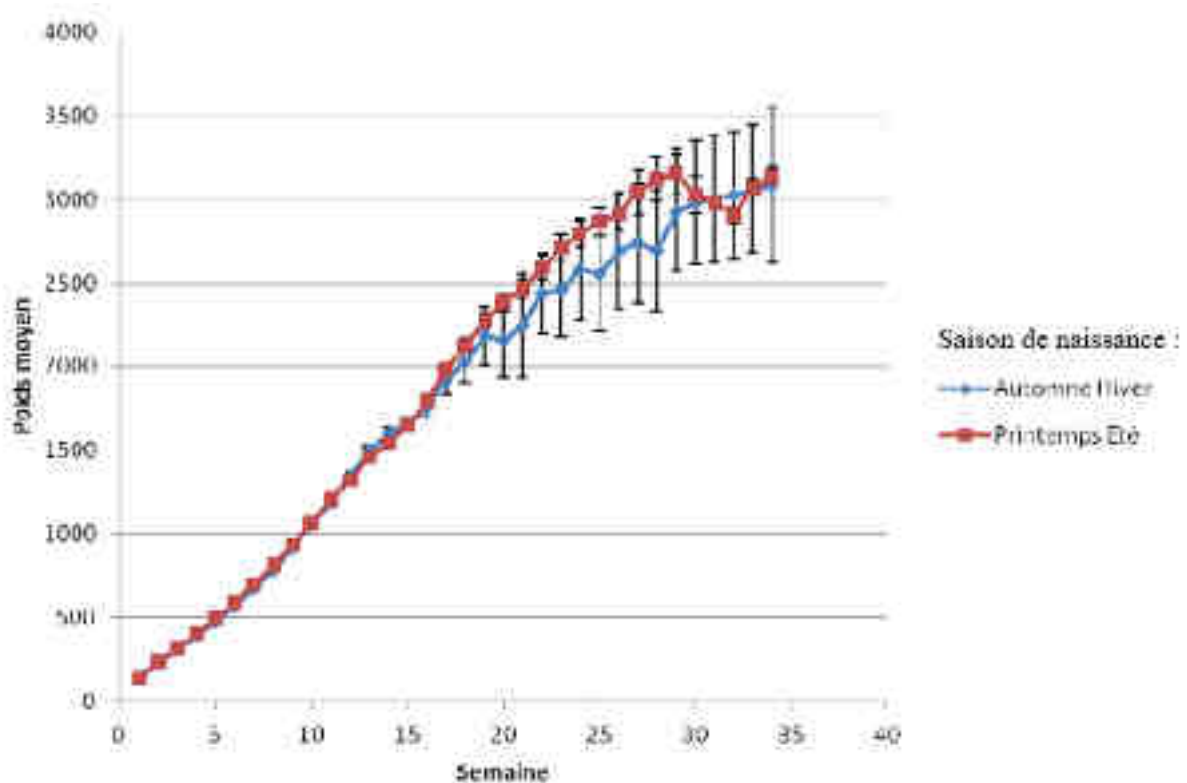


Figure 29 : Influence de la saison de naissance sur la courbe de croissance du chaton (*Felis catus*) (Naissance en automne/hiver : n = 123. Naissance au printemps/été : n = 219) Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

- Provenance géographique

Le pays de provenance n'explique que 3% de la variabilité de la croissance chez l'Homme, selon une étude internationale menée par l'OMS pour l'établissement de courbes de croissance standards (De Onis et al., 2006). Une étude française, réalisée sur des enfants nés en France entre 1981 et 2007, a cependant remarqué une différence notable avec les courbes de l'OMS, caractérisée par une croissance plus lente au cours de trois premiers mois de vie, compensée à 6 mois par une meilleure croissance (Scherdel et al., 2015).



- Conditions de vie

La détention des parents en captivité peut entraîner des modifications de la croissance des petits. Chez le macaque rhésus (*Macaca mulatta*), les enfants issus de parents vivant à l'état sauvage ont un poids de naissance supérieur à ceux dont les parents vivent en captivité (Sackett et Ruppenthal, 1992). De plus, le nombre de générations nées en captivité a une influence positive sur l'âge d'acquisition du poids adulte et sur le poids de naissance moyen des nouveau-nés, avec plus particulièrement une augmentation progressive du poids de naissance des femelles. Le ratio poids du mâle / poids de la femelle de 1,05 évoqué plus haut s'amenuise petit à petit, jusqu'à être égal à 1 après 4 à 5 générations élevées en captivité (Price et al., 1999).

Outre les conditions de vie des parents, les conditions de vie du nouveau-né peuvent exercer une influence sur sa croissance. Ainsi, les babouins chacma mâles (*Papio ursinus*) étant plus sensibles aux variations de disponibilité alimentaire, ils auront une croissance supérieure en captivité, car la nourriture sera distribuée en quantité suffisante, contrairement aux femelles chez lesquelles la croissance ne subit pas d'impact des conditions de vie (captivité ou état sauvage) (Johnson, 2003). Chez le babouin jaune (*Papio cynocephalus*), les individus élevés en captivité présentent également une croissance plus rapide du fait de la meilleure disponibilité alimentaire, mais la différence de poids est finalement compensée par une croissance de plus longue durée chez l'animal sauvage (Altmann et Alberts, 1987).

Concernant les différents modes de vie en captivité, les macaques queue de cochon (*Macaca nemestrina*) nés en cage individuelle ont une croissance supérieure à ceux élevés dans des groupes de quelques individus, cela pouvant être expliqué par exemple par une moindre compétition pour la nourriture, moins de stress social, des soins plus rapprochés (Ha et al., 2002). De la même manière, une diminution de la croissance a été observée chez des lapereaux (*Oryctolagus cuniculus*) élevés en plein air, avec une différence de poids de 13% après 4 semaines passées à l'extérieur par rapport à ceux élevés en cage, du fait de l'augmentation de l'activité physique et de la consommation d'herbe, entraînant une diminution de la consommation d'aliment complet pour lapin, plus énergétique (Pinheiro et al., 2008).

#### **d) Facteurs obstétricaux**

- Taille de portée

La taille de la portée (nombre total de nouveau-nés, morts ou vivants) est très variable selon l'espèce considérée, avec en moyenne 13 petits pour le porc (*Sus scrofa domesticus*), 10 pour la souris (*Mus musculus*) et 1 seul pour l'Homme (Mila, 2015). L'augmentation de la taille de la portée exerce un effet négatif sur le poids de naissance et sur la croissance, et ce quelle que soit l'espèce (sauf chez le chat qui présente quelques particularités). L'impact sur le poids de naissance peut être expliqué par le fait que les petits d'une même portée sont en compétition pour les nutriments pendant la gestation (Hafez, 1963).

Cet effet a été démontré chez le chimpanzé (*Pan troglodytes*), dans une étude portant sur deux jumelles et leur frère aîné (Vančata et Vančatová, 2002), chez la souris (*Mus musculus*) (Gates, 1925) et le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) (Venge, 1950 ; Lebas et Sardi, 1969 ; Poigner et al., 2010). L'effet de la taille de portée a été très étudié chez le porc (*Sus scrofa domesticus*), du fait de la sélection des lignées sur ce facteur : l'augmentation de la fréquence de porcelets chétifs, à plus fort risque de mortalité, est un réel enjeu économique (Aumaitre et al., 1966 ;

Caugant et Guéblez, 1993 ; Milligan et al., 2001, 2002a, 2002b ; Cariolet et al., 2004 ; Bergstrom et al., 2009). La diminution du poids de naissance a été évaluée à 42 g par porcelet supplémentaire dans la portée (Quiniou et al., 2002).

En ce qui concerne le chat (*Felis catus*), les études réunissant des effectifs suffisants sont contradictoires. En effet, deux études récentes (Gast, 2011 ; Musters et al., 2011) montrent que le poids de naissance diminue avec le nombre de chatons dans la portée, alors que d'après une étude de 1970, la taille de portée n'avait aucune influence (Festing et Bleby, 1970). De plus, cette dernière étude montre également que la taille de la portée n'a pas d'influence sur la croissance, contrairement à Gast (2011) qui montre que les chatons issus de grande portée croissent plus rapidement, de 0,9 g/j par rapport aux chatons de petites portées. Cette observation est contraire à ce que l'on observe chez toutes les autres espèces sus-citées (Figure 30 ; Gast, 2011).

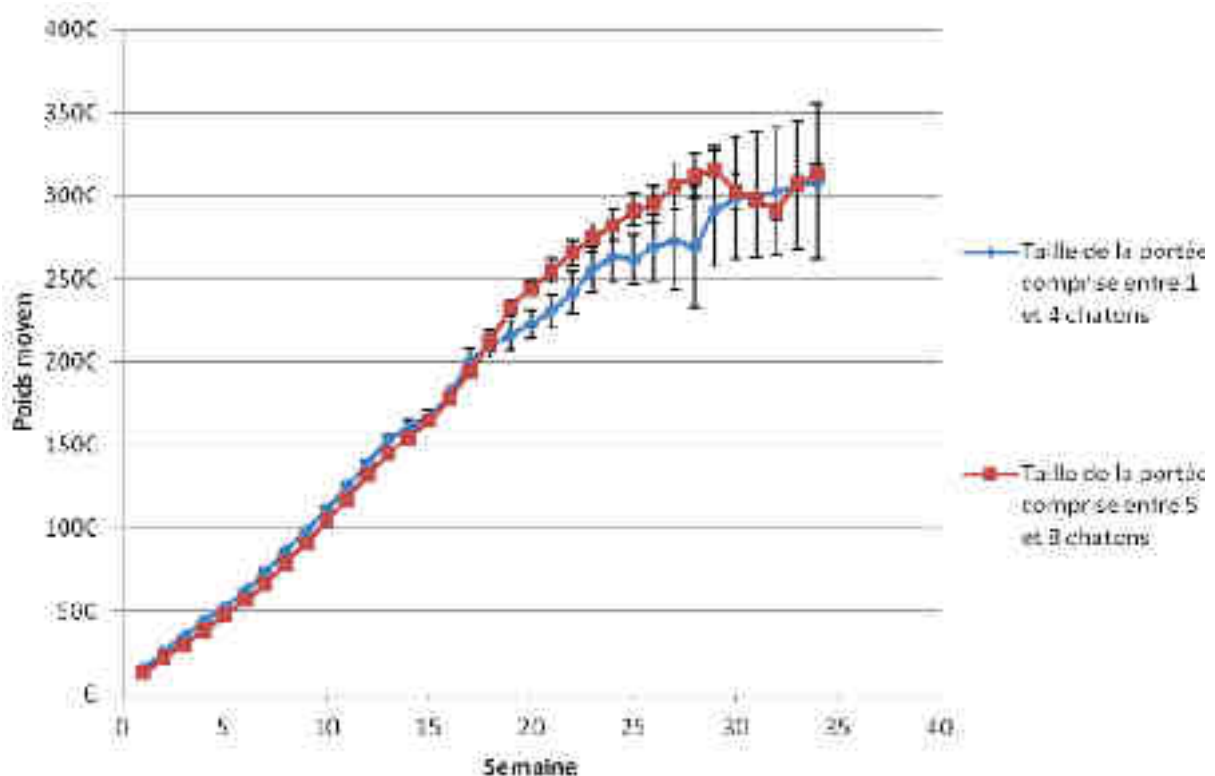


Figure 30 : Influence de la taille de la portée sur la croissance du chaton (*Felis catus*) (Portée de 1 à 4 chatons : n = 117 chatons. Portée de 5 à 8 chatons : n = 189 chatons) Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

- Durée de gestation

Tout comme la taille de la portée, la durée de gestation est dépendante de l'espèce considérée, et dure en moyenne de 19-20 jours chez la souris (*Mus musculus*) à 278-281 jours chez l'Homme, en passant par 30-31 jours chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*), 65-67 jours chez le chat (*Felis catus*) et 114-115 jours pour le porc (*Sus scrofa domesticus*) (Mila, 2015). Chez l'Homme (Cole et al., 1998), le chimpanzé (*Pan troglodytes*) (Nissen et Yerkes, 1943 ; Gavan, 1952), le macaque rhésus (*Macaca mulatta*) (Silk et al., 1993 ; Price et al., 1999) et le

lapin (Venge, 1950), toutes les études s'accordent à dire que plus la durée de gestation est courte au sein d'une espèce donnée, plus le poids de naissance est faible et inversement.

Il a également été montré dans de nombreuses espèces qu'une petite taille de portée est associée à une gestation plus longue (Venge, 1950 ; Hafez, 1963), ce qui va dans le sens d'une augmentation de poids de naissance avec un effet taille de portée couplé à un effet durée de gestation.

- Autres facteurs d'influence

Chez l'Homme et chez le macaque rhésus (*Macaca mulatta*), plus la prise de poids de la mère pendant la grossesse est importante, plus l'enfant naît avec un poids élevé (Price et al., 1999 ; Metgud et al., 2012 ; Amosu et Degun, 2014).

Chez l'Homme, il semblerait que les événements intervenus lors de gestation précédente (mortinatalité, mortalité néonatale, avortement) n'aient aucune influence sur le poids de naissance du jeune (Kramer, 1987). Cependant, chez le porc (*Sus scrofa domesticus*), la présence de mort-nés dans la portée implique une augmentation du poids de naissance et du poids au sevrage des autres membres de la portée (Škorjanc et al., 2007), contrairement au chat (*Felis catus*) où le poids de naissance moyen de la portée et la croissance après 17 semaines subissent un impact négatif en cas de présence de chatons mort-nés (Figure 31, Gast, 2011).

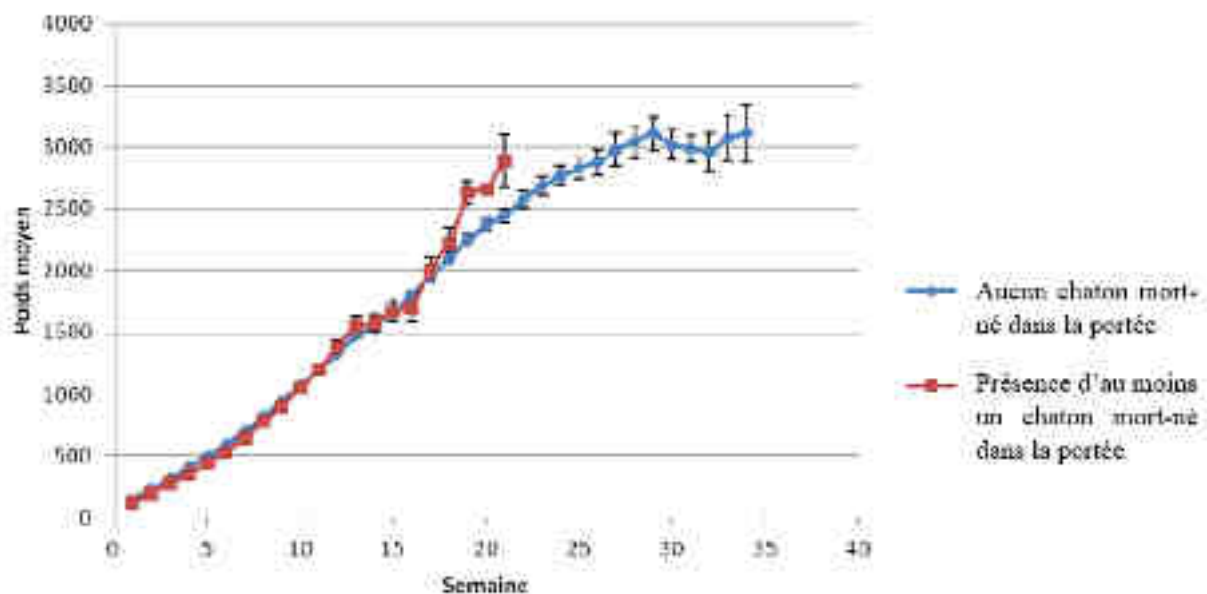


Figure 31 : Influence de la présence d'individus mort-nés dans la portée sur l'évolution du poids des autres chatons de la portée (*Felis catus*) au cours du temps.

(Aucun chaton mort-né dans la portée : n = 262 chatons. Présence d'au moins un chaton mort-né dans la portée : n = 38 chatons). Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

L'effet du type de mise-bas a peu été étudié, mais il semble qu'une naissance par césarienne entraîne une croissance plus lente chez le chaton (Figure 32, Gast, 2011).

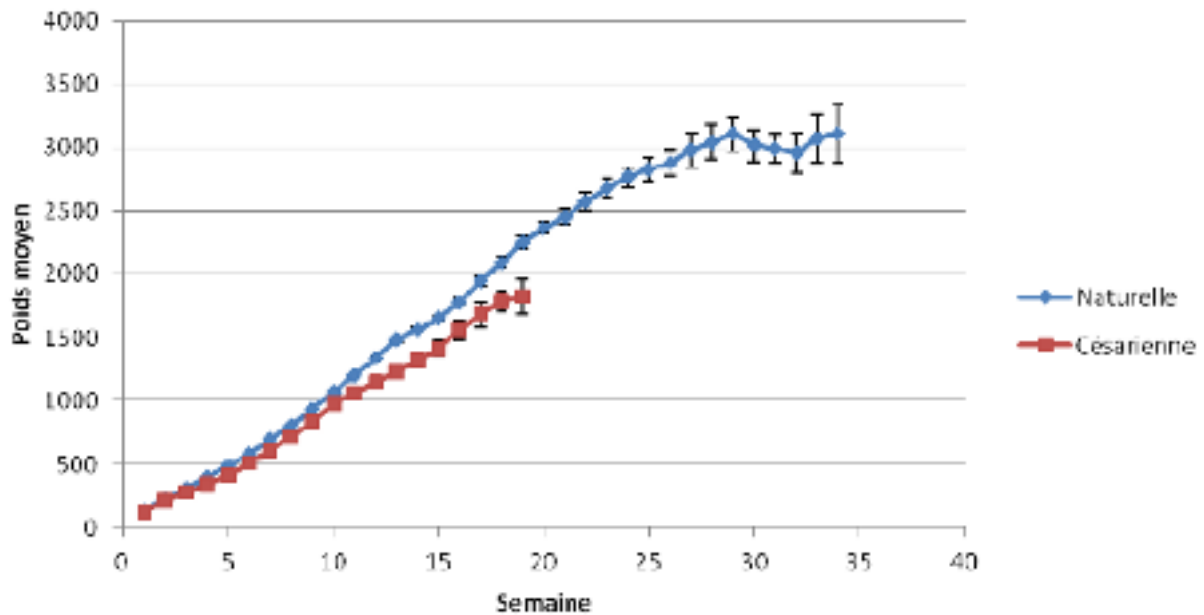


Figure 32 : Influence du type de mise-bas sur la courbe de croissance pondérale du chaton (*Felis catus*) (Mise-bas par les voies naturelles : n = 332. Mise-bas par césarienne : n = 9). Le poids est exprimé en grammes. L'axe des abscisses représente l'âge des chatons en semaines. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%. (Gast, 2011)

#### e) *Facteurs propres à l'espèce humaine*

- Consommation de substances potentiellement nocives pour le nouveau-né

L'effet du tabagisme de la mère sur le nouveau-né a beaucoup été étudié, et de nombreux auteurs s'accordent à dire qu'il exerce un effet négatif sur le poids de naissance de l'enfant, avec une réduction de la durée de grossesse de 0,35 jour par cigarette fumée (Kramer, 1987) et une augmentation du risque de naissance prématurée (avant 37 semaines d'aménorrhée).

Ainsi, le tabagisme de la mère réduirait le poids de naissance d'en moyenne 5% (Brooke et al., 1989), et cette diminution serait proportionnelle au nombre de cigarettes fumées, avec une perte de 11,1 g par cigarette et par jour (Kramer, 1987).

Cependant, il semblerait que le tabagisme n'ait un effet marqué que pendant la deuxième moitié, voire au dernier trimestre de grossesse (Butler et al., 1972 ; Kramer, 1987). L'arrêt du tabac avant la gestation permettrait d'éliminer tout effet négatif sur l'enfant, mais cela est controversé (Butler et al., 1972 ; Brooke et al., 1989).

Enfin, le tabagisme passif ne semble pas avoir d'effet sur la diminution de poids de naissance (Brooke et al., 1989), contrairement à la consommation de tabac mâché ou avalé qui entraîne une perte de 100 à 400 g selon la dose consommée (Kramer, 1987).

De même que pour le tabac, la consommation d'alcool semble avoir un effet plus marqué sur le poids de naissance pendant le dernier trimestre de grossesse, avec une diminution de 155 g pour deux verres ou plus consommés par jour (Kramer, 1987). Une autre étude montre cependant que cet effet ne serait significatif que chez les fumeurs, avec une réduction du poids de naissance supplémentaire de 7%, liée à la consommation d'au moins 100 g d'alcool par semaine (Brooke et al., 1989).

Enfin, la consommation de café durant la grossesse n'a aucun impact sur le poids de naissance, la durée de gestation ou encore la fréquence de naissances prématurées (Brooke et al., 1989 ; Kramer, 1987), de même que la consommation de marijuana, de LSD et d'autres drogues psychoactives (Kramer, 1987).

- Etat psychologique de la mère

L'effet de l'état psychologique de la mère a également été étudié par plusieurs auteurs. Ainsi, il semblerait que la dépression post-natale, survenant vers 6 semaines post-partum, ait une influence négative sur la croissance de l'enfant qui présente alors un petit poids à 6 mois d'âge (Patel et al., 2003, 2004).

Le rôle du stress et de la survenue d'événements marquants pendant la grossesse est quant à lui controversé. Les événements stressants favoriseraient une diminution de la durée de grossesse et un petit poids de naissance (Wadhwa et al., 1993), tandis que Brooke et al. (1989) ne trouvent aucun effet significatif.

Cette synthèse illustre la multiplicité des facteurs pouvant influencer le poids de naissance, ainsi que la croissance de différentes espèces de mammifères. Elle met également en évidence les variations inter mais aussi intra-spécifiques de ces paramètres. Les variations morphologiques très importantes représentent l'une des principales difficultés dans la description et la modélisation de la croissance dans l'espèce canine, puisque c'est dans cette espèce que se rencontre la plus forte variabilité staturale et pondérale intra spécifique, allant de 1kg chez le Chihuahua à 115kg chez le Saint-Bernard (Burger, 1994).

L'objectif de notre travail expérimental était l'étude des différents paramètres ayant une influence sur le poids de naissance et la croissance du chiot entre 0 et 2 mois, ainsi que la construction de courbes de croissance de référence par race, à partir de l'analyse de données obtenues à partir d'un questionnaire destiné aux éleveurs de chiens.





## **DEUXIÈME PARTIE**

---

### **ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**





Cette seconde partie sera consacrée à l'étude des différents paramètres ayant une influence sur le poids de naissance et la croissance du chiot entre 0 et 2 mois, ainsi qu'à la construction de courbes de croissance de référence par race.

## **I. Matériel et méthode**

### **A. Création d'un questionnaire à destination des éleveurs**

Les informations concernant le poids de naissance et la croissance des chiots en élevage entre la naissance et l'âge de deux mois ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire (Annexe 1), constitué de trois pages :

- Page 1 : description des objectifs de l'étude, des informations requises pour la réalisation de l'étude, et des moyens de les faire parvenir au service de Reproduction de l'ENVT.
- Page 2 : informations concernant l'élevage, les parents, et la date de saillie.
- Page 3 : informations concernant la mise-bas (date, déroulement), et les chiots (sexe, poids de naissance, mortalité à la naissance et à 2 mois).

Les informations concernant la mortalité ont été utilisées ici afin de pouvoir écarter les chiots morts avant l'âge de deux mois de l'étude. Il a été demandé aux éleveurs d'accompagner ce questionnaire des données de poids des chiots recueillies par leur soin, sous la forme souhaitée (photographie, document Excel, ...).

Le questionnaire a été rédigé en plusieurs langues (français, anglais, espagnol, finnois, polonais, portugais).

### **B. Contact et recrutement des éleveurs**

Les éleveurs ont été contactés par plusieurs biais et plusieurs moyens afin d'obtenir un maximum de réponses :

- Contact par mail d'éleveurs via le réseau de Royal Canin
- Contact par mail de la Société Centrale Canine, de 53 Sociétés Canines régionales ou départementales, et de 118 Clubs de Race français
- Contact direct d'éleveurs ayant déjà participé à de précédentes études menées par le service de Reproduction de l'ENVT
- Publication de l'étude sur les réseaux sociaux : Facebook (ENVT, SCC), ainsi que via Merial France.
- Recrutement direct d'éleveurs à l'exposition canine de l'Union (31) du 12/06/2016
- Recrutement direct d'éleveurs lors des conférences NeoCare (09/11/2016 et 31/01/2017 à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse).

Chaque éleveur a tout d'abord été contacté via un courriel groupé, avec le questionnaire en pièce jointe. Chaque éleveur a fait l'objet d'un premier envoi, puis lors d'absence de réponse, d'une relance. Par la suite, selon les commentaires et/ou les questions de chacun, nous avons eu des échanges individuels avec tous les éleveurs ayant répondu.

## **C. Saisie des données**

### **1. Saisie des données brutes**

Lors de la réception des données, un numéro de dossier a été attribué à chaque portée si possible, ou par élevage/provenance des données à défaut d'informations suffisantes. Les données ont été saisies dans un tableur Excel unique, reprenant toutes les informations disponibles dans le questionnaire et dans les fichiers complémentaires envoyés par les éleveurs. Les éventuelles données mentionnées relatives à la taille des chiots, à l'alimentation, à l'administration de traitement ou à toute autre information non demandée dans le questionnaire n'ont pas été recopiées dans le tableur Excel. Dans le cas de pesées réalisées plus d'une fois par jour, seule la pesée du matin a été conservée.

### **2. Tri des données**

Suite à la saisie de l'intégralité des données reçues, un premier tri a été réalisé afin d'exclure les chiots ne remplissant pas les conditions d'éligibilité à l'étude, puis les données ont été classées, harmonisées et les erreurs de saisie ont été recherchées et corrigées.

#### ***a) Critères d'éligibilité des données***

Seuls les chiots remplissant les conditions suivantes ont été conservés pour l'étude :

- Seules les portées nées après 2000 ont été prises en compte dans l'étude.
- Les chiots mort-nés ont été exclus de l'étude.
- Les chiots morts avant l'âge de deux mois ont été conservés pour l'étude du poids de naissance mais n'ont pas été sélectionnés pour l'étude de la croissance. Pour cela, nous avons conservé tous les chiots pour lesquels la case « mort avant 2 mois » était renseignée par un NON, ainsi que ceux dont les pesées atteignaient ou dépassaient 56 jours. Enfin, ont été considérés vivant à 2 mois tous les chiots pesés régulièrement, dont la dernière pesée était située à une distance de J56 correspondant à l'intervalle de pesée réalisé jusqu'à ce moment (par exemple dernière pesée à 49 jours pour un chiot pesé tous les 7 jours, à 55 jours pour un chiot pesé tous les 5 jours, à 54 jours pour un chiot pesé tous les 6 jours etc...). En cas de pesées irrégulières, ou d'intervalle entre deux pesées supérieur à 7 jours, seuls les chiots ayant des données de poids à 49 jours et après ou plus ont été retenus.
- Une suppression des données pour lesquelles trop de renseignements étaient manquants a également été effectuée : absence d'information sur l'élevage de provenance, la portée, la mère des chiots, regroupement de plusieurs chiots dans une même case.

### ***b) Classement des données***

Les données relatives à chaque chiot ont dans un premier temps été classées, puis transposées dans un tableur différent selon le format racial, défini par le poids attendu pour la race à l'âge adulte : format « Petit » (S) pour les chiens de poids inférieur à 10 kg, « Moyen » (M) pour les chiens dont le poids est situé entre 10 et 25 kg, « Grand » (L) si le poids est compris entre 25 et 45 kg, et enfin « Géant » (G) pour les chiens dont le poids adulte excède 45 kg.

### ***c) Harmonisation des données***

Les noms de race et d'élevage ont été harmonisés au sein de chaque fichier, afin de limiter la présence de doublons et de faciliter le traitement des données par la suite. Certains éleveurs, ne disposant pas de balance permettant de mesurer des poids supérieurs à 5 kg, ont noté tout poids supérieur à 5kg sous la forme « > 5000 ». Toutes les données de poids sous la forme « > 5000 » ont donc été supprimées du fait du manque de précision.

Enfin, concernant la difficulté de la mise-bas, toute mise-bas ayant nécessité l'intervention de l'éleveur ou du vétérinaire a été considérée comme « Difficile (D) ». Plusieurs niveaux de difficulté de mise-bas peuvent être rencontrés au sein de la même portée, (par exemple si les premiers chiots sont nés facilement, et que les derniers ont nécessité l'intervention du vétérinaire ou même une césarienne), chaque chiot s'est donc vu attribuer le niveau de difficulté lui correspondant.

### ***d) Calcul de l'âge à la mise-bas et de la durée de gestation***

L'âge de chaque mère au moment de la mise-bas a été calculé à partir de sa date de naissance et de la date de mise-bas, lorsqu'elles étaient disponibles (fonction DATEDIF d'Excel, appliquée au nombre d'années, de mois et de jours, de manière à donner un résultat sous la forme « 4,5 » pour « 4 ans, 6 mois, 0 jours » par exemple). De même, la durée de gestation apparente a été calculée à partir de la date de la première saillie et de la date de mise-bas (fonction DATEDIF d'Excel, avec résultat donné en jours).

### ***e) Traitement des données aberrantes***

Une vérification de l'ensemble des données sélectionnées a été effectuée, afin de repérer et de corriger ou supprimer les données aberrantes.

- Poids de naissance : en cas de présence de données aberrantes (poids de naissance de 2800 g par exemple), une vérification de la saisie des données a été effectuée, et la valeur corrigée.
- Poids à partir du jour 1 : la recherche de données de poids aberrantes a été effectuée via l'analyse du GMQ. Une vérification à partir des fichiers envoyés par les éleveurs a ensuite été réalisée afin de corriger les erreurs de frappe. En cas d'erreur de frappe évidente de la part de l'éleveur (par exemple chiot pesant 1600 g à J8, 700g à J9 et 1800g à J10), une correction a été effectuée. Si plusieurs corrections pouvaient convenir, le poids erroné a été supprimé.

- Âge de la mère : en cas de donnée aberrante (mère née après la date de mise-bas par exemple), une vérification de la date de naissance réelle de la mère et des chiots a été effectuée à partir des fichiers reçus et des données internet disponibles (site internet de l'élevage). Une correction a alors été effectuée lorsque cela était possible. Dans le cas contraire, la portée concernée a été écartée de l'étude de l'influence de l'âge de la mère.
- Durée de gestation : en cas de durée de gestation trop courte (par exemple 30 jours) ou bien trop longue (118 jours, 178 jours), une vérification des différentes dates de saillie ainsi que de la date de mise-bas a été réalisée afin d'estimer les durées minimale et maximale possibles. L'intervalle limite choisi pour le paramètre saillie - mise-bas est de 55-80 jours. Les portées appartenant à cet intervalle ont été conservées pour l'étude de l'influence de la durée de gestation, les autres ont été écartées.

### **3. Constitution des bases de données « Poids de naissance » et « Croissance »**

Pour la suite de l'étude, deux fichiers Excel ont été constitués :

- Un fichier recensant toutes les données des chiots pour lesquels nous disposions d'un poids de naissance, utilisé pour l'étude du poids de naissance.
- Un second fichier recensant toutes les données des chiots considérés comme vivants à 2 mois, utilisé pour l'étude de la croissance.

Pour ce second fichier, le calcul du gain moyen de poids quotidien (GMQ) a été effectué, ainsi que le calcul des taux de croissance 0-2 jours (période néonatale précoce, traduisant la prise colostrale et correspondant à une période de forte mortalité), 2-7 jours, 7-21 jours (période néonatale tardive avec alimentation uniquement lactée) et 21-56 jours (période pédiatrique précoce, début de l'introduction d'aliment solide) (Mila et al., 2015). Pour les chiots pour lesquels le poids n'a pas été mesuré à l'une ou plusieurs de ces dates, la case du taux correspondant a été laissée vacante.

Dans un second temps, une analyse des données par race a été effectuée. Pour cela, deux autres fichiers ont été créés, dans lesquels seuls les chiots appartenant aux races pour lesquelles un effectif supérieur à 100 chiots était disponible dans l'étude du poids de naissance ont été conservés. Ces mêmes races ont été conservées pour l'étude de la croissance entre 0 et 56 jours, même si l'effectif n'atteignait pas toujours 100 chiots dans ce fichier.

#### **D. Distribution des données**

Une description de la distribution des données a été réalisée à l'aide du logiciel JMP (SAS Institute). La distribution du sexe des chiots, de la parité de la mère, de l'âge de la mère, de la durée de gestation, du format racial, des différentes races au sein de notre population totale puis dans chaque format racial, de la taille de la portée, du poids de la mère et du père au sein de chaque format racial, et des différents élevages ayant fourni les données au sein de chaque format ont été étudiées à partir de représentations graphiques (histogrammes) et analysées.

Par la suite, un découpage de chaque classe de données en catégories a été effectué à partir de la distribution de celles-ci, afin de faciliter le traitement des données, et de garantir un échantillon suffisamment grand avec une répartition homogène entre les catégories.

Certains paramètres ont été découpés en quartiles. Les quartiles sont les trois valeurs permettant de diviser un ensemble de données en quatre parts égales, chaque part représentant

un quart de l'effectif de la population totale. Le premier quartile (q1) et le troisième quartile (q3) définissent respectivement les valeurs délimitant les 25% des valeurs les plus petites et les plus grandes. Le deuxième quartile (q2) correspond à la médiane.

Les découpages des différents paramètres ont été effectués comme suit, et sont résumés dans le Tableau 2 :

- Taille de la portée : les données ont d'abord été découpées en quartiles au sein de chaque format racial. Cependant, du fait d'une importante variation de la taille de portée en fonction de la race considérée (au sein même d'un format), certains quartiles n'étaient alors pas représentés dans les races dont la prolificité est inférieure ou supérieure à la moyenne du format. Une répartition en quartiles par race a alors été effectuée, à partir de la répartition du nombre total de chiots nés au sein de chaque race. Enfin, pour toutes les races confondues, trois catégories ont été créées à partir des quartiles, permettant l'analyse de ce paramètre indépendamment de la race du chiot. Les catégories correspondent à des portées de petite taille (dont la taille est comprise entre le minimum et le quartile 1 non inclus), de moyenne taille (dont la taille est comprise entre le quartile 1 inclus et le quartile 3 non inclus), et de grande taille (dont la taille est comprise entre quartile 3 inclus et le maximum). Ce découpage en trois catégories a été réalisé afin de visualiser plus précisément l'effet des portées de tailles extrêmes.
- Parité de la mère : du fait du nombre peu important de mères de parité supérieure ou égale à deux dans les données récoltées, ce paramètre a été séparé en 3 catégories : mères nullipares (parité 0), mères primipares (parité 1), et mères multipares (parité 2 ou plus).
- Durée de gestation : la durée de gestation a été divisée en trois catégories, correspondant à une gestation courte (< 59 jours), une gestation de durée moyenne (entre 59 et 63 jours), ou une gestation longue (> 63 jours). Okkens et al. (1993) ont en effet établi des durées médianes de gestation s'échelonnant de 60 à 62 jours selon la race. On peut donc considérer 59 et 63 jours comme des limites inférieures et supérieures cohérentes.
- Âge de la mère : ce paramètre a dans un premier temps été séparé en quartiles au sein de la population globale. Par la suite, il a été exprimé au sein de chaque race comme un pourcentage de l'espérance de vie moyenne de la race, selon Greer et al. (2007), O'Neill et al. (2013) et Proschowsky et al. (2003), dans le but de s'affranchir des variations de la longévité en fonction de la race. Par exemple, pour une mère Berger allemand (espérance de vie moyenne estimée à 11 ans), une mise-bas à l'âge de 5,6 ans correspond à une mise-bas à 50,9% de son âge maximal.
- Poids de naissance, poids des parents : découpage en quatre catégories au sein de chaque race, délimitées par les quartiles.

Tableau 2 : Description des catégories utilisées pour l'étude de chaque paramètre

Paramètre	Nombre de catégories	Catégories			
Taille de la portée	3	Petite portée [min – q1[	Portée moyenne [q1 – q3[	Grande portée [q3 – max]	
Parité de la mère	3	Nullipare	Primipare	Multipare	
Age de la mère	Aucune	Exprimé en pourcentage de l'espérance de vie moyenne de la race			
Durée de gestation	3	< 59 jours	[59 – 63 jours]	> 63 jours	
Poids de naissance	4	[min – q1[	[q1 – q2[	[q2 – q3[	[q3 – max]
Poids des parents	4	[min – q1[	[q1 – q2[	[q2 – q3[	[q3 – max]

## **E. Analyse des données et tests statistiques**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R Studio (Package lme4).

### **1. Types de modèles utilisés**

Pour évaluer les variables affectant le poids de naissance et la croissance précoce (données quantitatives), des modèles linéaires mixtes ont été utilisés. Dix facteurs fixes pouvant être inclus dans le modèle ont été envisagés : l'âge de la mère, la parité de la mère, le poids de la mère, le poids du père, le sexe, le format racial, la race, le type de mise bas, la taille de la portée, et la durée de gestation (Figure 33).

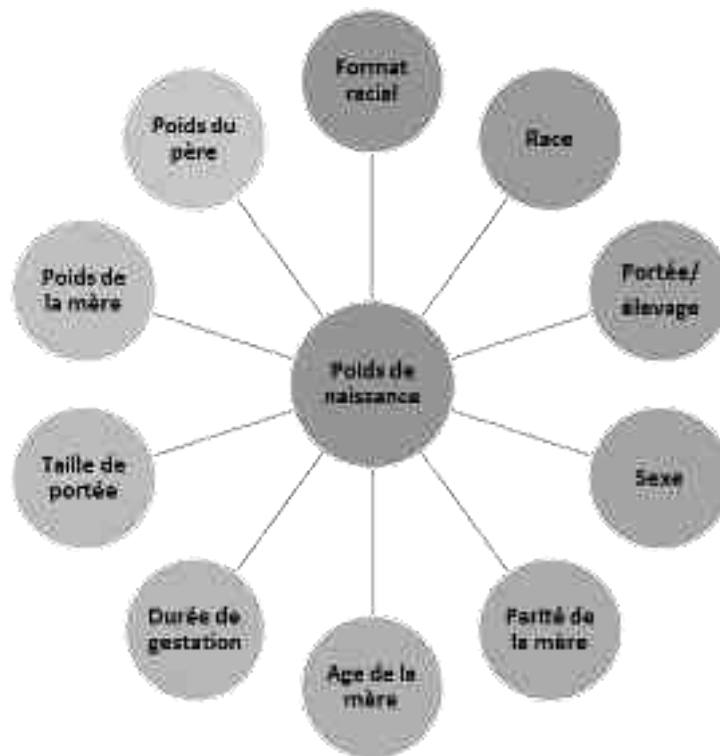


Figure 33 : Facteurs initialement enregistrés dans l'étude de la variation du poids de naissance du chiot

Deux effets aléatoires ont également été pris en compte : la portée et l'élevage (portée au sein de l'élevage). Cela permet de prendre en compte un double effet « cluster » : les chiots d'un même élevage sont potentiellement plus proches entre eux que les chiots d'un autre élevage. De même au sein d'un même élevage, les chiots d'une même portée sont potentiellement plus proches entre eux que les chiots d'une autre portée dans le même élevage.

Pour l'étude de la croissance, le modèle a été réalisé successivement sur toutes les périodes de croissance étudiées (0-2 jours, 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours). Pour chaque période, deux autres paramètres ont été envisagés en plus de ceux présentés dans la Figure 33 : le type de mise-bas et le poids de naissance. Pour toutes les périodes, à l'exception de la période 0-2 jours, le taux de croissance 0-2 jours a également été intégré dans le modèle (Figure 34).

Un code a été attribué à chaque race, élevage, sexe et portée afin de permettre l'analyse statistique sur le logiciel R. Un même code d'élevage a été attribué à tous les chiots dont l'élevage d'origine était inconnu.



Figure 34 : Facteurs initialement enregistrés dans l'étude de la variation du taux de croissance chez le chiot  
 Le facteur « Taux de croissance 0-2 jours » n'a été intégré que pour la croissance 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours

## 2. Choix des variables intégrées dans le modèle

### a) *Prise en compte de la colinéarité*

L'utilisation du type de modèle choisi impose l'absence de colinéarité entre variables (absence de corrélation entre deux variables), afin de ne pas générer un modèle très instable. L'interprétation de données très corrélées est très difficile, car l'effet de l'une peut faire disparaître l'effet de l'autre. Par exemple, le poids du père, le poids de la mère, le format racial et la race sont quatre paramètres très corrélés : un chien de 90 kg ne pourra appartenir qu'à certaines races, il appartiendra forcément au format racial « Géant », et les deux géniteurs appartenant à la même race, leurs poids sont proches et ils appartiennent donc au même format racial. Ainsi, plus le poids augmente, plus les chances d'appartenir au format « Géant » augmente, et plus la probabilité d'appartenir à une race appartenant à ce format augmente. Ces données sont donc « corrélées ». De même, la race et le format racial sont corrélés, car une race ne peut appartenir qu'à un seul (voire deux) format racial, mais ne pourra en aucun cas appartenir aux quatre formats.

Ainsi, dans le modèle multivarié utilisé, seule la race a été intégrée (races avec un effectif supérieur à 100 chiots), ce paramètre étant plus précis (Groppetti et al., 2015). Les effets du poids de la mère, du poids du père et du format racial sur le poids de la naissance ou la croissance précoce ont été étudiés indépendamment.



Afin d'assurer la non-colinéarité entre la taille de la portée et la race, la taille de la portée n'a pas été incluse de manière quantitative, mais de manière catégorielle comme décrit précédemment (petite, moyenne ou grande portée en fonction des quartiles de distribution au sein de chaque race).

### ***b) Prise en compte des données manquantes***

On parle de valeur manquante lorsque l'on n'a pas d'observation pour une variable donnée, et pour un individu donné. Les données manquantes peuvent déstabiliser un modèle statistique, et plusieurs solutions sont possibles pour y remédier. En effet, il est possible de retirer la (les) variable(s) ou les individus ayant trop de données manquantes, d'imputer des valeurs aux données manquantes, ou encore de développer des méthodes ou algorithmes permettant de mener les analyses en présence de données manquantes. Dans l'ensemble de cette étude, il a été choisi de retirer la variable du modèle lorsque les données étaient manquantes pour plus de 50% des chiots.

Ainsi, les facteurs parité de la mère, durée de gestation, type de mise-bas et poids des parents n'ont pas été retenus dans le modèle final, du fait d'un effectif insuffisant. Concernant le paramètre âge de la mère, les données ont d'abord été découpées en trois catégories (jeune, moyen, âgée). Certaines catégories n'étant pas représentées dans une partie des races, l'étude quantitative de ce paramètre a été envisagée. Cependant, le nombre de données disponible restant insuffisant pour permettre une analyse fiable de l'effet de l'âge de la mère sur le poids de naissance et la croissance, ce paramètre a été également écarté.

Finalement, le modèle utilisé pour l'étude du poids de naissance prend en compte l'effet de la race, du sexe, de la taille de portée, ainsi que de la covariable « portée au sein d'un élevage » (Figure 35).

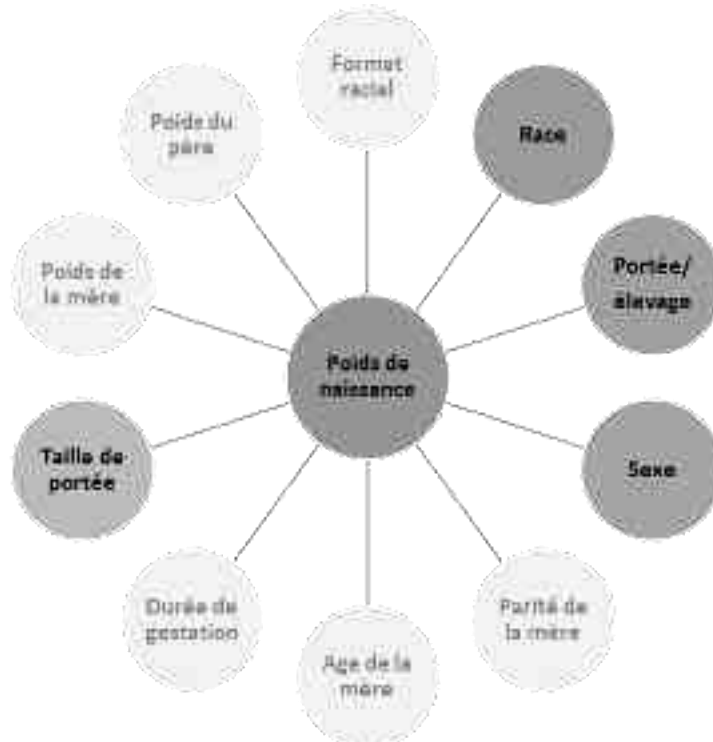


Figure 35 : Paramètres retenus pour l'étude des facteurs d'influence sur le poids de naissance du chiot

Les paramètres conservés dans le modèle utilisé pour l'étude de la croissance sont : la race, le sexe du chiot, la portée au sein de l'élevage, la taille de portée et le poids de naissance des chiots. En plus de ces paramètres, l'effet du taux de croissance 0-2 jours a été étudié sur la croissance 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours (Figure 36).

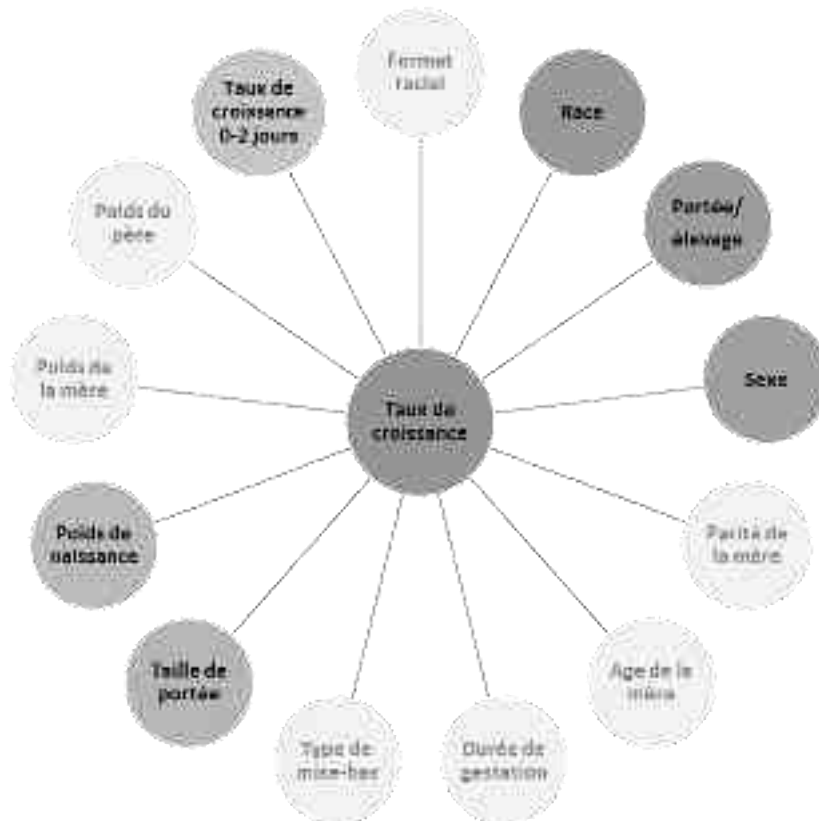


Figure 36 : Paramètres retenus pour l'étude des facteurs d'influence sur la croissance précoce du chiot

### 3. Contrôle a posteriori des conditions d'utilisation du modèle

Le respect des conditions d'utilisation de ces modèles (indépendance des variables, linéarité, absence de colinéarité, absence d'hétéroscédasticité, normalité des résidus) a été évalué pour chacun des deux modèles (« Poids de naissance » et « Croissance »). La vérification de la linéarité a été réalisée en utilisant la fonction « plot(fitted(...),residuals(...)) » de R. La normalité des résidus a été évaluée via la réalisation d'un QQ plot avec la fonction « qqnorm(residuals(...)) » de R.

#### **F. Construction des courbes de croissance**

Les courbes de croissance entre la naissance et l'âge de 60 jours ont été tracées pour les 19 races étudiées (représentées par plus de 100 individus dans la base de données pour l'étude du poids de naissance). Une première étape a consisté à tracer la répartition des données à 14 jours distincts de la croissance, sous la forme de boîtes à moustache (J0, J1, J2, J4, J7, J10, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56, J60), grâce au logiciel JMP (SAS). En cas d'absence de données

pour l'un des jours (pas de données à J60 pour le Berger allemand par exemple), le graphique comportait autant de boîtes en moins que de jours manquants.

Dans un deuxième temps, un tracé d'une courbe de croissance continue non lissée a été réalisé. La médiane, le premier et troisième quartile, les déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 et les centiles 5 et 95 ont été calculés pour chaque jour considéré, puis une courbe continue de ces 13 paramètres sur la période 0-60 jours a été tracée à l'aide du logiciel Excel (Microsoft). En cas d'absence de données pour l'un des jours dans la période considérée, une discontinuité apparaît dans la courbe (par exemple pour le Bichon maltais, l'absence de données à J46 et J48 entraîne deux zones de coupure dans la courbe obtenue). Afin d'augmenter la lisibilité des courbes sur les périodes précoces de la croissance, trois courbes correspondant à trois périodes distinctes ont été tracées pour chaque race :

- Courbe de croissance de la période néonatale précoce (de la naissance à 7 jours)
- Courbe de croissance de la période néonatale dans son intégralité (de la naissance à 21 jours)
- Courbe de croissance de la période pré-sevrage (de la naissance à 60 jours)

Enfin, pour chaque race et pour chaque période considérée, une courbe de croissance lissée a été réalisée afin de donner une tendance de croissance, en s'affranchissant des imprécisions engendrées notamment par le faible nombre de données disponibles pour certains jours. Sur ces graphiques figurent 13 courbes, correspondant à la modélisation via une fonction polynomiale du second degré de la forme  $y = ax^2 + bx + c$  de chacune des 13 courbes décrites précédemment (médiane, quartiles, déciles et centiles).

## II. Résultats

Les résultats seront divisés en quatre parties : sera d'abord abordée la description de la population générale avant la division des données en deux bases, pour l'étude du poids de naissance et de la croissance. Par la suite, les résultats de l'étude du poids de naissance seront exposés, puis une troisième partie concernera les résultats de l'étude de la croissance du chiot, avec la présentation successive des différentes périodes de croissance étudiées. Enfin, une dernière partie consistera en la présentation des courbes de croissance construites à partir des données récoltées.

### A. Description générale de la population

#### 1. Chiots et élevages ayant participé à l'étude

Ont été recueillies les données relatives à 6744 chiots nés entre le 01/05/2001 et le 24/11/2016. 4,5% étaient mort-nés ( $n = 302$ ), et 14,6% ( $n = 986$ ) sont morts avant l'âge de deux mois. Le processus de sélection des chiots répondant aux critères d'éligibilité est présenté dans la Figure 37. Cette étape de sélection a permis la constitution des deux bases de données. Finalement, la base de données « Poids de naissance » regroupe 4970 chiots, soit 73,7% de l'ensemble des chiots ; la base de données « Croissance » regroupe 5413 chiots, soit 80,3% de l'ensemble des chiots.

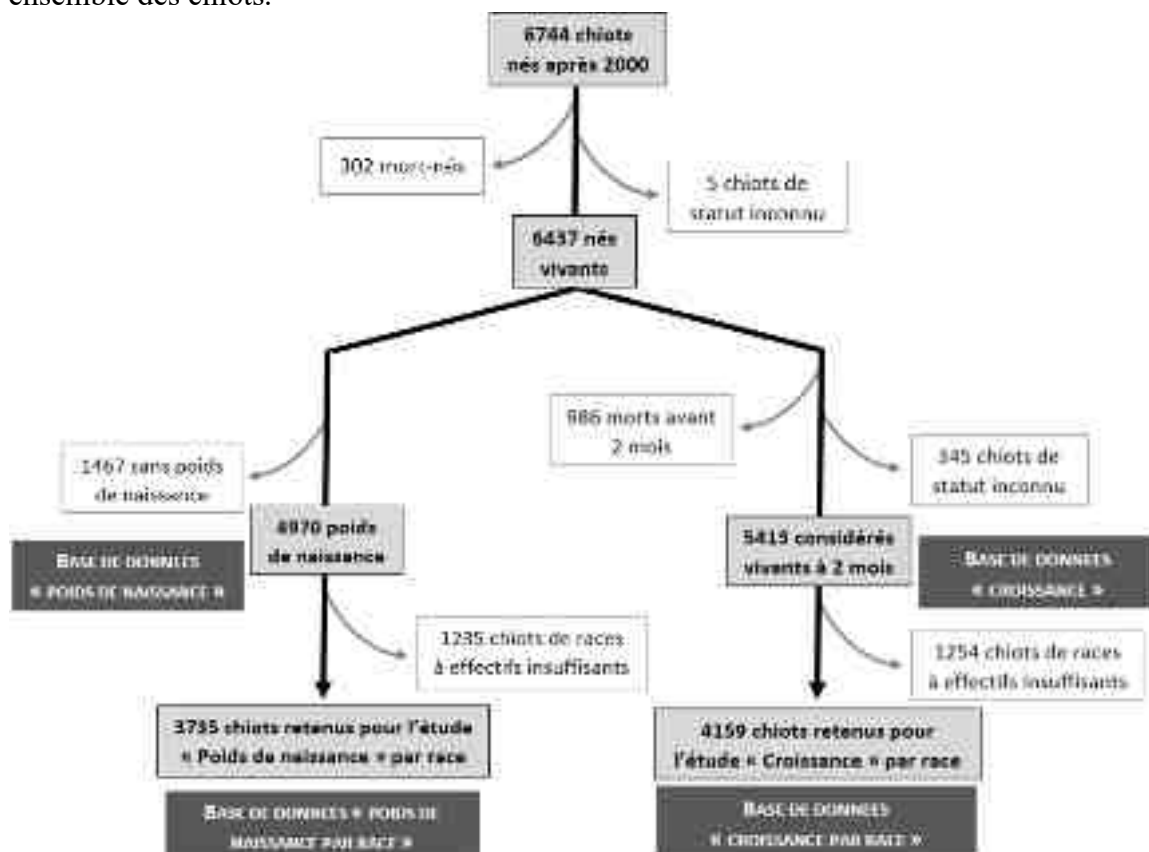


Figure 37 : Représentation des différentes étapes de sélection de la population choisie pour l'étude du poids de naissance et de la croissance

L'élevage d'origine est connu pour 6481 chiots (96,1%). Soixante-six élevages différents ont participé, issus de cinq pays différents : France (59 élevages), Finlande (3 élevages), Canada (2 élevages), Etats-Unis (1 élevage), Argentine (1 élevage). Le nombre de données fournies par élevage s'étend de 1 à 2279 chiots, avec une moyenne de 98,2 chiots par élevage (Figure 38).

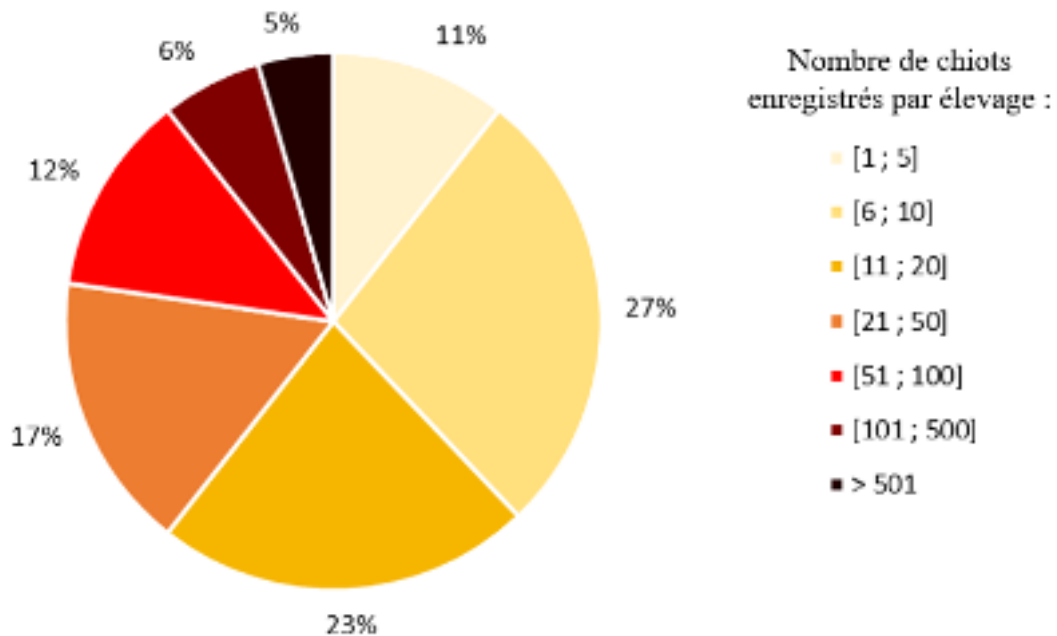


Figure 38 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (66 élevages, n = 6481)

## 2. Paramètres enregistrés

### a) Races représentées

Les 6744 chiots appartiennent à 61 races distinctes (Tableau 3). Parmi ces chiots, 40,9% (n = 2760) sont de petit format, 22,3% (n = 1505) sont de format moyen, 26,4% (n = 1778) sont de grand format, et 10,4% (n = 701) sont de format géant.

Tableau 3 : Races représentées dans la base de données, réparties par format racial, et effectifs de chiots associés

PETIT (< 10kg)		MOYEN (10-25kg)		GRAND (25-45kg)		GEANT (> 45kg)	
Race	Effectif	Race	Effectif	Race	Effectif	Race	Effectif
West Highland White Terrier	300	Cocker	636	Golden Retriever	450	Bouvier bernois	410
Shih Tzu	275	Berger australien	400	Labrador Retriever	447	Rottweiler	199
Lhasa Apso	259	Bulldog anglais	104	Basset Hound	412	Terre-Neuve	61
Coton de Tuléar	219	Bull Terrier	82	Berger allemand	189	Léonberg	19
Bouledogue français	181	Schnauzer moyen	64	Boxer	104	Mastiff	12
Cavalier King Charles	179	Shar Pei	48	Berger blanc suisse	54		
Teckel	165	Samoyède	31	Berger de Brie	33		
Yorkshire Terrier	157	Whippet	25	Berger belge Malinois	22		
Bichon maltais	150	Border Collie	21	Flat coated Retriever	16		
Jack Russel Terrier	124	Bouvier d'Australie	20	Akita Inu	11		
Schnauzer miniature	106	Bouvier d'Appenzell	14	American Staffordshire Terrier	9		
Spitz nain	96	Epagneul breton	10	Bobtail	9		
Bichon frisé	94	Field Spaniel	8	Setter gordon	9		
Fox Terrier	92	Spitz géant	8	Alaskan Malamute	7		
Caniche nain	71	Welsh Corgi Pembroke	8	Setter anglais	6		
Chihuahua	69	Caniche royal	7				
Beagle	57	Kerry Blue Terrier	6				
Caniche moyen	40	Nizinny	6				
Epagneul nain continental papillon	30	Braque français des Pyrénées	4				
Scottish Terrier	27	Berger des Pyrénées	3				
Silky Terrier	26						
Carlin	21						
Shetland	14						
Epagneul tibétain	5						
Spitz moyen	3						
<b>TOTAL</b>	<b>2760</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1505</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1778</b>	<b>TOTAL</b>	<b>701</b>

### *b) Sexe des chiots*

La population de chiots est constituée de 3275 mâles, 3229 femelles, et de 240 chiots de sexe inconnu. Le sex ratio est de 1,01.

### *c) Taille de portée*

La taille de portée (nombre total de chiots nés) est connue pour 5394 chiots. La taille de portée médiane est de 7 chiots, avec un minimum de 1 et un maximum de 14 chiots par portée (Figure 39)

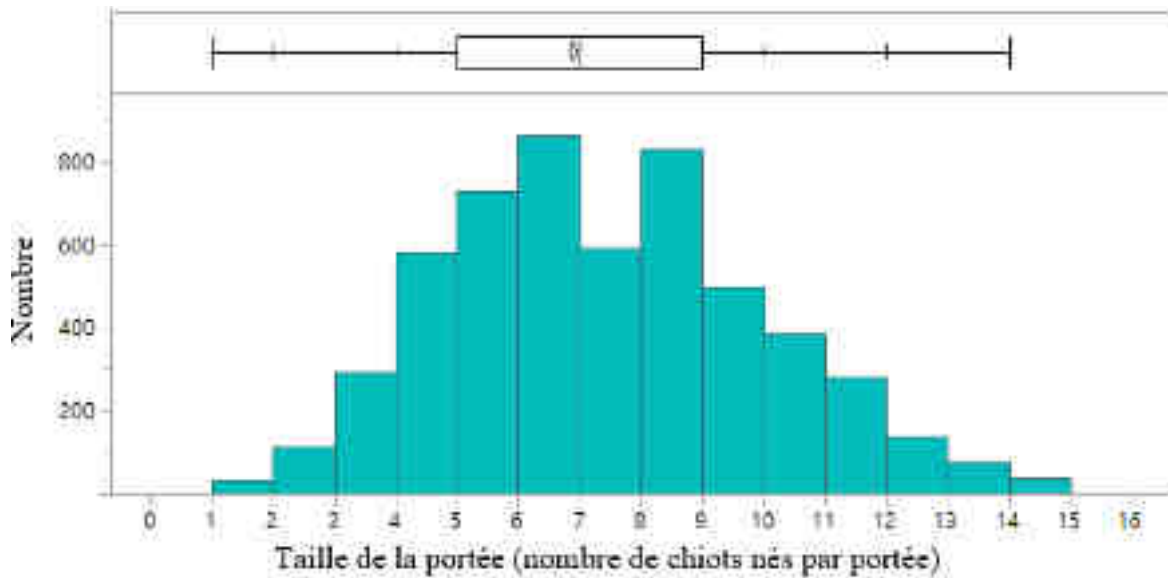


Figure 39 : Répartition de la taille de la portée dans la population générale (n = 5394)

#### d) *Durée de gestation*

La durée de gestation est connue pour 3457 chiots. La médiane est de 62 jours, avec un minimum de 55 jours et un maximum de 76 jours (Figure 40).

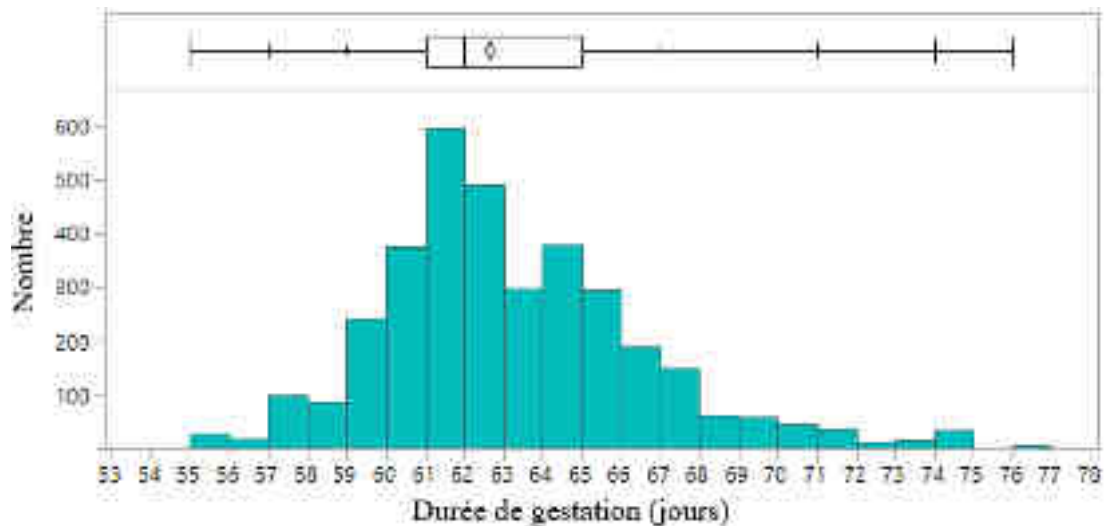


Figure 40 : Répartition de la durée de gestation (n = 3457)

#### e) *Age de la mère*

3931 données concernant l'âge des mères sont disponibles. L'âge médian est de 3,4 ans, avec un minimum de 0,8 ans (9,6 mois) et un maximum de 9 ans (Figure 41).

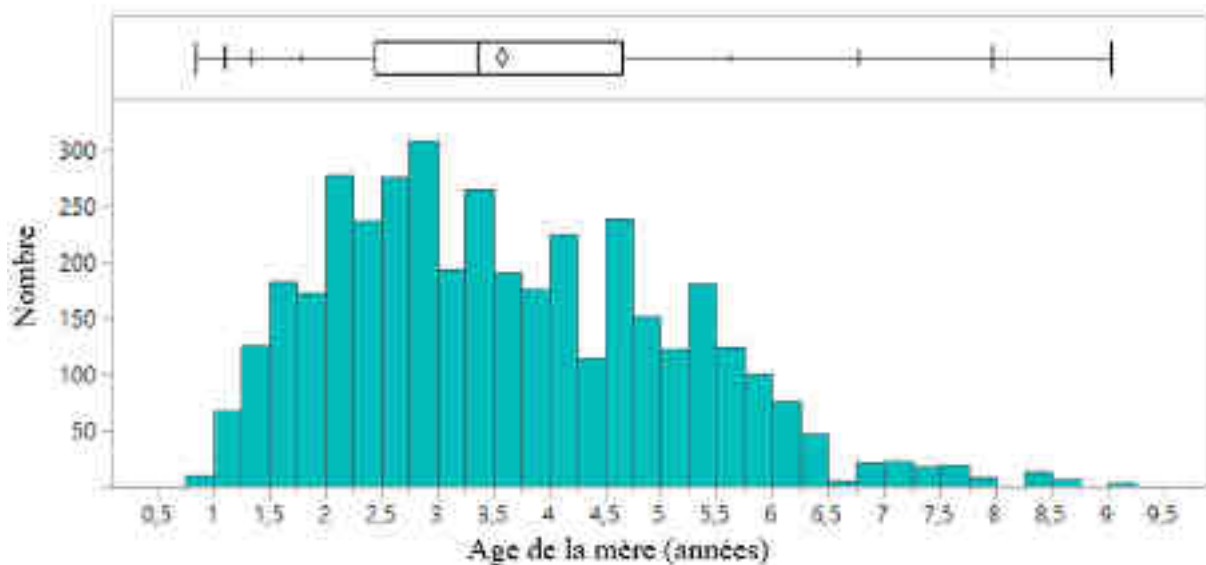


Figure 41 : Répartition de l'âge des mères (n = 3931)

*f) Parité de la mère*

La parité de la mère est connue pour 1573 chiots. 41,2% des mères sont nullipares, 32,0% sont primipares et 26,8% sont multipares. La parité la plus élevée est de 5 (Figure 42).

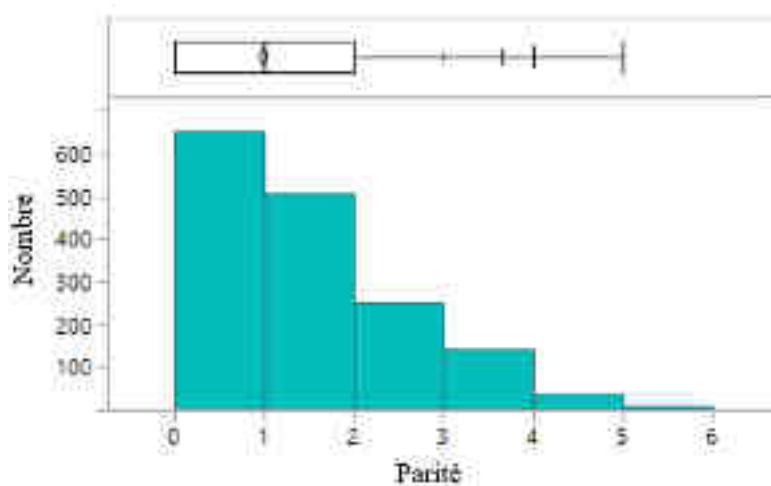


Figure 42 : Répartition de la parité des mères (n = 1573)

*g) Poids des parents*

Le poids de la mère est connu chez 948 chiots, tandis que le poids du père n'est connu que chez 751 chiots. Les mères pèsent de 1,9 kg à 57 kg, avec une médiane à 21 kg (Figure 43), tandis que les pères pèsent de 1,6 kg à 63 kg, avec une médiane à 27 kg (Figure 44).



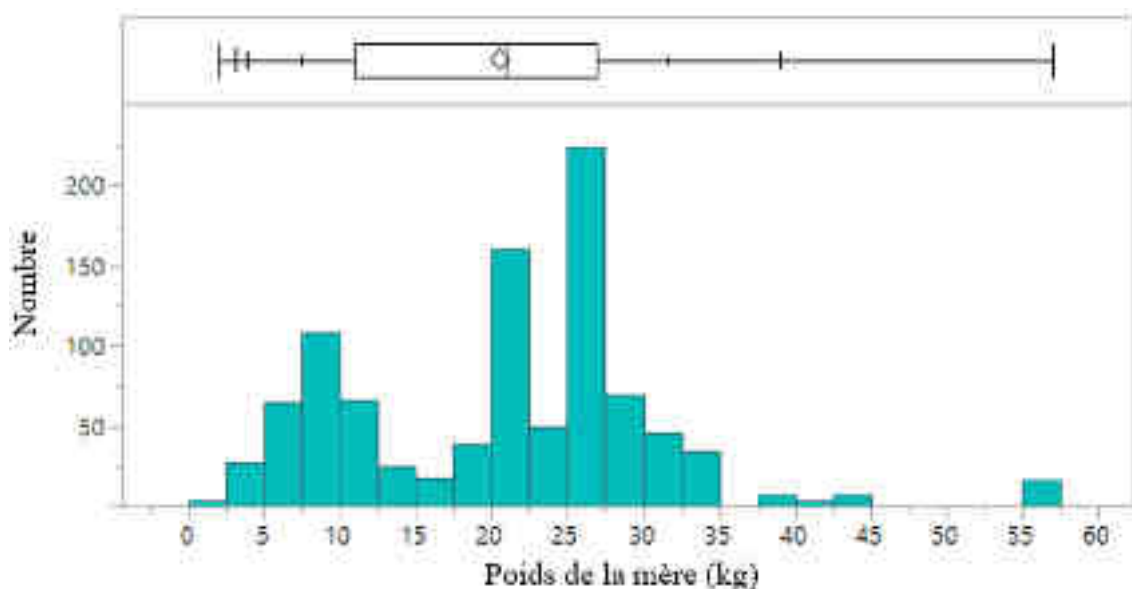


Figure 43 : Répartition du poids des mères (n = 948)

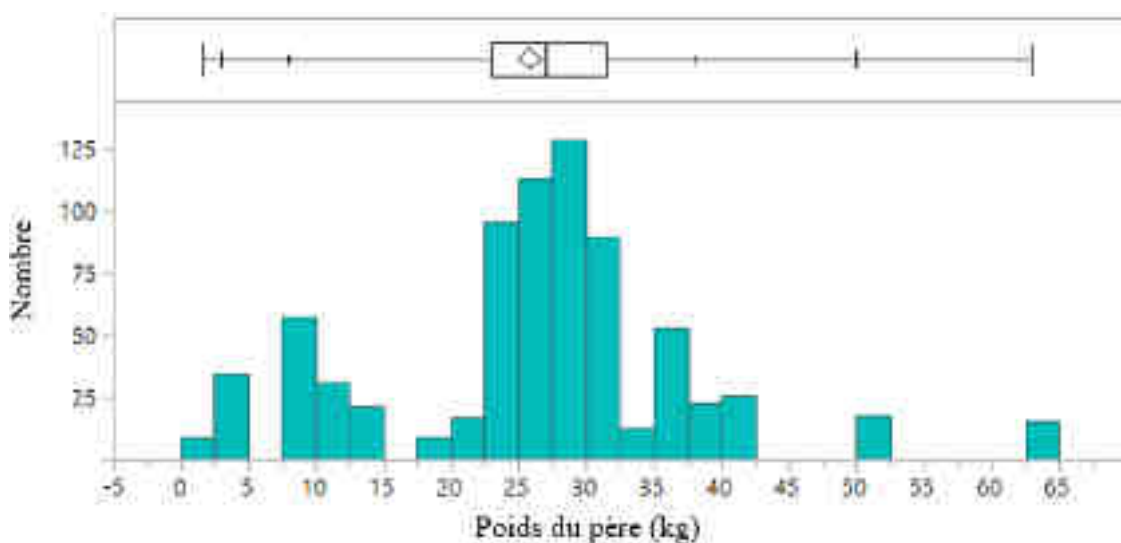


Figure 44 : Répartition du poids des pères (n = 751)

## B. Etude du poids de naissance

### 1. Description de la population étudiée

4970 chiots nés vivants entre le 01/05/2001 et le 24/11/2016 ont été inclus dans l'étude du poids de naissance. Cette population est composée de 62 races différentes (Figure 45), dont 9,2% de chiots de format géant (n = 457), 24,9% de grand (n = 1236), 22,9% de moyen (n = 1139) et 43% de petit format (n = 2138).

La distribution des sexes est la suivante : 2363 femelles, 2463 mâles (sex ratio : 1,04) et 144 chiots de sexe inconnu. Parmi ces chiots, 4309 (86,7%) étaient vivants à l'âge de 56 jours et 514 (10,3%) sont décédés (ou de statut inconnu) avant d'atteindre cet âge.

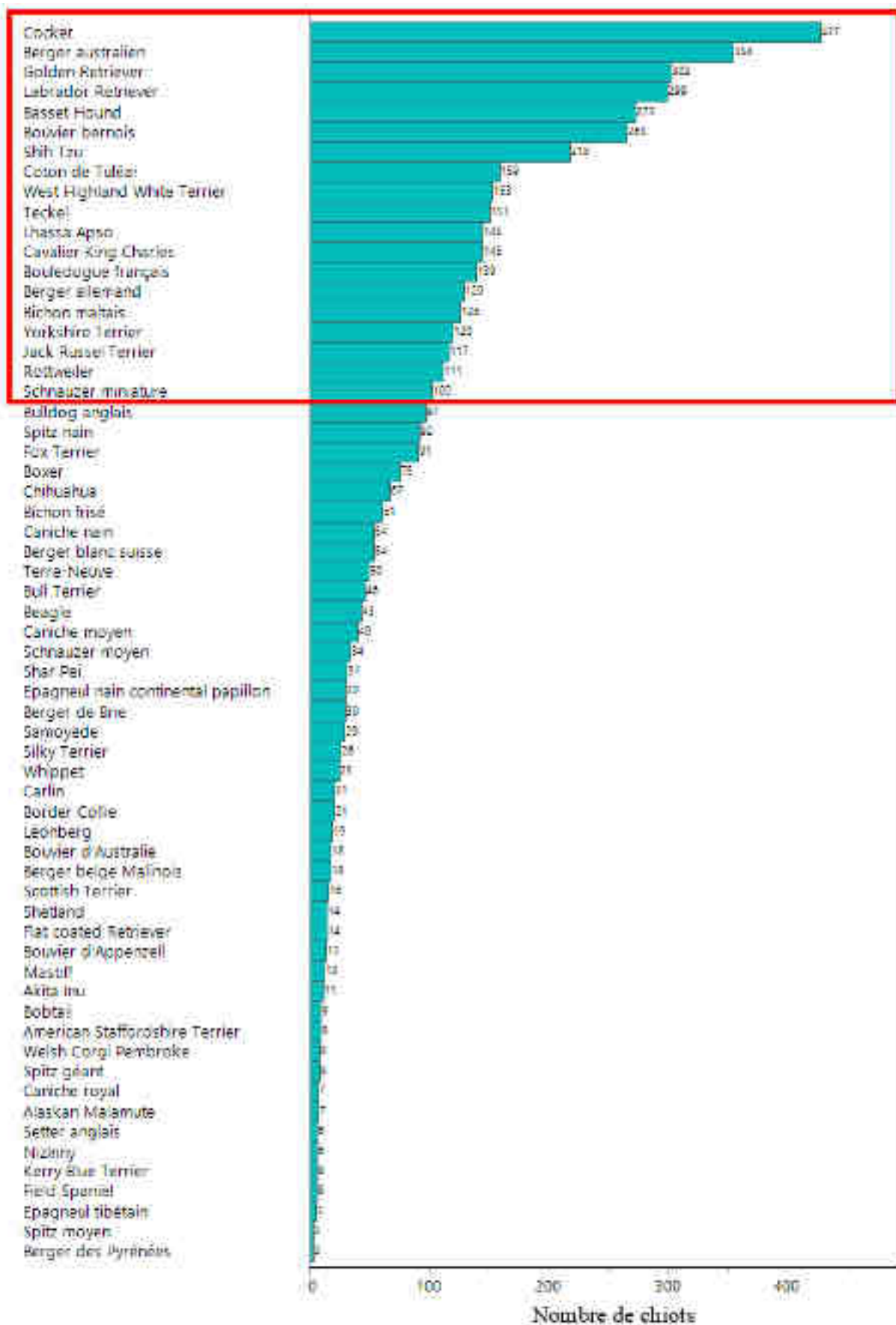


Figure 45 : Effectifs par race, et races conservées pour l'étude du poids de naissance (cadre rouge)

L'élevage est connu pour 4726 des 4970 chiots. Ils proviennent de 63 élevages issus de 5 pays différents : France (56 élevages), Finlande (3 élevages), Canada (2 élevages), Etats-Unis (1 élevage), Argentine (1 élevage). Les élevages ont fourni des données concernant de 1 à 1109 chiots, et trois d'entre eux représentent 59% des données recueillies pour le poids de naissance, avec 1109, 1004 et 834 chiots (Figure 46).

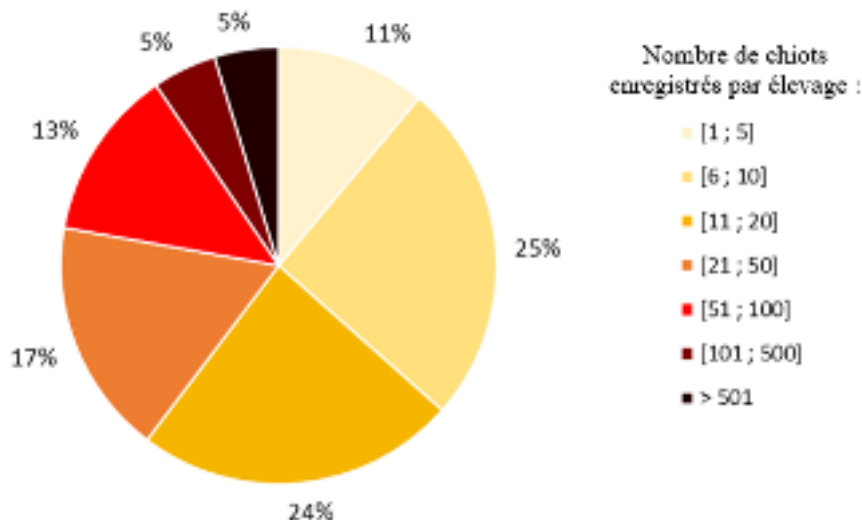


Figure 46 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (63 élevages, 4726 chiots)

Pour l'étude du poids de naissance par race, la population considérée est constituée de 3735 chiots appartenant à 19 races distinctes, issus de 701 portées différentes. Les effectifs par race s'étendent de 102 (Schnauzer miniature) à 427 (Cocker) chiots (Figure 47).

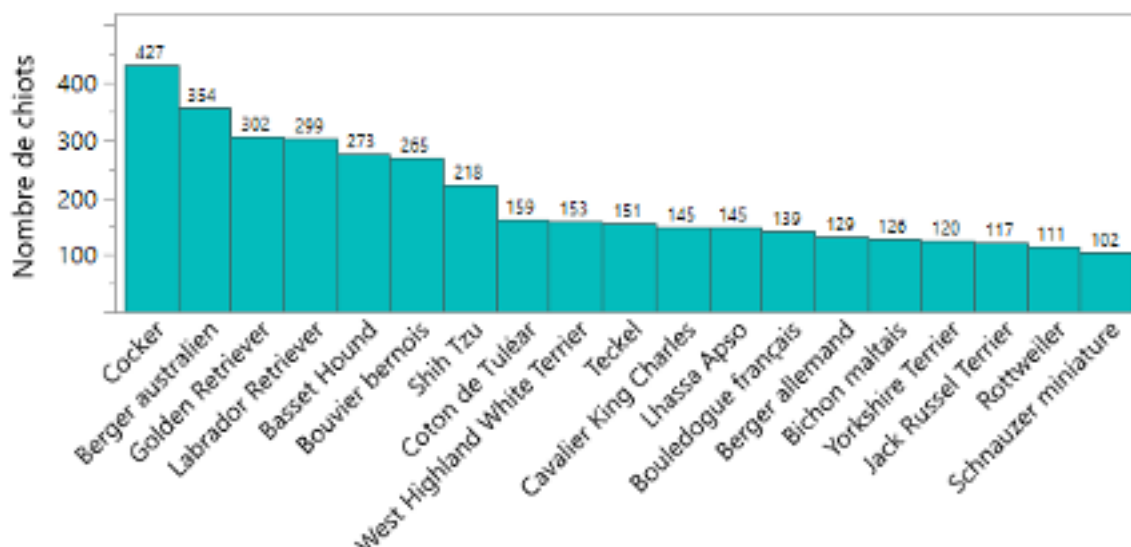


Figure 47 : Effectifs par race pour l'étude du poids de naissance (n = 3632 chiots, 19 races)

L'élevage de provenance est connu pour 3632 chiots (97,2%). Ces chiots proviennent de 32 élevages, chaque élevage représentant de 1 à 947 chiots, et les trois élevages principaux totalisant 66,6% des données analysées, avec 947, 838 et 703 chiots (Figure 48). La population comporte 1789 femelles et 1837 mâles (ratio de 1,02), avec 109 chiots de sexe inconnu. La répartition des sexes par race est indiquée dans le Tableau 4.

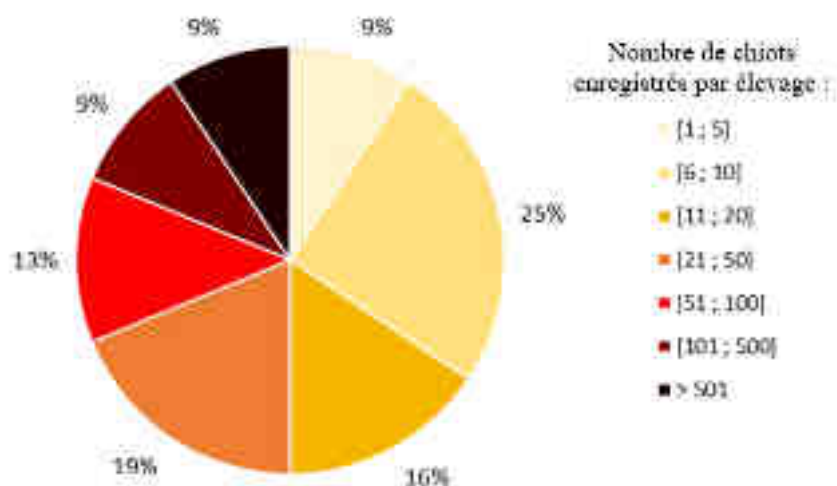


Figure 48 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (32 élevages, 3632 chiots)

Tableau 4 : Nombre de mâles et femelles par race pour l'étude du poids de naissance (n = 3626)

Race	Femelle		Male		Total
	Effectif	%	Effectif	%	
Basset Hound	136	49,8	137	50,2	273
Berger allemand	66	51,2	63	48,8	129
Berger australien	170	48,0	181	52,0	351
Bichon Maltais	59	46,8	67	53,2	126
Bouledogue français	44	44,4	55	55,6	99
Bouvier bernois	135	50,9	130	49,1	265
Cavalier King Charles	70	49,6	71	50,4	141
Cocker	199	47,0	224	53,0	423
Coton de Tuléar	67	57,8	49	42,2	116
Golden Retriever	149	51,0	141	49,0	290
Jack Russell Terrier	61	52,1	56	47,9	117
Labrador Retriever	151	50,5	148	49,5	299
Lhasa Apso	65	44,8	80	55,2	145
Rottweiler	46	41,4	65	58,6	111
Schnauzer miniature	52	54,2	44	45,8	96
Shih Tzu	113	51,8	105	48,2	218
Teckel	82	54,3	69	45,7	151
West Highland White Terrier	63	41,4	89	58,6	152
Yorkshire Terrier	61	51,3	58	48,7	119
<b>Total</b>	<b>1789</b>	<b>49,3</b>	<b>1837</b>	<b>50,7</b>	<b>3626</b>

La taille de portée varie de 1 à 14 chiots, avec une médiane de 4 à 9 chiots selon la race. Les plus grandes portées sont majoritairement obtenues chez les races de grand format (Bouvier Bernois, Basset Hound, Golden Retriever, Labrador Retriever) tandis que les plus petites sont issues de races de petit format, mais certaines races se démarquent par des tailles de portée plus petites ou plus grandes que les autres races de leur format (Figure 49). Afin de s'affranchir de l'effet race, la taille de portée a donc été étudiée par catégories (petite, moyenne, grande), définies grâce aux quartiles calculés par race (Tableau 5). La variabilité de la prolificité selon la race est retrouvée dans les résultats présentés dans le Tableau 6.

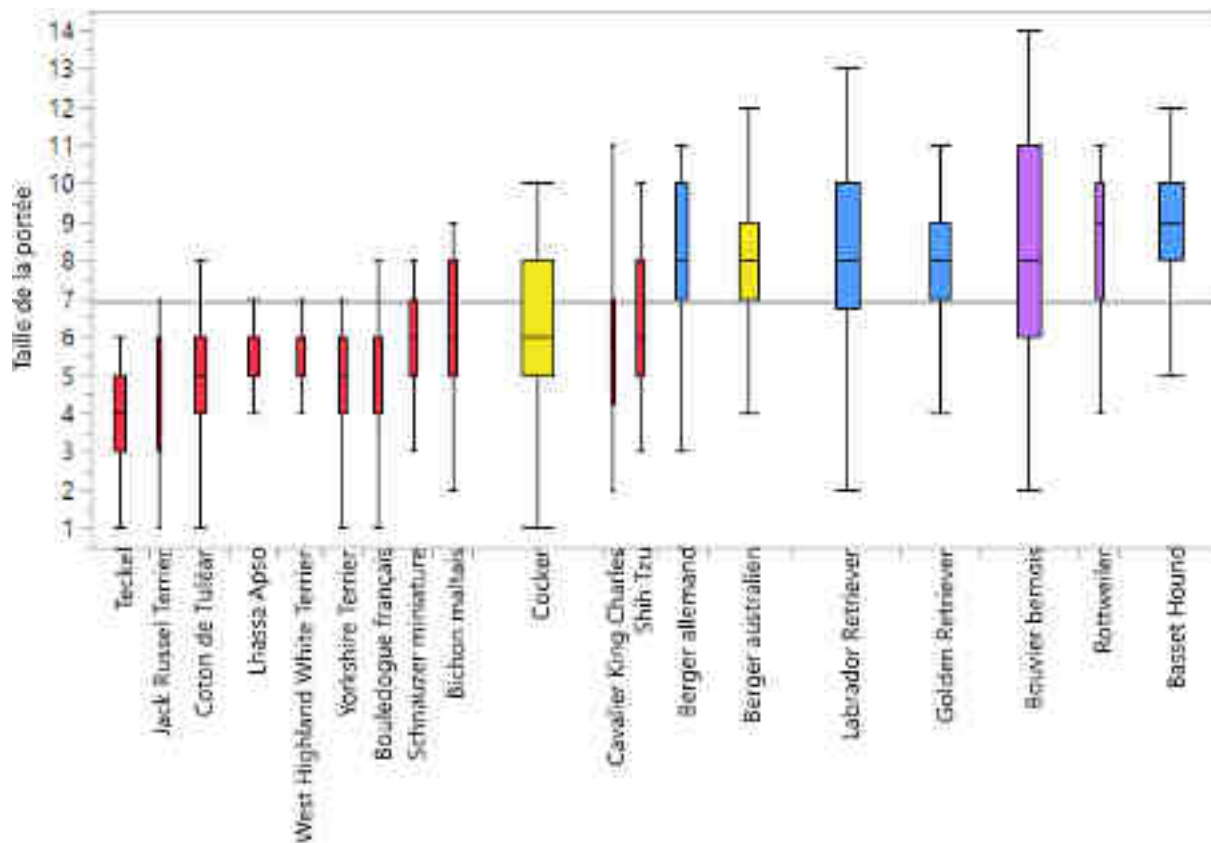


Figure 49 : Taille de la portée par race (n = 3026)

(Rouge : format S, jaune : format M, bleu : format L, violet : format G)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

Tableau 5 : Quartiles de taille de portée par race, pour l'étude du poids de naissance (n = 3026)

Race	Taille de portée				
	Minimum	25%	Médiane	75%	Maximum
Basset Hound	2	8	9	10	14
Berger allemand	1	7	8	10	11
Berger australien	2	7	8	9	12
Bichon maltais	2	5	6	8	9
Bouledogue français	1	4	6	6	8
Bouvier bernois	2	6	8	11	14
Cavalier King Charles	2	4	6	7	11
Cocker	1	5	6	8	10
Coton de Tuléar	1	4	5	6	8
Golden Retriever	2	7	8	9	13
Jack Russel Terrier	1	3	4	6	7
Labrador Retriever	1	7	8	10	13
Lhasa Apso	1	5	5	6	8
Rottweiler	4	7	9	10	11
Schnauzer miniature	1	5	6	7	8
Shih Tzu	3	5	6	8	10
Teckel	1	3	4	5	6
West Highland White Terrier	2	5	5	6	9
Yorkshire Terrier	1	4	5	6	11

Tableau 6 : Distribution des tailles de portées par race (n = 3026)  
 La définition des tailles de portées est donnée dans le Tableau 2  
 L'effectif est exprimé en nombre de chiots

Race	Petite portée		Portée moyenne		Grande portée		Total
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Basset Hound	92	33,7	116	42,5	65	23,8	273
Berger allemand	41	31,8	58	45,0	30	23,3	129
Berger australien	70	30,8	120	52,9	37	16,3	227
Bichon Maltais	40	37,7	50	47,2	16	15,1	106
Bouledogue français	26	31,3	50	60,2	7	8,4	83
Bouvier bernois	102	38,5	122	46,0	41	15,5	265
Cavalier King Charles	12	25,0	25	52,1	11	22,9	48
Cocker	100	28,4	233	66,2	19	5,4	352
Coton de Tuléar	71	44,7	54	34,0	34	21,4	159
Golden Retriever	82	39,0	79	37,6	49	23,3	210
Jack Russel Terrier	24	40,7	28	47,5	7	11,9	59
Labrador Retriever	73	24,8	206	70,1	15	5,1	294
Lhasa Apso	75	57,7	40	30,8	15	11,5	130
Rottweiler	33	29,7	62	55,9	16	14,4	111
Schnauzer miniature	47	46,1	33	32,4	22	21,6	102
Shih Tzu	39	39,0	39	39,0	22	22,0	100
Teckel	40	26,5	87	57,6	24	15,9	151
West Highland White Terrier	75	62,0	18	14,9	28	23,1	121
Yorkshire Terrier	36	34,0	55	51,9	15	14,2	106
<b>Total</b>	<b>1030</b>	<b>34,0</b>	<b>1423</b>	<b>47,0</b>	<b>466</b>	<b>15,4</b>	<b>3026</b>

Pour toute la suite de cette partie, la base de données utilisée est la base « Poids de naissance par race » (19 races, 3735 chiots).

## 2. Description du poids de naissance

Parmi les 3735 chiots étudiés, le poids de naissance varie de 66 g à 760 g, avec un quartile 1 de 195 g, une médiane de 275 g, et un quartile 3 de 406 g.

Le poids de naissance médian des chiots de format petit, moyen, grand et géant est respectivement de 190g (min = 66g, max = 370g), 300g (min = 85g, max = 572g), 418g (min = 139g, max = 230g) et 460g (min = 230g, max = 715g). On observe ainsi une forte variabilité du poids de naissance entre les différents formats raciaux, avec des poids de naissance médians significativement différents ( $p < 0,0001$ ) (Figure 50).

Parmi les 19 races étudiées, le poids de naissance médian le plus faible est observé chez le Yorkshire Terrier, et est de 140g ; et le poids de naissance médian le plus élevé est de 480g, et a été relevé chez le Bouvier bernois (Tableau 7)



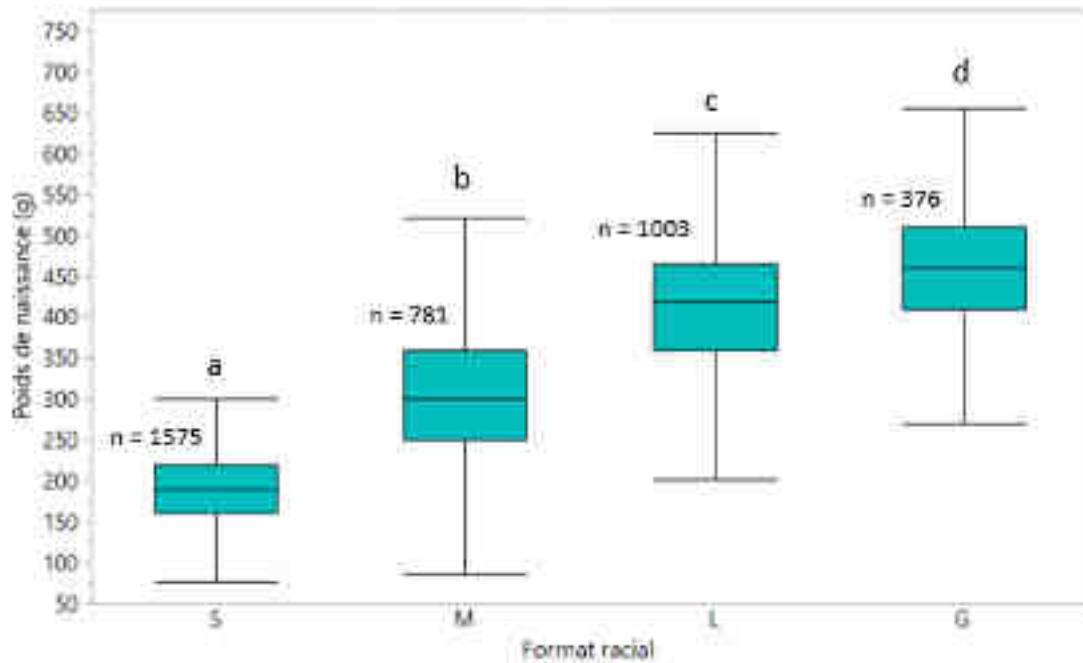


Figure 50 : Influence du format racial sur le poids de naissance (n = 3735)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

Tableau 7 : Poids de naissance du chiot par race (n = 3735)  
 Format racial : S = petit, M = moyen, L = grand, G = géant

Race	Format racial	Poids de naissance (en g)				
		Médiane	Minimum	Quartile 1	Quartile 3	Maximum
Basset Hound	L	454	262	424	492	680
Berger allemand	L	470	260	420	540	760
Berger australien	M	360	130	306,5	408,5	572
Bichon Maltais	S	165	80	139	185,5	248
Bouledogue français	S	240	150	210	260	370
Bouvier Bernois	G	480	285	441,5	557,5	715
Cavalier King Charles	S	230	85	205	250	360
Cocker	M	265	85	220	305	383
Coton de Tuléar	S	190	66	165	210	310
Golden Retriever	L	380	139	332	410,5	544
Jack Russel Terrier	S	205	92	180,5	226	280
Labrador Retriever	L	399	160	350	450	589
Lhasa Apso	S	190	70	165	219	289
Rottweiler	G	410	230	370	450	520
Schnauzer miniature	S	212	77	167,5	250	350
Shih Tzu	S	170	106	156,7	190	275
Teckel	S	181	100	160	201	320
West Highland White Terrier	S	200	98	177,5	224,5	280
Yorkshire Terrier	S	140	70	120	165	240

### 3. Facteurs influençant le poids de naissance

Neuf paramètres ont été étudiés : le format racial, la race, l'élevage, le sexe, la taille de portée, l'âge de la mère, la parité de la mère, le poids des parents, et la durée de gestation. Cependant, pour de nombreux paramètres, les données n'ont pas été renseignées par les éleveurs (Tableau 8).

Tableau 8 : Nombre de données manquantes par paramètre étudié pour le poids de naissance  
Les effectifs sont donnés en nombre de chiots

	Poids de naissance	
	Effectif manquant	%
<b>Format racial</b>	0	0%
<b>Race</b>	0	0%
<b>Elevage</b>	0	0,0%
<b>Sexe</b>	109	2,9%
<b>Parité de la mère</b>	2838	76,0%
<b>Age de la mère</b>	1887	50,5%
<b>Durée de gestation</b>	2102	56,3%
<b>Taille de la portée</b>	709	19,0%
<b>Poids de la mère</b>	3133	83,9%
<b>Poids du père</b>	3281	87,8%

Finalement, cinq paramètres non corrélés entre eux, et avec moins de 50% de données manquantes ont été inclus dans le modèle final : trois effets fixes (le sexe, la race, la taille de portée), et deux effets aléatoires (la portée emboîtée dans l'élevage) (Figure 51).

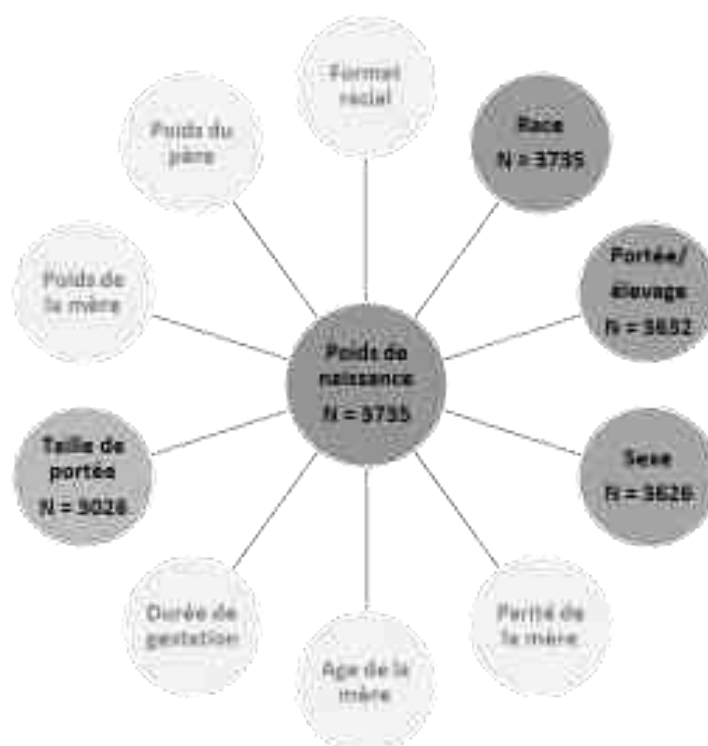


Figure 51 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation du poids de naissance du chiot et effectifs de chiots associés



#### 4. Analyse des résultats obtenus

Le poids de naissance médian des chiots est de 275 grammes sur l'ensemble de la population étudiée (n = 3735 chiots).

Un effet significatif de la race sur le poids de naissance du chiot a pu être mis en évidence à partir de l'analyse multivariée des données. Le poids de naissance médian augmente globalement avec le format racial, et les chiots appartenant aux races ayant les plus faibles poids adultes ont généralement les plus petits poids de naissance, avec cependant quelques exceptions. Par exemple, le Berger allemand présente un poids de naissance médian globalement élevé pour son format racial (1,5% du poids adulte), contrairement au Rottweiler qui naît avec un poids plutôt léger par rapport à son poids adulte attendu (0,82% du poids adulte) (Figure 52).

Les résultats obtenus avec ce modèle final (analyse multivariée) montrent par ailleurs un effet significatif du sexe sur le poids de naissance. Cependant, il existe une interaction significative de ce paramètre avec le facteur race, de telle sorte que selon la race, les mâles sont soit plus lourds, soit plus légers que les femelles à la naissance (Tableau 9). Cependant, un dimorphisme sexuel significatif n'a pu être mis en évidence que chez le Berger australien et le Golden Retriever avec des mâles significativement plus lourds à la naissance que les femelles (respectivement de 5,7 et 6,5%). Pour les autres races, la différence observée n'est pas significative.

Un effet de la taille de la portée sur le poids de naissance du chiot a également pu être mis en évidence. Comme précédemment, une interaction significative avec le facteur race a été démontrée : en effet, l'effet de la taille de la portée est toujours présent mais est différent selon la race considérée (Tableau 10). Par exemple, chez le Basset Hound, le poids de naissance décroît significativement avec l'augmentation de la taille de la portée. Chez le Coton de Tuléar, le poids de naissance est significativement plus élevé pour les chiots issus de petites portées par rapport à ceux issus de portées moyennes et grandes. Néanmoins, on n'observe aucune différence significative entre les chiots issus de portées moyennes et grandes. Enfin, chez le Bouvier bernois, les chiots appartenant aux grandes portées sont significativement plus légers à la naissance que ceux des portées petites et moyennes. En revanche, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les chiots issus de petites et de moyennes portées. Bien que la différence soit significative ou non selon la race considérée, globalement, le poids de naissance décroît avec l'augmentation de la taille de la portée (Figure 53).

Enfin, cette analyse multivariée a permis de mettre en évidence un effet de l'élevage d'origine du chiot considéré sur son poids de naissance. Cet effet élevage avait néanmoins été identifié préalablement lors de l'analyse univariée. Par exemple chez le Bouvier Bernois ou encore le Cocker, on constate des différences significatives entre chiots issus d'élevages distincts (Figure 54, Figure 55).

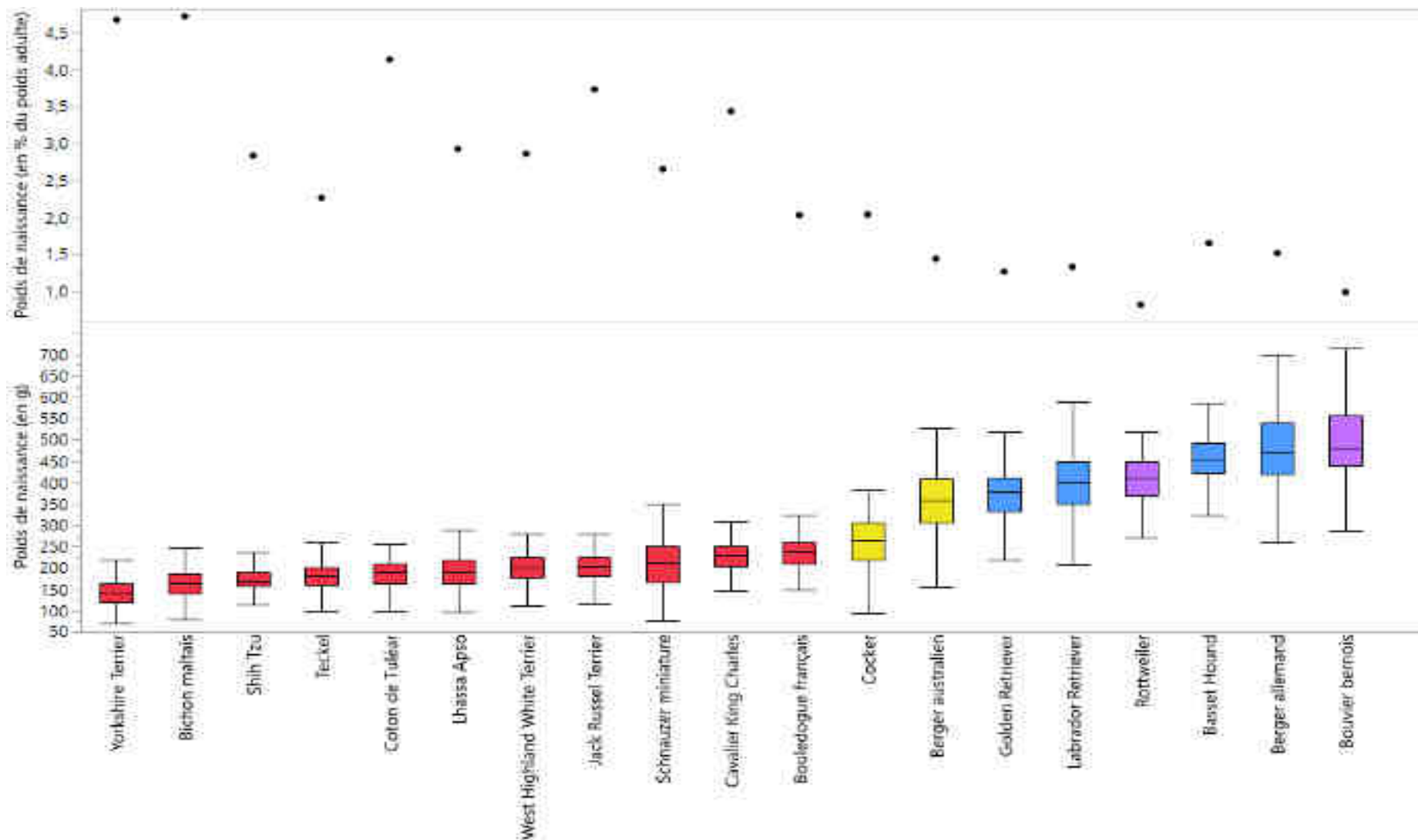


Figure 52 : Poids de naissance par race en grammes et en pourcentage du poids adulte (n = 3735 chiots)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
 (Source : [www.scc.asso.fr](http://www.scc.asso.fr))

Tableau 9 : Poids de naissance médian du chiot selon le sexe au sein de chaque race (n = 3626)  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative (p < 0,05)

Race	Poids de naissance (médiane) en g	
	Femelle	Mâle
Basset Hound	451 <sup>a</sup>	460 <sup>a</sup>
Berger allemand	475 <sup>a</sup>	463 <sup>a</sup>
Berger australien	350 <sup>a</sup>	370 <sup>b</sup>
Bichon maltais	165 <sup>a</sup>	168 <sup>a</sup>
Bouledogue français	230 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>
Bouvier bernois	480 <sup>a</sup>	476 <sup>a</sup>
Cavalier King Charles	232 <sup>a</sup>	230 <sup>a</sup>
Cocker	265 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>
Coton de Tuléar	195 <sup>a</sup>	194 <sup>a</sup>
Golden Retriever	365 <sup>a</sup>	389 <sup>b</sup>
Jack Russel Terrier	198 <sup>a</sup>	209 <sup>a</sup>
Labrador Retriever	390 <sup>a</sup>	402 <sup>a</sup>
Lhasa Apso	183 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>
Rottweiler	400 <sup>a</sup>	420 <sup>a</sup>
Schnauzer miniature	217 <sup>a</sup>	217 <sup>a</sup>
Shih Tzu	170 <sup>a</sup>	175 <sup>a</sup>
Teckel	188 <sup>a</sup>	180 <sup>a</sup>
West Highland White Terrier	190 <sup>a</sup>	200 <sup>a</sup>
Yorkshire Terrier	140 <sup>a</sup>	140 <sup>a</sup>

Tableau 10 : Poids de naissance médian du chiot par race selon la taille de portée (n = 3026)  
La définition des tailles de portées est donnée dans le Tableau 2  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative (p < 0,05)

Race	Poids de naissance (médiane) en g		
	Petite portée	Portée moyenne	Grande portée
Basset Hound	493 <sup>a</sup>	450 <sup>b</sup>	420 <sup>c</sup>
Berger allemand	520 <sup>a</sup>	480 <sup>a</sup>	403 <sup>b</sup>
Berger australien	390 <sup>a</sup>	353 <sup>b</sup>	380 <sup>ab</sup>
Bichon maltais	175 <sup>a</sup>	154 <sup>a</sup>	138 <sup>a</sup>
Bouledogue français	235 <sup>a</sup>	240 <sup>a</sup>	230 <sup>a</sup>
Bouvier bernois	480 <sup>a</sup>	490 <sup>a</sup>	430 <sup>b</sup>
Cavalier King Charles	196 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>	225 <sup>a</sup>
Cocker	280 <sup>a</sup>	260 <sup>b</sup>	240 <sup>ab</sup>
Coton de Tuléar	208 <sup>a</sup>	179 <sup>b</sup>	174 <sup>b</sup>
Golden Retriever	403 <sup>a</sup>	366 <sup>b</sup>	340 <sup>b</sup>
Jack Russel Terrier	212 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>	220 <sup>a</sup>
Labrador Retriever	390 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	412 <sup>a</sup>
Lhasa Apso	209 <sup>a</sup>	179 <sup>b</sup>	190 <sup>ab</sup>
Rottweiler	410 <sup>a</sup>	408 <sup>a</sup>	385 <sup>a</sup>
Schnauzer miniature	215 <sup>a</sup>	227 <sup>ab</sup>	177 <sup>b</sup>
Shih Tzu	166 <sup>a</sup>	165 <sup>a</sup>	162 <sup>a</sup>
Teckel	189 <sup>a</sup>	180 <sup>a</sup>	183 <sup>a</sup>
West Highland white terrier	210 <sup>a</sup>	212 <sup>a</sup>	192 <sup>b</sup>
Yorkshire terrier	125 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	165 <sup>a</sup>

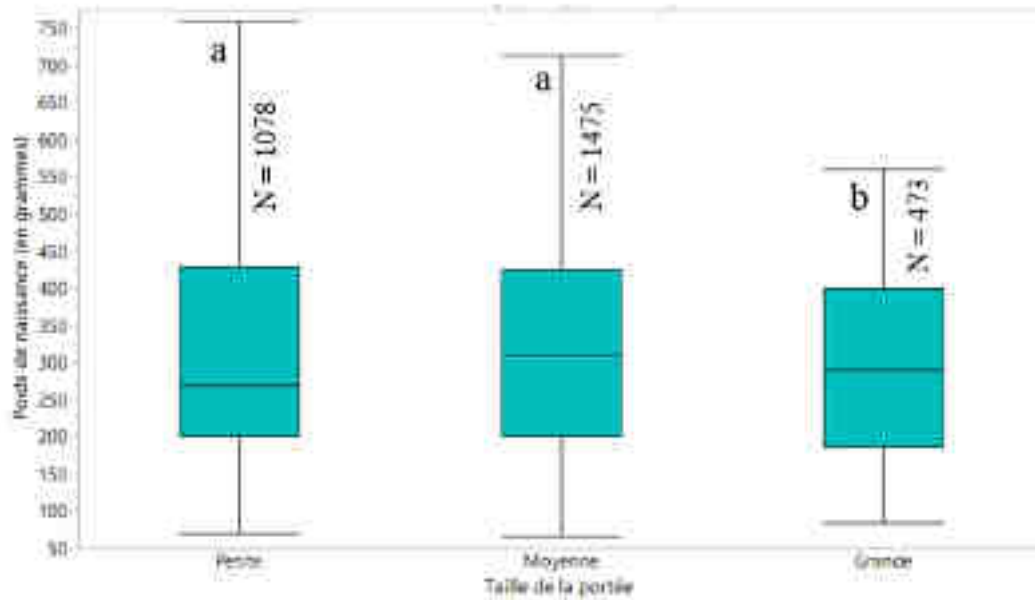


Figure 53 : Poids de naissance en fonction de la taille de la portée (n = 3735)  
(Taille de la portée : p = petite, m = moyenne, g = grande)

La définition des tailles de portées est donnée dans le Tableau 2

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

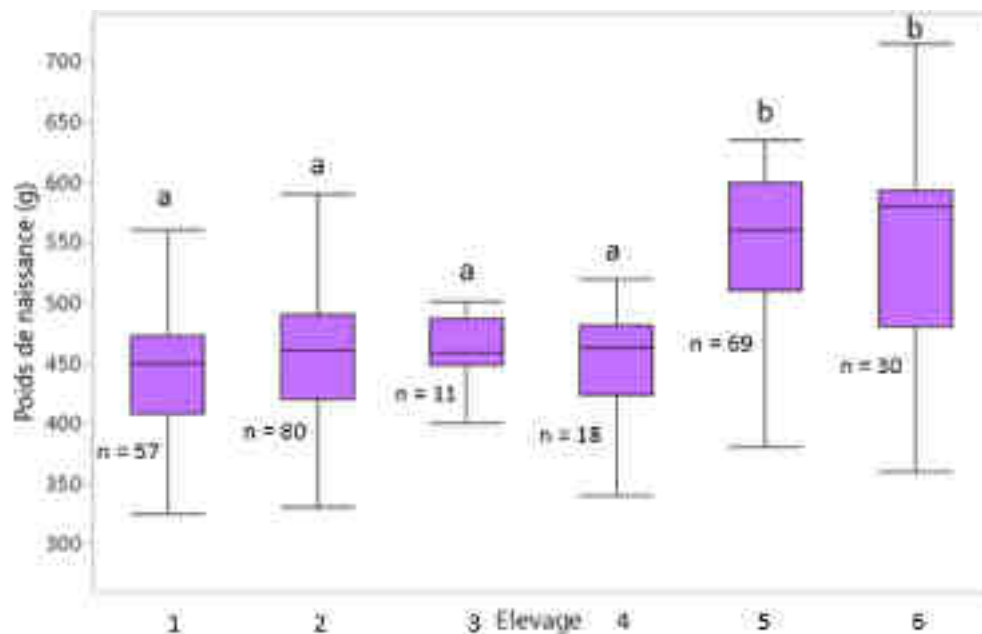


Figure 54 : Poids de naissance du chiot Bouvier Bernois selon son élevage d'origine (n = 265, nombre de chiots par élevage indiqué à côté de chaque barre)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

Par ailleurs, un effet de la portée d'origine du chiot sur son poids de naissance a également été mis en évidence. Par exemple, chez le chiot Schnauzer miniature, au sein d'un même élevage, on constate des variations non négligeables bien que non significatives entre portées avec un poids de naissance médian s'étendant de 121g à 268g (Figure 56).

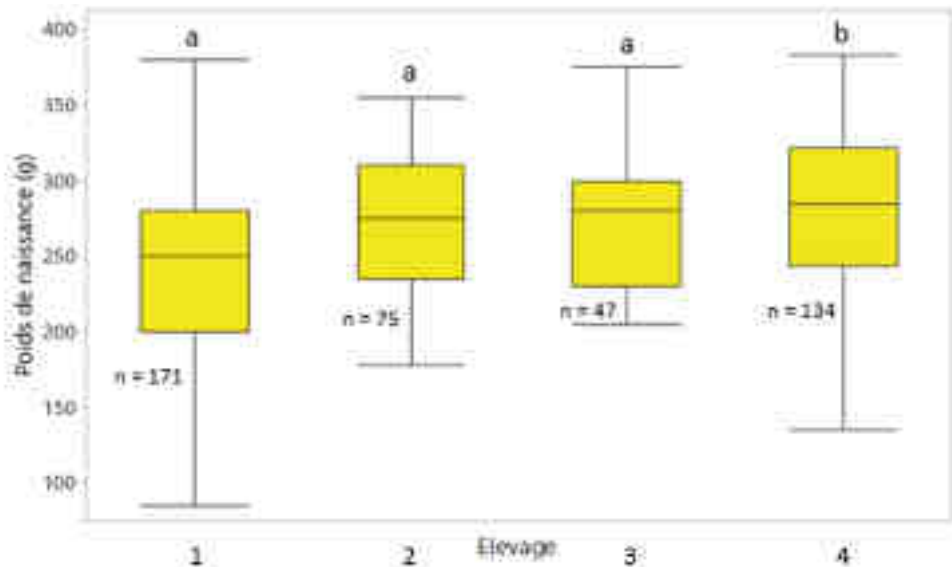


Figure 55 : Poids de naissance du chiot Cocker selon son élevage d'origine (n = 427, nombre de chiots par élevage indiqué à côté de chaque barre)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

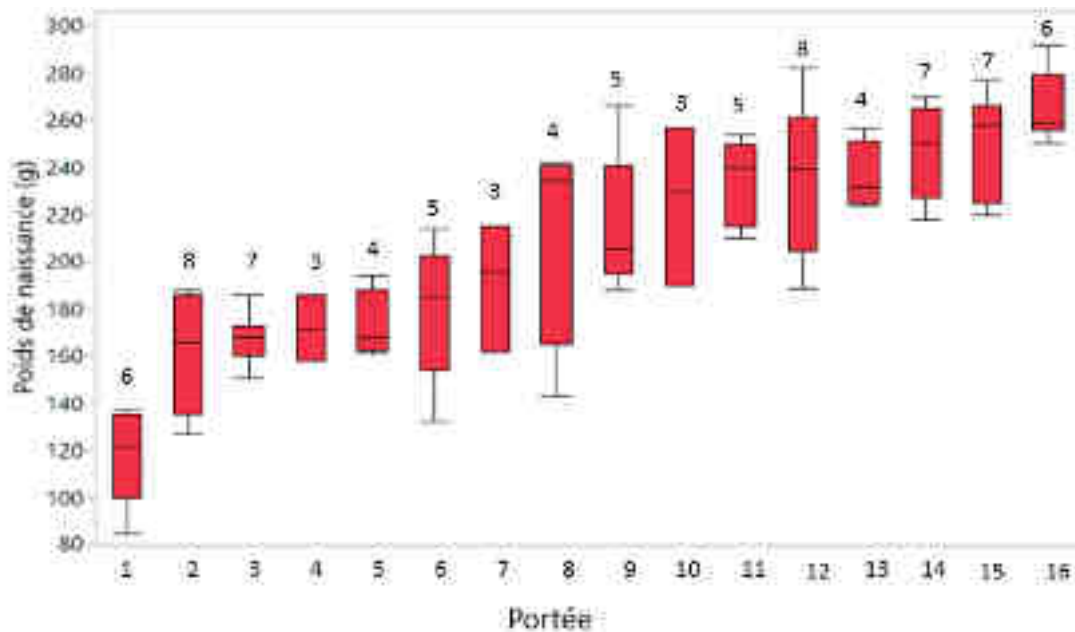


Figure 56 : Poids de naissance du chiot Schnauzer miniature selon sa portée d'origine au sein d'un même élevage (n = 85 chiots, effectifs par portée indiqué au-dessus de chaque barre)

Finalement, les résultats obtenus à partir de l'analyse de nos données relatives à 2978 chiots ont permis d'établir des valeurs de référence de poids de naissance par race, sexe et taille de portée (Tableau 11).

Cependant, ces valeurs n'ont pas pu être établies dans certaines races, pour lesquelles le nombre de données disponibles était insuffisant. Par exemple, aucune donnée de poids de naissance concernant les femelles Cavalier King Charles issues de portées de grande taille n'était disponible. Les valeurs de référence n'ont en effet été établies que pour des effectifs supérieurs ou égaux à 10 chiots.

Tableau 11 : Poids de naissance médian d'un chiot (en grammes) selon sa race, son sexe et la taille de la portée (définie au sein de chaque race) dont il est issu  
 (n = 2978 chiots)  
 (nt = non traité)

Race	Poids de naissance (médiane)	Petite portée				Portée moyenne				Grande portée			
		Femelle		Mâle		Femelle		Mâle		Femelle		Mâle	
		Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif
Basset Hound	454	469	42	519	50	450	57	450	57	440	35	396	30
Berger allemand	470	530	21	510	20	460	24	493	24	396	11	420	19
Berger australien	360	378	44	410	26	340	67	360	67	360	15	395	22
Bichon maltais	165	179	21	171	19	155	30	154	30	nt	8	nt	8
Bouledogue français	240	nt	6	nt	9	240	12	258	12	nt	3	nt	4
Bouvier bernois	480	473	50	500	52	493	56	487	56	430	19	455	22
Cavalier King Charles	230	nt	1	nt	7	245	10	245	10	nt	0	225	11
Cocker	265	270	47	280	53	260	118	258	118	nt	7	233	12
Coton de Tuléar	190	220	21	220	19	180	18	185	18	170	15	180	12
Golden Retriever	380	400	40	407	42	341	38	377	38	325	24	343	23
Jack Russel Terrier	205	213	11	210	13	185	12	204	12	nt	4	nt	3
Labrador	399	409	44	559	29	380	107	410	107	nt	6	nt	9
Lhasa Apso	190	190	27	211	48	178	19	180	19	nt	6	nt	9
Rottweiler	410	400	10	440	23	395	34	415	34	nt	8	nt	8
Schnauzer miniature	212	215	25	213	22	nt	9	nt	9	nt	9	189	13
Shih Tzu	170	168	20	166	19	167	22	165	22	nt	9	169	13
Teckel	181	192	24	181	16	189	43	180	43	177	14	195	10
West Highland White Terrier	200	208	29	210	45	204	10	217	10	180	13	193	15
Yorkshire Terrier	140	130	17	120	18	140	24	144	24	nt	6	nt	9

## C. Etude de la croissance entre 0 et 56 jours

### 1. Description de la population étudiée

L'effectif est composé de 5413 chiots nés vivants entre le 01/05/2001 et le 24/11/2016, vivants à 56 jours et issus de 64 races différentes (Figure 57).

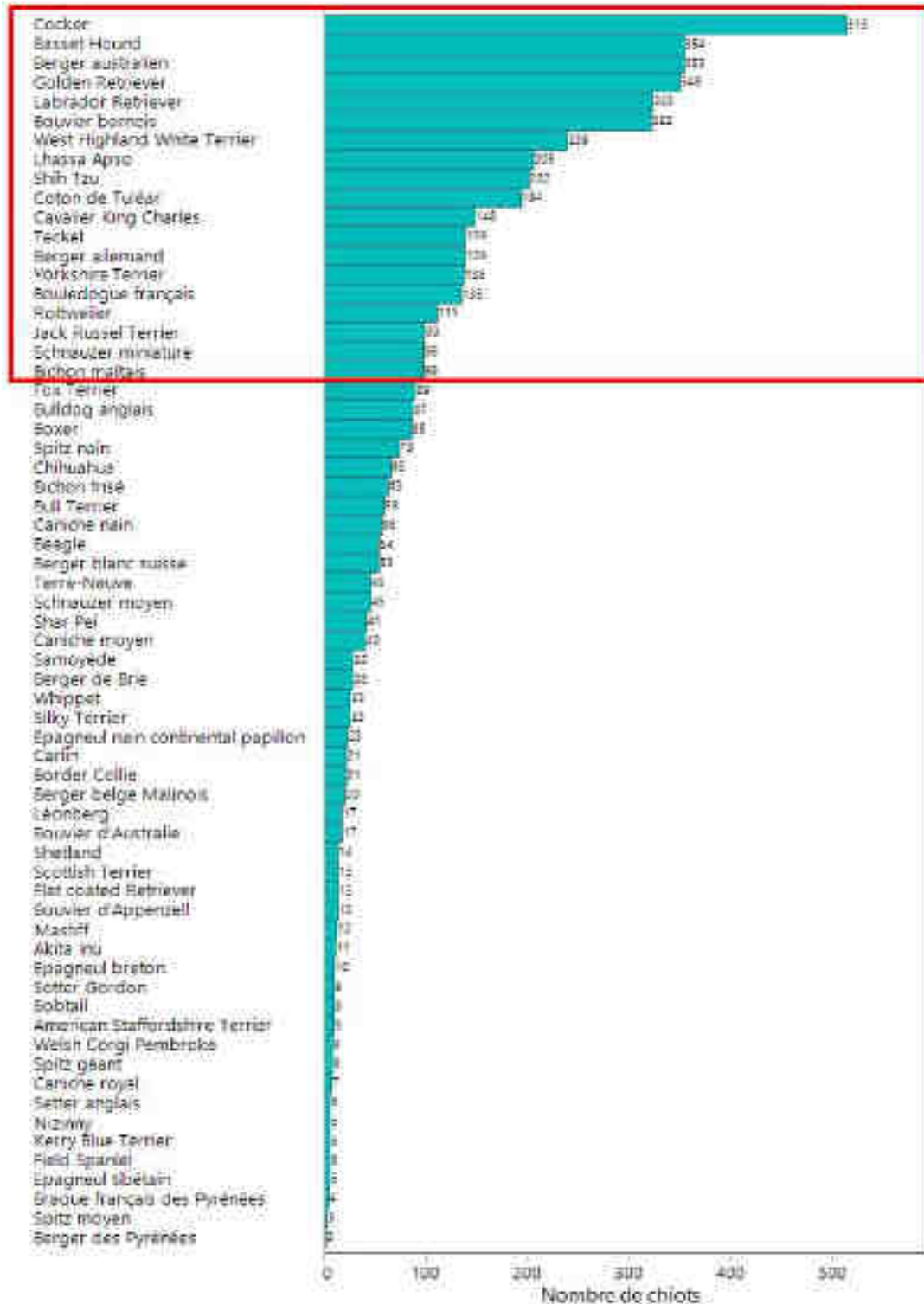


Figure 57 : Effectifs par race et races conservées pour l'étude de la croissance (cadre rouge) (n = 5413)

Cette population est constituée de 2631 femelles, 2638 mâles (sex ratio : 1,00), et de 144 chiots de sexe inconnu. La proportion de mâles et de femelles est équivalente dans les quatre formats raciaux considérés (S, M, L, G). L'échantillon comporte 9,4% de chiots de format géant (n = 507), 26% de format grand (n = 1408), 23,3% de format moyen (n = 1259) et 41,4% de chiots sont de petit format (n = 2239).

L'élevage est connu pour 5166 chiots des 5413 chiots (95,4%). Ces chiots sont issus de 64 élevages, établis dans 5 pays différents : France (57 élevages), Finlande (3 élevages), Canada (2 élevages), Etats-Unis (1 élevage), Argentine (1 élevage). Les élevages ont fourni des données concernant de 1 à 1742 chiots, et trois d'entre eux représentent 66,5% des données recueillies pour la croissance, avec 1742, 909 et 784 chiots (Figure 58).

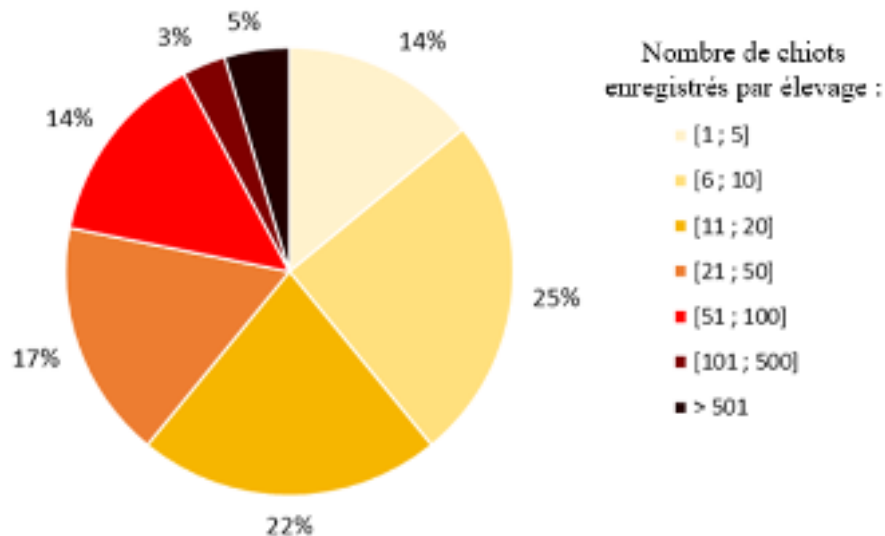


Figure 58 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (64 élevages, 5166 chiots)

Pour l'étude de la croissance par race, la population considérée est constituée de 4159 chiots appartenant à 19 races distinctes (Figure 59). Ces chiots sont issus de 875 portées différentes provenant elles-mêmes de 31 élevages, et sont constituées de 2045 femelles, 2018 mâles, et de 96 chiots de sexe inconnu. Les effectifs par race s'étendent de 98 à 513 chiots. La répartition des sexes des chiots est indiquée dans le Tableau 12.

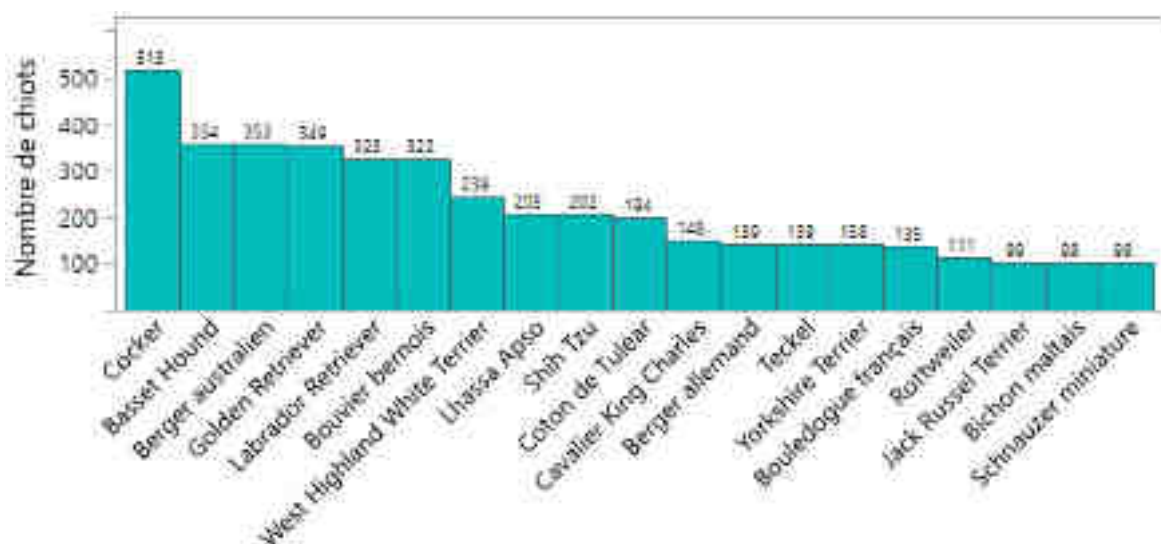


Figure 59 : Effectifs par race pour l'étude de la croissance 0-56 jours (n = 4159 chiots, 19 races)



Ces chiots sont issus de 31 élevages, ayant fourni des données concernant de 1 à 1532 chiots. Les trois élevages principaux totalisent 72,9% des données analysées, avec 1532, 762 et 658 chiots (Figure 60). Pour 108 chiots sur 4159 (2,6%), l'élevage d'origine est inconnu.

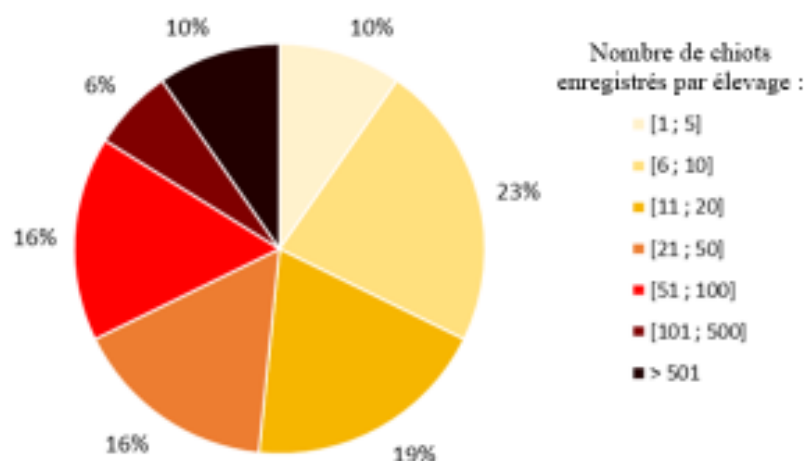


Figure 60 : Nombre de chiots enregistrés par élevage (31 élevages, 4051 chiots)

Tableau 12 : Nombre de mâles et de femelles par race (n = 4063)

Race	Femelle		Mâle		Total
	Effectif	%	Effectif	%	
Hasset Hound	165	52,3	169	47,7	334
Berger allemand	80	57,6	59	42,4	139
Berger australien	169	47,9	184	52,1	353
Bichon maltais	49	50,0	49	50,0	98
Bouledogue français	47	48,5	50	51,5	97
Bouvier bernois	171	53,1	151	46,9	322
Cavalier King Charles	73	50,7	71	49,3	144
Cocker	251	48,9	262	51,1	513
Coton de Tuléar	90	58,1	65	41,9	155
Golden Retriever	160	47,2	179	52,8	339
Jack Russel Terrier	48	48,5	51	51,5	99
Labrador Retriever	172	53,3	151	46,7	323
Lhasa Apso	93	45,4	112	54,6	205
Rottweiler	50	45,0	61	55,0	111
Schnauzer miniature	50	53,8	43	46,2	93
Shih Tzu	107	53,0	95	47,0	202
Teckel	74	53,2	65	46,8	139
West Highland White Terrier	105	43,9	134	56,1	239
Yorkshire Terrier	71	51,4	67	48,6	138
<b>Total</b>	<b>2045</b>	<b>50,3</b>	<b>2018</b>	<b>49,7</b>	<b>4063</b>

Concernant la taille de la portée, celle-ci varie de 1 à 14 chiots avec une médiane de 4 à 9 chiots selon la race. Les quartiles calculés par race sont présentés dans le Tableau 13. Comme remarqué lors de l'étude du poids de naissance, les plus grandes portées sont majoritairement obtenues chez les races de grand format, et inversement, avec cependant une grande variabilité selon la race au sein même de chaque format (Tableau 14).

Tableau 13 : Quartiles de taille de portée par race pour l'étude de la croissance 0-56 jours (n = 3389)

Race	Taille de portée				
	Minimum	25%	Médiane	75%	Maximum
Basset Hound	2	8	9	10	14
Berger allemand	1	6	8	8	12
Berger australien	2	7	8	9	12
Bichon maltais	2	5	7	8	9
Bouledogue français	1	4	5	6	8
Bouvier bernois	1	6	8	10	14
Cavalier King Charles	3	4	5	7	11
Cocker	1	5	6	8	10
Coton de Tuléar	1	4	5	6	8
Golden Retriever	2	7	8	10	13
Jack Russel Terrier	2	3	4	6	7
Labrador Retriever	1	6	8	9	13
Lhasa Apso	1	5	6	7	8
Rottweiler	2	7	8	10	11
Schnauzer miniature	1	5	6	7	8
Shih Tzu	3	5	6	8	10
Teckel	1	3	4	5	6
West Highland White Terrier	2	5	5	6	9
Yorkshire Terrier	1	4	5	6	11

Tableau 14 : Distribution des tailles de portée par race (n = 3389)

La définition des tailles de portées est donnée dans le Tableau 2

L'effectif est exprimé en nombre de chiots

Race	Petite portée		Portée moyenne		Grande portée		Total
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Basset Hound	119	33,6	162	45,8	73	20,6	354
Berger allemand	44	33,8	56	43,1	30	23,1	130
Berger australien	68	30,9	117	53,2	35	15,9	220
Bichon maltais	24	34,3	35	50,0	11	15,7	70
Bouledogue français	31	34,4	58	64,4	1	1,1	90
Bouvier bernois	99	30,7	166	51,6	57	17,7	322
Cavalier King Charles	16	29,1	31	56,4	8	14,5	55
Cocker	121	27,2	275	61,8	49	11,0	445
Coton de Tuléar	88	45,4	71	36,6	35	18,0	194
Golden Retriever	76	31,0	126	51,4	43	17,6	245
Jack Russel Terrier	19	43,2	18	40,0	7	15,9	44
Labrador Retriever	79	26,2	160	53,2	62	20,6	301
Lhasa Apso	72	44,4	74	45,7	16	9,9	162
Rottweiler	37	33,3	50	45,0	24	21,6	111
Schnauzer miniature	43	45,3	32	33,7	20	21,1	95
Shih Tzu	32	37,6	39	45,9	14	16,5	85
Teckel	35	24,2	81	58,3	23	16,5	139
West Highland White Terrier	119	58,6	44	21,7	40	19,7	203
Yorkshire Terrier	40	32,3	64	51,6	20	16,1	124
<b>Total</b>	<b>1162</b>	<b>34,3</b>	<b>1659</b>	<b>49,0</b>	<b>568</b>	<b>16,8</b>	<b>3389</b>

## 2. Facteurs influençant la croissance précoce

Les taux de croissance à 4 différentes périodes successives ont été étudiés. Pour chaque taux, l'effectif disponible était :

- Taux de croissance 0-2 jours : 2744 chiots
- Taux de croissance 2-7 jours : 3191 chiots
- Taux de croissance 7-21 jours : 2508 chiots
- Taux de croissance 21-56 jours : 883 chiots

Douze paramètres ont été étudiés : le format racial, la race, l'élevage, le sexe, la taille de portée, l'âge de la mère, la parité de la mère, le poids des parents, le type de mise bas, la durée de gestation, le poids de naissance, et le taux de croissance 0-2 jours. Cependant, pour de nombreux paramètres, les données n'ont pas été renseignées par les éleveurs (Tableau 15).

Tableau 15 : Nombre de données manquantes par paramètre étudié et par période de croissance  
Les effectifs sont donnés en nombre de chiots

	Taux de croissance 0-2 jours		Taux de croissance 2-7 jours		Taux de croissance 7-21 jours		Taux de croissance 21-56 jours	
	Effectif manquant	%	Effectif manquant	%	Effectif manquant	%	Effectif manquant	%
<b>Format racial</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Race</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Elevage</b>	75	2,7%	62	1,9%	47	1,9%	17	1,9%
<b>Sexe</b>	93	3,4%	93	2,9%	93	3,7%	27	3,1%
<b>Parité de la mère</b>	2102	76,6%	2647	83,0%	2101	83,8%	712	80,6%
<b>Age de la mère</b>	1421	51,8%	1405	44,0%	1306	52,1%	403	45,6%
<b>Durée de gestation</b>	1521	55,4%	1540	48,3%	1397	55,7%	442	50,1%
<b>Type de mise-bas</b>	2374	86,5%	2866	89,8%	2299	91,7%	787	89,1%
<b>Taille de la portée</b>	540	19,7%	543	17,0%	518	20,7%	188	21,3%
<b>Poids de naissance</b>	0	0%	691	21,7%	509	20,3%	194	22,0%
<b>Poids de la mère</b>	2329	84,9%	2841	89,0%	2238	89,2%	782	88,6%
<b>Poids du père</b>	2462	89,7%	3136	98,3%	2323	92,6%	816	92,4%
<b>Taux de croissance 0-2 jours</b>			691	21,7%	602	24,0%	238	27,0%

Finalement, sept paramètres non corrélés entre eux, et avec moins de 50% de données manquantes sur toutes les périodes, ont été inclus dans le modèle final : cinq effets fixes (le sexe, la race, la taille de portée, le poids de naissance, et le taux de croissance 0-2 jours pour l'étude des taux de croissance de 2 à 56 jours), et deux effets aléatoires (la portée emboîtée dans l'élevage) (Figure 61, Figure 62).

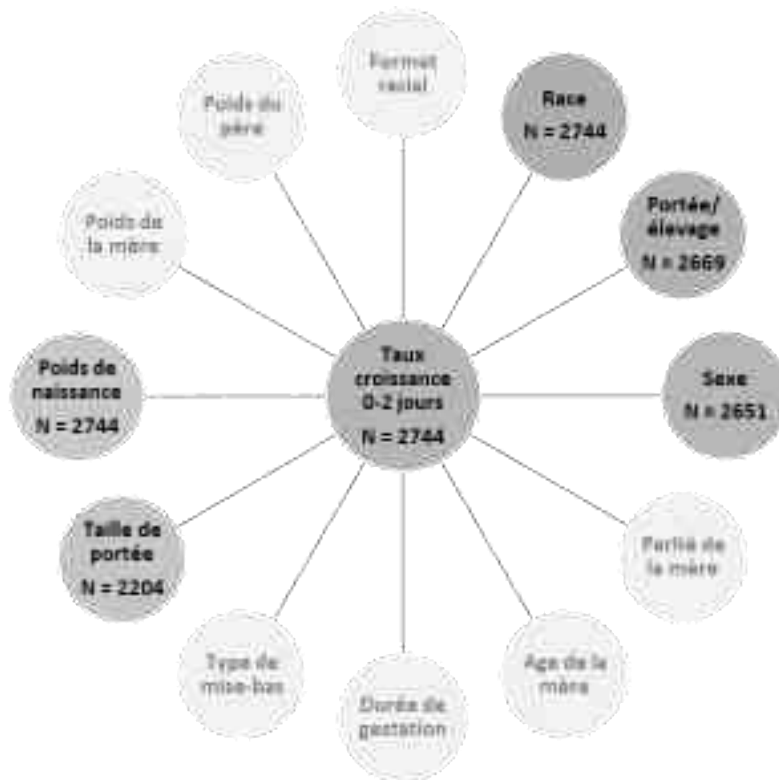


Figure 61 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation de la croissance 0-2 jours du chiot, et effectifs de chiots associés

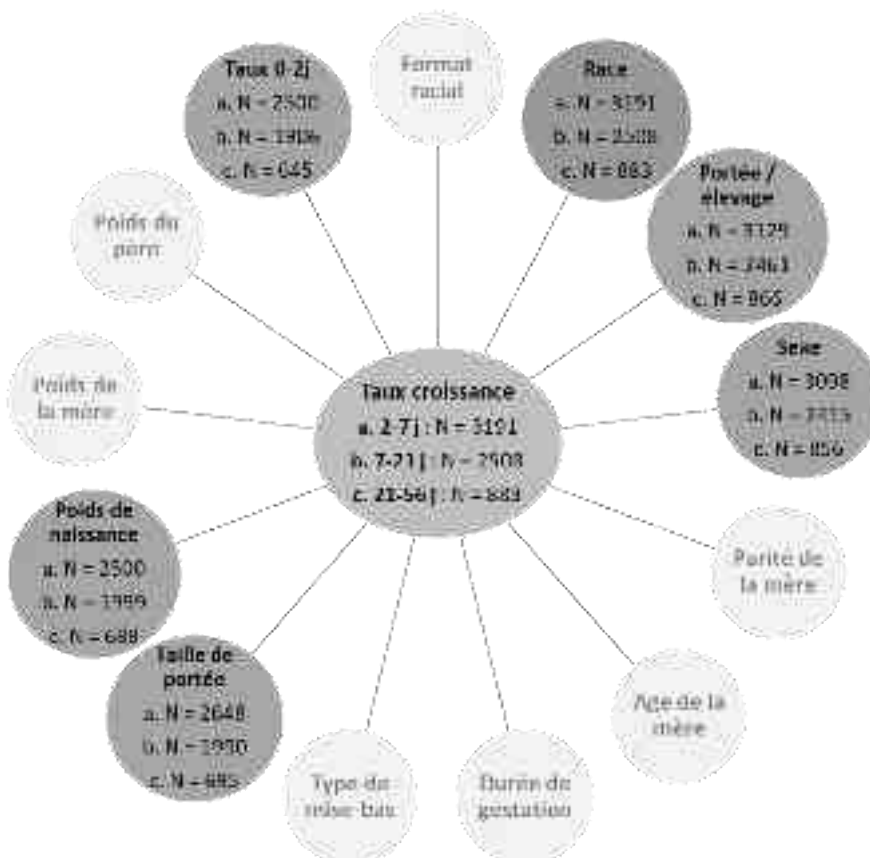


Figure 62 : Facteurs pris en compte dans l'étude de la variation de la croissance 2-56 jours du chiot, et effectifs de chiots associés

### 3. Analyse des résultats obtenus

#### a) Taux de croissance 0-2 jours

Le taux de croissance 0-2 jours de la population étudiée (chiots vivants à 56 jours) varie de -33,2% à 50%, avec un quartile 1 de 1%, une médiane de 8,7%, et un quartile 3 de 15,4%.

Le modèle utilisé pour réaliser l'analyse multivariée de l'influence de cinq paramètres (race, sexe, taille de la portée, portée dans l'élevage, poids de naissance) sur le taux de croissance dans les deux premiers jours de vie a permis de mettre en évidence un effet significatif de chacun de ces paramètres.

Il montre tout d'abord une différence significative de taux de croissance entre certaines races ( $p < 0,05$ ). La Figure 63 donne le taux de croissance par race, avec les effectifs de chiots par race associés. Une analyse univariée du taux de croissance par race a ensuite été réalisée afin de montrer entre quelles races le taux de croissance est significativement différent (Tableau 16).

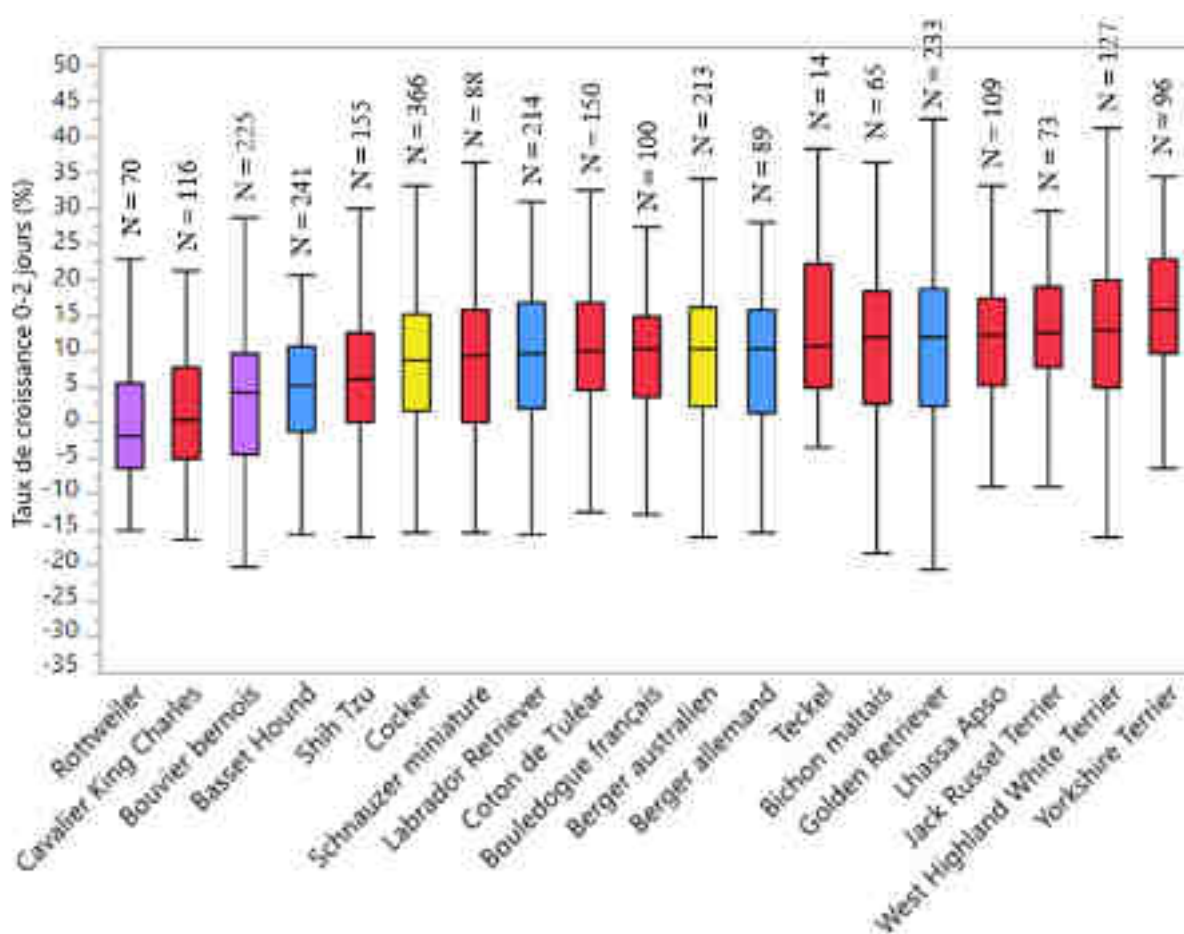


Figure 63 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction de la race, et effectifs de chiots par race associés (n = 2744)

Rouge = format Small ; Jaune = format Medium ; Bleu = format Large ; Violet = format Giant

Les effectifs par race sont indiqués au-dessus de chaque barre

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

Tableau 16 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 0-2 jours par race  
(en gras = différence significative de taux de croissance, si  $p < 0,05$ )

Race	Basset Hound	Berger allemand	Berger australien	Bichon Maltais	Bouledogue français	Bouvier bernois	Cavalier King Charles	Cocker	Coton de Tuléar	Golden Retriever	Jack Russel Terrier	Labrador Retriever	Lhasa Apso	Rottweiler	Schnauzer miniature	Shih Tzu	Teckel	West Highland White Terrier	
Berger allemand	< 0,0001																		
Berger australien	< 0,0001	0,6515																	
Bichon Maltais	< 0,0001	0,2629	0,3571																
Bouledogue français	< 0,0001	0,9681	0,7131	0,1980															
Bouvier bernois	0,2357	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001														
Cavalier King Charles	0,0036	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,1065													
Cocker	< 0,0001	0,4608	0,1136	0,0405	0,3397	< 0,0001	< 0,0001												
Coton de Tuléar	< 0,0001	0,2523	0,3368	0,7563	0,3919	< 0,0001	< 0,0001	0,0156											
Golden Retriever	< 0,0001	0,2351	0,3325	0,8330	0,1803	< 0,0001	< 0,0001	0,0084	0,9431										
Jack Russel Terrier	< 0,0001	0,0334	0,0392	0,4502	0,0176	< 0,0001	< 0,0001	0,0006	0,1511	0,2594									
Labrador Retriever	< 0,0001	0,8674	0,7795	0,2572	0,8744	< 0,0001	< 0,0001	0,2107	0,2652	0,2428	0,0254								
Lhasa Apso	< 0,0001	0,1064	0,1749	0,9491	0,1018	< 0,0001	< 0,0001	0,0062	0,5972	0,6829	0,4374	0,1310							
Rottweiler	0,0009	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
Schnauzer miniature	0,0005	0,8327	0,4873	0,1839	0,8236	< 0,0001	< 0,0001	0,6690	0,1936	0,1798	0,0257	0,6604	0,0984	< 0,0001					
Shih Tzu	0,1015	0,0237	0,0010	0,0011	0,0060	0,0161	0,0002	0,0171	> 0,0001	> 0,0001	> 0,0001	0,0021	> 0,0001	0,0002	0,0507				
Teckel	0,0080	0,3604	0,3799	0,7433	0,3692	0,0040	0,0005	0,1650	0,5922	0,5765	0,8989	0,3446	0,7082	0,0005	0,2847	0,0381			
West Highland White Terrier	< 0,0001	0,0247	0,0249	0,4174	0,0171	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,1798	0,1665	0,9101	0,0177	0,3712	< 0,0001	0,0211	< 0,0001	0,9835		
Yorkshire Terrier	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0067	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,0002	0,0224	< 0,0001	0,0014	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,3001	0,0325	

De plus, le modèle a permis de mettre en évidence une différence significative de croissance selon la taille de la portée. L'étude univariée du paramètre taille de portée montre que le taux de croissance des chiots issus d'une petite portée est meilleur que celui des chiots issus d'une portée de taille moyenne, qui eux-mêmes ont un taux de croissance supérieur aux chiots issus des grandes portées ( $p < 0,0001$  pour chaque cas de figure) (Figure 64).

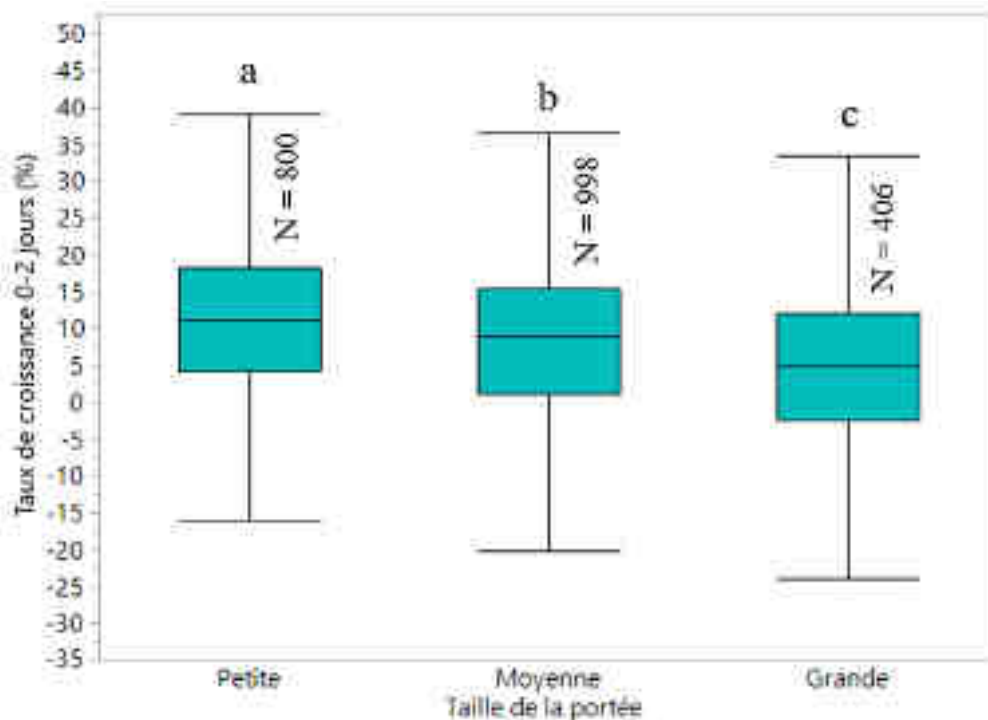


Figure 64 : Taux de croissance 0-2 jours en fonction de la taille de la portée, et effectifs de chiots par taille de portée associés (n = 2204)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

Cependant, si l'on regarde l'effet de la taille de la portée au sein de chaque race, on s'aperçoit que l'effet de la taille de la portée sur la croissance précoce est variable selon la race considérée (Figure 65). Par exemple, chez le Golden Retriever, les chiots issus des grandes portées ont un meilleur taux de croissance que ceux issus des plus petites portées, alors que chez le Schnauzer miniature ce sont les chiots issus des portées de taille moyenne qui grandissent le mieux. Pour la majorité des races cependant, la tendance observée dans la population générale (meilleure croissance des chiots de petite portée) est retrouvée à l'échelle de la race.

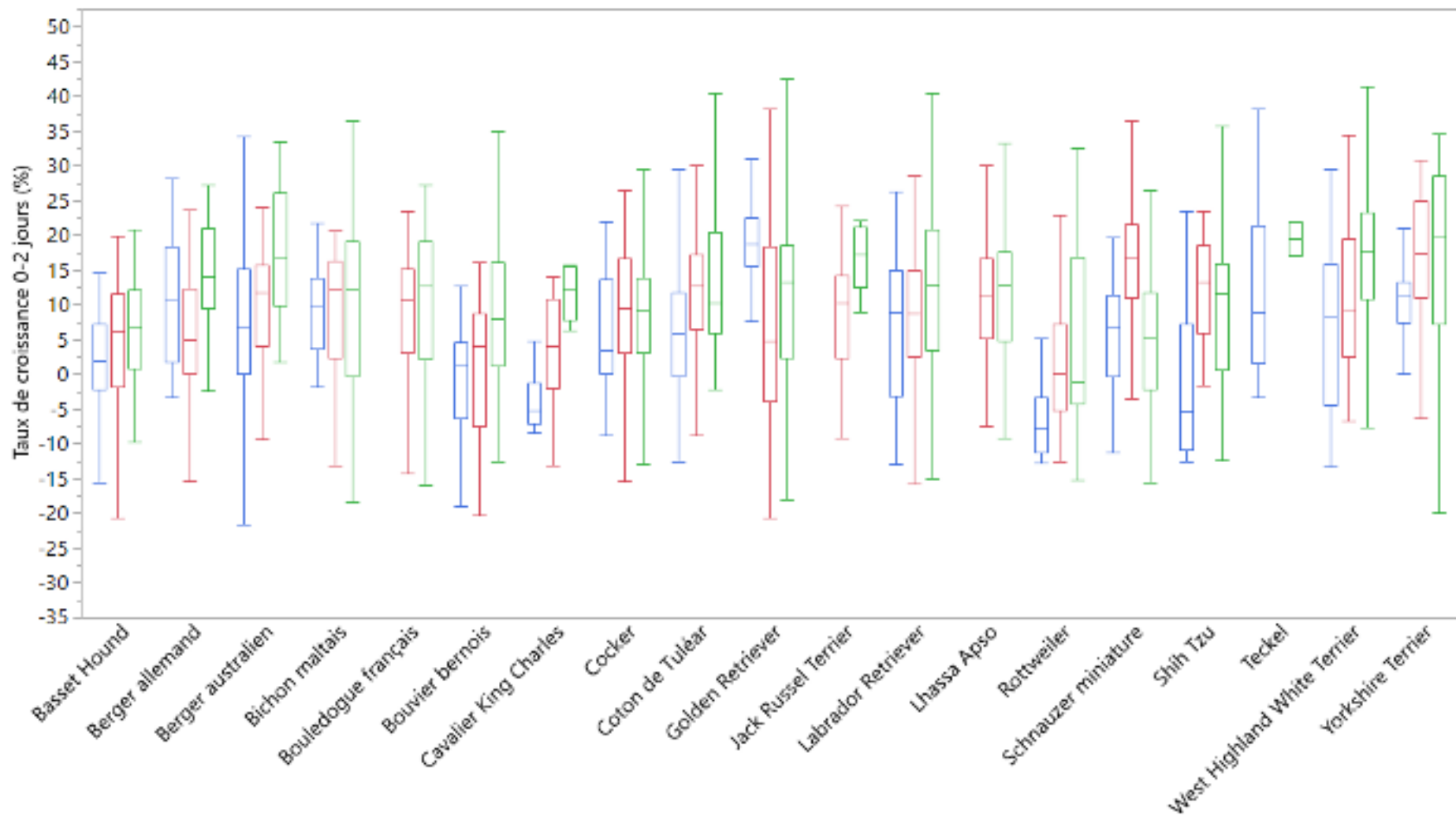


Figure 65 : Taux de croissance 0-2 jours par taille de portée au sein de chaque race étudiée (n = 2204 chiots)  
 Bleu = portées de petite taille ; rouge = portées de taille moyenne ; vert = portées de grande taille.  
 La définition des tailles de portées est donnée dans le Tableau 2



Un effet significatif du sexe sur la croissance précoce est également noté dans la population générale, avec une meilleure croissance des mâles par rapport aux femelles (Figure 66, Tableau 17). L'étude par race montre cependant une variabilité en fonction de la race (Figure 67).

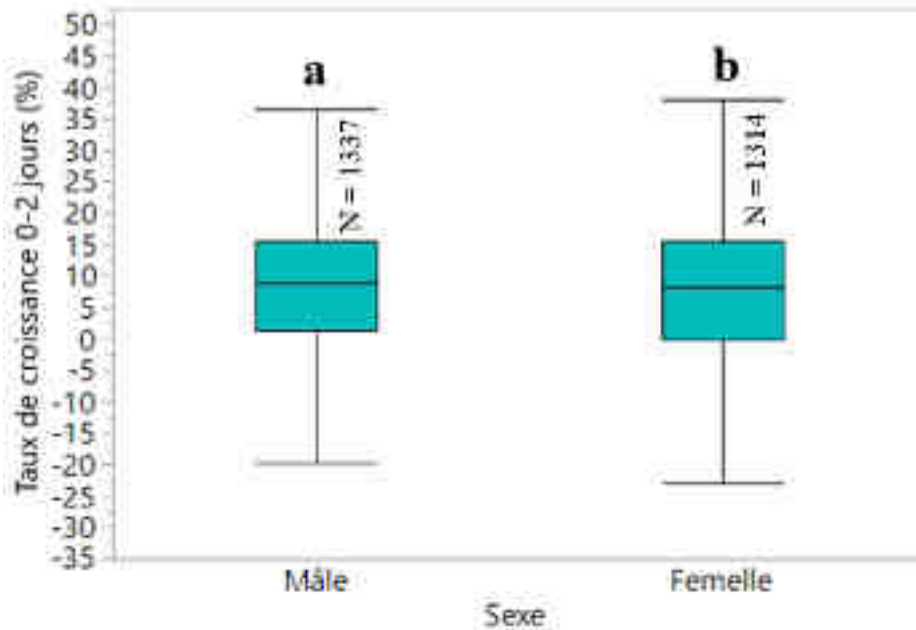


Figure 66 : Effet du sexe sur le taux de croissance 0-2 jours (n = 2651)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative (p < 0,05)

Tableau 17 : Minimum, maximum et quartiles du taux de croissance 0-2 jours en fonction du sexe (mâles : n = 1337 ; femelles : n = 1314)

	Taux de croissance 0-2 jours (%)				
	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 2	Maximum
Femelle	-33,2	0	8,3	15,4	50
Mâle	-26,3	1,3	9	15,4	47,1

Enfin, le poids de naissance joue un rôle significatif dans la croissance du chiot dans les deux premiers jours de vie. Cependant, cette influence ne peut être plus précisément caractérisée, car elle n'est pas retrouvée lors de l'analyse univariée du taux de croissance précoce en fonction des quartiles de poids de naissance (Figure 68).

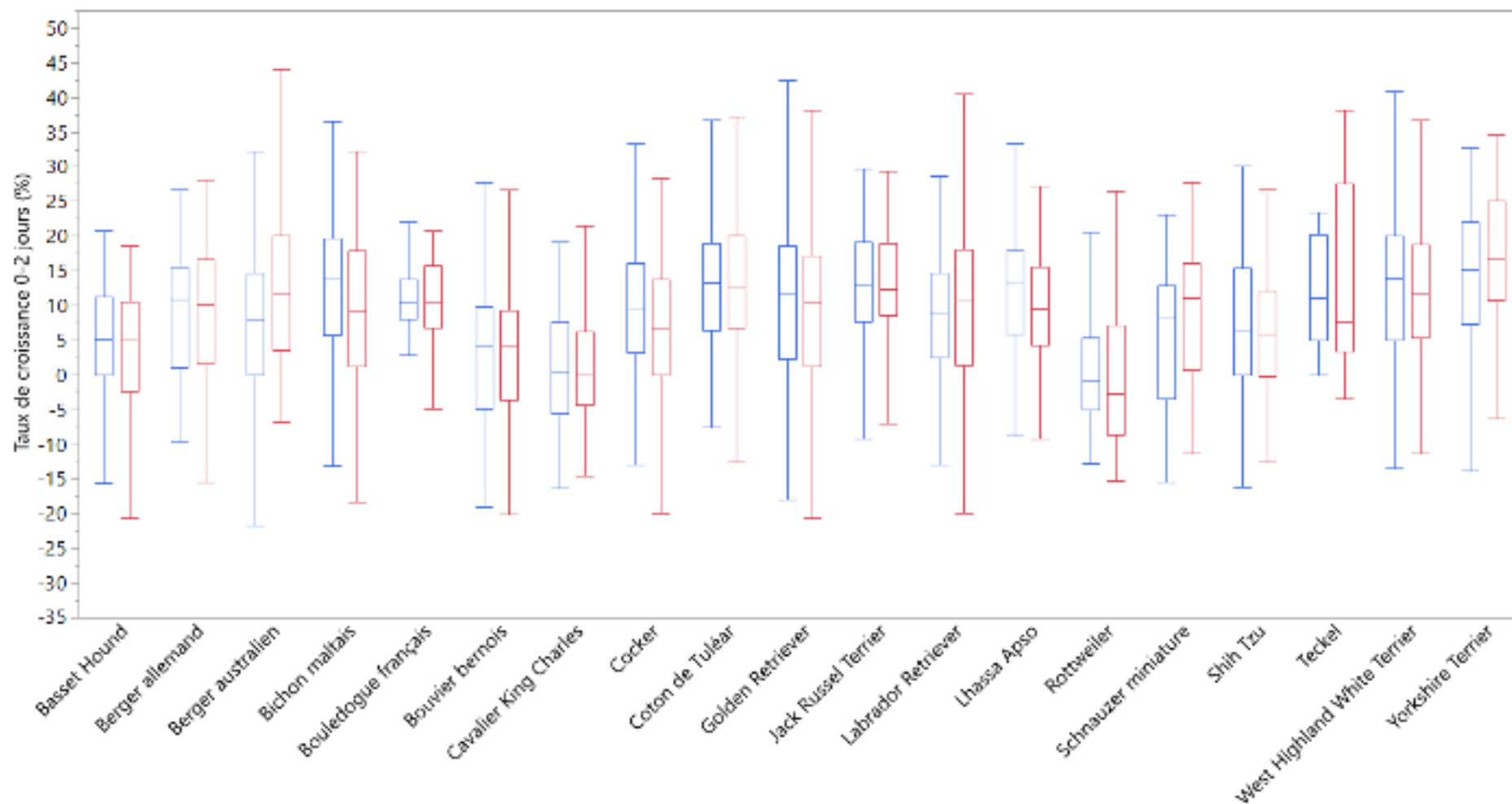


Figure 67 : Taux de croissance 0-2 jours par sexe au sein de chaque race étudiée (n = 2651)  
 (Bleu = mâles ; rouge = femelles)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

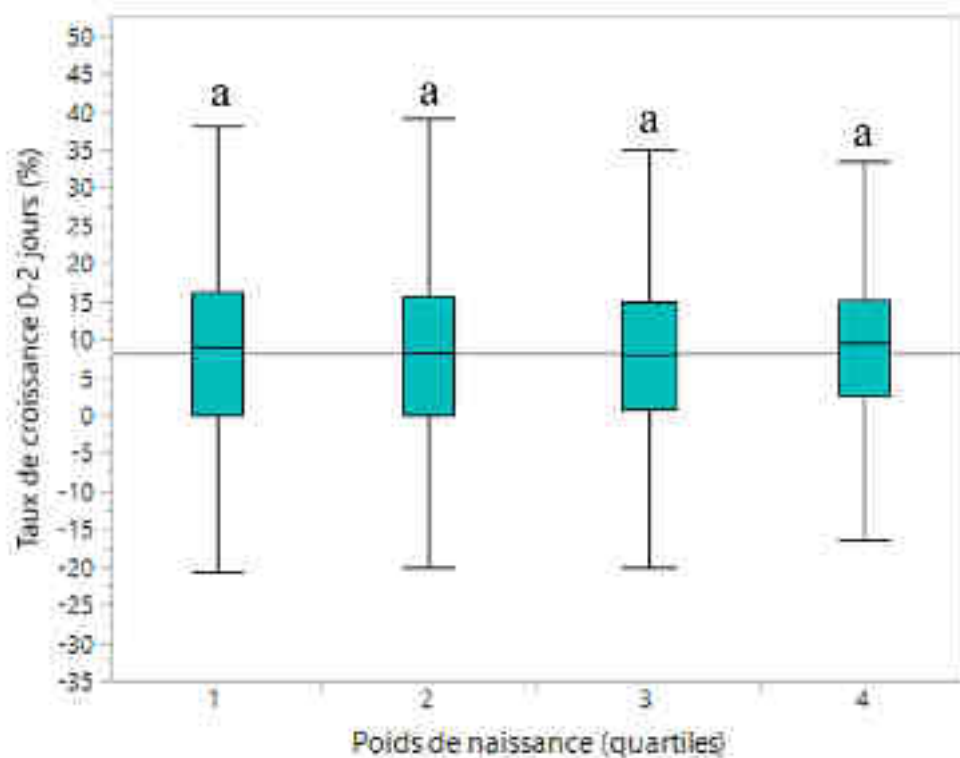


Figure 68 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 0-2 jours (n = 2744)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

### **b) Taux de croissance 2-7 jours**

Le taux de croissance de 2 à 7 jours varie entre -29,6% et 183,3% dans la population globale étudiée, avec un quartile 1 de 37,5%, une médiane de 50%, et un quartile 3 de 62,5%.

L'analyse multivariée a ici été réalisée avec six paramètres : les cinq facteurs étudiés précédemment, auxquels a été ajouté le taux de croissance 0-2 jours. Aucun effet significatif de la taille de la portée et du sexe n'a été mis en évidence.

Le modèle montre une différence significative de taux de croissance entre certaines races ( $p < 0,05$ ). La Figure 69 donne le taux de croissance par race, avec les effectifs de chiots par race associés. Une analyse univariée du taux de croissance par race a ensuite été réalisée afin de montrer entre quelles races le taux de croissance est significativement différent (Tableau 18).

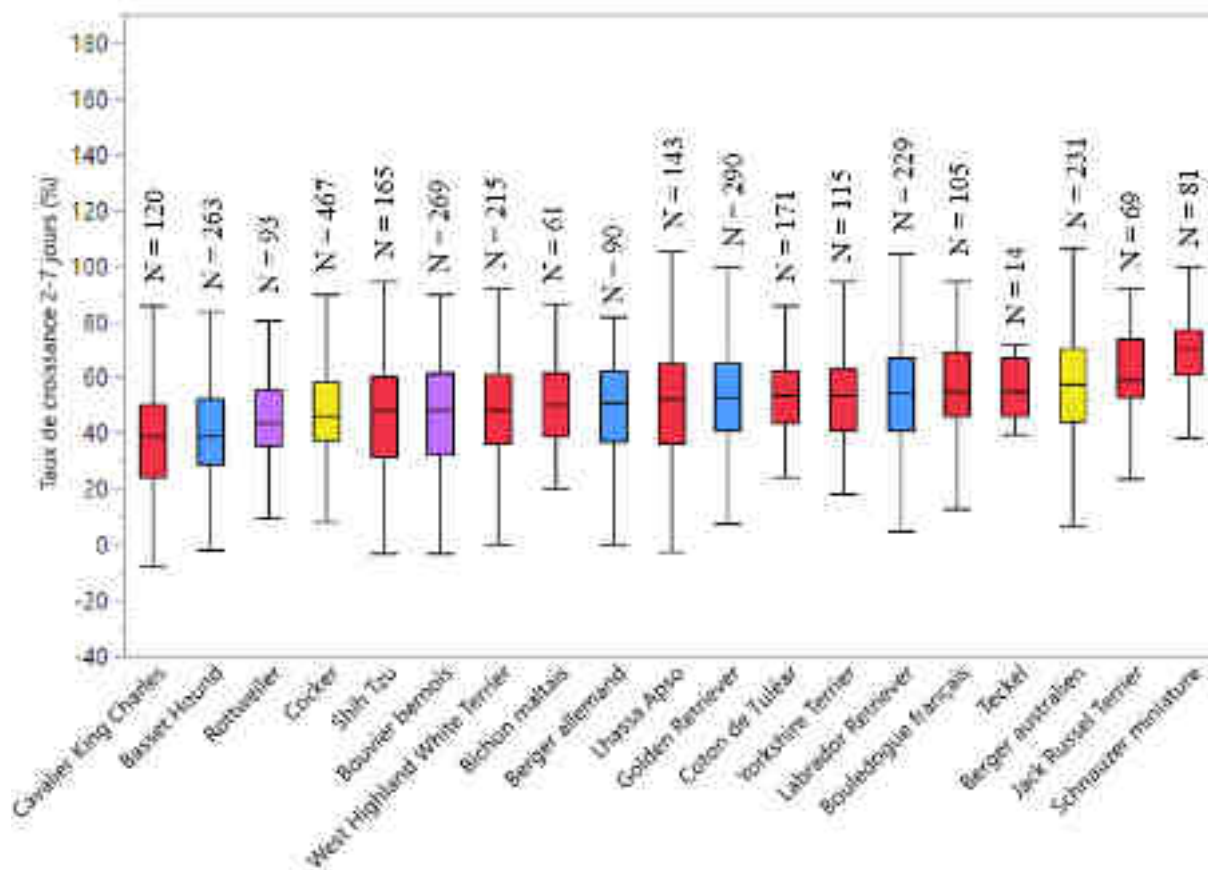


Figure 69 : Taux de croissance 2-7 jours en fonction de la race, et effectifs de chiots par race associés (n = 3191)

Rouge = format Small ; Jaune = format Medium ; Bleu = format Large ; Violet = format Giant

Les effectifs par race sont indiqués au-dessus de chaque barre

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

Concernant le poids de naissance, le modèle multivarié met de nouveau en évidence une influence sur le taux de croissance. L'analyse univariée de ce paramètre permet de montrer que les chiots appartenant aux quartiles 1 et 4 (respectivement 25% des plus petits poids de naissance, et 25% des plus gros poids de naissance), ont une croissance de 2 à 7 jours significativement supérieure ( $p < 0,05$ ) aux chiots naissant avec un poids moyen (Figure 70).

Enfin, la croissance 0-2 jours du chiot n'a pas d'effet significatif sur sa croissance entre 2 et 7 jours dans le modèle multivarié, mais avec cependant une tendance observée ( $p = 0,079$ ). L'analyse univariée de ces deux paramètres montre croissance de 2 à 7 jours significativement supérieure ( $p < 0,001$ ) des chiots qui avaient déjà un bon taux de croissance dans les deux premiers jours de vie (Figure 71).

Tableau 18 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 2-7 jours par race  
(en gras = différence significative de taux de croissance, si  $p < 0,05$ )

Race	Basset Hound	Berger allemand	Berger australien	Bichon Maltais	Bouledogue français	Bouvier bernois	Cavalier King Charles	Cocker	Coton de Tuléar	Golden Retriever	Jack Russel Terrier	Labrador Retriever	Lhasa Apso	Rottweiler	Schnauzer miniature	Shih Tzu	Teckel	West Highland White Terrier	
Berger allemand	<,0001																		
Berger australien	<,0001	<,0001																	
Bichon Maltais	<b>0,0002</b>	0,8526	<b>0,0077</b>																
Bouledogue français	<,0001	<b>0,0115</b>	0,6357	<b>0,0368</b>															
Bouvier bernois	<,0001	0,2718	<,0001	0,2906	<,0001														
Cavalier King Charles	0,2913	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001													
Cocker	<,0001	0,2850	<,0001	0,2142	<,0001	0,7812	<,0001												
Coton de Tuléar	<,0001	0,1201	<b>0,0152</b>	0,2345	0,1357	<b>0,0015</b>	<,0001	<,0001											
Golden Retriever	<,0001	0,0890	<b>0,0267</b>	0,1840	0,2009	<b>0,0001</b>	<,0001	<,0001	0,7861										
Jack Russel Terrier	<,0001	<,0001	0,1174	<b>0,0005</b>	0,0526	<,0001	<,0001	<,0001	<b>0,0004</b>	<b>0,0015</b>									
Labrador Retriever	<,0001	0,1011	<b>0,0425</b>	0,1902	0,2267	<b>0,0005</b>	<,0001	<,0001	0,6614	0,9202	<b>0,0042</b>								
Lhasa Apso	<,0001	0,5633	<b>0,0045</b>	0,6918	<b>0,0399</b>	<b>0,0461</b>	<,0001	<b>0,0412</b>	0,3822	0,2545	<b>0,0005</b>	0,2889							
Rottweiler	<b>0,0193</b>	0,0845	<,0001	0,0835	<,0001	0,4098	<b>0,0038</b>	0,2259	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<,0001	<b>0,0005</b>	<b>0,0210</b>						
Schnauzer miniature	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<b>0,0007</b>	<,0001	<,0001	<,0001					
Shih Tzu	<b>0,0013</b>	0,2653	<,0001	0,2547	<b>0,0002</b>	0,8577	<b>0,0004</b>	0,6169	<b>0,0025</b>	<b>0,0006</b>	<,0001	<b>0,0018</b>	0,0553	0,5646	<,0001				
Teckel	<b>0,0011</b>	0,2192	0,6384	0,2159	0,8690	0,0876	<b>0,0006</b>	<b>0,0482</b>	0,5180	0,6383	0,1125	0,7675	0,3243	<b>0,0187</b>	<b>0,0003</b>	0,0799			
West Highland White Terrier	<,0001	0,5792	<,0001	0,5265	<b>0,0003</b>	0,4362	<,0001	0,5325	<b>0,0100</b>	<b>0,0030</b>	<,0001	<b>0,0061</b>	0,2074	0,1702	<,0001	0,4303	0,1127		
Yorkshire Terrier	<,0001	0,2835	<b>0,0165</b>	0,4361	0,1070	<b>0,0154</b>	<,0001	<b>0,0059</b>	0,7522	0,5922	<b>0,0006</b>	0,4729	0,6228	<b>0,0029</b>	<,0001	<b>0,0189</b>	0,4860	0,0645	

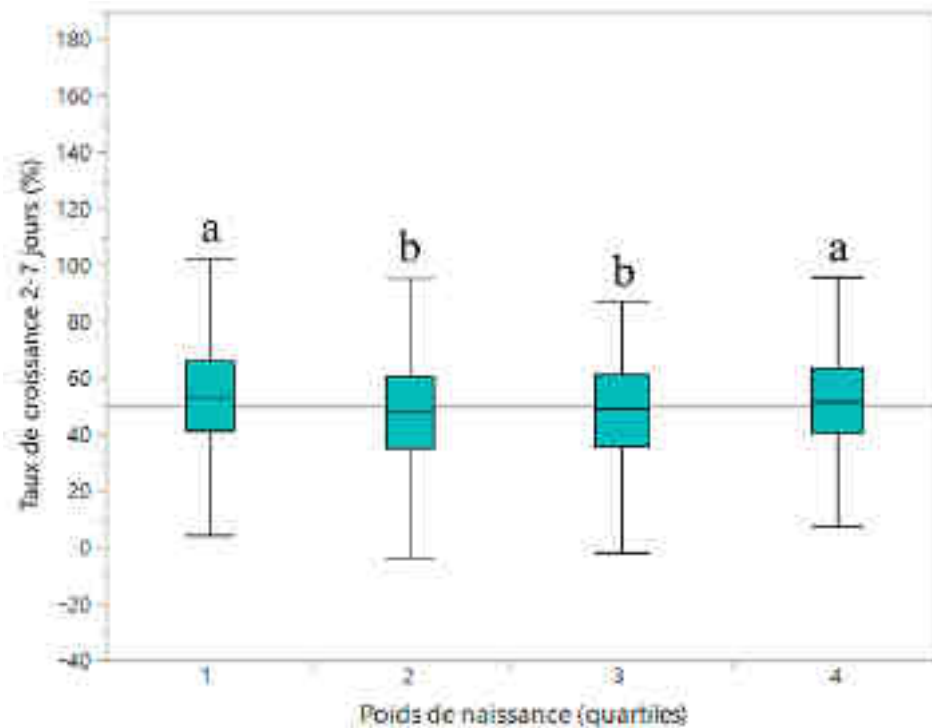


Figure 70 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 2-7 jours (n = 2500)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

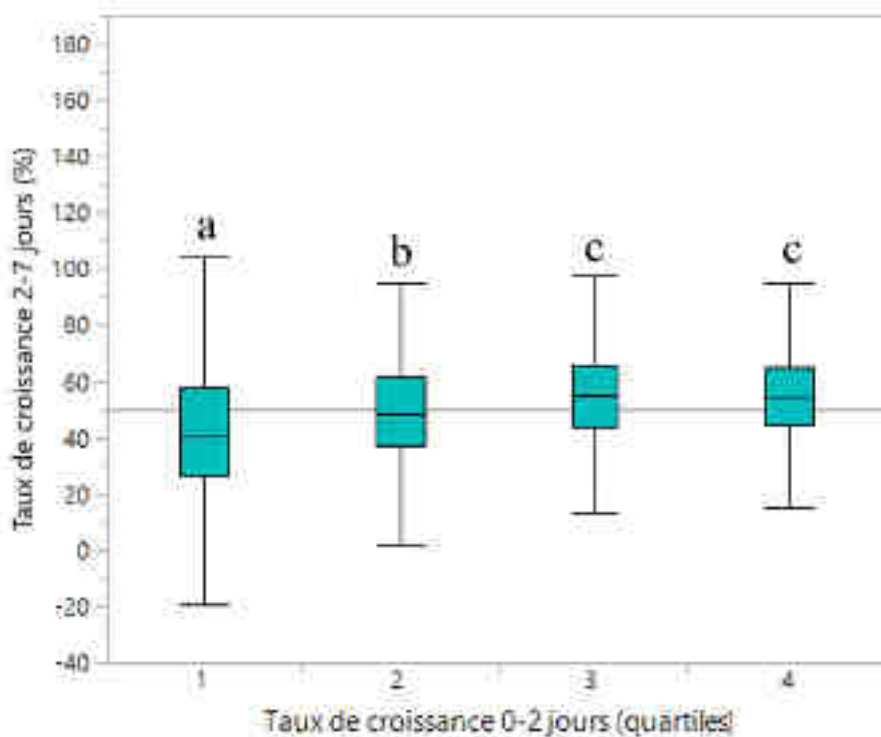


Figure 71 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 2-7 jours (n = 2500)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

### c) Taux de croissance 7-21 jours

Le taux de croissance de 7 à 21 jours s'échelonne entre -8,2% et 259,1%, avec un quartile 1 de 88,73%, une médiane de 107,45%, et un quartile 3 de 127,56%.

Le modèle montre une différence significative de taux de croissance entre certaines races ( $p < 0,05$ ). La Figure 72 donne le taux de croissance par race, avec les effectifs de chiots par race associés. Une analyse univariée du taux de croissance par race a ensuite été réalisée afin de montrer entre quelles races le taux de croissance est significativement différent (Tableau 19).

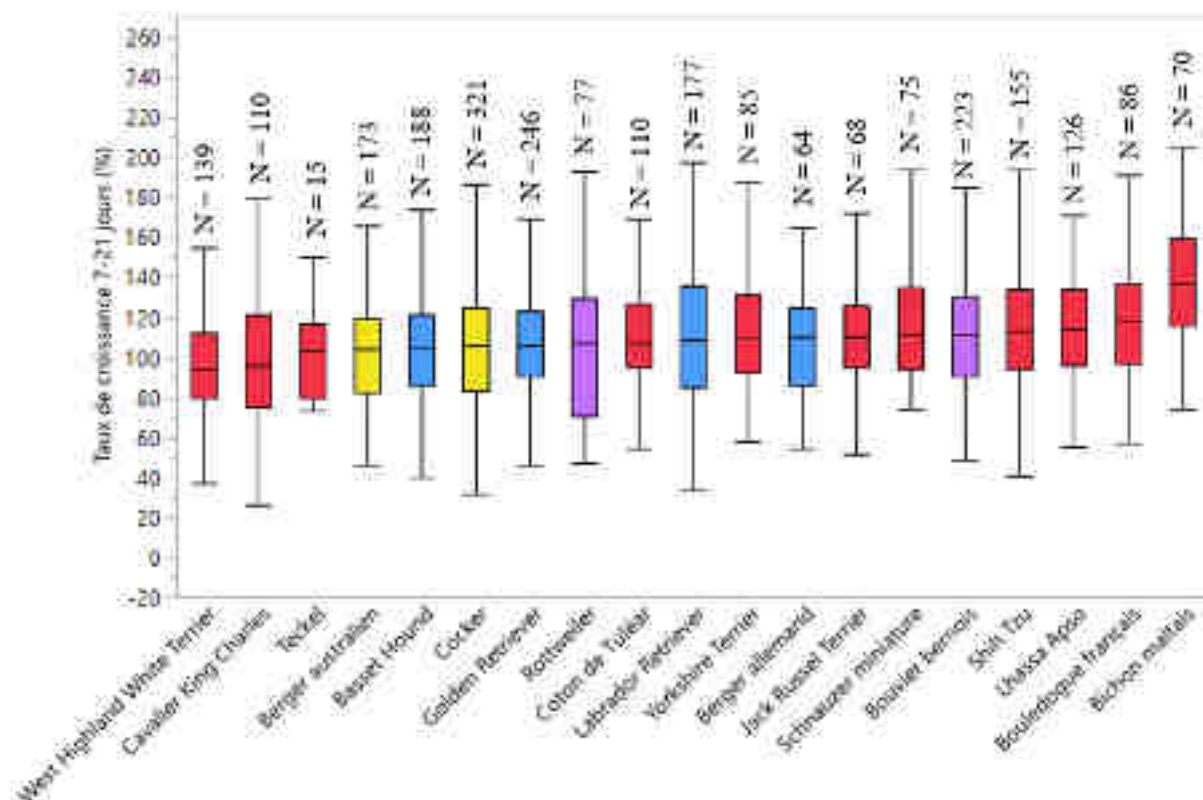


Figure 72 : Taux de croissance 7-21 jours en fonction de la race (n = 2508)

Rouge = format Small ; Jaune = format Medium ; Bleu = format Large ; Violet = format Giant

Les effectifs par race sont indiqués au-dessus de chaque barre

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum

Le modèle ne met pas en évidence d'effet de la taille de la portée sur la croissance 7-21 jours, contrairement à celui du sexe qui réapparaît sur cette période, avec une croissance moindre des femelles par rapport aux mâles (Figure 73, Tableau 20).

Tableau 19 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 7-21 jours par race  
(en gras = différence significative de taux de croissance, si  $p < 0,05$ )

Race	Basset Hound	Berger allemand	Berger australien	Bichon Maltais	Bouledogue français	Bouvier bernois	Cavalier King Charles	Cocker	Coton de Tuléar	Golden Retriever	Jack Russel Terrier	Labrador Retriever	Lhassa Apso	Rottweiler	Schnauzer miniature	Shih Tzu	Teckel	West Highland White Terrier	
Berger allemand	0,5297																		
Berger australien	0,7918	0,3511																	
Bichon Maltais	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>																
Bouledogue français	<b>0,001</b>	<b>0,0321</b>	<b>0,0006</b>	<b>&lt;,0001</b>															
Bouvier bernois	<b>0,0067</b>	0,2015	<b>0,0029</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,1985														
Cavalier King Charles	0,1535	0,1161	0,254	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0004</b>													
Cocker	0,817	0,6157	0,6268	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0064</b>	<b>0,0064</b>	0,1238												
Coton de Tuléar	0,1058	0,5839	0,0734	<b>&lt;,0001</b>	0,0578	0,3839	<b>0,0085</b>	0,1808											
Golden Retriever	0,2556	0,9401	0,1987	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0076</b>	0,0633	<b>0,0162</b>	0,3816	0,4698										
Jack Russel Terrier	0,1142	0,4903	0,0815	<b>&lt;,0001</b>	0,1019	0,5745	<b>0,0168</b>	0,2117	0,8328	0,3901									
Labrador Retriever	0,1382	0,558	0,1008	<b>&lt;,0001</b>	0,0951	0,3691	<b>0,0133</b>	0,135	0,9743	0,5129	0,9318								
Lhassa Apso	<b>0,0054</b>	0,1138	<b>0,0027</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,4182	0,6297	<b>0,0004</b>	<b>0,0067</b>	0,2116	<b>0,0422</b>	0,3765	0,2939							
Rottweiler	0,9831	0,5861	0,8698	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0252</b>	<b>0,077</b>	0,373	0,9855	0,3672	0,5865	0,4943	0,2665	0,074						
Schnauzer miniature	<b>0,0086</b>	0,0993	<b>0,0072</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,6608	0,5603	<b>0,0007</b>	<b>0,0209</b>	0,2556	0,088	0,4945	0,1668	0,8332	0,0617					
Shih Tzu	<b>0,0091</b>	0,1753	<b>0,0055</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,3993	0,7854	<b>0,0009</b>	<b>0,009</b>	0,2552	0,0547	0,3678	0,3568	0,9154	0,0832	0,7384				
Teckel	0,5994	0,3782	0,7125	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0374</b>	0,1175	0,7932	0,5763	0,217	0,3222	0,1556	0,338	0,0863	0,7997	0,0641	0,1301			
West Highland White Terrier	<b>0,0028</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0117</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,3423	<b>0,0012</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,0517	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,4702		
Yorkshire Terrier	<b>0,0452</b>	0,2996	<b>0,0284</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,2379	0,9452	<b>0,0032</b>	0,0579	0,5417	0,2024	0,7550	0,5514	0,6203	0,1502	0,5439	0,7242	0,1346	<b>&lt;,0001</b>	



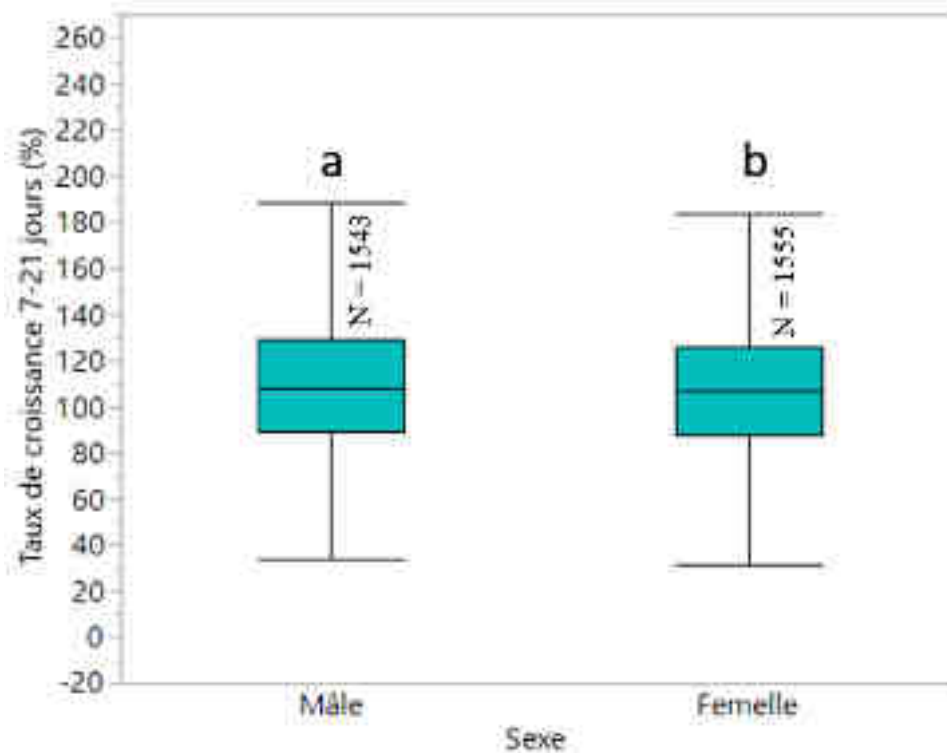


Figure 73 : Effet du sexe sur le taux de croissance 7-21 jours (n = 2415)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

Tableau 20 : Minimum, maximum et quartiles du taux de croissance 7-21 jours selon le sexe  
 (mâles : n = 1543 ; femelles : n = 1555)

	Taux de croissance 7-21 jours (%)				
	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 2	Maximum
Femelle	-8,2	87,5	107,1	126,05	250,8
Mâle	17,1	88,9	107,7	129,3	259,1

De même que précédemment, le poids de naissance a un effet sur la croissance 7 - 21 jours, avec toujours une meilleure croissance des chiots nés plus légers (Figure 74).

Enfin, le modèle multivarié montre toujours un effet du taux de croissance 0-2 jours sur la croissance, qui ne ressort cependant pas dans l'analyse univariée (Figure 75). Il n'est donc pas possible de connaître avec plus de précision l'effet de la croissance précoce sur la croissance 7-21 jours.

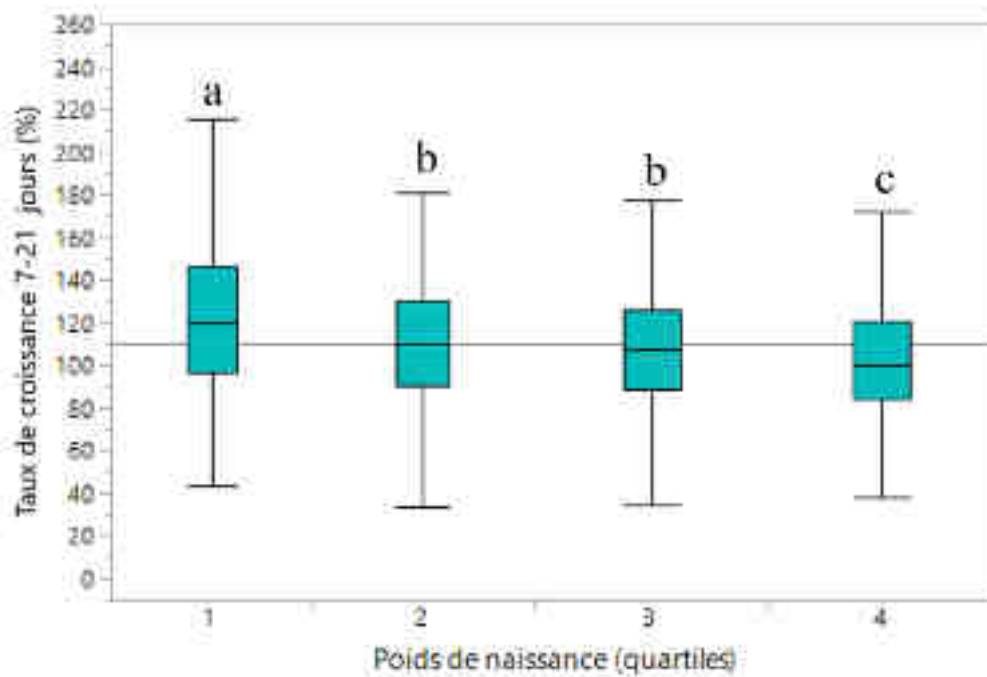


Figure 74 : Influence de la catégorie de poids de naissance du chiot sur son taux de croissance 7-21 jours (n = 1999)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

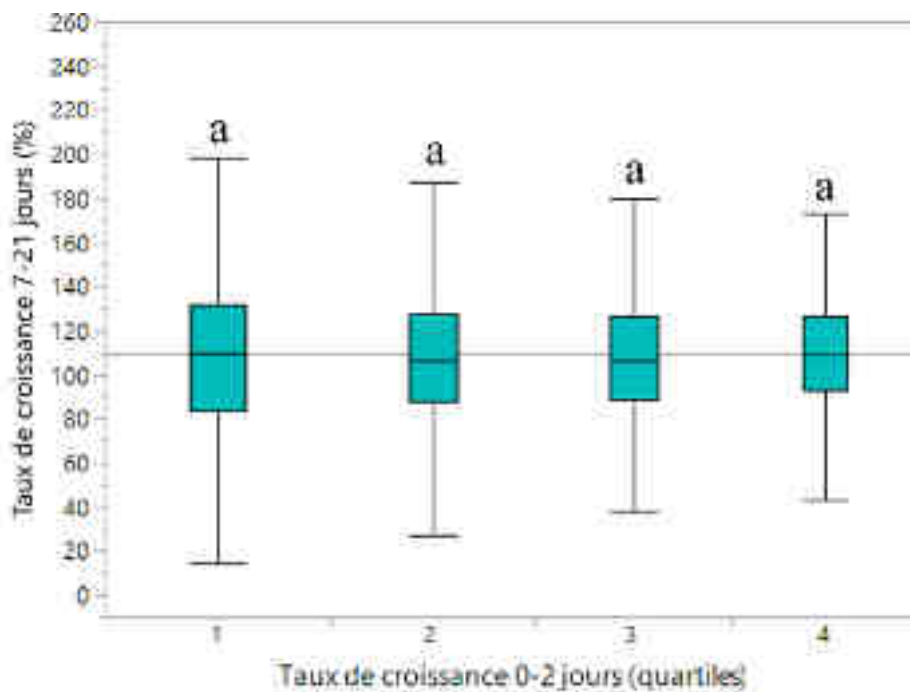


Figure 75 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 7-21 jours (n = 1906)

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum  
Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

#### d) Taux de croissance 21-56 jours

Pour la période de croissance 21-56 jours, le taux de croissance de l'ensemble des chiots étudiés est réparti entre 21,8% et 496,6%, avec un quartile 1 de 142,8%, une médiane de 182,7%, et un quartile 3 de 230,2%.

L'analyse multivariée montre la présence d'un effet race significatif ( $p < 0,05$ ) (Figure 76). Une analyse univariée du taux de croissance par race a ensuite été réalisée afin de montrer entre quelles races le taux de croissance est significativement différent (Tableau 21).

Par ailleurs, l'observation de la répartition des races sur le graphique montre une tendance à l'augmentation du taux de croissance avec l'augmentation du format racial, qui n'était pas présent jusque-là.

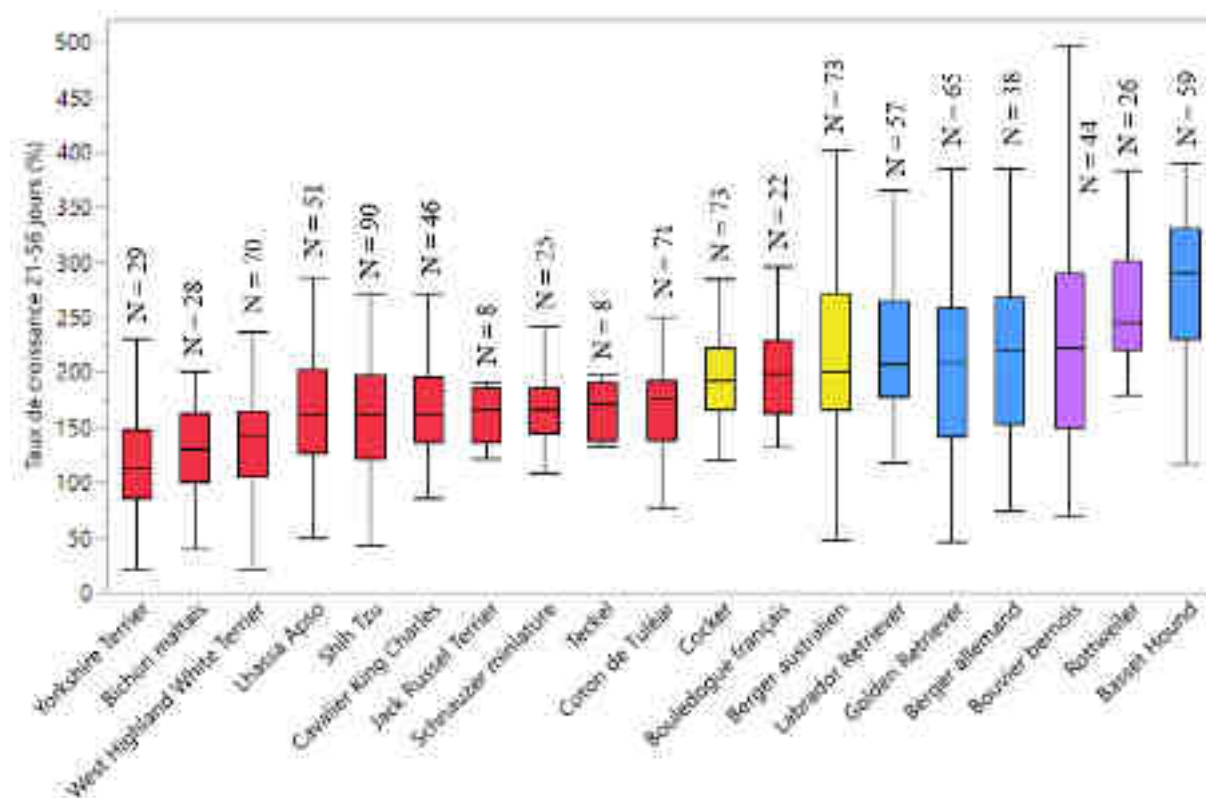


Figure 76 : Taux de croissance 21-56 jours en fonction de la race (n = 883)

Rouge = format Small ; Jaune = format Medium ; Bleu = format Large ; Violet = format Giant

Les effectifs par race sont indiqués au-dessus de chaque barre

Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

De la même manière que pendant la période 7-21 jours, la taille de la portée n'a plus d'effet sur le taux de croissance de 21 à 56 jours, contrairement au sexe, avec une meilleure croissance des mâles par rapport aux femelles sur cette période (Figure 77, Tableau 22).

Tableau 21 : P-value pour la comparaison deux à deux des taux de croissance 21-56 jours par race  
(en gras = différence significative de taux de croissance, si  $p < 0,05$ )

Race	Basset Hound	Berger allemand	Berger australien	Bichon Maltais	Bouledogue français	Bouvier bernois	Cavalier King Charles	Cocker	Coton de Tuléar	Golden Retriever	Jack Russel Terrier	Labrador Retriever	Lhasa Apso	Rottweiler	Schnauzer miniature	Shih Tzu	Teckel	West Highland White Terrier	
Berger allemand	<b>0,0001</b>																		
Berger australien	<b>&lt;,0001</b>	0,9901																	
Bichon Maltais	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>																
Bouledogue français	<b>&lt;,0001</b>	0,4206	0,4454	<b>&lt;,0001</b>															
Bouvier bernois	<b>0,001</b>	0,7378	0,6405	<b>&lt;,0001</b>	0,2918														
Cavalier King Charles	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0123</b>	<b>0,0012</b>													
Cocker	<b>&lt;,0001</b>	0,1467	0,1454	<b>&lt;,0001</b>	0,8426	0,074	<b>0,0012</b>												
Coton de Tuléar	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0039</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0300</b>	<b>0,0009</b>	0,6293	<b>0,0016</b>											
Golden Retriever	<b>&lt;,0001</b>	0,6178	0,4092	<b>&lt;,0001</b>	0,9222	0,3126	<b>0,0152</b>	0,6359	<b>0,0112</b>										
Jack Russel Terrier	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,044</b>	<b>0,0236</b>	<b>0,0596</b>	<b>0,0413</b>	<b>0,0387</b>	0,9127	<b>0,0213</b>	0,6087	0,1223									
Labrador Retriever	<b>&lt;,0001</b>	0,6984	0,5265	<b>&lt;,0001</b>	0,1217	0,8399	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0117</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,2124	<b>0,0014</b>								
Lhasa Apso	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0022</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,0092</b>	<b>0,0006</b>	0,8116	<b>0,0004</b>	0,3692	<b>0,0066</b>	0,9382	<b>&lt;,0001</b>							
Rottweiler	0,1189	<b>0,0233</b>	<b>0,0033</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0002</b>	0,0750	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0016</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0025</b>	<b>&lt;,0001</b>						
Schnauzer miniature	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0081</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0021</b>	<b>0,0090</b>	<b>0,0035</b>	0,952	<b>0,002</b>	0,523	<b>0,031</b>	0,9164	<b>&lt;,0001</b>	0,7695	<b>&lt;,0001</b>					
Shih Tzu	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0003</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0059</b>	<b>0,0026</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,4674	<b>&lt;,0001</b>	0,1722	<b>0,0004</b>	0,8609	<b>&lt;,0001</b>	0,6247	<b>&lt;,0001</b>	0,5217				
Teckel	<b>&lt;,0001</b>	0,0540	<b>0,0411</b>	<b>0,0235</b>	<b>0,0462</b>	<b>0,0438</b>	0,9903	<b>0,0444</b>	0,6905	0,1501	0,6742	<b>0,0026</b>	0,8507	<b>&lt;,0001</b>	0,9832	0,7803			
West Highland White Terrier	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,4202	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0012</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,0739	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,0041</b>	0,0510		
Yorkshire Terrier	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	0,2921	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0141</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0002</b>	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0115</b>	0,0508	

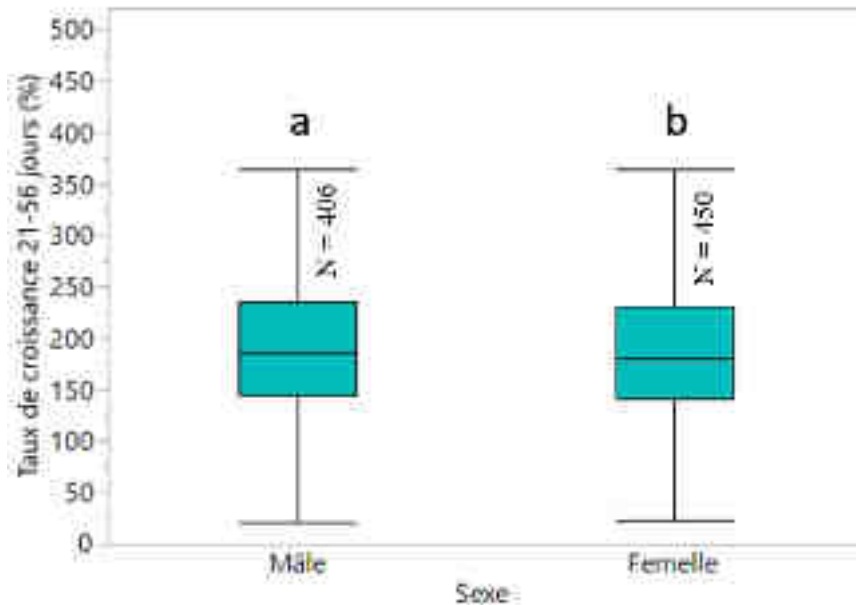


Figure 77 : Effet du sexe sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 856)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative ( $p < 0,05$ )

Tableau 22 : Minimum, maximum et quartiles de taux de croissance 21-56 jours en fonction du sexe  
 (mâles : n = 406; femelles : n = 450)

	Taux de croissance 21-56 jours (%)				
	Minimum	Quartile 1	Médiane	Quartile 2	Maximum
Femelle	22	140,975	180,6	230,55	496,6
Mâle	21,8	144,275	184,45	234,825	488,5

Le poids de naissance exerce encore un effet sur la croissance de 21 à 56 jours, avec une meilleure croissance des chiots appartenant aux quartiles de poids de naissance 1 et 3 par rapport aux autres chiots (Figure 78).

Contrairement aux résultats trouvés de 2 à 7 jours quant à l'effet positif d'un fort taux de croissance 0-2 jours sur la croissance, c'est ici les chiots qui ont eu le taux de croissance précoce le plus faible qui grandissent le mieux de 21 à 56 (Figure 79).

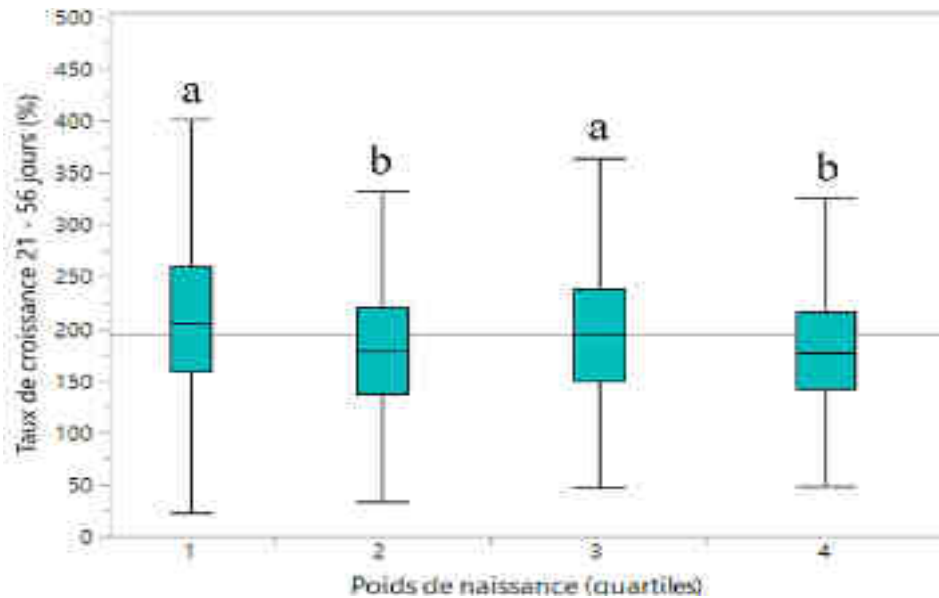


Figure 78 : Influence du poids de naissance sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 689)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative (p < 0,05)

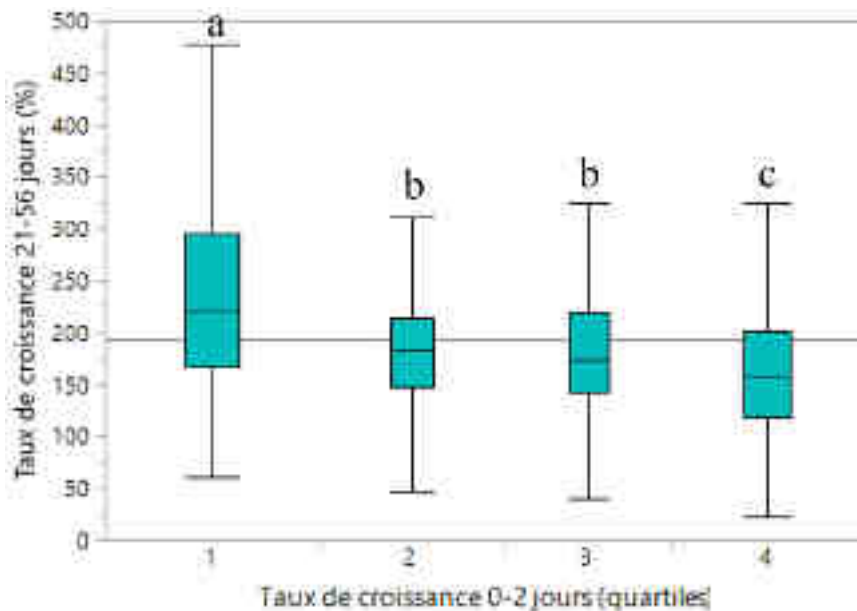


Figure 79 : Influence du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 21-56 jours (n = 645)  
 Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum  
 Des lettres différentes indiquent une différence de médiane significative (p < 0,05)

### e) *Bilan sur la croissance 0-56 jours du chiot*

Les taux de croissance médian par période et par race, avec les effectifs correspondants, sont présentés dans le Tableau 23. Certaines valeurs sont manquantes, du fait du faible nombre de données disponibles pour certaines races sur certaines périodes de la croissance. Deux périodes ont été ajoutées à ce tableau : la période 0-21 jours, qui correspond à la période néonatale, et la période 0-56 jours, représentant l'ensemble de la période pré-sevrage étudiée.

Tableau 23 : Taux de croissance (en % du poids en début de période) par race et par période (n = 4159)  
(nt = non traité)

Race	Taux de croissance 0-2 jours		Taux de croissance 2-7 jours		Taux de croissance 7-21 jours		Taux de croissance 21-56 jours		Taux de croissance 0-21 jours		Taux de croissance 0-56 jours	
	Médiane (%)	Effectif	Médiane (%)	Effectif	Médiane (%)	Effectif	Médiane (%)	Effectif	Médiane (%)	Effectif	Médiane (%)	Effectif
<b>Basset Hound</b>	5,1	241	39,2	263	104,8	188	289,5	59	188,5	145	1023,3	53
<b>Berger allemand</b>	10,4	89	50,8	90	110,4	64	221,3	38	233,6	73	1004,7	28
<b>Berger australien</b>	10,3	213	57,7	231	104,1	173	200,0	73	255,9	164	1029,0	80
<b>Bichon maltais</b>	11,9	65	50,5	61	136,7	70	130,3	28	277,9	70	741,4	32
<b>Bouledogue</b>	10,2	100	55,1	105	118,0	86	199,0	22	245,7	71	920,9	13
<b>Bouvier bernois</b>	4,3	225	48,1	269	111,5	223	222,3	44	241,9	161	1094,8	65
<b>Cavalier King</b>	0,5	116	38,6	120	95,9	110	161,4	46	170,6	108	621,6	42
<b>Cocker</b>	8,7	366	46,4	467	105,6	321	192,1	73	219,2	261	926,7	77
<b>Coton de Tuléar</b>	10,0	150	53,7	171	107,3	110	176,6	71	261,8	95	801,1	77
<b>Golden Retriever</b>	11,9	233	53,0	290	106,0	246	209,8	65	234,9	201	992,3	56
<b>Jack Russel</b>	12,5	73	59,2	69	110,8	68	nt	8	289,2	71	nt	8
<b>Labrador</b>	9,7	214	54,2	229	108,3	177	207,7	57	268,8	150	1121,1	47
<b>Lhasa Apso</b>	12,3	109	52,0	143	114,3	126	161,1	51	247,6	86	718,1	46
<b>Rottweiler</b>	-2,0	70	43,9	93	107,1	77	245,3	26	182,8	64	910,3	26
<b>Schnauzer</b>	9,4	88	70,0	81	111,0	75	166,3	25	299,5	78	950,8	33
<b>Shih Tzu</b>	6,3	155	48,0	165	113,3	155	161,2	90	226,5	146	699,2	76
<b>Teckel</b>	10,6	14	55,1	14	103,2	15	nt	8	265,7	15	nt	8
<b>West Highland White Terrier</b>	12,9	127	48,1	215	94,6	139	142,5	70	231,9	80	685,7	49
<b>Yorkshire Terrier</b>	15,8	96	53,8	115	109,5	85	113,0	29	270,1	73	632,1	28

#### **D. Elaboration de courbes de croissance**

Pour l'espèce canine, pour chaque format racial (Small, Medium, Large et Giant) et pour chacune des 19 races étudiées, 8 graphiques ont été tracés (Annexe 2 à 27)

- Nombre de données disponibles par jour
- Distribution des poids : sous la forme de boîtes à moustache, à J0, J1, J1, J4, J7, J10, J14, J21, J28, J35, J42, J49, J56, J60
- Courbes de croissance non lissées : trois graphiques correspondant à la courbe de croissance réalisée sur trois périodes différentes (0-7 jours, 0-21 jours et 0-56 jours).
- Courbe de croissance lissée : trois graphiques correspondant à la courbe de croissance réalisée sur ces trois mêmes périodes.

##### ***a) Disponibilité des données***

Pour quatre des races étudiées, une absence de donnée à certains jours a été notée :

- Berger allemand et Rottweiler : absence de donnée à J60
- Bichon maltais : absence de donnée à J46, J48 et J58
- Teckel : absence de donnée de J31 à J34 inclus, J36, J37, J39 à J41 inclus, J43, J46 à J48 inclus, J50, J53, J54, J57 et J58.

Pour chaque race, le nombre de données est variable selon le jour considéré, et tend à diminuer au fur et à mesure du temps. Par exemple pour le Cocker, le nombre de données disponibles varient de 503 mesures à J2, à 24 mesures à J60 (Figure 80).

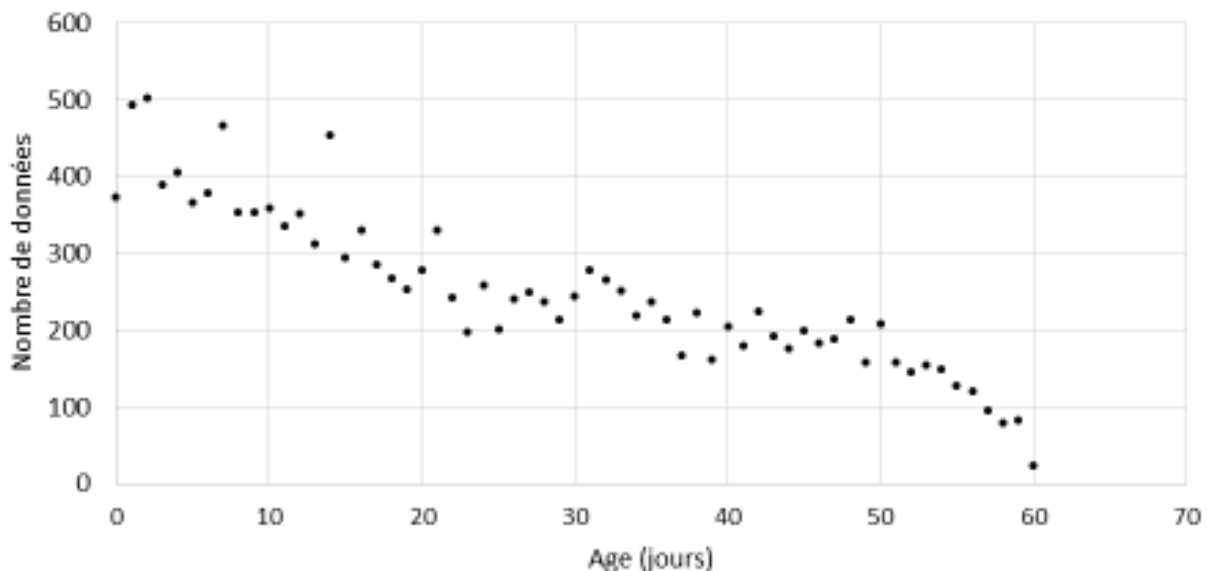


Figure 80 : Nombre de chiots Cocker pesés par jour, de la naissance à 60 jours (n = 513)



### *b) Distribution des données*

Le tracé de la distribution des données, sous la forme de boîtes à moustache, montre une distribution des données d'allure exponentielle pour l'ensemble des races étudiées (Figure 81).

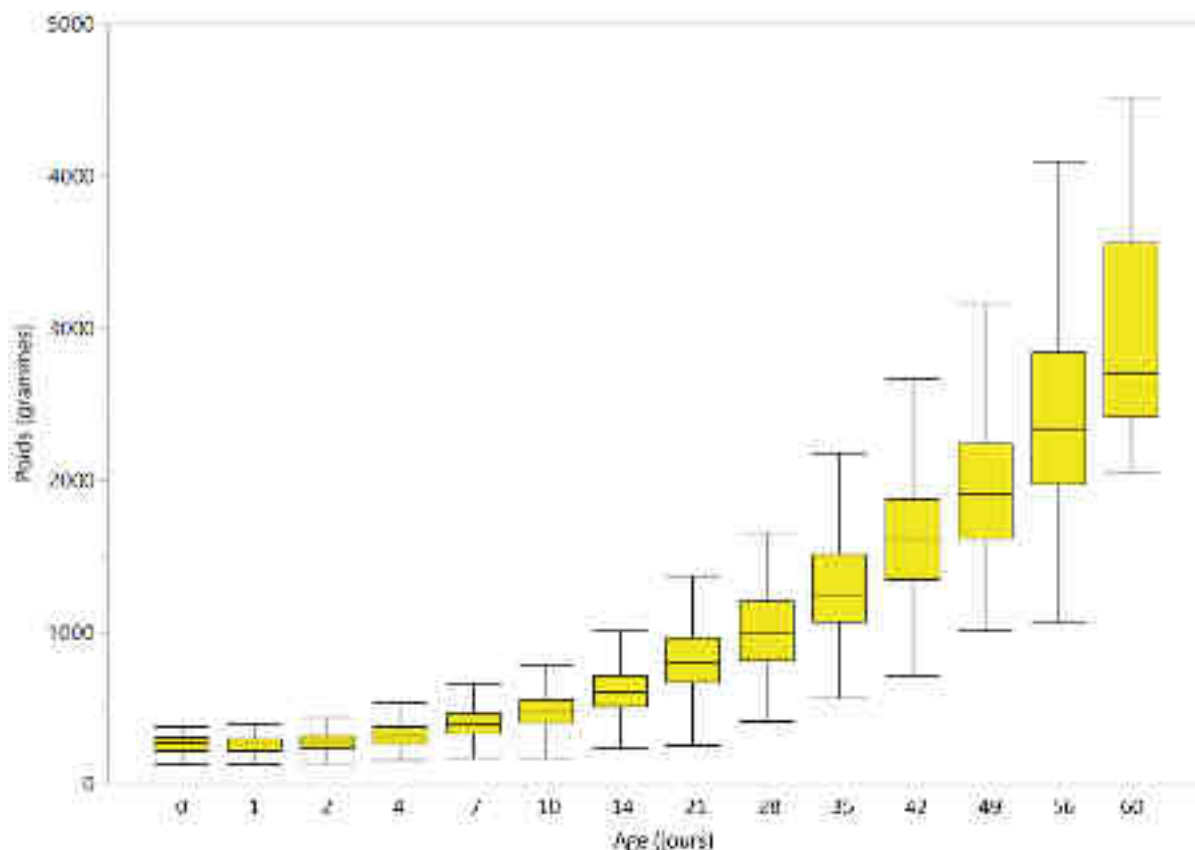


Figure 81 : Répartition des données de poids des chiots Cocker à 14 jours différents (n = 513)  
Les traits horizontaux correspondent à (de bas en haut) : minimum, q1, médiane, q3, maximum.

### *c) Croissance dans l'espèce canine et par format racial*

Le tracé dans un premier temps des courbes de croissance de l'ensemble des chiots, puis par format racial a permis la mise en évidence d'une différence non négligeable de l'allure de la courbe entre les différents formats raciaux (Figure 82). Cette observation est en accord avec les résultats précédemment explicités concernant les différences significatives en termes de croissance entre les différents formats raciaux.

Par ailleurs, les courbes de croissance par race construites ont été confrontées aux courbes du format racial correspondant. Par exemple dans le cas des chiots de format Medium, la représentation graphique de la courbe de croissance du Cocker, du Berger australien ainsi que du format racial a révélé des variations importantes de la courbe de croissance selon la race, justifiant la construction de courbes de croissance pour chaque race représentée par plus de 100 individus (Figure 83).

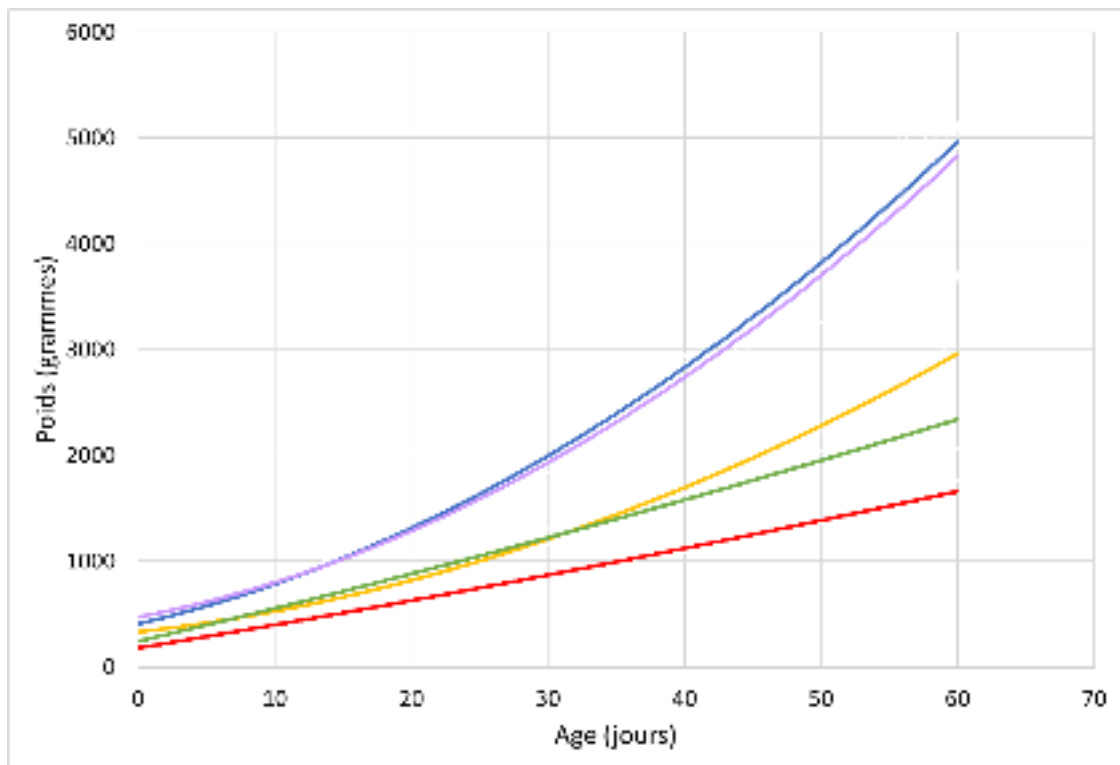


Figure 82 : Courbes de croissance médiane de l'espèce canine et des différents formats raciaux lissées avec une fonction polynomiale du second degré (n = 4159 chiots au total)  
 (Vert = espèce canine, Rouge = format Small ; Jaune = format Medium ; Bleu = format Large ; Violet = format Giant)

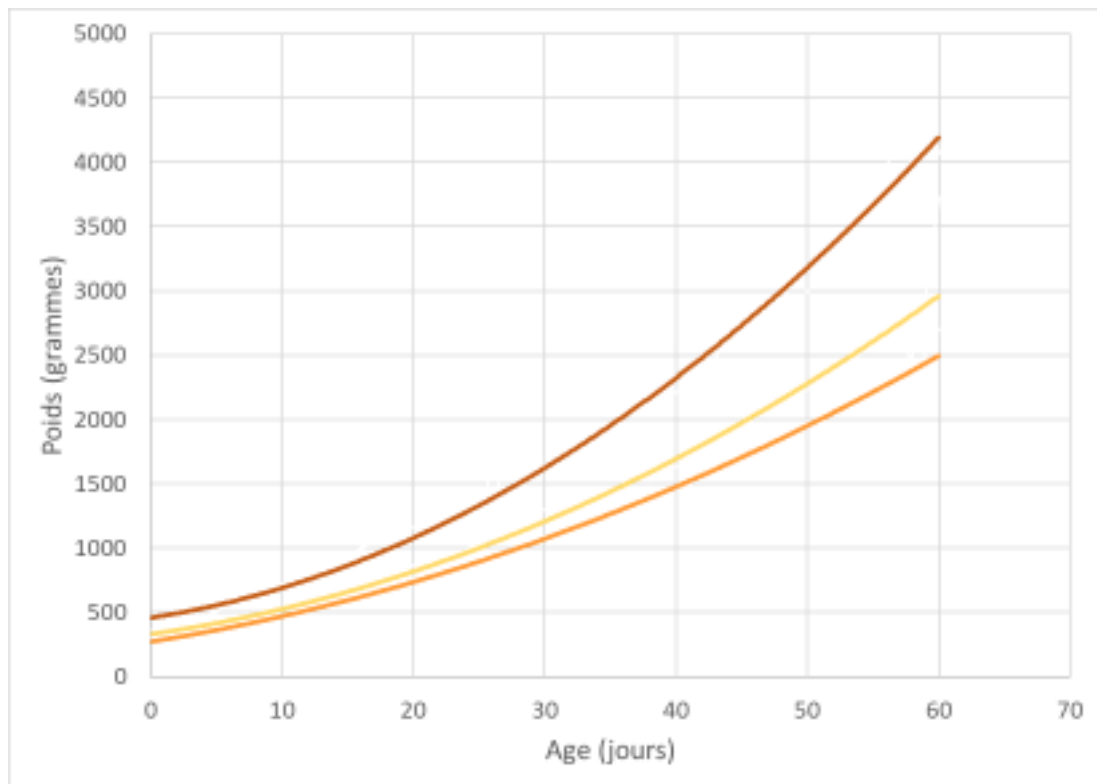


Figure 83 : Courbes de croissance médiane du Berger australien (marron), du format Medium (jaune) et du Cocker (orange clair), entre la naissance et l'âge de 60 jours lissées avec une fonction polynomiale du second degré (n = 866 chiots au total, dont 513 Cockers et 353 Berger australiens)

**d) Croissance néonatale précoce (0-7 jours)**

De la naissance à 7 jours, la courbe médiane des poids est, selon la race, soit rectiligne (Figure 84) soit exponentielle (Figure 85).

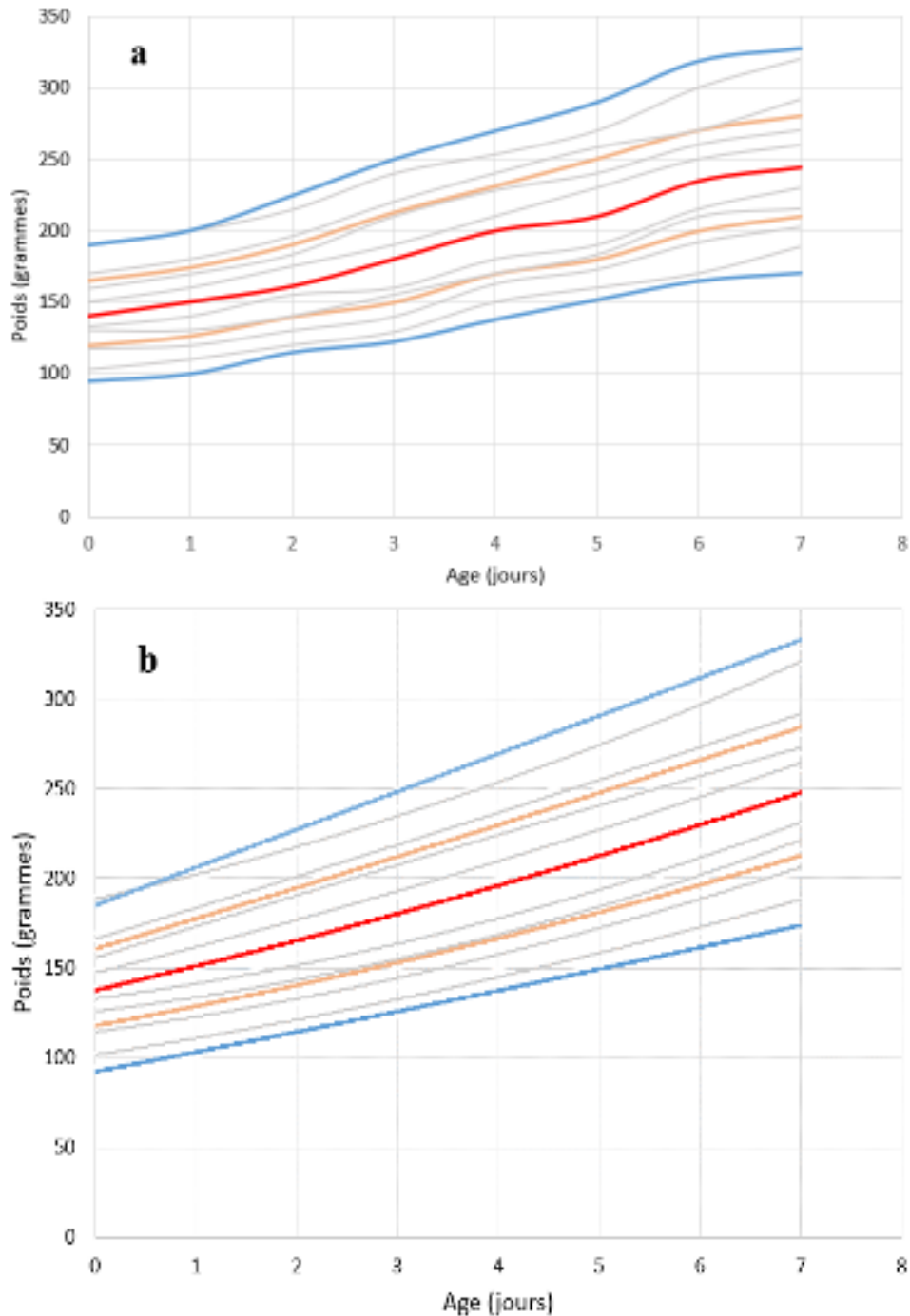


Figure 84 : Courbe de croissance du Yorkshire Terrier de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 138)

a) Courbe non lissée

b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré.

$$\text{Equation de la courbe médiane : } y = 0,378x^2 + 13,11x + 137,56$$

(Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)

Chez le Bichon maltais, bien que la courbe de la médiane soit rectiligne, l'allure des autres courbes tracées est logarithmique avec donc une diminution progressive de la vitesse de croissance dès les premiers jours de vie (Figure 86).

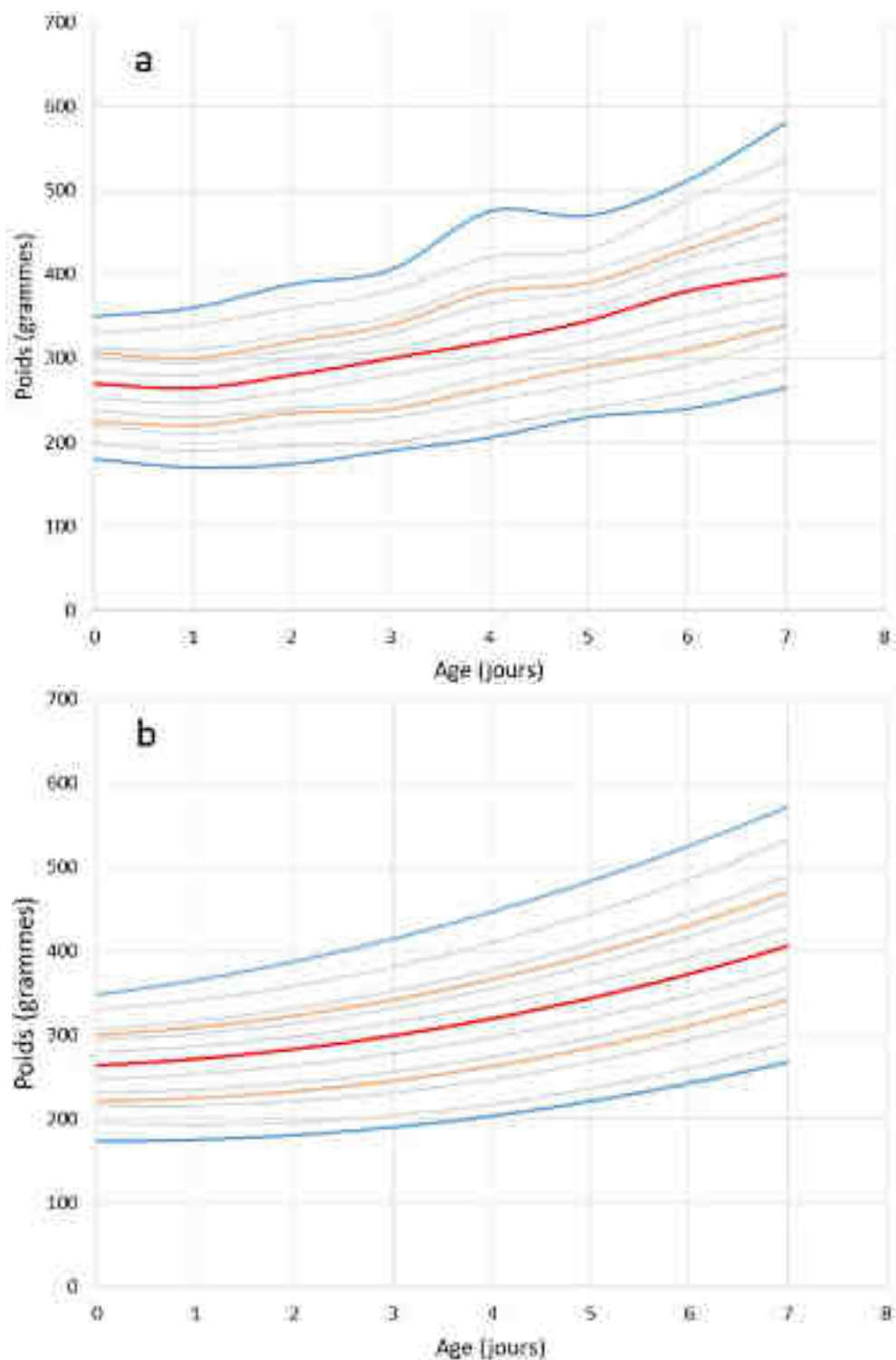


Figure 85 : Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 513)

a) Courbe non lissée

b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré

Equation de la courbe médiane :  $y = 2,1399x^2 + 5,2887x + 263,98$

(Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)

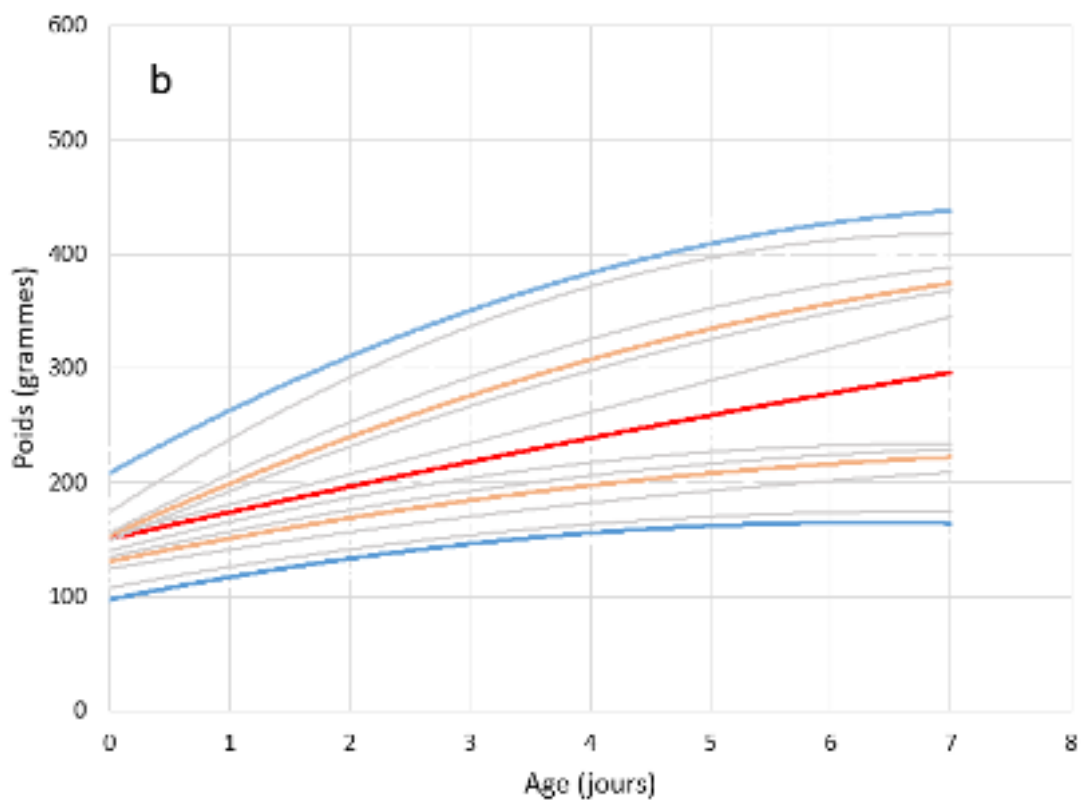
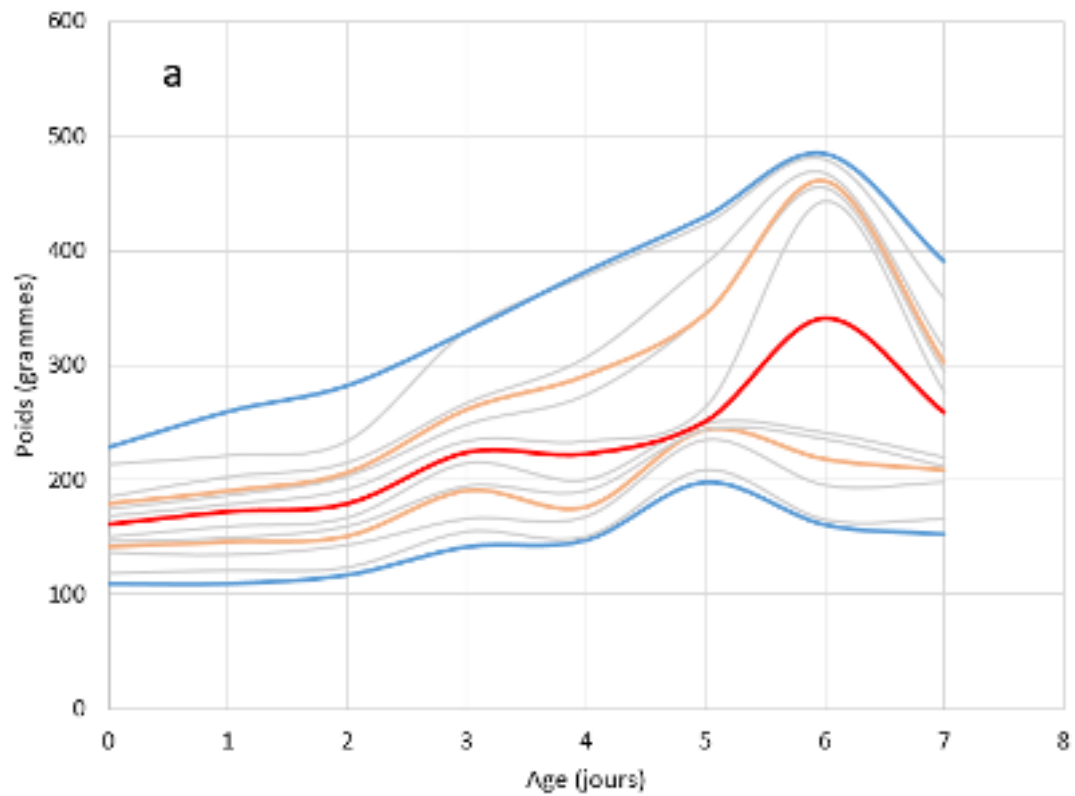


Figure 86 : Courbe de croissance du Bichon maltais de la naissance à l'âge de 7 jours (n = 98)  
 a) Courbe non lissée  
 b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré  
 Equation de la courbe médiane :  $y = -0,4107x^2 + 23,685x + 150,54$   
 (Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)

e) *Croissance néonatale (0-21 jours) et croissance globale sur la période 0-2 mois*

Le tracé des courbes de croissance sur la période 0-21 jours et sur la période 0-2 mois montrent également plusieurs profils de croissance selon la race, avec des courbes d'allure linéaire (Figure 87), exponentielle (Figure 88) ou logarithmique (Figure 89).

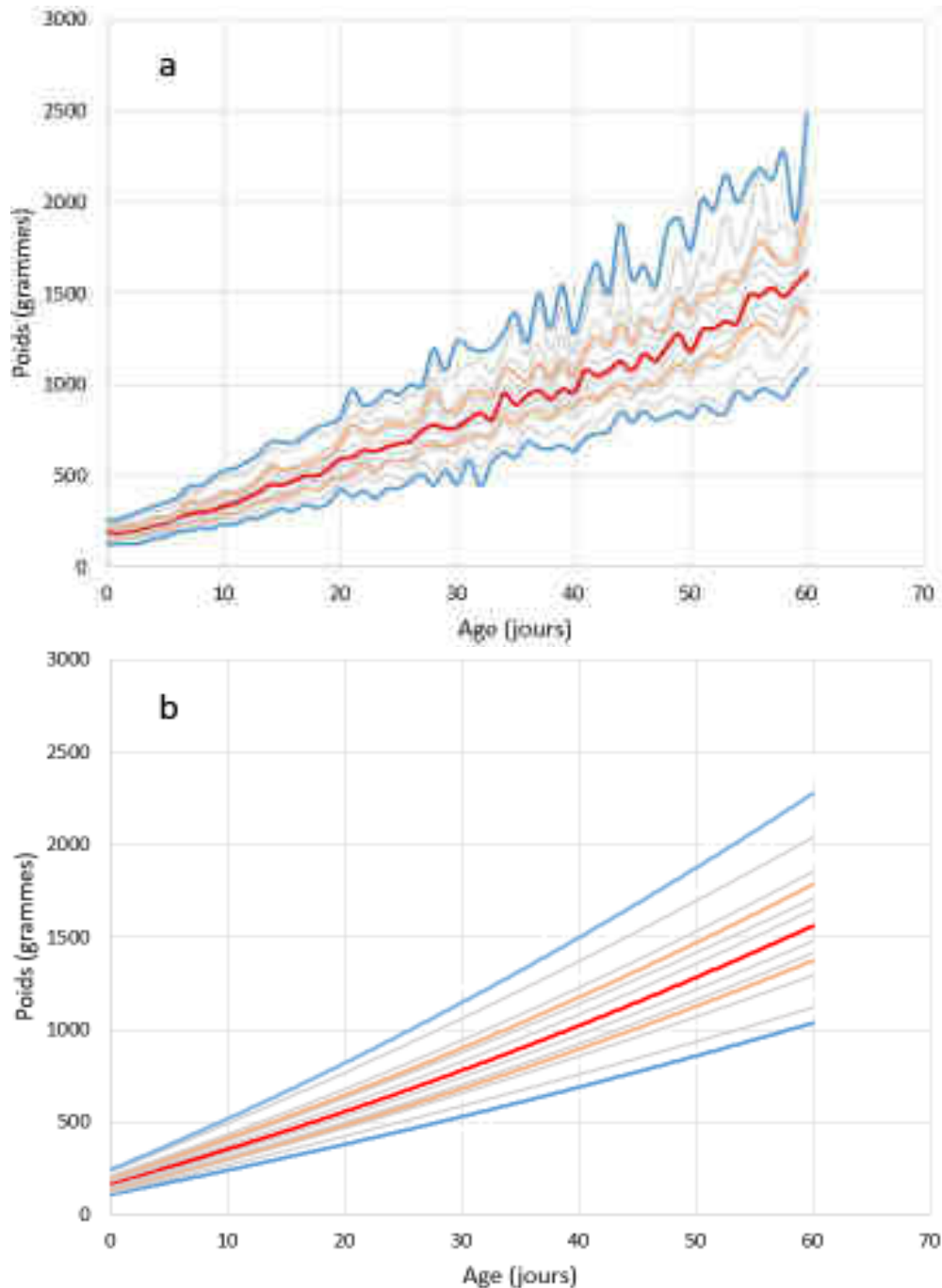


Figure 87 : Courbe de croissance du Lhasa Apso, de la naissance à l'âge de deux mois (n = 205)

a) Courbe non lissée

b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré

Equation de la courbe médiane :  $y = 0,0961x^2 + 17,441x + 169,01$

(Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)

Pour certaines races, l'allure des courbes reste similaire quelle que soit la période : par exemple pour le Bichon maltais, la croissance est logarithmique sur les trois périodes ; chez le Rottweiler, elle est d'allure exponentielle sur les trois périodes. Cependant, pour d'autres races, l'allure de la courbe peut être différente selon la période considérée, avec notamment de nombreuses races pour lesquelles la courbe de croissance 0-21 jours est linéaire, alors que celle des autres périodes ne l'est pas.

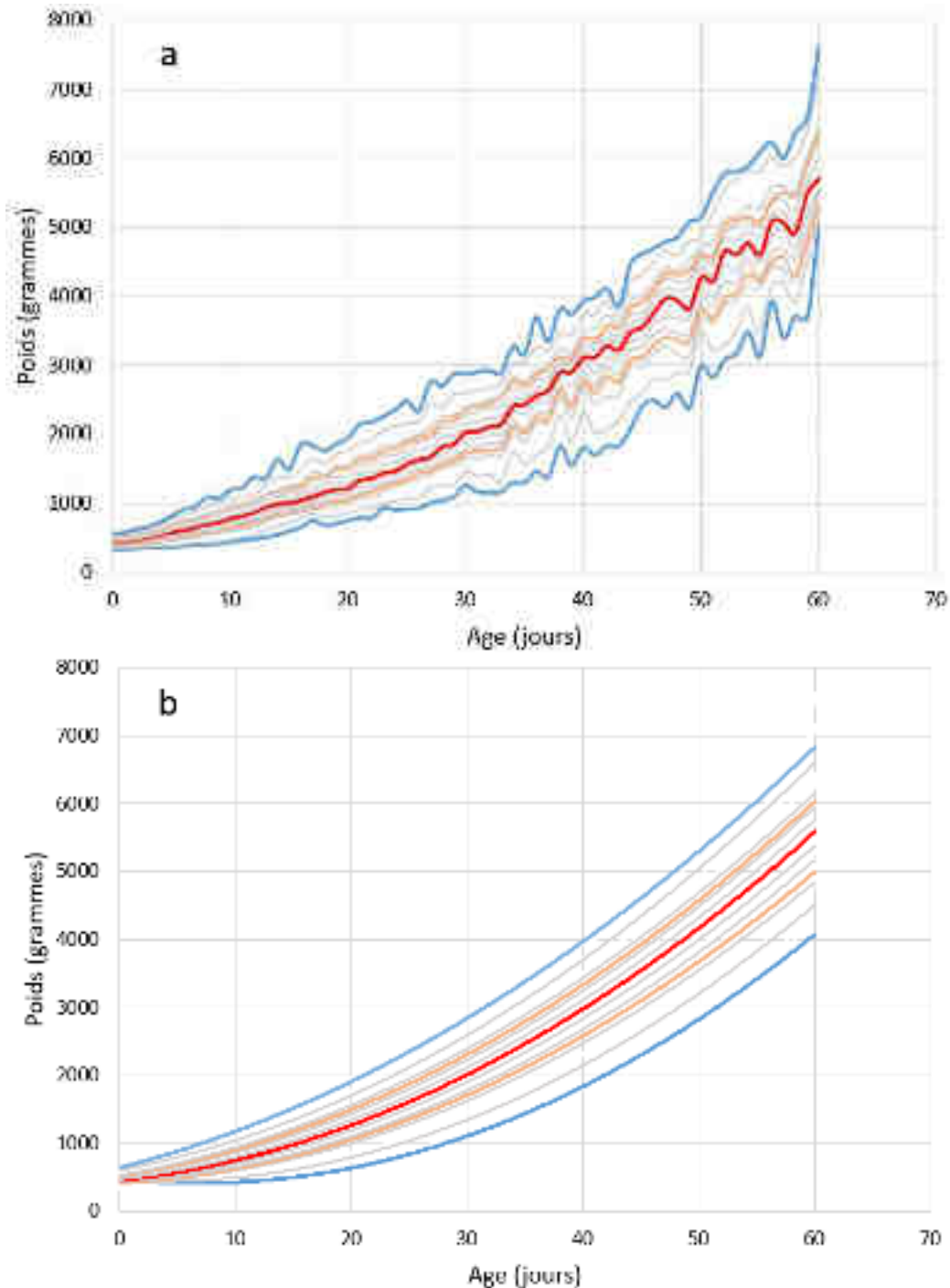


Figure 88 : Courbe de croissance du Basset Hound, de la naissance à l'âge de deux mois (n = 354)

a) Courbe non lissée

b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré

Equation de la courbe médiane :  $y = 1,1196x^2 + 18,259x + 452,4$

(Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)

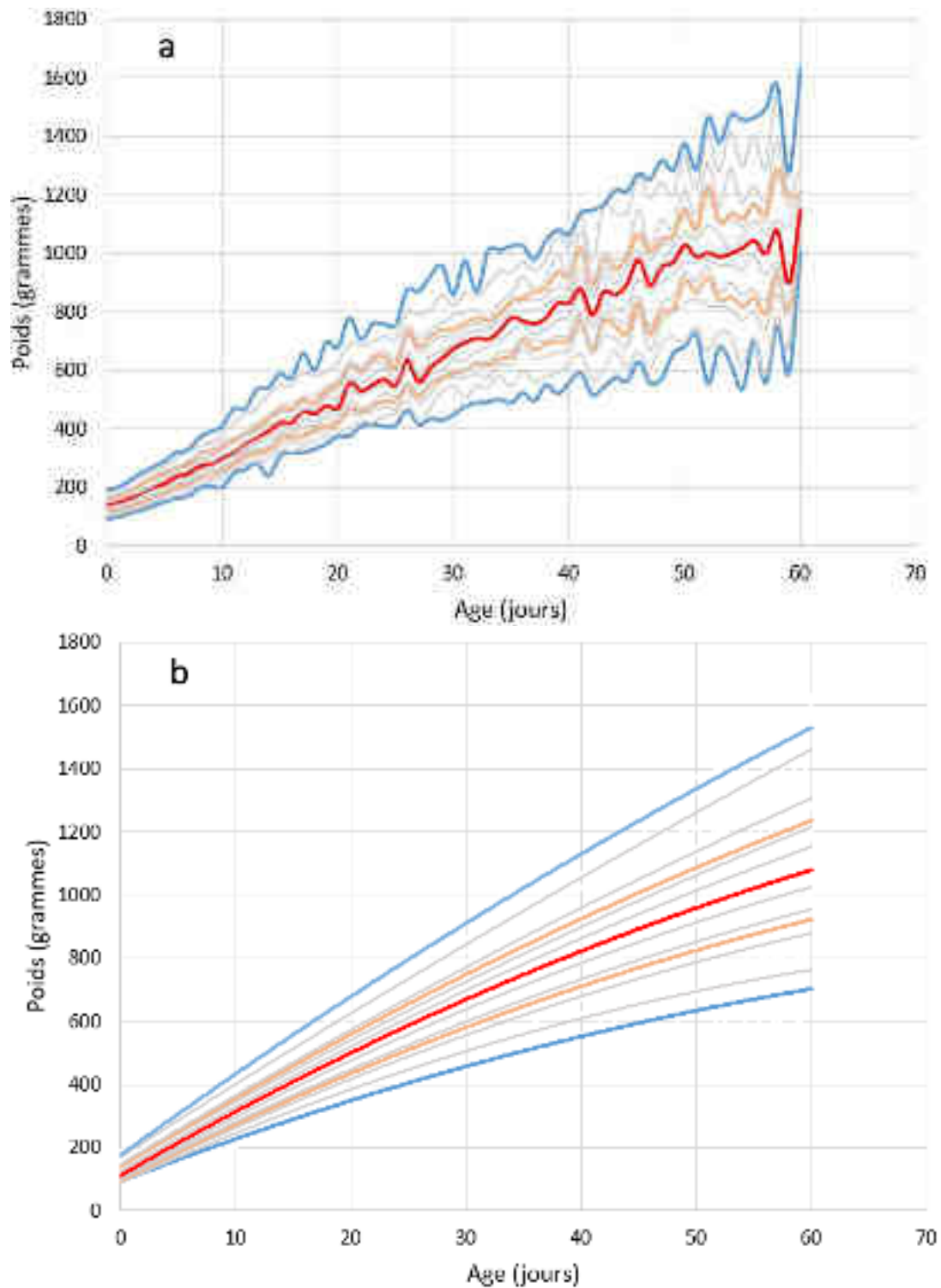


Figure 89 : Courbe de croissance du Yorkshire Terrier entre la naissance et l'âge de deux mois (n = 138)

a) Courbe non lissée

b) Courbe lissée avec une fonction polynomiale du second degré :  $y = -0,082x^2 + 21,042x + 111,76$   
 (Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95)





### III. Discussion

Cette dernière partie sera consacrée à la discussion de nos résultats expérimentaux concernant les facteurs influençant le poids de naissance du chiot, sa croissance entre la naissance et l'âge de 2 mois, ainsi que la construction et l'allure des courbes de croissance pondérale obtenues.

#### A. Limites de l'étude

##### 1. Méthode de récolte des données

###### a) *Conception du questionnaire*

La bonne conception du questionnaire est une étape déterminante, car la présence d'imprécisions dans la formulation ou l'oubli de questions peut conduire à l'impossibilité d'exploiter une partie des données.

- Choix des questions

Les questions posées aux éleveurs portaient sur les différents paramètres à étudier. Cependant, certains paramètres connus pour influencer le poids de naissance et la croissance du chiot, et pouvant être facilement renseignés par les éleveurs, n'ont pas été intégrés au questionnaire comme l'alimentation de la mère au cours de la gestation et de la lactation (Johnson et al, 2012), la conduite du sevrage (Gast, 2011), le suivi médical de la mère et des chiots (vermifugation, vaccination, pathologies gestationnelles, ...), le mode de mise à la reproduction (Borge et al, 2011, Gavrilovic et al., 2008; Thomassen et al., 2006).

En effet, même si ces informations auraient permis d'étudier d'autres facteurs de variation du poids de naissance ou de la croissance précoce que ceux intrinsèques à la portée étudiés ici, elles n'avaient pas d'importance directe pour l'établissement des courbes de référence. Celles-ci, pour être représentatives, doivent en effet être établies à partir d'animaux issus de conditions d'élevage aussi diverses que possible. Néanmoins, les animaux inclus doivent être « normaux ». Le recueil d'informations d'ordre pathologique, à la fois au cours de la gestation de la mère et chez les chiots aurait permis d'écarter ces individus de l'étude, puisqu'ils ne présentent alors plus une croissance physiologique et risquent d'entraîner un biais dans l'interprétation des résultats. Ce type de questions n'a pas été inclus dans le questionnaire du fait de la subjectivité des réponses et de la surcharge de travail associée pour les éleveurs.

- Formulation des questions

Lors de l'analyse des données, des imprécisions dans la conception des questions présentes dans le questionnaire ont pu être mises en évidence. En effet, la formulation imprécise de certaines questions a entraîné des réponses variables selon les éleveurs, en fonction de leur interprétation de la question ou des propositions de réponses fournies.

Par exemple, concernant la mise-bas, trois choix de réponses étaient proposés aux éleveurs : “a été facile”, “a été difficile” ou “s’est terminé en césarienne”. Ces réponses ont été difficilement évaluables, car la définition d’une mise-bas difficile ou facile n’a pas été clairement précisée dans le questionnaire, et chaque éleveur a répondu selon son appréciation personnelle. Par exemple, un éleveur peut considérer que son intervention pour aider la chienne entraîne un classement de la mise-bas en tant que difficile, même si cette intervention n’était pas forcément nécessaire. Un autre éleveur peut classer comme difficile une mise-bas ayant nécessité l’aide d’un vétérinaire (injection d’ocytocine par exemple), mais considérer comme facile toute mise-bas n’ayant nécessité aucune intervention, ou bien une aide de sa part uniquement. De plus, certains éleveurs sont plus interventionnistes que d’autres, ce qui change encore les proportions de chaque catégorie, et entraîne une difficulté supplémentaire dans l’interprétation des réponses.

Par ailleurs, la réponse “s’est terminé en césarienne” ne peut pas prêter à confusion comme les deux autres propositions, mais ne permet pas de distinguer une chienne ayant subi une césarienne en urgence, d’une chienne dont la césarienne a été programmée afin d’éviter tout risque de souffrance fœtale, notamment dans les races à fort taux de dystocie. Cette distinction est pourtant importante, car une césarienne en urgence peut être associée à une importante souffrance des chiots, pouvant altérer leur croissance précoce. Moon et al. (2001), ont mis en évidence un taux de mortalité des chiots à la naissance significativement supérieur lors de césarienne d’urgence (77,9% de portées comportant des chiots mort-nés) par rapport à une césarienne programmée (52%), à partir de l’étude de 776 portées nées par césarienne. En effet, l’état préopératoire de la mère (déshydratation, hypovolémie, sepsis, stress, épuisement, hypocalcémie) altère la circulation intra-utérine et résulte en une hypoxie fœtale, une acidose, une hypercapnie et une détresse. Toutes ces altérations sont susceptibles d’affecter la croissance précoce du chiot, voire de provoquer le décès de celui-ci.

### ***b) Récolte des données***

Un des plus gros obstacles rencontrés dans cette étude a été l’absence de réponse de nombreux éleveurs à nos sollicitations. Le contact a été principalement établi par courriel, ou en discussion directe avec rappel par courriel peu de temps après. Le faible taux de réponse peut être dû au fait que pour participer, les éleveurs devaient consacrer du temps à remplir les questionnaires (un par portée) et à y associer les relevés de poids correspondants. De plus, une partie des éleveurs ne conservent pas leurs relevés de pesées une fois la portée vendue, tandis que d’autres encore ne pèsent pas les chiots, ce qui diminue encore les possibilités de réponse.

Par ailleurs, une partie des données utilisées dans cette étude ont été récupérées de bases de données constituées il y a plusieurs années pour la réalisation d’autres études au sein de NéoCare. Ces données n’étaient donc pas accompagnées du questionnaire, et les autres études ne portant pas toujours sur les mêmes paramètres, un certain nombre d’informations étaient par conséquent manquantes.

Enfin, deux élevages nous ont fait parvenir un nombre très important de données (plus de 100 portées chacun). Le remplissage d’un questionnaire par portée était alors difficilement envisageable.

### **c) *Fiabilité des données***

Les pesées des chiots qui nous ont été communiquées ont été réalisées par les éleveurs eux-mêmes, au sein de l'élevage. Cette méthode occasionne un biais, du fait de l'absence de standardisation de la collecte des données. En effet, la précision de la pesée dépend du type de balance utilisée, du moment choisi pour la pesée (même si la pesée matinale a été sélectionnée en cas de pesée biquotidienne), de l'opérateur... Pour les chiots de race géante, le poids avant le sevrage pouvant dépasser les 5kg, poids maximal de la plupart des balances pesant de l'ordre de la centaine de grammes (précision nécessaire à la naissance), la pesée de ces chiots s'est arrêtée plus précocement que celle des autres.

Pour le poids de naissance, l'intervalle de temps écoulé entre la naissance du chiot et sa pesée peut être très variable : en effet, il n'était pas demandé de préciser si la pesée était réalisée immédiatement, ou une fois la mise-bas terminée et après la prise colostrale.

Pour la suite de la croissance, l'intervalle entre deux pesées n'a pu être défini à l'avance et dépend des habitudes de l'éleveur : certains éleveurs réalisent des pesées biquotidiennes, tandis que d'autres ne font que des pesées hebdomadaires voire moins fréquentes encore. De même, la diminution de la fréquence des pesées avec l'augmentation de l'âge, observée chez presque tous les éleveurs, n'était pas contrôlable et a donc entraîné une diminution du nombre de données disponibles au fur et à mesure du temps.

Certaines études ont pu s'affranchir de cette variabilité, soit en ne travaillant qu'avec un seul élevage (méthode plus standardisée car conforme aux habitudes d'un éleveur, bien que non contrôlée) (Helmink et al., 2000; Mila et al., 2015), soit en plaçant les chiots en station expérimentale dès la naissance, de manière à contrôler parfaitement les conditions de mesure (balances identiques, technique de pesée standardisée) ainsi que les conditions de vie (logement, alimentation...) (Hawthorne et al., 2004). Néanmoins, l'inconvénient de ce protocole est l'obtention d'un effectif beaucoup plus réduit que celui obtenu dans cette étude : respectivement 880 chiots pour Helmink et al, (2000), 514 chiots pour Mila et al, (2015) et 173 chiots pour Hawthorne et al, (2004).

## **2. Population sélectionnée pour l'étude**

### **a) *Notion de croissance physiologique***

Dans cette étude, seuls les chiots nés vivants et supposés en bonne santé jusqu'à deux mois de vie ont été inclus, dans l'objectif de décrire et analyser le poids de naissance et la croissance physiologiques du chiot. Le poids de naissance des chiots mort-nés, et la croissance du chiot décédé avant l'âge de deux mois feront l'objet d'une étude ultérieure.

Cependant, définir comme "physiologique" le poids de naissance et la croissance du chiot est difficile : en effet, il est pour cela nécessaire de distinguer un chiot vivant à deux mois, d'un chiot resté en parfaite santé de sa naissance à l'âge de deux mois. Les informations concernant la santé du chiot n'ayant pas été demandées dans le questionnaire, il nous est impossible de savoir si tous les chiots vivants considérés dans cette étude ont présenté une croissance réellement physiologique. En effet, la présence de pathologies non létales contractées durant la croissance a pu affecter la bonne prise de poids du chiot, et il n'est pas non plus impossible que des chiots aient contracté une pathologie ayant fortement altéré leur croissance, et entraîné leur décès peu après l'âge de 2 mois.

### ***b) Effectifs disponibles***

L'effectif disponible pour cette étude était initialement conséquent (6744 chiots, dont 4970 pour l'étude du poids de naissance et 5413 chiots pour l'étude de la croissance), mais a dû être restreint à 3735 chiots et 4159 chiots (étude poids de naissance et étude croissance respectivement), afin de rendre les données interprétables par race. Pour la croissance, l'effectif initial a été divisé par période considérée, et reste conséquent pour la croissance de 0 à 21 jours (entre 2508 et 3191 chiots), mais devient beaucoup plus faible pour la croissance 21-56 jours (883 chiots). Cela est le reflet de la décroissance progressive de notre échantillon au cours du temps, du fait de la diminution de la fréquence de pesées par les éleveurs au cours du temps.

Cependant, dans certaines races, cette décroissance n'est pas linéaire : en effet, certains éleveurs effectuant des pesées hebdomadaires de la naissance au sevrage, ou une fois les chiots ayant dépassé quelques semaines de vie, de nombreuses données sont donc disponibles les jours multiples de 7, et parfois très peu nombreuses les autres jours. Chez le Bichon Maltais par exemple, ce phénomène est très marqué (Annexe 10), alors qu'il est quasi inexistant chez le Bouvier Bernois (Annexe 12).

En plus de cette diminution du nombre de données, le calcul du taux de croissance implique de disposer de données de poids pour le chiot à deux dates fixes (par exemple, nécessité de disposer d'une donnée de poids à J21 et à J56 pour le calcul du taux de croissance 21-56 jours). Cette condition diminue d'autant plus le nombre de chiots éligibles à l'étude de la croissance, même si les bornes des périodes choisies se situent sur des jours disposant d'un nombre de données conséquent par rapport aux autres jours. Ainsi, pour certaines races, l'effectif disponible pour le taux de croissance 21-56 jours est inférieur à dix chiots.

Pour le poids de naissance, bien que l'effectif paraisse conséquent (plus de 100 chiots par race), le découpage au sein de chaque race en catégories de sexe et de taille de portée fait chuter le nombre de chiots dans certaines catégories à moins de 10.

Par ailleurs, il est apparu au cours de l'analyse que 78% des élevages avaient fourni des données concernant seulement 50 chiots ou moins, et que la majorité des données (59%) provenaient de trois élevages principaux, entraînant de ce fait un biais dans l'interprétation des données. En effet, avoir de nombreux élevages participant à part quasi égale à la constitution de la base de données permet de s'affranchir d'un effet élevage pouvant influencer fortement les résultats issus de l'analyse des données. Par exemple, au sein de certaines races comme le Bichon Maltais ou le Schnauzer miniature, 97,3% et 92,5% des données sont respectivement issues d'un seul élevage.

## **3. Choix des paramètres étudiés**

### ***a) Elimination de paramètres suite à un effectif trop faible***

Malgré le grand nombre de chiots inclus dans l'étude, les données disponibles pour un certain nombre de paramètres n'étaient malheureusement pas suffisamment abondantes pour permettre une analyse statistique fiable. En effet, il s'est rapidement avéré que l'analyse par race était plus précise que par format racial. Or, l'effectif par race est bien moindre que l'effectif par format racial. Ainsi, pour de nombreux paramètres, l'effectif par race n'était pas suffisant pour permettre une analyse et une interprétation de leur influence sur le poids de naissance et la croissance du chiot. L'effet du poids des parents, de l'âge et de la parité de la mère, de la durée de gestation et du type de mise-bas n'ont donc pas été pris en compte. Pourtant, cela

aurait présenté un intérêt certain, puisque ces paramètres semblent avoir une influence sur le poids de naissance ainsi que sur le taux de croissance dans l'espèce canine (Aggouni, 2016 ; Groppetti et al, 2015 ; Mila et al, 2015).

#### ***b) Non inclusion de paramètres disponibles***

D'autres paramètres, disponibles dans nos données et connus comme pouvant influencer le poids de naissance et la croissance, n'ont pas été pris en considération. On peut notamment citer la saison de mise-bas, disponible pour 94,1% de nos données (n = 6347), et dont l'effet sur la taille de portée a été montré par Šichtař et al., 2016, sur 300 portées de Berger allemand.

De même, Groppetti et al., 2017 ont mis en évidence un effet de la morphologie du chien sur le poids de naissance. Cependant, ce caractère est fortement lié à la race et n'aurait pas pu être étudié de manière concomitante à la race.

### **4. Analyse des données**

#### ***a) Indépendance des paramètres***

La corrélation de certains paramètres entre eux (format racial et race, poids des parents et race, parité et âge de la mère) a contre-indiqué l'inclusion de certains d'entre eux dans le modèle final. On peut cependant noter que dans le cadre de l'étude de la croissance, le poids de naissance et la croissance 0-2 jours sont deux paramètres corrélés. Ils ont cependant été conservés dans l'étude des facteurs d'influence de la croissance 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours.

#### ***b) Elaboration des courbes de croissance***

La croissance précoce du chiot au sein des 19 races étudiées a pu être modélisée à l'aide d'une fonction polynomiale d'ordre 2, de la forme  $y = ax^2 + bx + c$ . Il ne s'agit pas de la méthode de construction la plus récente, ni la plus précise. Néanmoins, nos données montrent une très bonne concordance avec une équation de ce type. Par ailleurs, l'utilisation de fonctions de Gompertz, Von Bertalanffy ou logistique, fréquemment employées pour la réalisation de courbes de croissance, n'était pas envisageable ici du fait de l'absence de point d'inflexion dans nos courbes. Ce point d'inflexion n'est présent que sur les courbes représentant la croissance dans son ensemble et non uniquement la croissance précoce comme dans notre étude (Hawthorne et al, 2004, Helmink et al, 2000).

De fortes variations de l'allure de la courbe de croissance ont pu être observées au sein de certaines races. Des différences d'effectif importantes pourraient être à l'origine des fluctuations observées. Par exemple, dans le cas du Bichon maltais, le nombre de relevés de poids disponibles à 14 jours est de 81, alors qu'il varie de 5 à 22 durant les 7 jours précédents et les 7 jours suivant cette date. Cette variation importante du nombre de données exploitables peut expliquer une chute brutale dans la courbe de croissance à cette date. L'irrégularité de la fréquence des pesées semble donc être une explication probable aux fluctuations observées sur les courbes de croissance élaborées dans certaines races.

## **B. Résultats**

### **1. Effectifs et population d'étude**

La base de données initiale comportait 6744 chiots appartenant à 64 races distinctes, ce qui constitue un effectif conséquent si l'on compare aux publications actuellement disponibles concernant la croissance des chiots (Hawthorne et al, 2004 (n = 173 chiots), Helmink et al, 2000 (n = 880 chiots)).

Le taux de mort-nés dans la base de données initiale est de 4,5% (302/6744). Un taux de mort-nés de 4,3% a été relevé par Tønnessen et al. (2012) (n = 58 439 chiots), ce qui est relativement similaire. En revanche, Chastant-Maillard et al. (2017) ont observé un taux de mort-nés de 7,4% (n = 204 537 chiots issus de 5667 élevages français) tandis que Mila et al. (2015) ont relevé un taux de mort-nés de 3,4% (n = 514 chiots, issus d'un élevage).

Le taux de mortalité estimé entre la naissance et l'âge de 8 semaines au sein de notre base de données s'élève à 16% (1331/6437 nés vivants). Tønnessen et al., 2012, ont mis en évidence un taux de mortalité de 9% entre la naissance et l'âge de 8 semaines (58 439 chiots appartenant à 224 races distinctes), et Trangerud et al., 2007 ont établi un taux de mortalité de 7,7% pour cette même période. En revanche, Mila et al., 2015 ont relevé un taux de mortalité de 20,6% entre la naissance et l'âge de 21 jours. Néanmoins, le protocole de cette étude ne comportait pas de nursing ou de biberonnage, car réalisé au sein d'un unique élevage et de manière standardisée, ce qui peut expliquer cette valeur élevée. Le taux de mortalité total (mort nés + mortalité avant l'âge de deux mois) s'élève à 24,2% ((302+1331)/6744) tandis que Chastant-Maillard et al, 2017 ont mis en évidence un taux de mortalité total de 13,4%. Le taux de mortalité entre la naissance et l'âge de 8 semaines se révèle étonnamment élevé dans notre étude, en comparaison aux données actuelles de la littérature. Néanmoins, au cours de la constitution de notre base de données, certains chiots pour lesquels l'information "vivant à deux mois" était manquante ont été considérés comme décédés, et ont donc été exclus de l'étude sur la croissance. Par conséquent, une surestimation non négligeable des chiffres de mortalité est tout-à-fait probable, et explique au moins en partie les différences observées avec les résultats d'autres études.

### **2. Récolte des données**

Parmi les publications disponibles concernant le poids de naissance et la croissance précoce du chiot, la fréquence des pesées au sein de chaque étude varie, allant d'une pesée quotidienne à une pesée hebdomadaire, voire mensuelle. Par exemple, dans l'étude de Helmink et al. (2000), les pesées sont réalisées tous les jours lors de la première semaine, puis deviennent hebdomadaires jusqu'à 6-8 semaines. Une autre étude a exploité les données issues de pesées hebdomadaires entre la naissance et l'âge de 49 jours (Fiszdon and Kowalczyk, 2009).

Dans notre étude, chaque chiot n'a pas été pesé individuellement quotidiennement, mais des données de poids sont disponibles pour chaque jour entre la naissance et l'âge de 60 jours, à quelques exceptions près : le Berger allemand et le Rottweiler n'ont pas de données pour J60, le Bichon maltais n'a pas de données pour J46, J48 et J58, et le Teckel n'a pas de données pour de multiples jours (J31-34, J36, J37, J39-41, J43, J46-48, J50, J53, J54, J57, J58). Néanmoins, l'existence de données quotidiennes pour certains chiots et pour la grande majorité des races confère une précision tout à fait acceptable pour l'élaboration des courbes de croissance.

### 3. Caractéristiques des différents paramètres étudiés

Au cours de cette étude, différents paramètres ont été étudiés, dont les caractéristiques de distribution vont être développées dans ce paragraphe.

#### a) *Format racial et race des chiots*

Les chiots étudiés ont été séparés initialement en quatre catégories de format racial, définies par le poids du chien à l'âge adulte : format « Petit » (S) pour les chiens de poids inférieur à 10 kg, « Moyen » (M) pour les chiens dont le poids est situé entre 10 et 25 kg, « Grand » (L) si le poids est compris entre 25 et 45 kg, et enfin « Géant » (G) pour les chiens dont le poids adulte excède 45 kg. La répartition de nos données selon ces catégories n'était pas équitable, avec une surreprésentation des chiots de petit format (40,9%), et une sous-représentation des chiots de grand format (10,4%), les deux autres catégories représentant 22,3% des données pour les chiots de format moyen, et 26,4% des données pour les chiots de grand format. Cependant, si l'on compare ces données avec la population de chiens en France (nombre de chiens inscrits au Livre des Origines Français en 2016), on remarque une tendance quasi-similaire. En effet, si on prend en compte les chiens inscrits d'effectif supérieur à 1000, on retrouve une sous-représentation des chiens de format géant (8,7%), et une plus forte proportion de chiens de format petit et grand (32,1% et 35,0% respectivement). Les chiens de format moyen sont représentés à hauteur de 24,3%. Finalement, la population étudiée montre une légère surreprésentation des chiots de format S et une sous-représentation des chiots de format L par rapport à la population française globale de chiens de race (<http://www.scc.asso.fr/Statistiques-2016>).

Cependant, aucun consensus n'existe sur la manière de définir ces catégories de formats raciaux. Ainsi, la division des chiens en quatre catégories n'est pas reprise par tous les auteurs. En effet, de nombreuses études utilisent une classification en cinq catégories, avec ajout d'une catégorie "Toy". Ces 5 catégories ne sont pas non plus toujours identiques d'une étude à l'autre : par exemple, les chiens de taille moyenne pèsent de 10 à 19kg (Gill, 2001) ou de 10 à 25kg (Borge et al., 2011). Hawthorne et al. (2004), ne définissent pas les limites de leurs cinq catégories, mais placent le Cocker en catégorie S, et le Beagle en catégorie M, contrairement à ce qui a été fait dans notre étude. Ces différences, mêmes minimes, peuvent cependant rendre difficile la comparaison des résultats entre études, lorsqu'ils sont exprimés par format raciaux et non par race.

Dans notre étude, les données obtenues ont permis l'analyse du poids de naissance et de la croissance précoce de 19 races. 11 de ces 19 races font partie des 20 races les plus représentées en France, sur la base du nombre de chiots inscrits au Livre des Origines Français en 2016 (Tableau 24). La représentativité de notre population d'étude par rapport à la population canine française est donc satisfaisante.

Par ailleurs, l'effectif de chiots dans les 19 races étudiées s'étend de 102 à 427 chiots selon la race pour l'étude du poids de naissance, et de 98 à 513 chiots selon la race pour l'étude de la croissance. Peu de publications disposent actuellement de tels effectifs, permettant d'étudier de manière fiable le poids de naissance et la croissance du chiot par race. Certaines études ont été réalisées sur un effectif de chiots par race semblable au nôtre, mais peu de races ont alors été étudiées : par exemple, Helmink et al., 2000, ont étudié la croissance par race et par sexe, du Berger allemand et du Labrador Retriever, avec un effectif respectif de 526 et 354 chiots ; Tranterud et al., 2007, étudient le poids de naissance et la croissance, ainsi que les



facteurs pouvant les influencer (taille de portée, race, sexe...) sur 4 races de format grand à géant, avec un total de 700 chiots (soit 99 à 242 chiots par race). D'autres études prennent en compte un nombre plus important de races, mais les effectifs par race sont alors très faibles. Par exemple, Hawthorne et al., 2004, étudient la croissance complète de 12 races avec un effectif total de 173 chiots, soit un effectif par race variant de 3 à 37 chiots. De même, Fiszdon et Kowalczyk, 2009, étudient la croissance de 7 races, avec un effectif de 173 chiots (soit 40 à 106 chiots par race). Une étude de plus large ampleur, réalisée par Groppetti et al., 2017, dispose d'un effectif de 3248 chiots appartenant à 99 races, avec un effectif de 1 à 264 chiots par race. Cependant, seules 5 races disposent d'un effectif suffisant (choisi comme étant supérieur à 15 portées par race, soit 67 à 264 chiots par race), pour permettre une étude statistique fiable. Une fusion de ces différentes bases de données permettrait l'obtention d'un effectif non négligeable et d'informations robustes.

Tableau 24 : Récapitulatif des 20 races totalisant le plus grand nombre d'inscriptions au Livre des Origines Français en 2000, 2005, 2010 et 2016  
(Source : <http://www.scc.asso.fr/>)  
Encadré en rouge : races étudiées dans notre étude

Evolution du TOP 20 au LOF 2000/2016				
Races	2000	2005	2010	2016
BERGER BELGE	5042	5572	7857	11267
BERGER ALLEMAND	11835	10971	11265	10964
BERGER AUSTRALIEN	386	1674	4913	10165
GOLDEN RETRIEVER	5413	7842	8388	9808
STAFFORDSHIRE TERRIER AMERICAIN	2723	5666	5501	9718
STAFFORDSHIRE BULL TERRIER	146	663	2472	9007
RETRIEVER DU LABRADOR	9359	7274	7127	7470
CAVALIER KING CHARLES	3901	6281	8067	6989
CHIHUAHUA	757	1153	3808	6540
BOULEDOGUE FRANCAIS	1600	3670	5977	6508
SETTER ANGLAIS	5137	6746	6095	5591
CHIEN DE COUR ITALIEN	535	2025	2375	5183
COCKER SPANIEL ANGLAIS	3892	4964	5214	5114
BEAGLE	2017	2449	3310	4682
EPAGNEUL BRETON	5290	5494	5361	4553
YORKSHIRE TERRIER	4769	5214	6221	4454
TECKEL	4152	3794	4215	3603
BOUVIER BERNOIS	2021	2837	3514	3429
BERGER DE BEAUCE	3574	3500	2797	3358
SHIH TZU	1950	2187	2996	3247
Total Top 20	74499	88976	107473	131650
Total des inscriptions au LOF Toutes races	151889	173940	198029	227993

### *b) Élevages d'origine des chiots*

La population de chiots ayant participé à l'étude provient de nombreux élevages, permettant une meilleure représentativité de la population canine globale. Ce n'est pas le cas de toutes les études portant sur l'étude du poids de naissance et de la croissance du chiot, certaines ayant été réalisées à partir des données d'un seul élevage (Helmink et al., 2000 ; Mila et al., 2015). Au contraire, Trangerud et al. (2007), ont utilisé pour leur étude tous les chiots inscrits au Norwegian Kennel Club entre novembre 1998 et juin 2001, mais sans précision du nombre d'élevages impliqués. Plus le nombre d'élevages est important, plus les effets liés aux pratiques d'élevage et aux lignées utilisées pour la reproduction se font minimes. Les trois élevages majoritaires de notre étude apportent un biais, comme expliqué précédemment, mais pas aussi important que si l'étude n'était réalisée que sur un seul élevage, ou même sur ces trois seuls gros élevages.

Ouvrir l'étude à des élevages étrangers faisait partie de ce même objectif de diminuer le biais lié à l'élevage, les différences de pratiques et d'origines génétiques des chiens pouvant être accentuées entre pays par rapport à des élevages appartenant au même pays. Ainsi, le poids de naissance de chiots de même race peut être différent entre deux pays : deux études, menées en Italie (Groppetti et al., 2017) et en Australie (Gill, 2001) sur des chiots provenant de nombreux élevages et sans critère d'exclusion particulier (notamment lié à la mortalité néonatale), montrent des poids de naissance différents. Ainsi, le Berger allemand pèse 503,0g (n = 232) à la naissance dans l'étude italienne, contre 563,0g (n = 282) dans l'étude australienne, et le chiot Labrador Retriever pèse 405,5g (n = 264) contre 422,2g (n = 154). Cependant, la proportion d'élevages étrangers dans notre étude reste très minime, et est insuffisante pour diminuer le biais lié aux différences entre les pays.

### *c) Sexe du chiot*

Le ratio mâle/femelle dans cette étude est de 1,01, ce qui correspond aux ratios trouvés dans la littérature : de 0,97 (Helmink et al., 2000) à 1,08 (Gill, 2001; Hawthorne et al., 2004) (Tableau 25).

Tableau 25 : Sexe ratio dans différentes études, et effectifs associés

	<b>Ratio mâle/femelle</b>	<b>Effectif (chiots)</b>
<b>Helmink et al, 2000</b>	0,97	880
<b>Gill, 2001</b>	1,08	3592
<b>Hawthorne et al, 2004</b>	1,08	173
<b>Indrebé et al, 2007</b>	0,99	744
<b>Gravilovic et al, 2008</b>	1,02	2717 portées
	0,98	1525
<b>Groppetti et al, 2017</b>	1,04	3224

#### *d) Taille de portée*

La taille de portée est renseignée dans de nombreuses études. Une étude à très grande échelle, menée en Norvège sur 10810 portées, a montré que la taille moyenne de portée chez le chien est de  $5,4 \pm 0,025$  chiots (Borge et al., 2011). Des valeurs du même ordre de grandeur ont également été fournies dans d'autres études :  $5,4 \pm 2,8$  chiots sur 37 985 portées appartenant à 248 races distinctes (Guillemot, 2015),  $5,7 \pm 0,1$  chiots sur 501 portées de 99 races différentes (Tønnessen et al., 2012),  $6,22 \pm 1,45$  chiots sur 1009 portées de 114 races différentes (Poinssot, 2011).

La taille de portée médiane de 7 chiots dans notre étude, bien qu'exprimée en médiane et non en moyenne, est donc relativement élevée par rapport à la plupart des données de la littérature. Cette différence peut être liée au fait que les races prédominantes dans les différentes études ne sont pas les mêmes. En effet, plus le format racial du chien augmente, plus la taille de portée est élevée (Borge et al., 2011; Gill, 2001; Groppetti et al., 2017; Poinssot, 2011). La taille de portée est donc dépendante de la race. En comparant la taille de portée moyenne par race avec nos données, on remarque des différences importantes pour certaines races (Rottweiler par exemple) avec les autres études, certainement responsables de la différence de taille moyenne de portée globale toutes races confondues (Tableau 26).

Par ailleurs, de nombreux autres facteurs peuvent faire varier la taille de portée, ce qui aura des conséquences non seulement sur la taille de portée moyenne mais également sur les variables qui en sont dépendantes (poids de naissance, croissance). En effet, plusieurs études s'accordent à dire que l'augmentation de l'âge de la mère entraîne une diminution de la fertilité et donc de la taille de portée (Borge et al., 2011; Gavrilovic et al., 2008; Groppetti et al., 2015; Thomassen et al., 2006).

Plusieurs études font également ressortir un effet significatif de la méthode de mise à la reproduction de la chienne, avec une meilleure prolificité si le suivi des chaleurs est bien réalisé et donc que l'insémination est réalisée au moment le plus optimal (Poinssot, 2011) ; en cas de saillie naturelle par rapport à l'insémination, avec une diminution moyenne de 0,4 chiot en cas d'utilisation de semence fraîche, et de 1,3 chiots si utilisation de semence congelée (Borge et al., 2011) ; et selon le nombre de saillies, avec une taille de portée moyenne diminuée de 0,52 chiot (Gavrilovic et al., 2008), ou diminuée de 5,8 à 4,5 chiots en moyenne si l'insémination est unique (Thomassen et al., 2006).

Enfin, il peut être intéressant de noter qu'un effet négatif de la consanguinité a été noté sur la taille de portée, avec par exemple une réduction de 0,65 chiot par portée en moyenne en cas de croisement de deux reproducteurs issus de la même portée (Leroy et al., 2015).

Tableau 26 : Comparaison des valeurs (médianes et moyennes) de taille de portée par race de notre étude, avec les résultats (en moyenne) de différentes publications

Race	Taille de portée (médiane)	Taille de portée (moyenne)	Effectif (chiots)	Poinssot, 2001		Borge et al, 2011		Belin, 2013	
				Taille de portée (moyenne)	Effectif (portées)	Taille de portée (moyenne)	Effectif (portées)	Taille de portée (moyenne)	Effectif (portées)
Basset Hound	9	8,9	412			6,7	21	7,3	28
Berger allemand	8	7,9	189			6,1	465	6,5	12
Berger australien	8	8,0	400	7,80	56				
Bichon maltais	6	6,4	150						
Bouledogue français	5	5,0	181			4,7	35	4,2	13
Bouvier bernois	8	8,2	410			6,4	137	7,8	24
Cavalier King Charles	5	5,8	179	4,91	44	4,1	439	4,2	5
Cocker	6	6,3	636	6,14	36	5,7	174	5,5	57
Coton de Tuléar	5	4,8	219	3,37	44	3,8	27	4,4	37
Golden Retriever	8	8,6	450	8,00	21	7,5	291	8,5	15
Jack Russel Terrier	4	4,4	124			4,4	138		
Labrador Retriever	8	7,6	447	8,13	39	6,9	223	5,7	28
Lhasa Apso	6	5,5	259			4,9	34	4,9	23
Rottweiler	10	9,2	199			7,4	214	8,0	25
Schnauzer miniature	6	5,8	106			4,7	205		
Shih Tzu	6	6,7	275			4,2	95	6,2	11
Teckel	4	4,2	165			4,4	144		
West Highland White Terrier	5	5,4	300			3,7	37	5,0	39
Yorkshire Terrier	5	5,3	157			3,5	35		

#### ***e) Durée de gestation***

La durée de gestation médiane de notre étude est de 62 jours. Okkens et al. (1993) montrent que la durée de la gestation chez la chienne est de 62,1 jours en moyenne, pour un effectif de 77 mères de 5 races différentes. Šichtař et al. (2016), trouvent une durée de gestation moyenne sur 300 portées chez le Berger allemand de 60,4 jours. Enfin, Mir et al. (2011) observent une durée moyenne de gestation (à partir du jour estimé de l'ovulation) de  $63,1 \pm 2,1$  jours. Les variations de durée de gestation d'une étude à l'autre peuvent être dues à un effet race, montré dans une étude portant sur 764 portées de 4 races différentes (Eilts et al., 2005), ou dans l'étude de Mir et al. (2011), qui ont observé une durée de gestation significativement différente entre le Berger allemand ( $63,2 \pm 1,8$  jours) et le Rottweiler ( $65,6 \pm 1,6$  jours). L'effet de la taille de la portée sur la variation de la durée de gestation a également été largement démontré, avec selon les études, une diminution de la durée de gestation à partir d'une taille de portée de 7 chiots (Okkens et al., 1993) ; 5 chiots (Eilts et al., 2005) ; 3 chiots (Thomassen et al., 2006), ou proportionnellement à l'augmentation de taille de portée (Mir et al., 2011, Groppetti et al., 2015; Šichtař et al., 2016). Gavrilovic et al., 2008, montrent par ailleurs que pour chaque chiot supplémentaire par rapport à la moyenne de taille de portée, la durée de gestation est diminuée de 0,25 jour.

### **4. Résultats concernant le poids de naissance**

#### ***a) Données générales***

Au sein de notre étude, le poids de naissance varie de 66g (Coton de Tuléar) à 760g (Berger allemand), avec une médiane de 275g, ce qui illustre la grande variabilité au sein de l'espèce canine. Les poids de naissance rencontrés dans la littérature s'étendent de 40 à 1250g (Groppetti et al., 2017), de 55 à 900g (Groppetti et al., 2015), de 80 à 604g (Mila et al., 2015). Le poids de naissance moyen dans l'étude de Belin, 2013 est de 310,8g, et le poids de naissance moyen des chiots vivants à 8 semaines dans l'étude de Indrebø et al., 2007 est de 512g (98 portées), mais ne concerne que 4 races de chiens de format grand à géant. On observe ainsi des variations remarquables du poids de naissance médian ou moyen entre les différentes publications disponibles, consécutives en première hypothèse aux races incluses dans chaque étude. Ces résultats illustrent l'importance d'une analyse au sein de chaque race, afin d'obtenir des résultats comparables.

#### ***b) Poids de naissance selon la race***

Une influence significative du format racial du chiot a pu être mise en évidence au cours de cette étude, avec les chiots de format petit (S) naissant significativement plus légers que ceux de format moyen (M), eux-mêmes significativement moins lourds que les chiots de format grand (L), et géant (G). Cela est en accord avec les résultats déjà présents dans la littérature. En effet, Mila et al., 2015, de même que Belin, 2013 avaient également relevé une variation significative du poids de naissance entre les différents formats raciaux. Néanmoins, Belin, 2013 n'avait pas relevé de différence significative entre les formats grand (L) et géant (G),

contrairement à ce qui ressort de nos résultats. Par ailleurs, Fiszdon et Kowalczyk, (2009) décrivent un poids de naissance variant entre 100 et 150 g dans les races petites, 200 et 300 g dans les races moyennes et 400 et 800 g dans les races géantes. Nous avons pu obtenir à partir de nos données un poids de naissance médian de 190g pour les chiots de petite race, 300g pour ceux de race moyenne, 418g pour ceux de grande race et 460g pour ceux de race géante, ce qui est globalement assez concordant avec les résultats sus-cités.

L'analyse des données récoltées a par ailleurs mis en évidence une variation significative du poids de naissance du chiot en fonction de sa race, y compris au sein d'un même format racial. Par exemple, le Rottweiler naît avec un poids léger par rapport à son format adulte (poids médian de 410g, pour une médiane du format à 460g, soit 0,8% du poids adulte moyen), alors que le Berger allemand naît relativement lourd (poids médian de 470g, pour une médiane du format à 410g, soit 1,5% du poids adulte moyen ; le chiot le plus lourd rencontré dans l'étude est un Berger allemand). Groppetti et al. (2015), ont également mis en évidence des différences significatives en termes de poids de naissance entre les quatre races étudiées (Berger allemand, Bouvier bernois, Labrador Retriever et Chihuahua), dont les trois premières étaient également présentes dans notre étude. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'étudier le poids de naissance, il convient de travailler par race pour être précis, et non par format racial. Un format racial est en effet hétérogène en termes de poids de naissance.

La comparaison du poids de naissance médian de chaque race incluse dans l'étude avec les poids médians ou moyens disponibles dans la littérature, met en évidence des variations parfois non négligeables au sein d'une même race (Tableau 27). En effet, dans le cas du Berger allemand, nous observons un poids de naissance médian de 470g pour notre étude, alors que dans les autres études le poids de naissance moyen rapporté est de 563g (Gill, 2001), 539,3g (Groppetti et al., 2015), 503g (Groppetti et al., 2017), ou encore 446,1g (Belin, 2013). Ces variations importantes peuvent s'expliquer par de nombreux paramètres : le nombre de chiots inclus dans l'étude (qui varie de 43 à 282), le pays, l'élevage, la portée d'origine des chiots, la prise en charge de la mère et des chiots au cours de la gestation et de la lactation, les caractéristiques parentales...

Par ailleurs, une étude exprimant le poids de naissance en pourcentage du poids adulte (à partir du standard de race), a pu mettre en évidence des différences significatives entre les différentes races incluses. Les Yorkshire Terriers sont en effet les plus lourds à la naissance, et les chiots de grande race sont les plus légers (Fiszdon and Kowalczyk, 2009), ce qui est comparable aux observations de cette étude, où l'on a pu constater que les chiots de plus petit format naissent proportionnellement plus lourds que ceux de grand format. Cette méthode d'expression du poids de naissance permet de s'affranchir de l'effet format racial du chiot et de comparer de manière plus précise le poids de naissance entre les différentes races.

Tableau 27 : Comparaison des valeurs médianes de poids de naissance par race de notre étude avec les résultats (médiane ou moyenne) de différentes publications

Race	Résultats		Groppetti et al, 2017		Groppetti et al, 2015		Belin, 2013		Gill, 2001	
	Poids de naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif	Poids de naissance (moyenne)	Effectif	Poids naissance (médiane)	Effectif
Basset Hound	454	273					474,4	132	458,2	80
Berger allemand	470	129	503	232	539,3	114	446,1	43	563	282
Bouledogue français	240	139					231,3	29		
Bouvier bernois	480	265			558,3	88	454	117		
Cavalier King Charles	230	145					292,1	12		
Cocker	265	427					237,8	226		
Coton de Tuléar	190	159					195,5	142		
Golden Retriever	380	302	461,5	148			379,9	76	468,6	116
Jack Russel Terrier	205	117	200	67						
Labrador	399	299	405,5	264	397,2	117	390,3	95	422,2	154
Lhasa Apso	190	145					1755,3	72		
Rottweiler	410	111					392,5	152		
Shih Tzu	170	218					154,5	53		
Teckel	181	151							200,7	116
West Highland White Terrier	200	153	180	68			203,5	122		
Yorkshire Terrier	140	120					150,6	64		

### c) Poids de naissance selon le sexe

L'analyse multivariée de nos données a révélé un effet significatif du sexe du chiot sur le poids de naissance de celui-ci, avec néanmoins une interaction de ce paramètre avec le paramètre race. Lors de l'analyse univariée, une différence significative du poids de naissance selon le sexe a pu être relevée au sein de deux races : le Berger australien et le Golden Retriever, avec un poids de naissance des chiots mâles significativement supérieur à celui des femelles.

Les différentes publications disponibles concernant l'influence de ce paramètre sur le poids de naissance affichent des résultats contradictoires. En effet, deux études ont mis en évidence un poids de naissance significativement plus élevé des chiots mâles par rapport aux femelles (Groppetti et al., 2017; Trangerud et al., 2007). Cependant, Mila et al. (2015) n'ont pas mis en évidence d'influence significative du sexe du chiot sur le poids de naissance de celui-ci.

### d) Poids de naissance selon la taille de portée

L'analyse de nos données expérimentales a révélé un effet significatif de la taille de la portée sur le poids de naissance du chiot, encore une fois en interaction avec la race. Par ailleurs, au cours de l'analyse univariée, la différence de poids de naissance selon la taille de la portée n'était pas significative pour toutes les races étudiées. Néanmoins, de manière globale, le poids de naissance du chiot décroît avec l'augmentation de la taille de portée. Ces résultats sont en accord avec les données disponibles dans la littérature. Groppetti et al. (2017) et Groppetti et al. (2015) ont en effet montré une diminution significative du poids de naissance du chiot avec l'augmentation de la taille de la portée. Par ailleurs, Mila et al. (2015) ont mis en évidence que les plus grosses portées (taille comprise entre le 3<sup>ème</sup> quartile et le maximum) comportaient 37,1% de chiots avec un petits poids de naissance (les 25% de poids de naissance les plus faibles au sein d'un format racial) ; au contraire, seulement 8,6% des chiots des portées les plus petites (taille comprise entre le minimum et le quartile 1) ont un petit poids de naissance (Figure 90). Nos résultats semblent donc concordants avec les données disponibles dans la littérature.

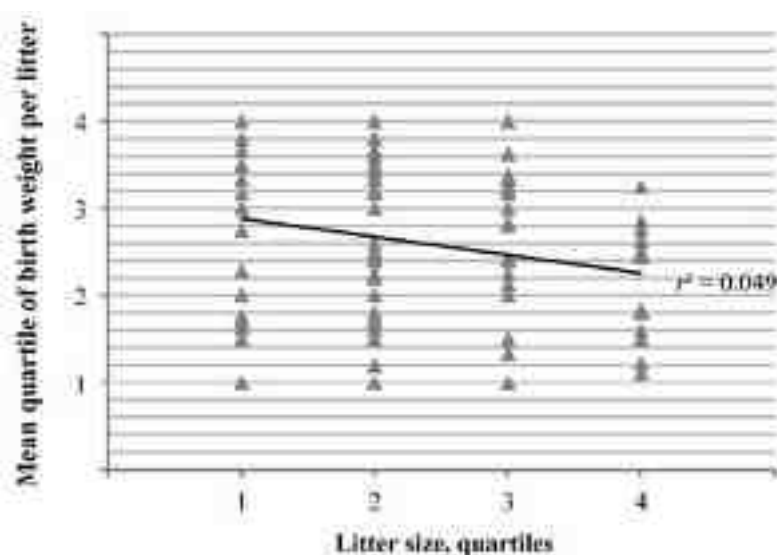


Figure 90 : Corrélation entre la taille de portée et le quartile moyen de poids de naissance des chiots au sein d'une portée, avec expression des variables en quartiles (n = 100 portées, 514 chiots) (Mila et al., 2015)



### **a) Poids de naissance selon la portée et l'élevage**

Une influence significative de l'élevage et de la portée d'origine du chiot sur le poids de naissance de celui-ci a pu être mise en évidence à partir de nos données expérimentales. Une étude publiée en 2015 a également mis en évidence un effet significatif de la portée d'origine sur le poids de naissance du chiot, et ce, au sein d'un même élevage (Mila et al., 2015). Plusieurs paramètres liés à l'élevage (statut vis-à-vis de pathogènes, médicalisation des animaux, suivis de gestation, gestion de la mise-bas, prise en charge des chiots...) mais également aux reproducteurs (lignée, antécédents médicaux, déroulement de la gestation et de la mise-bas...) et à la portée (taille, ratio mâles/femelles, nombre de mort-nés) peuvent expliquer les différences significatives observées. Ces résultats renforcent l'intérêt de récolter les données au sein d'un maximum d'élevages et de portées afin de minimiser l'effet de ceux-ci.

### **b) Bilan**

L'analyse des données obtenues pour les 19 races les plus représentées a permis l'obtention de premières valeurs de référence par race, sexe et selon la taille de portée pour la majorité des races incluses dans l'étude. Ces valeurs constituent un premier outil intéressant à utiliser en élevage. Par ailleurs, à notre connaissance, de telles valeurs exprimées en fonction de la race, du sexe, et de la taille de portée ne sont à l'heure actuelle pas encore disponibles dans la littérature pour l'espèce canine.

## **5. Résultats concernant la croissance**

### **a) Résultats généraux**

Dans notre étude, le taux de croissance 0-2 jours médian est de 8,7% [IQR (différence entre le 3<sup>ème</sup> et le 1<sup>er</sup> quartile) : -2-15,8]. Mila et al. (2015) ont observé un taux de croissance médian de 3,3% sur l'ensemble des chiots étudiés, mais un taux de 5,1% pour les chiots vivants à 21 jours [IQR : -2,2-13,2], ce qui correspond globalement aux résultats obtenus dans notre étude.

Peu d'informations concernant la croissance précoce du chiot sont disponibles dans la littérature, et les données disponibles sont difficilement comparables à nos résultats. En effet, les périodes d'étude du taux de croissance sont souvent différentes, de même que la population de chiots étudiée. Par exemple, Indrebø et al. (2007) montrent un taux de croissance 0-3 jours de 24% sur l'ensemble des chiots étudiés, et Belin (2013) observe un taux de croissance 1-3 jours de 10,7% sur les chiots vivants à 7 jours.

Par ailleurs, Belin (2013) a mis en évidence une perte de poids au cours des deux premiers jours chez 28,2% des chiots étudiés (chiots vivants ou non à l'âge de deux mois). Nos données montrent que 21,2% des chiots perdent du poids au cours de cette période (583/2744 chiots). L'exclusion des chiots décédés avant le sevrage peut expliquer la plus faible proportion de chiots perdant du poids dans les premières 48h de vie dans notre étude.

Les mêmes difficultés sont rencontrées avec la croissance plus tardive, avec des périodes et des populations d'études non comparables. Cependant, on peut noter que le taux de croissance 7-21 jours médian obtenu ici est de 107,45%, ce qui est comparable au taux de croissance 7-21 jours médian de 110% pour les chiots vivants à l'âge de 50 jours relevé par Belin (2013).

Globalement, on remarque que la croissance est lente les deux premiers jours de vie, et est suivie d'un pic de croissance entre 2 et 7 jours (gain de 50% du poids en 5 jours seulement). A la suite de ce pic, la croissance ralentit entre 7 et 21 jours, avec un gain d'à peine plus de 100% du poids en 14 jours, cet effet étant encore plus marqué de 21 à 56 jours.

### ***b) Influence de la race***

L'influence de la race sur la croissance du chiot est significative sur toutes les périodes d'étude, ce qui est cohérent avec les données rencontrées dans la littérature (Trangerud et al., 2007 ; Fiszdon and Kowalczyk, 2009 ; Belin, 2013).

Sur le taux de croissance 0-2 jours, on peut remarquer un taux de croissance médian plus élevé au sein des races de petit format, et plus faible au sein des races de format géant. En effet, les races présentant le taux de croissance médian le plus élevé sont le Yorkshire Terrier (15,8%), le West Highland White Terrier (12,9%), et le Jack Russel Terrier (12,5%). A l'inverse, les races dont le taux de croissance 0-2 jours médian est le plus faible sont le Rottweiler (-2%), le Cavalier King Charles (0,5%), et le Bouvier bernois (4,3%). Des résultats non publiés, cités par Chastant-Maillard et al. (2016), suggèrent une valeur énergétique du colostrum des femelles de petite race 10% supérieure à celle des femelles de grande race. Cela peut en partie expliquer les résultats observés, la prise colostrale chez le chiot s'effectuant au cours des 48 premières heures de vie. Par ailleurs, Aggouni (2016) a également mis en évidence un colostrum de meilleure qualité énergétique chez les chiennes de moins de 15 kg par rapport aux chiennes de poids supérieur.

Un effet de la race sur le taux de croissance a également été mis en évidence sur les périodes 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours. Néanmoins, on observe au cours des périodes d'étude successives une inversion progressive de la tendance de départ : sur la période 21-56 jours, le taux de croissance augmente significativement avec l'augmentation du format racial, contrairement à ce qui était observable sur les deux premiers jours. Ces observations concordent avec les données de Belin (2013) qui a relevé un GMQ entre 1 et 3 jours significativement plus faible chez les races géantes (-9,13 g/j), par rapport aux races grandes (20 g/j), moyennes (16,25 g/j) et petites (13,5 g/j) ; mais qui a cependant mis en évidence sur la période 21-50 jours, un GMQ des chiots de race grande et géante significativement supérieur à celui des chiots de race moyenne, lui-même supérieur à celui des chiots de race petite. Fiszdon and Kowalczyk (2009) ont également relevé un taux de croissance supérieur des petites races au cours des premières semaines, puis une inversion progressive (avec une expression du taux de croissance en pourcentage du poids adulte) (Figure 91). On constate ainsi une croissance proportionnellement bien supérieure des chiots de petite race au cours des premières semaines (jusqu'à 5 semaines d'après Belin (2013), mais 8 semaines pour Fiszdon and Kowalczyk (2009), avec une croissance des chiots de race grande et géante au départ plus lente, mais qui s'accélère progressivement et rattrape puis dépasse par la suite les chiots de petite et moyenne race.

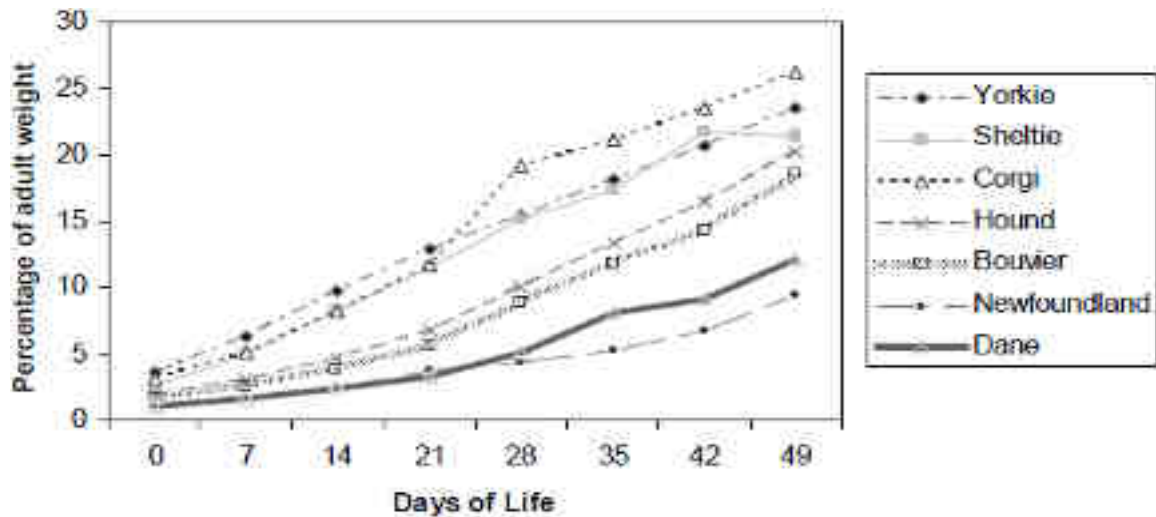


Figure 91 : Taux de croissance du chiot exprimé en pourcentage du poids adulte entre la naissance et l'âge de 7 semaines au sein de 7 races (n = 501 chiots)  
(Fiszdon et Kowalczyk, 2009)

Un point intéressant soulevé par Fiszdon et Kowalczyk (2009) concerne l'expression du taux de croissance en terme de multiplicité du poids de naissance. Ce sont alors les races moyennes qui obtiennent le taux de croissance le plus élevé, contrairement à ce qui a été observé à partir de l'analyse de nos taux de croissance (qui sont rapportés au poids au début de la période considérée) (Tableau 28).

Tableau 28 : Multiplicité du poids de naissance aux 24ème et 42ème jours de vie au sein de 8 races (n = 501 chiots)  
(Fiszdon et Kowalczyk, 2009)

Breed	Multiplicity on the 24th day	Multiplicity on the 42th day
Yorkie	3.98	5.74
Sheltie	5.38	9.45
Corgi	4.61	7.58
Polish Hound	5.39	10.83
Bouvier	4.16	7.25
Newfoundland	4.10	6.85
Dane	4.83	10.15
Mean	4.60	8.35

### c) Influence du sexe

Un effet significatif du sexe du chiot sur la croissance a pu être observé sur les périodes 0-2 jours, 7-21 jours et 21-56 jours, avec une croissance des chiots mâles significativement supérieure à celle des chiots femelles. En revanche, sur la période 2-7 jours, aucune différence significative n'est présente en terme de croissance entre mâles et femelles. Mila et al. (2015) n'ont pas mis en évidence d'effet significatif du sexe sur le taux de croissance 0-2 jours. Trangerud et al. (2007) ont montré un poids adulte des mâles significativement supérieur à celui

des femelles, mais n'ont cependant constaté au cours de la croissance de différences significatives entre mâles et femelles qu'à partir de l'âge de 60-70 jours.

#### ***d) Influence de la taille de portée***

Un effet significatif de la taille de portée a été relevé sur la croissance au cours des deux premiers jours, avec globalement une croissance significativement supérieure pour les chiots appartenant à de petites portées par rapport aux chiots issus de portées moyennes et grandes. Cela peut être expliqué par un possible effet de compétition pour l'accès au lait au sein des plus grandes portées, ou bien par un effet maternel peut-être plus présent au sein des portées les moins nombreuses.

Néanmoins, aucune influence de la taille de portée sur la croissance ultérieure (entre 2 et 56 jours) n'a été mise en évidence. Mila et al. (2015), n'ont par ailleurs pas montré d'effet de la taille de portée sur la croissance précoce du chiot.

#### ***e) Influence du poids de naissance***

Un effet significatif du poids de naissance sur la croissance du chiot a pu être mis en évidence de la naissance à l'âge de 56 jours. Pour la période 0-2 jours, il n'a cependant pas été possible de caractériser cet effet avec plus de précision, l'analyse univariée n'ayant pas permis de mettre en évidence d'effet significatif du poids de naissance.

Pour toutes les autres périodes de croissance, il ressort de cette analyse que les chiots les plus légers à la naissance ont un taux de croissance similaire ou supérieur aux chiots nés avec un poids de naissance plus élevé. Ces résultats divergent de ceux décrits dans l'étude bibliographique pour la majorité des autres espèces mammifères étudiées, et diffèrent également de ceux de Mila et al. (2015), qui n'ont pas mis en évidence d'effet significatif du poids de naissance du chiot sur sa croissance entre 0 et 2 jours.

Il aurait ici pu être intéressant de chercher si la croissance plus rapide des chiots nés les plus légers leur permet de rattraper le poids des autres chiots à 56 jours.

#### ***f) Influence de la croissance 0-2 jours***

Le taux de croissance 0-2 jours a un effet significatif sur la croissance 2-7 jours. En effet, on note une augmentation du taux de croissance 2-7 jours avec l'augmentation du taux de croissance 0-2 jours. Au cours des deux premiers jours de vie, la prise colostrale permet l'apport en facteurs immunitaires, mais également nutritifs (notamment énergétiques) pour le chiot (Chastant-Maillard et al., 2016). Une bonne prise colostrale permettrait ainsi un meilleur taux de croissance 0-2 jours, et également un taux de croissance 2-7 jours supérieur, grâce à cet apport énergétique et immunitaire.

Par ailleurs, un effet significatif inverse du taux de croissance 0-2 jours sur le taux de croissance 21-56 jours a pu être observé, avec un taux de croissance d'autant plus élevé que le taux de croissance 0-2 jours est faible. Une croissance compensatrice des chiots peut être suspectée, mais semble néanmoins surprenante si l'on imagine que leur croissance plus faible au cours des deux premiers jours de vie est liée à une prise colostrale inadéquate. Une étude plus approfondie de ce phénomène serait intéressante.

## 6. Analyse des courbes de croissance obtenues

### a) *Allure*

La construction des courbes de croissance pondérales entre la naissance et l'âge de deux mois a permis l'observation de trois allures de courbes distinctes selon les races : rectiligne, logarithmique et exponentielle. Ces différentes allures ne sont toutefois pas liées au format racial, différentes allures étant retrouvées au sein d'un même format. Néanmoins, seules trois races présentent une courbe d'allure logarithmique entre la naissance et l'âge de deux mois : le Bichon maltais, le West Highland White Terrier et le Yorkshire Terrier, qui sont des races de petit format. Pour toutes les autres races, l'allure de la courbe de croissance pondérale varie de rectiligne à exponentielle sur cette période. Une publication, étudiant également la croissance pré-sevrage, mais par format racial et non par race, a mis en évidence une allure de courbe de croissance rectiligne pour chaque format sur la période 3-56 jours (Belin, 2013). Dans cette étude cependant, les chiots morts avant l'âge de deux mois ont été pris en considération pour la réalisation des courbes de croissance. Une étude publiée en 2004, concernant la croissance complète de 12 races de chiens a mis en évidence une allure exponentielle de la courbe de croissance pour l'ensemble des races entre la naissance et l'âge d'atteinte de 50% du poids adulte (11 semaines pour les plus petites races, 14 à 16 semaines pour les races moyennes et jusqu'à 5 mois pour les races géantes), ce qui est cohérent avec les résultats obtenus dans notre étude pour la majorité des races (Hawthorne et al., 2004).

Comme présenté au cours de l'étude bibliographique, la courbe de croissance complète des mammifères présente le plus souvent une allure sigmoïde avec un point d'inflexion. Le point d'inflexion correspond à l'arrivée de la puberté, période qui n'est pas traitée dans cette étude. Chez le chien, Hawthorne et al. (2004) (Figure 92) et Helmink et al. (2000) (Figure 93) ont également mis en évidence une allure sigmoïde de la courbe de croissance complète du chiot pour toutes les races étudiées.

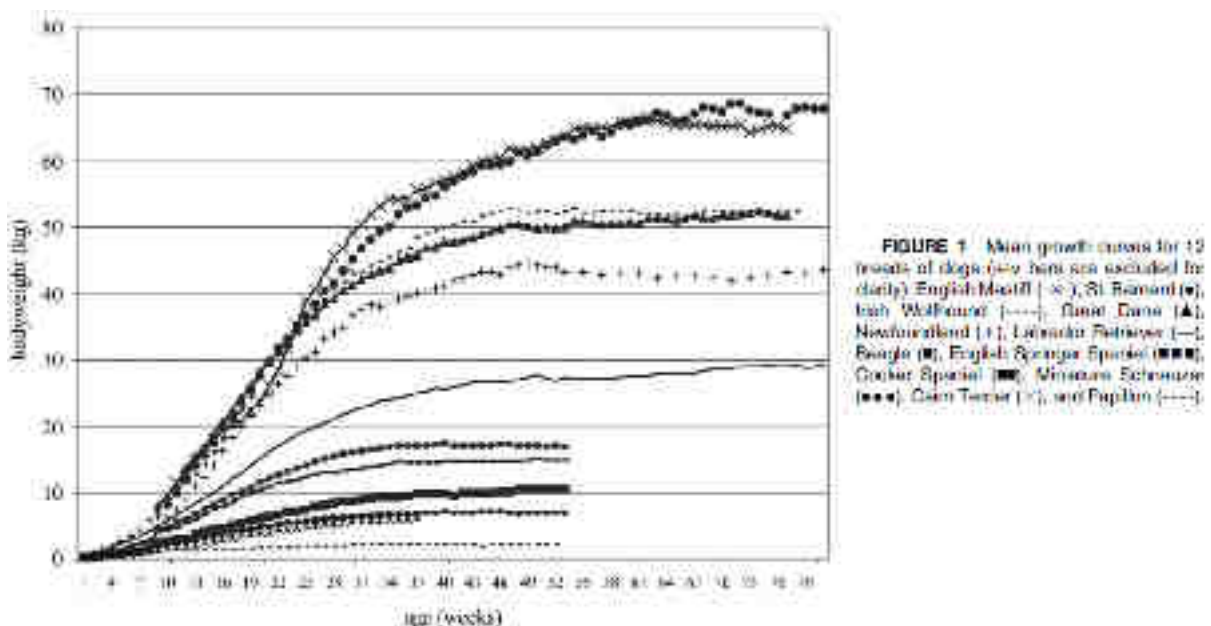


Figure 92 : Courbes de croissance moyennes par race pour 12 races de chiens (n = 173 chiots) (Hawthorne et al., 2004)

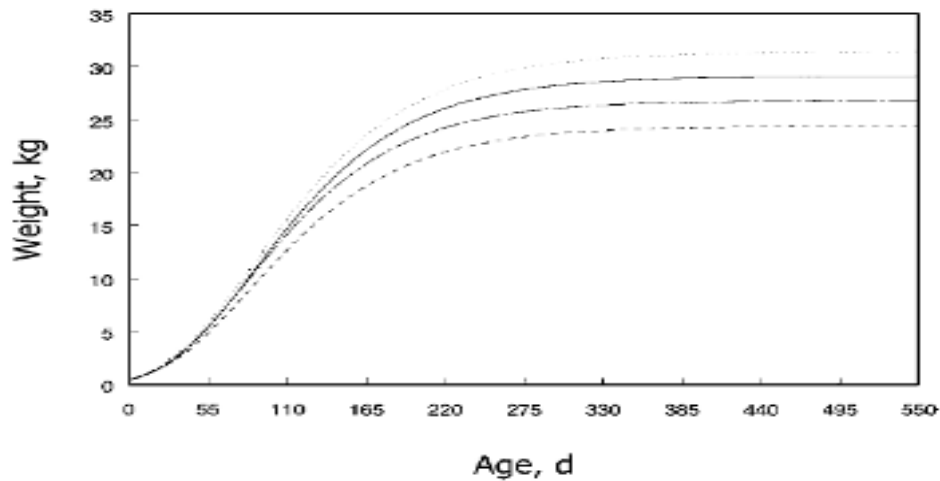


Figure 93 : Courbes de croissance moyennes modélisées à l'aide d'une fonction de Gompertz pour (du haut vers le bas) : le Labrador Retriever mâle, le Berger allemand mâle, le Labrador Retriever femelle, et le Berger allemand femelle (n = 880 chiots, 10 484 mesures) (Helmink et al., 2000)

De manière plus précise, une étude portant sur quatre races de format grand à géant (Terre-neuve, Labrador Retriever, Irish Wolfhound et Léonberg) a montré une croissance rapide au cours des 100 premiers jours de vie avec un maximum de croissance atteint entre 89 et 106 jours, puis un point d'inflexion, une phase de plateau et enfin un arrêt de la croissance entre 351 et 413 jours de vie selon la race considérée (Trangerud et al., 2007). Sur les courbes de croissance par race tracées dans cette étude, on observe une allure exponentielle de la croissance sur les 60 premiers jours de vie (Figure 94).

Cependant, dans toutes ces études portant sur la croissance complète du chiot, l'allure de la croissance précoce est visuellement difficilement évaluable, et une comparaison avec nos résultats est donc difficilement envisageable. Cela renforce d'autant plus l'intérêt de la construction de courbes de croissance précoce, celles-ci n'étant, à notre connaissance, pas disponibles dans la littérature.

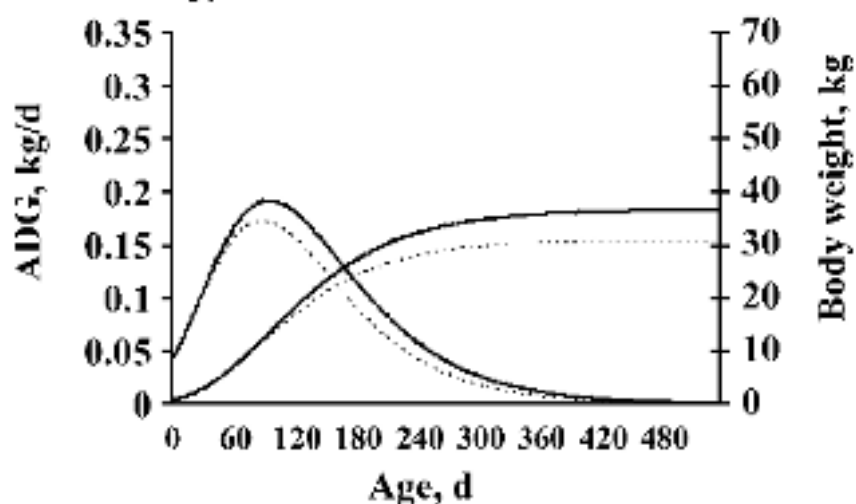


Figure 94 : Courbe de croissance (courbe d'allure sigmoïde, axe de droite), et courbe de vitesse de croissance (courbe d'allure parabolique, axe de gauche), chez le Labrador Retriever mâle (courbes pleines) et femelle (courbes pointillées), lissées grâce à une fonction de Gompertz (n = 167)

Enfin, de nombreuses fluctuations ont été observées sur les différentes courbes de croissance construites, parfois difficilement interprétables. L'hypothèse principale est liée à la fluctuation de l'effectif disponible pour chaque race et chaque jour considéré. Néanmoins, d'autres causes ne peuvent être exclues : fluctuations liées à la race, à divers événements survenus dans l'élevage dans le cas de races pour lesquelles les données proviennent en majorité d'un même élevage, ... Afin d'exclure ces effets, la réalisation d'une étude avec un effectif par jour et par race plus constant, et avec une plus grande diversité d'élevages représentés par race serait nécessaire.

### ***b) Influence du sexe***

On constate dans le cas de l'étude de Helmink et al. (2000) un tracé des courbes séparé par sexe, avec une différence de croissance entre mâles et femelles facilement visualisable après l'âge de 110 jours. Néanmoins, avant cette date, aucune différence graphique n'est visible. Une courbe de croissance pondérale unique par race, regroupant mâles et femelles sur la période entre la naissance et l'âge de deux mois est donc selon nous satisfaisante.







## CONCLUSION

Face au taux de mortalité néonatale élevé dans l'espèce canine (Nielsen et al, 1999 ; Mila et al., 2015 ; Chastant-Maillard et al, 2016), le développement d'outils permettant la détection précoce des individus à risque est primordial. Les données issues de cette étude ont pour objectif de permettre à l'éleveur de suivre la croissance de ses chiots, afin d'identifier de manière précoce les individus présentant une croissance inférieure à la croissance considérée physiologique, et nécessitant donc une surveillance et des soins plus importants que les autres.

Les courbes de référence générées à partir des poids des chiots ayant survécu jusqu'à l'âge de deux mois constituent un premier outil. Les courbes par race sont plus particulièrement intéressantes, cette étude ayant clairement montré les limites du raisonnement par format racial. Néanmoins, afin de mieux comprendre les causes de mortalité en élevage, et afin que ces outils soient plus performants, il est nécessaire d'étudier les caractéristiques du poids de naissance et de la croissance des chiots décédés avant l'âge de deux mois. En effet, l'établissement de seuils permettant de délimiter la croissance physiologique et pathologique, permettrait à l'éleveur d'identifier précocement les chiots à risque de mortalité afin de mettre en place les mesures adéquates.



**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

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

Je soussignée, Sylvie CHASTANT, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Manon LECARPENTIER** intitulée « **La croissance du chiot de race entre 0 et 2 mois établissement de courbes de croissance de référence par race** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 12 septembre 2017  
Professeur Sylvie CHASTANT  
Enseignant chercheur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur Jean PARINAUD



Melle Manon LECARPENTIER  
a été admis(e) sur concours en : 2012  
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 23/06/2016  
a validé son année d'approfondissement le : 13/07/2017  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

Vu :  
La Directrice de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Isabelle CHMITELIN



Vu et autorisation de l'impression :  
Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Monsieur Jean-Pierre VINEL

Le Président de l'Université Paul Sabatier  
par délégation,  
La Vice-Présidente de la CFVU



Régine ANNE BRECHET

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

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

Je soussignée, Sylvie CHASTANT, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Clara MARTINEZ** intitulée « **La croissance du chiot de race entre 0 et 2 mois établissement de courbes de croissance de référence par race** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 12 septembre 2017  
Professeur Sylvie CHASTANT  
Enseignant chercheur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur Jean PARINAUD



Melle Clara MARTINEZ  
a été admis(e) sur concours en : 2012  
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 23/06/2016  
a validé son année d'approfondissement le : 22/06/2017  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

Vu :  
La Directrice de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Isabelle CHMPEL



Vu et autorisation de l'impression :  
Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Monsieur Jean-Pierre VINEL

Le Président de l'Université Paul Sabatier  
par délégation,  
La Vice-Présidente de la CFVU



Régine AGDE-OBRECHT



## BIBLIOGRAPHIE

- Abdelli-Larbi, O., Berchiche, M., Zerrouki, N., 2014. Influence du type génétique de la lapine sur l'évolution du poids des lapereaux en allaitement. Presented at the 5ème congrès franco-tunisien de zoologie.
- Aggouni, C., 2016. Etude de la qualité immunologique et énergétique du colostrum de la chienne : impact sur la santé du chiot (Thèse d'exercice, médecine vétérinaire). Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.
- Altmann, J., Alberts, S., 1987. Body mass and growth rates in a wild primate population. *Oecologia* 72, 15–20.
- Altmann, J., Alberts, S.C., 2004. Growth rates in a wild primate population: ecological influences and maternal effects. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 57, 490–501.
- Amosu, A., Degun, A., 2014. Impact of maternal nutrition on birth weight of babies. *Biomed. Res. India*.
- Anderson, S.E., Dallal, G.E., Must, A., 2003. Relative weight and race influence average age at menarche: results from two nationally representative surveys of US girls studied 25 years apart. *Pediatrics* 111, 844–850.
- Andrade, M.C.R., Ribeiro, C.T., Silva, V.F. da, Molinaro, E.M., Gonçalves, M.Â.B., Marques, M.A.P., Cabello, P.H., Leite, J.P.G., 2004. Biologic data of *Macaca mulatta*, *Macaca fascicularis*, and *Saimiri sciureus* used for research at the fiocruz primate center. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 99, 584–589.
- Aubry, A., Quiniou, N., Le Cozler, Y., Querné, M., 2004. Modélisation de la croissance et de la consommation d'aliment des porcs de la naissance à l'abattage : actualisation des coefficients appliqués aux critères standardisés de performances en Gestion Technico-Economique. *Journ. Rech. Porc.* 36, 409–422.
- Aumaitre, A., Legault, C., Salmon-Legagneur, E., Rettagliati, J., Moisant, A.-K., Renseigné, N., 1966. Aspects biométriques de la croissance pondérale du porcelet. I. - Influence du sexe, de l'année de naissance, du numéro et de la taille de la portée. *Ann. Zootech.* 313–331.
- Belin, M., 2013. Croissance et mortalité du chiot en élevage (Thèse de Doctorat Vétérinaire). Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- Bellisari, A., Newman, T.K., Greenberg, C., Rogers, J., Towne, B., 2001. Individual variation in the growth of captive infant gorillas. *Am. J. Phys. Anthropol.* 115, 110–132.
- Bergstrom, J.R., Potter, M.L., Tokach, M.D., Henry, S.C., Dritz, S.S., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., DeRouchey, J.M., 2009. Effects of Piglet Birth Weight and Litter Size on the Prewaning Growth Performance of Pigs on a Commercial Farm, in: *Swine Day, Manhattan*.
- Blasco, A., Gomez, E., 1993. A note on growth curve of rabbit lines selected on growth rate or litter size. *Anim. Prod.* 57 : 332–334.
- Blasco, A., Piles, M., Varona, L., 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genet. Sel. Evol.* 35, 21–41.
- Blasco, Gomez, 1993. A note on growth curves of rabbit lines selected on growth rate or litter size. *Anim. Prod.* 332–334.
- Borge, K.S., Tønnessen, R., Nødtvedt, A., Indrebø, A., 2011. Litter size at birth in purebred dogs--a retrospective study of 224 breeds. *Theriogenology* 75, 911–919.
- Bowman, J.E., Lee, P.C., 1995. Growth and threshold weaning weights among captive rhesus macaques. *Am. J. Phys. Anthropol.* 96, 159–175.

- Brooke, O.G., Anderson, H.R., Bland, J.M., Peacock, J.L., Stewart, C.M., 1989. Effects on birth weight of smoking, alcohol, caffeine, socioeconomic factors, and psychosocial stress. *BMJ* 298, 795–801.
- Burger, I.H., 1994. Energy needs of companion animals: matching food intakes to requirements throughout the life cycle. *J. Nutr.* 124, 2584S–2593S.
- Butler, N.R., Goldstein, H., Ross, E.M., 1972. Cigarette Smoking in Pregnancy: Its Influence on Birth Weight and Perinatal Mortality. *Br. Med. J.* 2, 127.
- Cantier, J., Vezinhet, A., Rouvier, R., Dautier, L., Bouthier, E., Bressot, C., Paolanto, S., Scheller, M.-C., 1969. Allométrie de croissance chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*). I. - Principaux organes et tissus. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 9, 5–39.
- Cariolet, R., Le Diguerher, G., Julou, P., Rose, N., Ecobichon, P., Bougeard, S., Madec, F., 2004. Survie et croissance des porcelets au stade maternité dans l'unité EOPS de l'AFSSA Ploufragan. *Journ. Rech. Porc.* 36, 435–442.
- Catchpole, H.R., Van Wagenen, G., 1956. Physical growth of the Rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Am. J. Phys. Anthropol.* 14, 245–273.
- Caugant, A., Guéblez, R., 1993. Influence du poids à la naissance du porcelet sur les performances ultérieures. *Journ. Rech. Porc. En Fr.* 25, 123–128.
- Chastant-Maillard, S., Aggouni, C., Albaret, A., Fournier, A., Mila, H., 2016. Canine and feline colostrum. *Reprod. Domest. Anim.* 52 Suppl 2:148-152.
- Chastant-Maillard, S., Guillemot, C., Feugier, A., Mariani, C., Grellet, A., Mila, H., 2017. Reproductive performance and pre-weaning mortality: Preliminary analysis of 27,221 purebred female dogs and 204,537 puppies in France. *Reprod. Domest. Anim.* 52 Suppl 2, 158–162.
- Cole, T.J., Freeman, J.V., Preece, M.A., 1998. British 1990 growth reference centiles for weight, height, body mass index and head circumference fitted by maximum penalized likelihood. *Stat. Med.* 17, 407–429.
- Coleman, L., Coleman, J., 2002. The measurement of puberty: a review. *J. Adolesc.* 25, 535–550.
- Colin, S., Querne, M., 1991. Modélisation de la croissance et de l'indice de consommation des porcs de la naissance à l'abattage : application à l'élaboration de critères standardisés en Gestion Technico-Economique. *Journ. Rech. Porc.* 23, 255–266.
- Concannon, P.W., 2011. Reproductive cycles of the domestic bitch. *Anim. Reprod. Sci.* 124, 200–210.
- De Onis, M., Garza, C., Victora, C.G., Onyango, A.W., Frongillo, E.A., Martines, J., 2004. The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food Nutr. Bull.* 25, S15-26.
- De Onis, M., Onyango, A.W., Borghi, E., 2006. WHO | WHO Child Growth Standards: Methods and development [WWW Document]. WHO. URL [http://www.who.int/childgrowth/standards/technical\\_report/](http://www.who.int/childgrowth/standards/technical_report/) (2.10.17).
- Di Masso, J. R., Silva, P.S., Font, M.T., 2000. Asymptotic weight and maturing rate in mice selected for body conformation. *Genet. Mol. Biol.* 23, 235–240.
- Eilts, B.E., Davidson, A.P., Hosgood, G., Paccamonti, D.L., Baker, D.G., 2005. Factors affecting gestation duration in the bitch. *Theriogenology* 64, 242–251.
- Eisen, E.J., 1976. Results of growth curve analyses in mice and rats. *J. Anim. Sci.* 42, 1008–1023.
- Fessler, D.M.T., Navarrete, C.D., Hopkins, W., Izard, M.K., 2005. Examining the terminal investment hypothesis in humans and chimpanzees: associations among maternal age, parity, and birth weight. *Am. J. Phys. Anthropol.* 127, 95–104.
- Festing, M.F., Bleby, J., 1970. Breeding performance and growth of SPF cats (*Felis catus*). *J. Small Anim. Pract.* 11, 533–542.

- Fiszdon, K., Kowalczyk, I., 2009. Litter size, puppy weight at birth and growth rates in different breeds of dogs. *Anim. Sci.* 161–168.
- Gall, G.A., Kyle, W.H., 1968. Growth of the laboratory mouse. *Theor. Appl. Genet.* 38, 304–308.
- Gast, A.-S., 2011. Approche zootechnique de la croissance du chaton, applications en élevage (Thèse de Doctorat Vétérinaire). École nationale vétérinaire d'Alfort.
- Gates, W.H., 1925. Litter size, birth weight, and early growth rate of mice (*Mus musculus*). *Anat. Rec.* 29, 183–193.
- Gavan, J.A., 1952. Birth order and birth weight in the chimpanzee. *Am. J. Phys. Anthropol.* 10, 23–30.
- Gavriloic, B.B., Andersson, K., Forsberg, C.L., 2008. Reproductive patterns in the domestic dog—A retrospective study of the Drever breed. *Theriogenology* 70, 783–794.
- Gijzen, A., Tijskens, J., 1971. Growth in weight of the Lowland gorilla and of the Mountain gorilla. *Int. Zoo Yearb.* 11, 183–193.
- Gill, M.A., 2001. Perinatal and late neonatal mortality in the dog. University of Sydney.
- Gillman, M.W., Rifas-Shiman, S., Berkey, C.S., Field, A.E., Colditz, G.A., 2003. Maternal gestational diabetes, birth weight, and adolescent obesity. *Pediatrics* 111, 221–226.
- Glassman, D.M., Coelho, A.M., 1988. Formula-fed and breast-fed baboons: Weight growth from birth to adulthood. *Am. J. Primatol.* 16, 131–142.
- Gondret, F., Lefaucheur, L., Louveau, I., Lebret, B., Pichodo, X., Le Cozler, Y., 2005. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. *Livest. Prod. Sci.* 93, 137–146.
- Greer, K.A., Canterbury, S.C., Murphy, K.E., 2007. Statistical analysis regarding the effects of height and weight on life span of the domestic dog. *Res. Vet. Sci.* 82, 208–214. =
- Grether, W.F., Yerkes, R.M., 1940. Weight norms and relations for chimpanzee. *Am. J. Phys. Anthropol.* 27, 181–197.
- Groppetti, D., Pecile, A., Palestrini, C., Marelli, S.P., Boracchi, P., 2017. A National Census of Birth Weight in Purebred Dogs in Italy. *Anim. Open Access J. MDPI* 7.
- Groppetti, D., Ravasio, G., Bronzo, V., Pecile, A., 2015. The role of birth weight on litter size and mortality within 24h of life in purebred dogs: What aspects are involved? *Anim. Reprod. Sci.* 163, 112–119.
- Grote, V., Schiess, S.A., Closa-Monasterolo, R., Escribano, J., Giovannini, M., Scaglioni, S., Stolarczyk, A., Gruszfeld, D., Hoyos, J., Poncelet, P., Xhonneux, A., Langhendries, J.-P., Koletzko, B., European Childhood Obesity Trial Study Group, 2011. The introduction of solid food and growth in the first 2 y of life in formula-fed children: analysis of data from a European cohort study. *Am. J. Clin. Nutr.* 94, 1785S–1793S.
- Guillemot, C., 2015. Performances de reproduction de l'élevage canin en France (Thèse de Doctorat Vétérinaire). Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- Guo, S.M., Roche, A.F., Fomon, S.J., Nelson, S.E., Chumlea, W.C., Rogers, R.R., Baumgartner, R.N., Ziegler, E.E., Siervogel, R.M., 1991. Reference data on gains in weight and length during the first two years of life. *J. Pediatr.* 119, 355–362.
- Ha, J.C., Ha, R.R., Almsy, L., Dyke, B., 2002. Genetics and caging type affect birth weight in captive pigtailed macaques (*Macaca nemestrina*). *Am. J. Primatol.* 56, 207–213.
- Hafez, E.S.E., 1963. Symposium on Growth: Physio-Genetics of Prenatal and Postnatal Growth. *J. Anim. Sci.* 22, 779–791.
- Hall, V.E., Pierce, G.N., 1934. Litter size, birth weight and growth to weaning in the cat. *Anat. Rec.* 60, 111–124.
- Hamada, Y., 1994. Standard Growth Patterns and Variations in Growth Patterns of the Japanese Monkeys (*Macaca fuscata*) Based on an Analysis by the Spline Function Method. *Anthropol. Sci.* 102, 57–76.



- Hamada, Y., Udono, T., 2002. Longitudinal analysis of length growth in the chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Am. J. Phys. Anthropol.* 118, 268–284.
- Hanrahan, J.P., Eisen, E.J., 1973. Sexual dimorphism and direct and maternal genetic effects on body weight in mice. *Theor. Appl. Genet.* 43, 39–45.
- Hawthorne, A.J., Booles, D., Nugent, P.A., Gettinby, G., Wilkinson, J., 2004. Body-weight changes during growth in puppies of different breeds. *J. Nutr.* 134, 2027S–2030S.
- Helmink, S.K., Shanks, R.D., Leighton, E.A., 2000. Breed and sex differences in growth curves for two breeds of dog guides. *J. Anim. Sci.* 78, 27–32.
- Herman-Giddens, M.E., Wang, L., Koch, G., 2001. Secondary sexual characteristics in boys: estimates from the national health and nutrition examination survey III, 1988-1994. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 155, 1022–1028.
- Indrebø, A., Trangerud, C., Moe, L., 2007. Canine neonatal mortality in four large breeds. *Acta Vet. Scand.* 49, S2.
- Johnson, S.E., 2003. Life history and the competitive environment: trajectories of growth, maturation, and reproductive output among chacma baboons. *Am. J. Phys. Anthropol.* 120, 83–98.
- Johnson, W., Choh, A.C., Soloway, L.E., Czerwinski, S.A., Towne, B., Demerath, E.W., 2012. Eighty year trends in infant weight and length growth: the Fels Longitudinal Study. *J. Pediatr.* 160, 762–768.
- Kachman, S.D., Baker, R.L., Gianola, D., 1988. Phenotypic and genetic variability of estimated growth curve parameters in mice. *Theor. Appl. Genet.* 76, 148–156.
- Kilborn, S.H., Trudel, G., Uhthoff, H., 2002. Review of Growth Plate Closure Compared with Age at Sexual Maturity and Lifespan in Laboratory Animals. *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 41, 21–26.
- Kirkwood, J.K., 1985. Patterns of growth in primates. *J. Zool.* 205, 123–136.
- Kramer, M.S., 1987. Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bull. World Health Organ.* 65, 663–737.
- Kuczumarski, R.J., Ogden, C.L., Guo, S.S., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Mei, Z., Wei, R., Curtin, L.R., Roche, A.F., Johnson, C.L., 2002. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat.* 11, 1–190.
- Laird, A.K., Howard, A., 1967. Growth Curves in Inbred Mice. *Nature* 213, 786–788.
- Latimer, H.B., Ibsen, H.L., 1932. The postnatal growth in body weight of the cat. *Anat. Rec.* 52, 1–5.
- Lebas, F., Sardi, G., 1969. Alimentation lactée et croissance pondérale du lapin avant sevrage. *Ann. Zootech.* 18, 197–208.
- Leigh, S.R., Shea, B.T., 1996. Ontogeny of body size variation in African apes. *Am. J. Phys. Anthropol.* 99, 43–65.
- Leroy, G., Phocas, F., Hedan, B., Verrier, E., Rognon, X., 2015. Inbreeding impact on litter size and survival in selected canine breeds. *Vet. J. Lond. Engl.* 1997 203, 74–78.
- Marzke, M.W., Young, D., Fritz, J., 1996. Weight gain in captive chimpanzee infants: Comparisons by sex, rearing, and colony. *Am. J. Primatol.* 38, 133–144.
- Masoud, I., Shapiro, F., Kent, R., Moses, A., 1986. A longitudinal study of the growth of the New Zealand white rabbit: cumulative and biweekly incremental growth rates for body length, body weight, femoral length, and tibial length. *J. Orthop. Res. Off. Publ. Orthop. Res. Soc.* 4, 221–231.
- Metgud, C.S., Naik, V.A., Mallapur, M.D., 2012. Factors Affecting Birth Weight of a Newborn – A Community Based Study in Rural Karnataka, India. *PLoS One* 7.
- Mila, H., 2015. Neonatal period in the dog : Immunological and nutritional determinants for survival (Thèse de l’Institut National Polytechnique de Toulouse).

- Mila, H., Grellet, A., Feugier, A., Chastant-Maillard, S., 2015. Differential impact of birth weight and early growth on neonatal mortality in puppies. *J. Anim. Sci.* 93, 4436–4442.
- Milligan, B.N., Dewey, C.E., de Grau, A.F., 2002b. Neonatal-piglet weight variation and its relation to pre-weaning mortality and weight gain on commercial farms. *Prev. Vet. Med.* 56, 119–127.
- Milligan, B.N., Fraser, D., Kramer, D.L., 2001. Birth weight variation in the domestic pig: effects on offspring survival, weight gain and suckling behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 179–191.
- Milligan, B.N., Fraser, D., Kramer, D.L., 2002a. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livest. Prod. Sci.* 76, 181–191.
- Mir, F., Billault, C., Fontaine, E., Sendra, J., Fontbonne, A., 2011. Estimated pregnancy length from ovulation to parturition in the bitch and its influencing factors: a retrospective study in 162 pregnancies. *Reprod. Domest. Anim. Zuchthyg.* 46, 994–998.
- Moik, K., Kienzle, E., 2011. Birth weight and postnatal growth of pure-bred kittens. *Br. J. Nutr.* 106 Suppl 1, S32–34.
- Moon, P.F., Massat, B.J., Pascoe, P.J., 2001. Neonatal critical care. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 31, 343–365.
- Mul, D., Fredriks, A.M., van Buuren, S., Oostdijk, W., Verloove-Vanhorick, S.P., Wit, J.M., 2001. Pubertal development in The Netherlands 1965–1997. *Pediatr. Res.* 50, 479–486.
- Musters, J., de Gier, J., Kooistra, H.S., Okkens, A.C., 2011. Questionnaire-based survey of parturition in the queen. *Theriogenology* 75, 1596–1601.
- Nelson, S.E., Rogers, R.R., Ziegler, E.E., Fomon, S.J., 1989. Gain in weight and length during early infancy. *Early Hum. Dev.* 19, 223–239.
- Nissen, H.W., Yerkes, R.M., 1943. Reproduction in the chimpanzee: Report on forty-nine births. *Anat. Rec.* 86, 567–578.
- Okkens, A.C., Hekerman, T.W.M., Vogel, J.W.A. de, Haaften, B. van, 1993. Influence of litter size and breed on variation in length of gestation in the dog. *Vet. Q.* 15, 160–161.
- O’Neill, D.G., Church, D.B., McGreevy, P.D., Thomson, P.C., Brodbelt, D.C., 2013. Longevity and mortality of owned dogs in England. *Vet. J. Lond. Engl.* 1997 198, 638–643.
- Patel, V., DeSouza, N., Rodrigues, M., 2003. Postnatal depression and infant growth and development in low income countries: a cohort study from Goa, India. *Arch. Dis. Child.* 88, 34–37.
- Patel, V., Rahman, A., Jacob, K.S., Hughes, M., 2004. Effect of maternal mental health on infant growth in low income countries: new evidence from South Asia. *BMJ* 328, 820–823.
- Pinheiro, V.M., Silva, S.R., Silva, J.A., Outor-Monteiro, D., Mourão, J.L., 2008. Growth and carcass characteristics of rabbits housed in open-air or standard systems. Presented at the 9th World Rabbit Congress, Italy.
- Poigner, J., Szendrő, Z., Lévai, A., Radnai, I., Biró-Németh, E., 2010. Effect of birth weight and litter size on growth and mortality in rabbits. *World Rabbit Sci.* 8, 17–22.
- Poinssot, M., 2011. Etude des performances de reproduction du chien de race (Thèse de Doctorat Vétérinaire). Faculté de médecine de Créteil, Créteil.
- Price, K.C., Hyde, J.S., Coe, C.L., 1999. Matrilineal transmission of birth weight in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*) across several generations. *Obstet. Gynecol.* 94, 128–134.
- Proschowsky, H.F., Rugbjerg, H., Ersbøll, A.K., 2003. Mortality of purebred and mixed-breed dogs in Denmark. *Prev. Vet. Med.* 58, 63–74.
- Quiniou, N., Dagorn, J., Gaudré, D., 2002. Variation of piglets’ birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Prod. Sci., Peri- and Post-Natal Mortality in the Pig* 78, 63–70.

- Ricklefs, R.E., 1967. A Graphical Method of Fitting Equations to Growth Curves. *Ecology* 48, 978–983.
- Sackett, G.P., Ruppenthal, G.C., 1992. Growth of nursery-raised *Macaca nemestrina* infants: Effects of feeding schedules, sex, and birth weight. *Am. J. Primatol.* 27, 189–204.
- Saporta, G., 2006. Probabilités, analyse des données et statistique. Editions TECHNIP.
- Scherdel, P., Botton, J., Rolland-Cachera, M.-F., Léger, J., Pelé, F., Ancel, P.Y., Simon, C., Castetbon, K., Salanave, B., Thibault, H., Lioret, S., Péneau, S., Gusto, G., Charles, M.-A., Heude, B., 2015. Should the WHO growth charts be used in France? *PloS One* 10, e0120806.
- Šichtař, J., Dokoupilová, A., Vostrý, L., Rajmon, R., Jílek, F., 2016. Factors affecting reproductive efficiency in German Shepherd bitches producing litters for Police of the Czech Republic. *Czech J. Anim. Sci.* 61, 578–585.
- Silk, J., Short, J., Roberts, J., Kusnitz, J., 1993. Gestation length in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Int. J. Primatol.* 14, 95–104.
- Škorjanc, D., Brus, M., Čandek Potokar, M., 2007. Effect of birth weight and sex on pre-weaning growth rate of piglets. *Arch. Für Tierz.* 5, 476–486.
- Small, M.F., Smith, D.G., 1986. The influence of birth timing upon infant growth and survival in Captive Rhesus Macaques (*Macaca mulatta*). *Int. J. Primatol.* 7, 289–304.
- Smith, A.L., Stalder, K.J., Serenius, T.V., Baas, T.J., Mabry, J.W., 2007. Effect of piglet birth weight on weights at weaning and 42 days post weaning. *J. Swine Health Prod.* 15, 213–218.
- Smith, R.J., Leigh, S.R., 1998. Sexual dimorphism in primate neonatal body mass. *J. Hum. Evol.* 34, 173–201.
- Solignac, T., Castaing, J., Le Foll, P., 1989. Etude de la croissance du porcelet : influence de la pathologie digestive et de quelques paramètres zootechniques et comportementaux. *Journ. Rech. Porc. En Fr.* 21, 161–166.
- Spence, K.W., Yerkes, R.M., 1937. Weight, growth and age in chimpanzee. *Am. J. Phys. Anthropol.* 22, 229–246.
- Stephenson, T., Symonds, M., 2002. Maternal nutrition as a determinant of birth weight. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 86, F4–F6.
- Strum, S.C., 1991. Weight and age in wild olive baboons. *Am. J. Primatol.* 25, 219–237.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Takaishi, M., 1966. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. *Arch. Dis. Child.* 41, 454–471.
- Thomassen, R., Sanson, G., Krogenaes, A., Fougner, J.A., Berg, K.A., Farstad, W., 2006. Artificial insemination with frozen semen in dogs: a retrospective study of 10 years using a non-surgical approach. *Theriogenology* 66, 1645–1650.
- Tønnessen, R., Borge, K.S., Nødtvedt, A., Indrebø, A., 2012. Canine perinatal mortality: a cohort study of 224 breeds. *Theriogenology* 77, 1788–1801.
- Trangerud, C., Grøndalen, J., Indrebø, A., Tverdal, A., Ropstad, E., Moe, L., 2007. A longitudinal study on growth and growth variables in dogs of four large breeds raised in domestic environments. *J. Anim. Sci.* 85, 76–83.
- Vaclavkova, E., Danek, P., Rozkot, M., 2012. The influence of piglet birth weight on growth performance. *Res. Pig Breed. Czech Repub.* 6.
- Vančata, V., Vančatová, M., 2002. Growth of Common Chimpanzee (*Pan troglodytes*) in Captivity: Specific Features of Growth in Genetically Related Individuals. *Variability and Evolution* 10: 19-38.
- Varela-Silva, M.I., Azcorra, H., Dickinson, F., Bogin, B., Frisancho, A.R., 2009. Influence of maternal stature, pregnancy age, and infant birth weight on growth during childhood in

- Yucatan, Mexico: a test of the intergenerational effects hypothesis. *Am. J. Hum. Biol. Off. J. Hum. Biol. Counc.* 21, 657–663.
- Venge, O., 1950. Studies of the Maternal Influence on the Birth Weight in Rabbits. *Acta Zool.* 31, 1–148.
- Victoria, C.G., Morris, S.S., Barros, F.C., Onis, M. de, Yip, R., 1998. The NCHS Reference and the Growth of Breast- and Bottle-Fed Infants. *J. Nutr.* 128, 1134–1138.
- Virolle, L., 2015. Guide pratique de modélisation de la croissance pondérale de jeunes mammifères sauvages à travers deux exemples (Thèse de Doctorat Vétérinaire, 1952). Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Wadhwa, P.D., Sandman, C.A., Porto, M., Dunkel-Schetter, C., Garite, T.J., 1993. The association between prenatal stress and infant birth weight and gestational age at birth: a prospective investigation. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 169, 858–865.
- Zullinger, E.M., Ricklefs, R.E., Redford, K.H., Mace, G.M., 1984. Fitting Sigmoidal Equations to Mammalian Growth Curves. *J. Mammal.* 65, 607–636.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Questionnaire envoyé aux éleveurs pour la récolte des données

### Aidez-nous à mieux comprendre la croissance du chien

Madame, Monsieur,

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

- établir, par race, des courbes de croissance de référence du chiot entre zéro et deux mois
- étudier, pour chaque race, les relations entre le poids de naissance du chiot, sa croissance durant les deux premiers mois et la mortalité dans l'élevage et la croissance ultérieure.

Ces résultats constitueront un outil utile dans le suivi de la croissance de vos chiots, et pour l'identification précoce des chiots ayant un risque plus élevé de mortalité.

#### Quelles informations ?

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

Toutes ces informations dont nous avons besoin sont regroupées dans le questionnaire ci-dessous (si possible à compléter et à renvoyer en même temps que vos données de poids). Les résultats obtenus lors de cette étude seront anonymes. Aucun nom d'éleveur, de propriétaire, ou de chien ne sera associé aux résultats.

Toutes vos portées nées depuis 2005 nous intéressent.

#### Comment nous faire parvenir vos données ?

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

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

Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Service de Reproduction - Etude Croissance Chiots  
23 Chemin des Capelles  
B.P. 87614, F-31076 Toulouse cedex 3

#### Devenir des données

Les résultats ne seront fiables que si nous collectons suffisamment de données. Si c'est le cas, les résultats obtenus seront ensuite diffusés aux clubs de race et dans la presse canine. Ils seront également disponibles dans des thèses de doctorat de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, accessibles en ligne sur le site de l'ENVT ([www.envt.fr](http://www.envt.fr))

En espérant votre participation et en vous remerciant par avance.

Pr Sylvie CHASTANT  
Reproduction  
Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



**Questionnaire – Etude sur la croissance du chien de race**

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

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

---

**Votre élevage**

Nom de votre élevage : .....

(si vous fournissez les données sur plusieurs portées, notez ensuite uniquement votre nom pour cette partie)

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

Adresse électronique : .....

(facultatif – elle nous sera utile si nous avons besoin de précisions)

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

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

Combien de races élevez-vous ? .....

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

---

**La mère des chiots**

Nom : ..... Race ? .....

Date de naissance ? .....

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

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

---

**Le père des chiots**

Nom : ..... Race ? .....

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

Date de naissance ? .....

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

---

**La saillie**

Date de la première saillie ? .....

---

### La mise-bas

Date de la mise-bas ? .....

La mise-bas : 1) a été facile  2) a été difficile  3) s'est terminée par une césarienne

Nombre total de chiots nés .....

Nombre de chiots morts-nés .....

Nombre de chiots nés vivants .....

### Les chiots de la portée

Nom du chiot	Né-vivants (oui/non)	Sexe (mâle/femelle)	Poids le jour de la naissance (eng)	Chiot mort avant l'âge de 2 mois ? (oui/non)	Date de la mort	Coordonnées du nouveau maître après la vente (mail, adresse et/ou numéro de téléphone) *

\* Cette information est importante pour nous car elle nous permettra d'obtenir le poids du chiot à l'âge adulte.

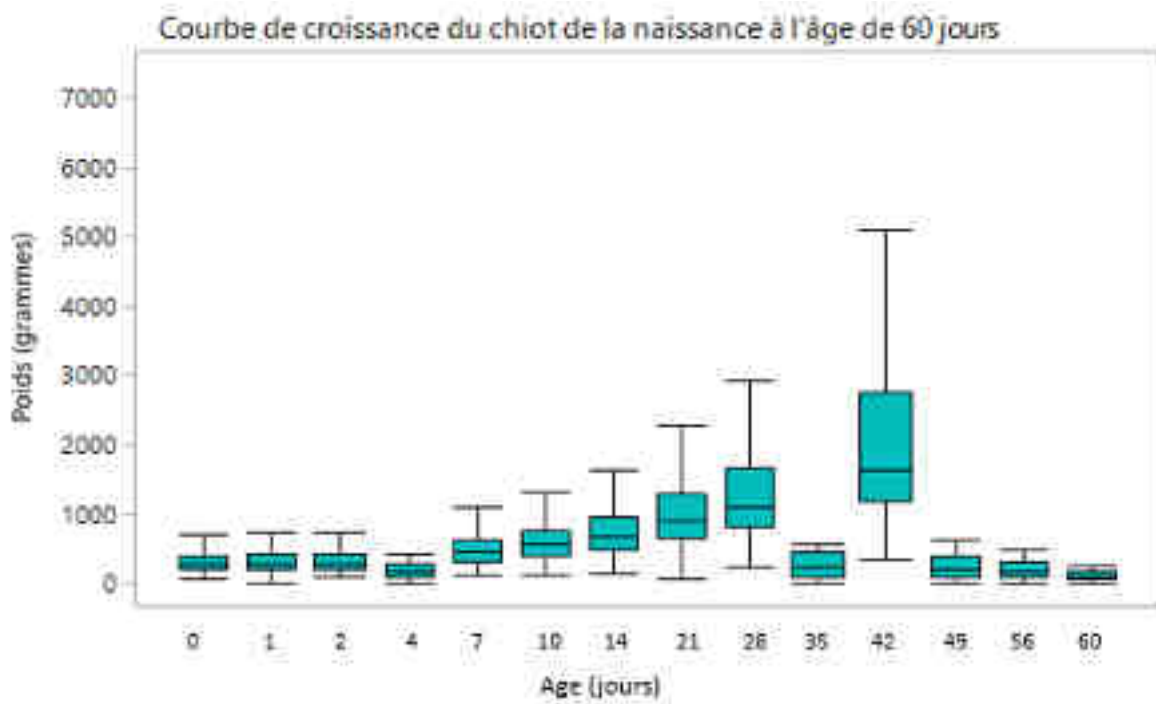
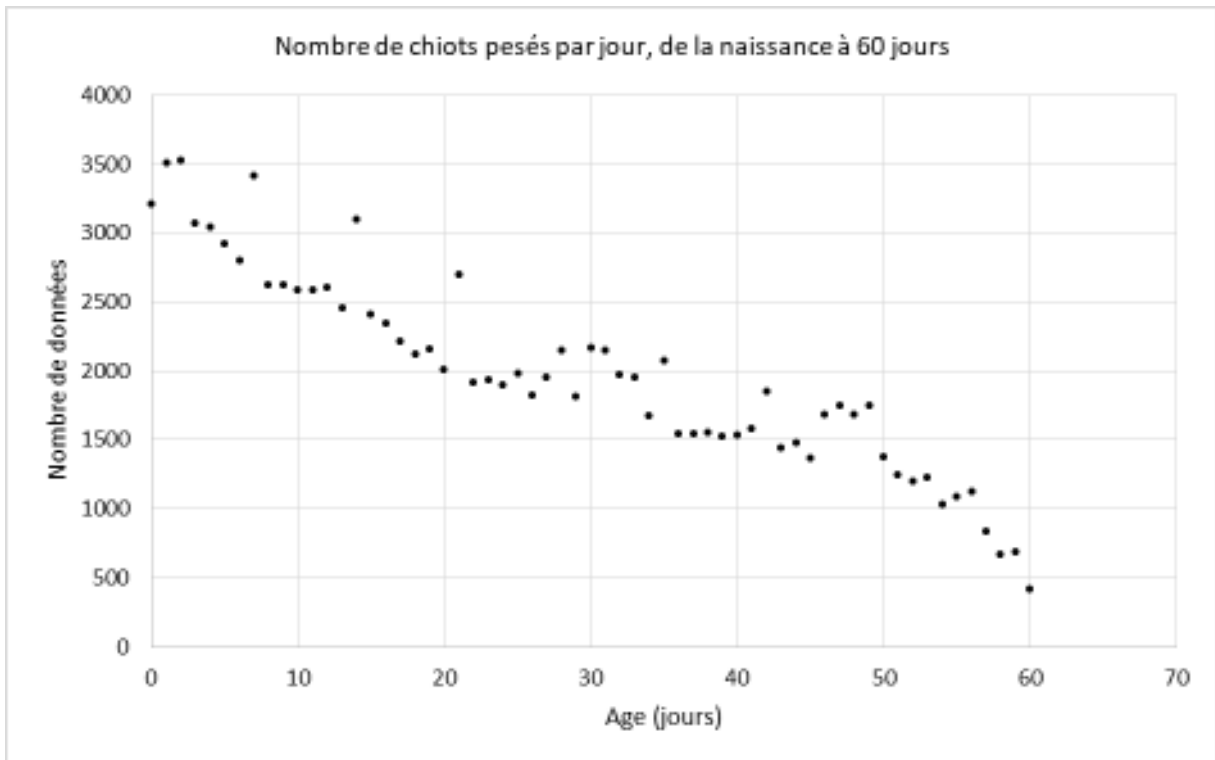
Pouvez-vous parallèlement à ce questionnaire nous faire parvenir les données de poids de vos chiots (de la naissance jusqu'à ce que vous ayez décidé d'arrêter de les peser) ?

Un grand merci encore pour votre participation  
Nous vous communiquerons les résultats de cette étude.

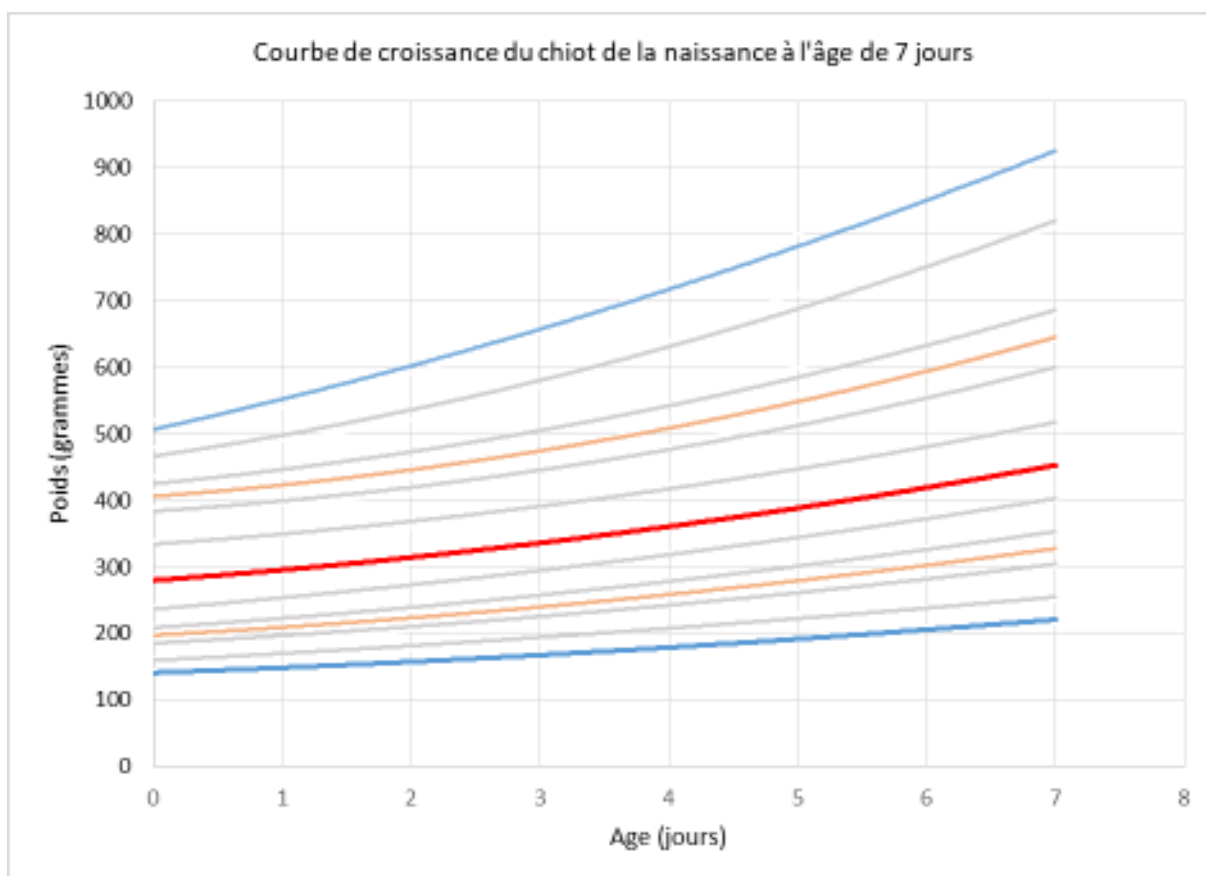
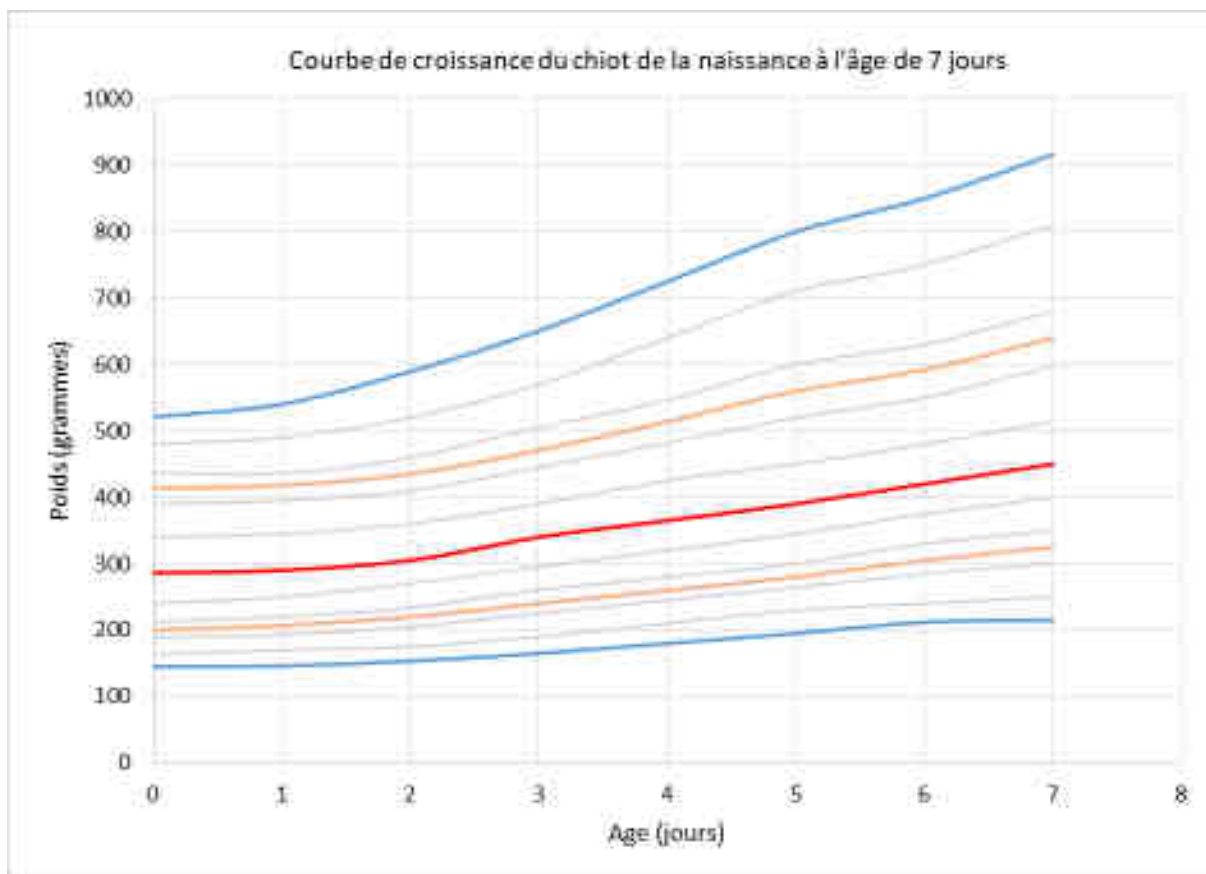
Pour les annexes 2 à 25 : chaque annexe comporte 4 pages. Les pages 2, 3 et 4 de chaque annexe comportent deux courbes couvrant la même période : la première représente les données brutes non lissées, la seconde représente les données lissées avec une fonction polynomiale de degré 2 de la forme  $y = ax^2 + bx + c$ . Pour chaque courbe (sauf page 1 de chaque annexe), la légende est la suivante : Rouge = médiane ; Orange = 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile ; Gris = déciles 10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 90 ; Bleu = centiles 5 et 95

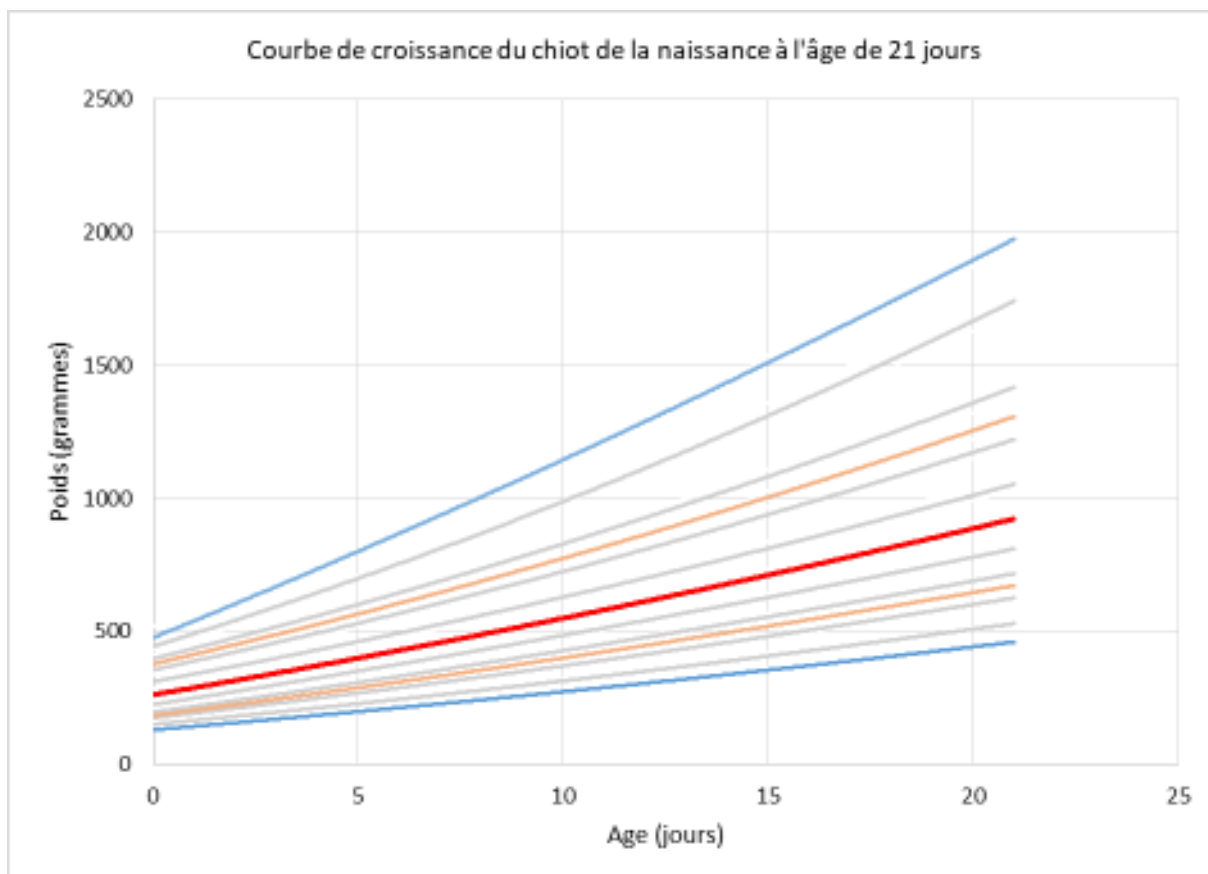
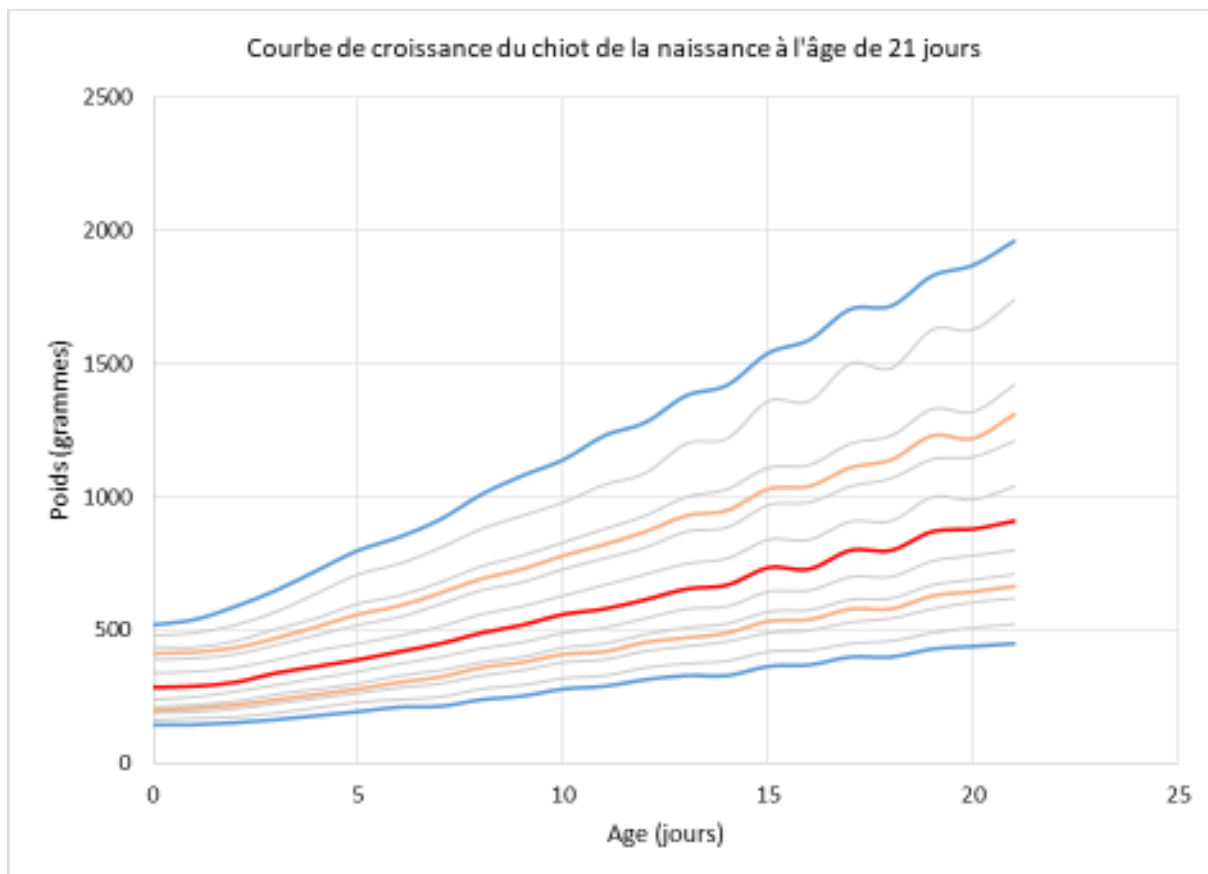


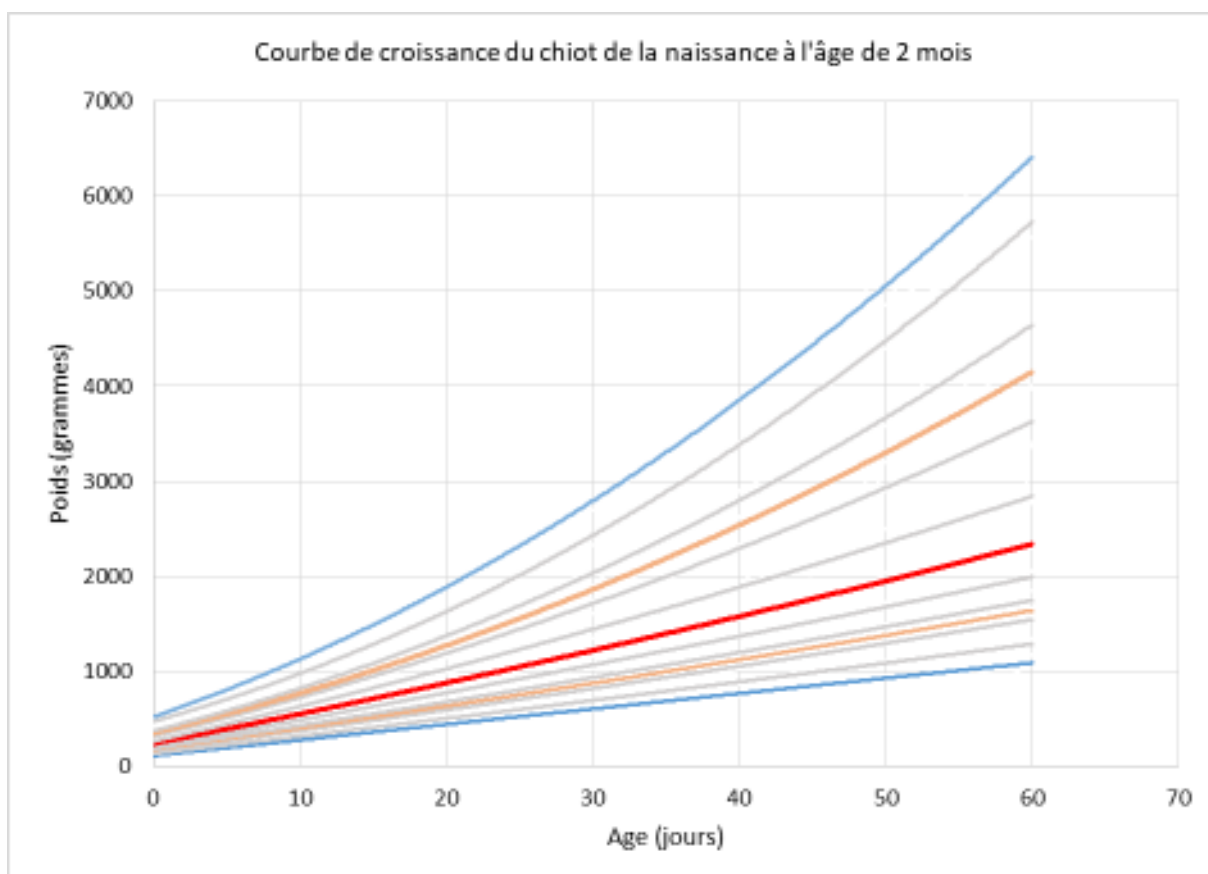
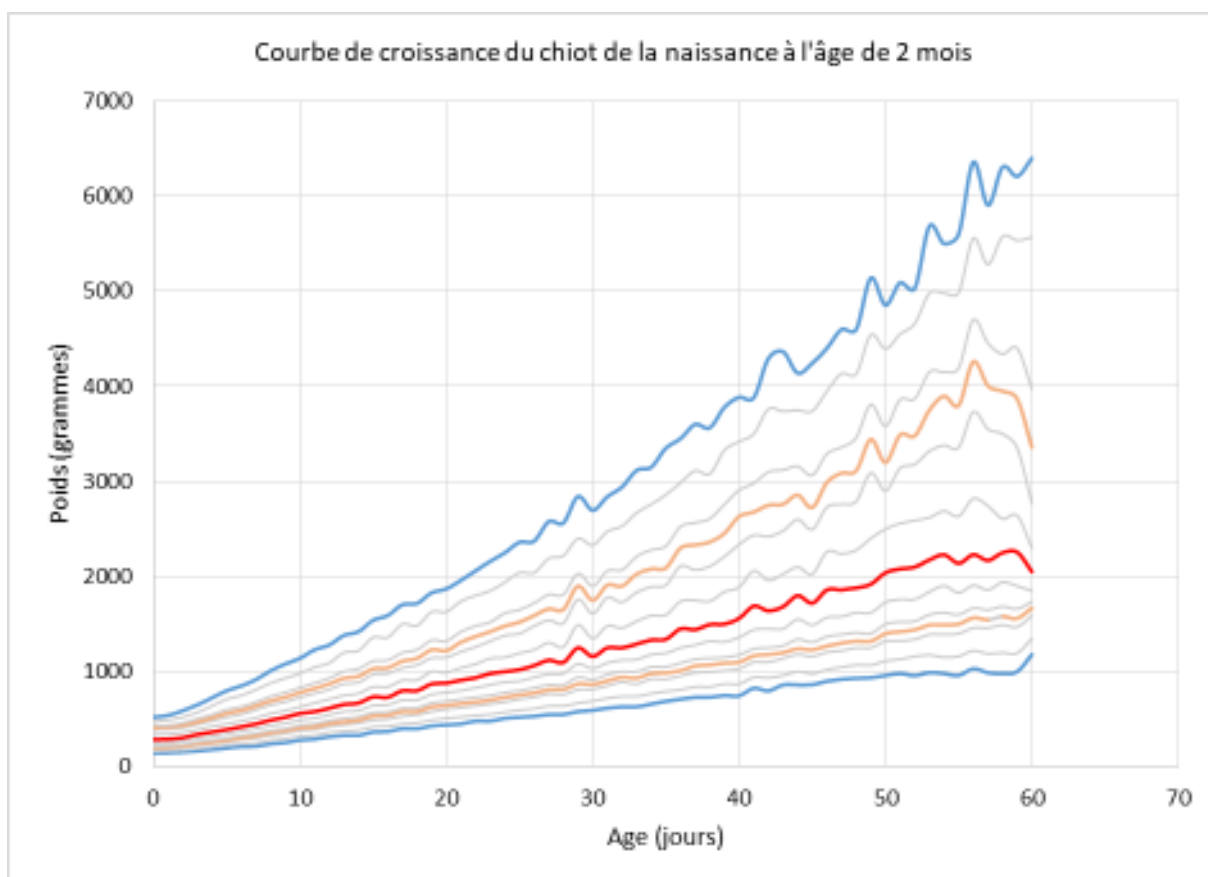
Annexe 2 : Espèce canine : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



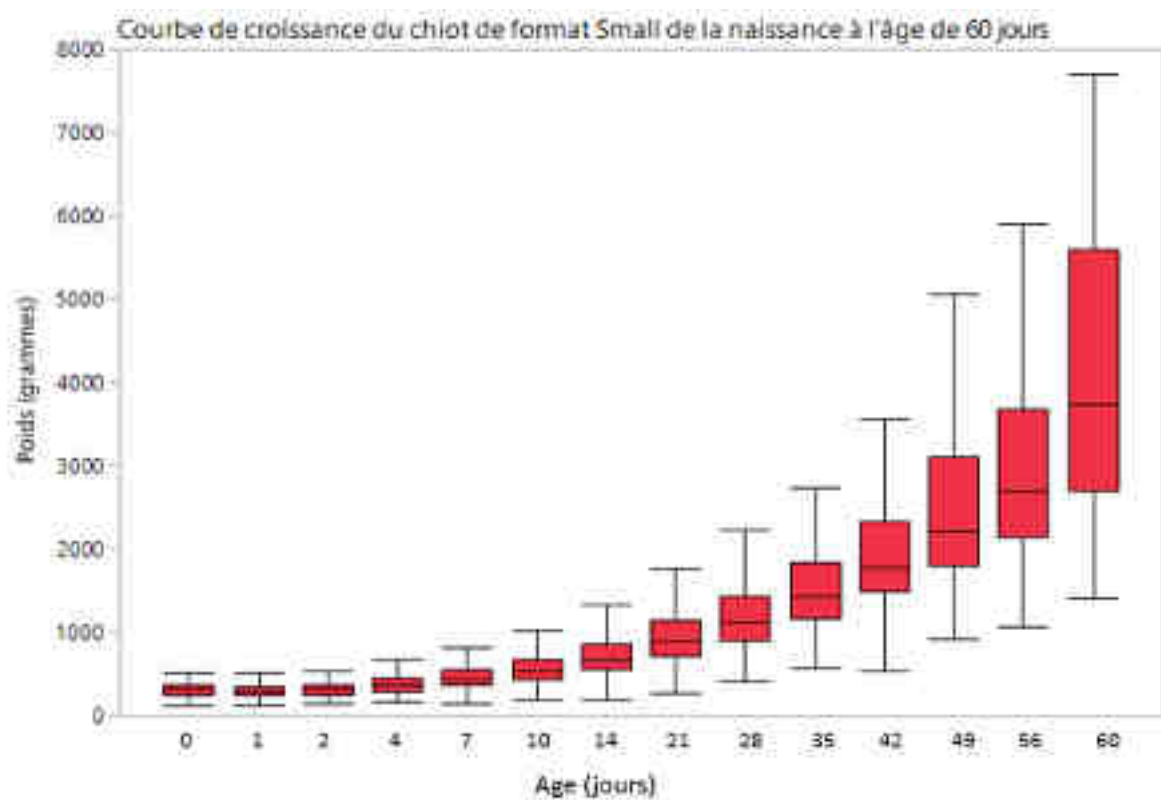
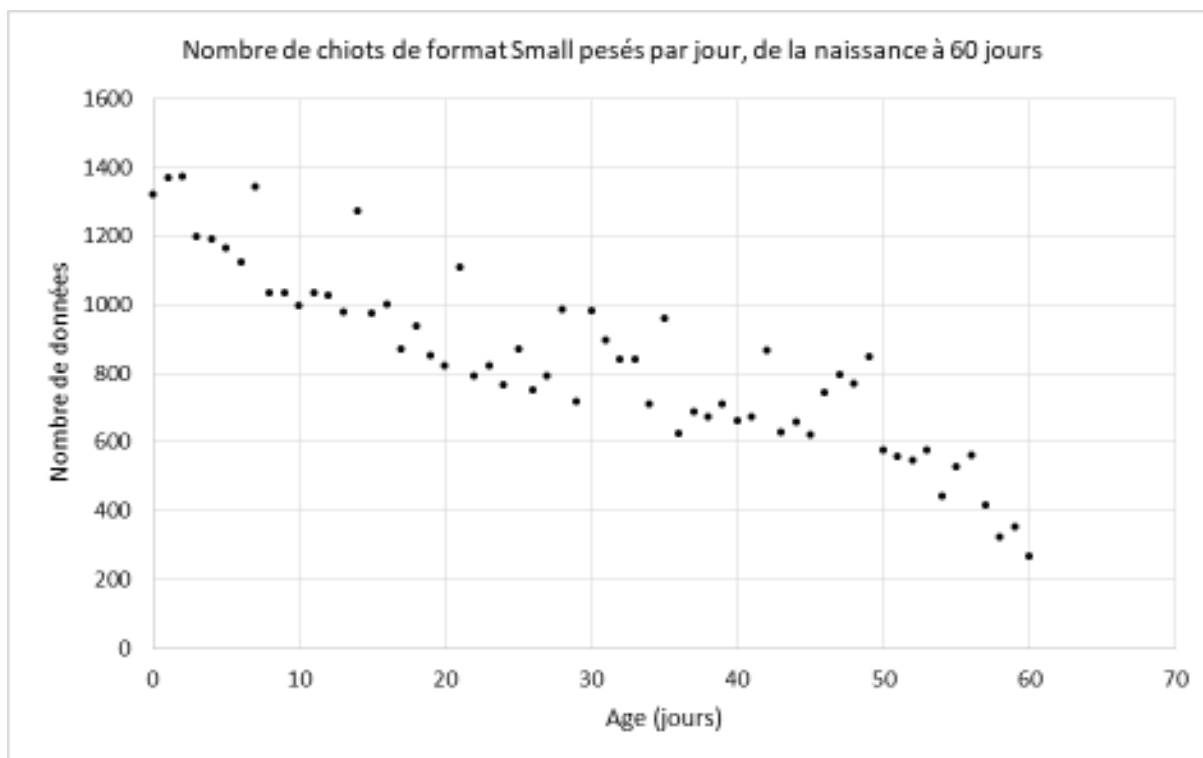


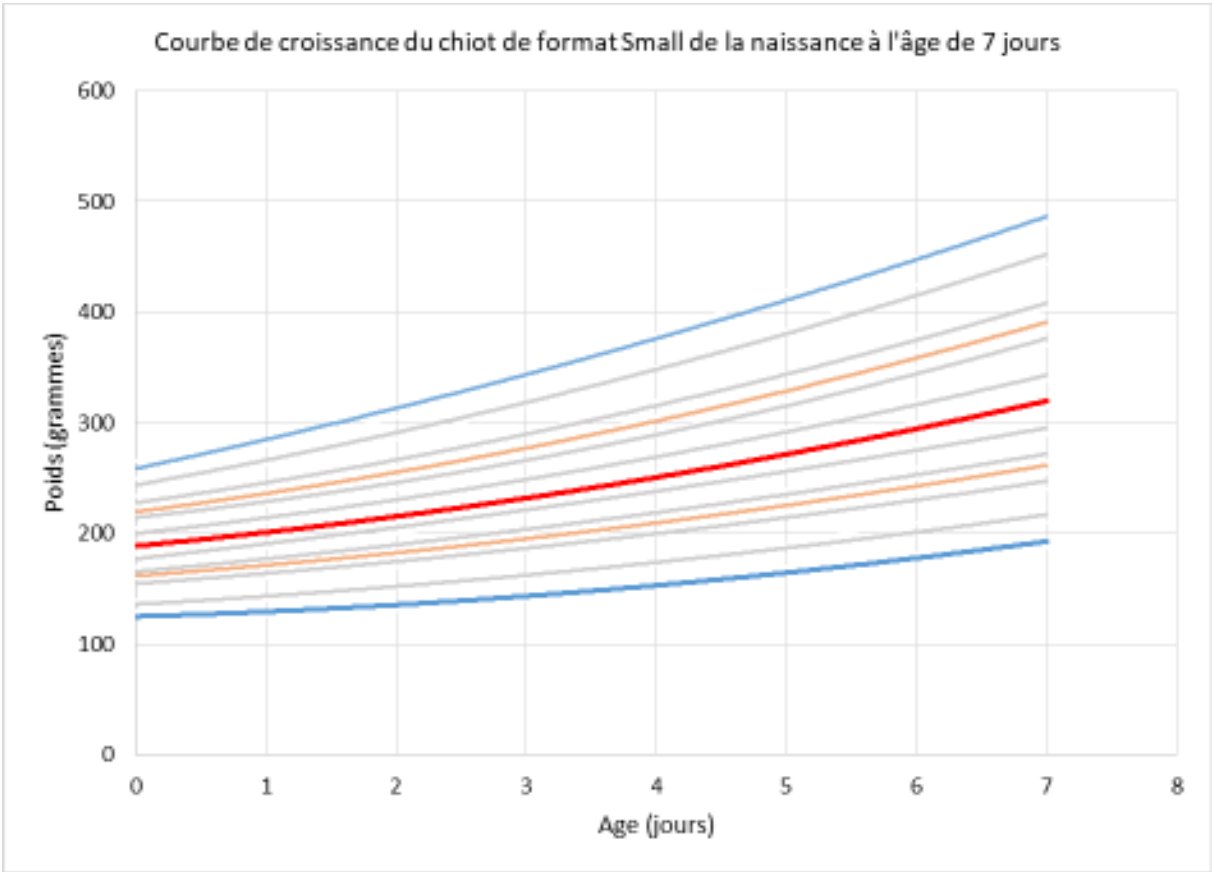
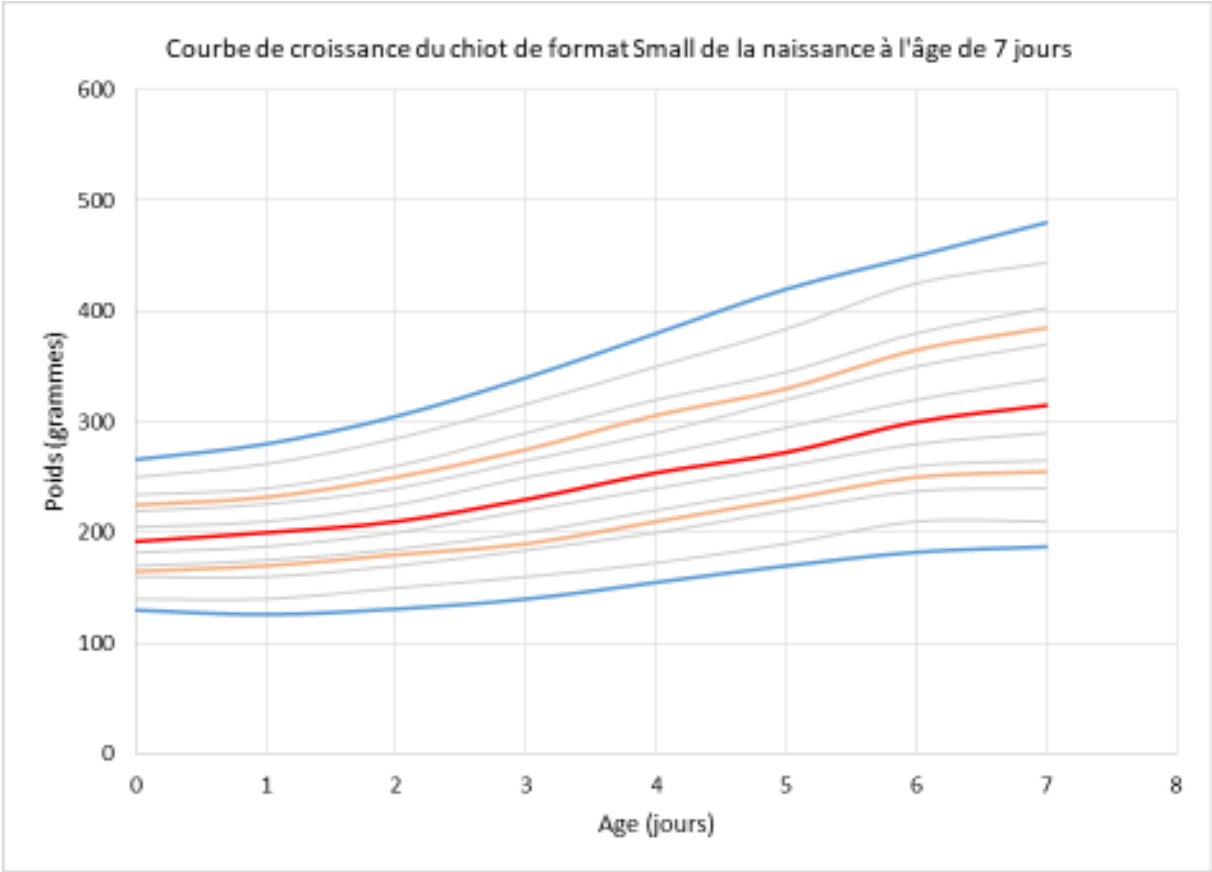


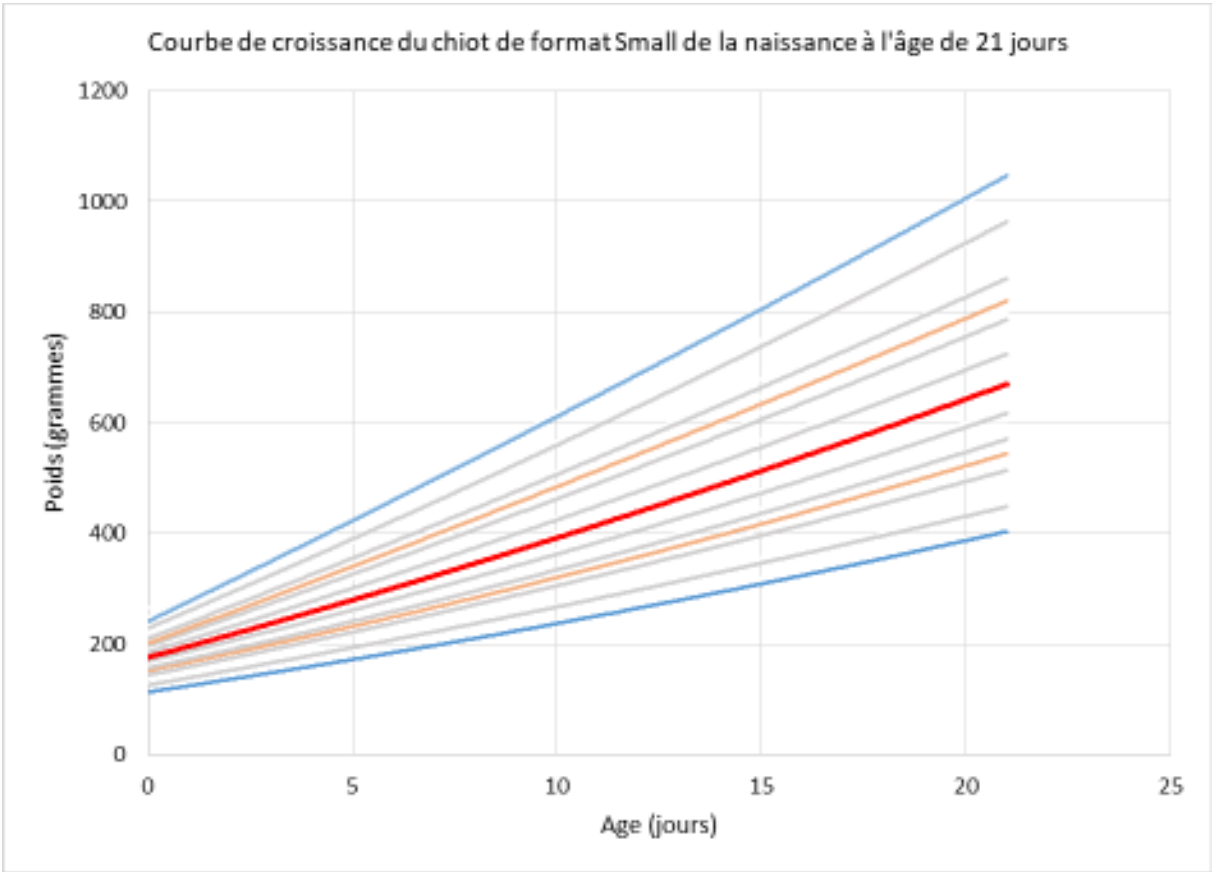
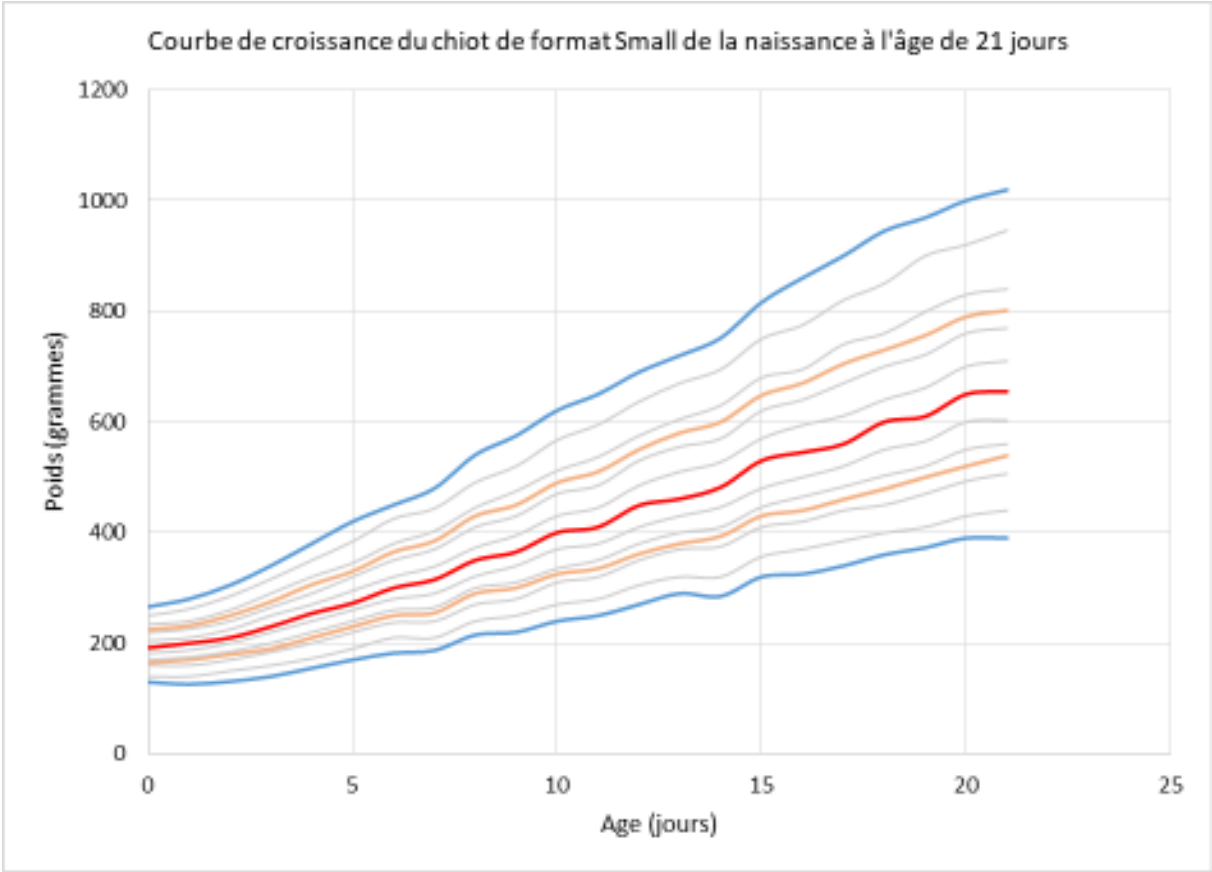


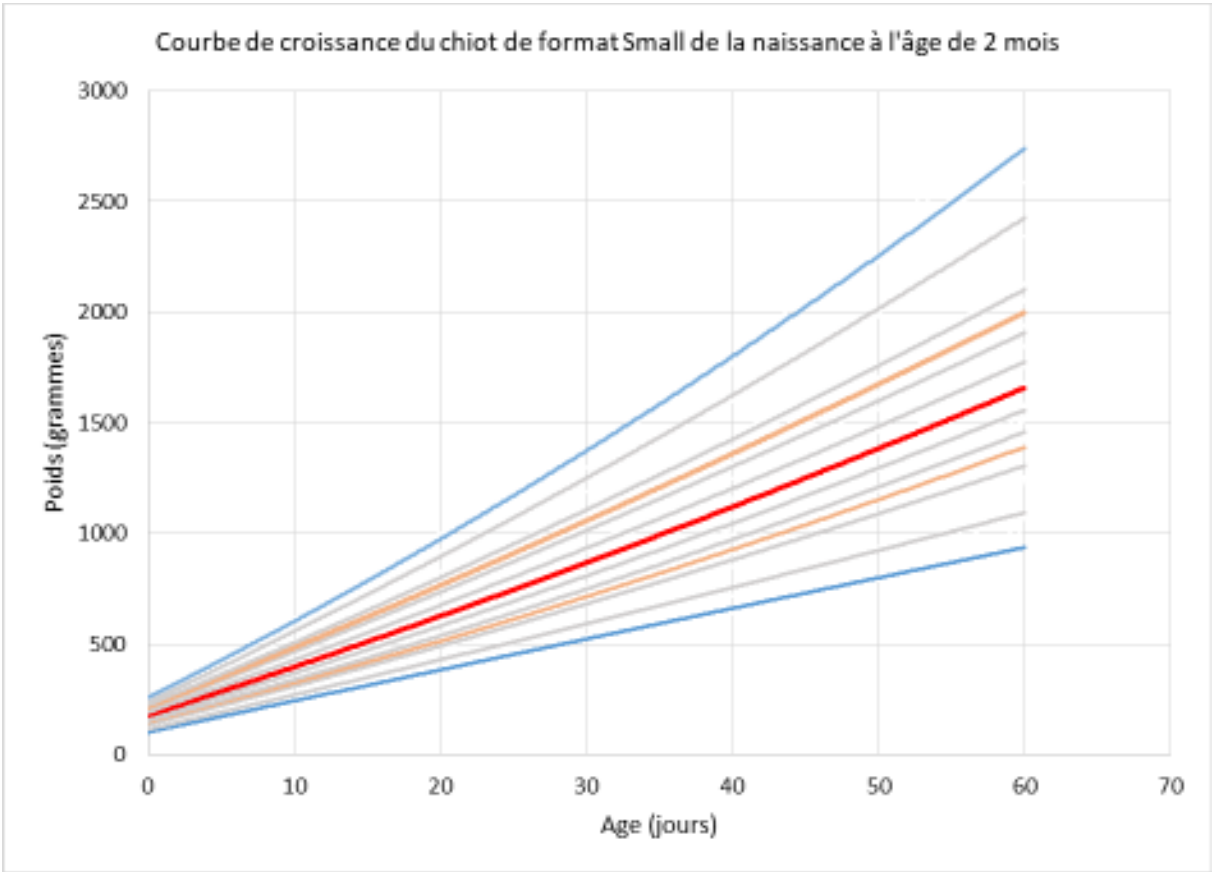
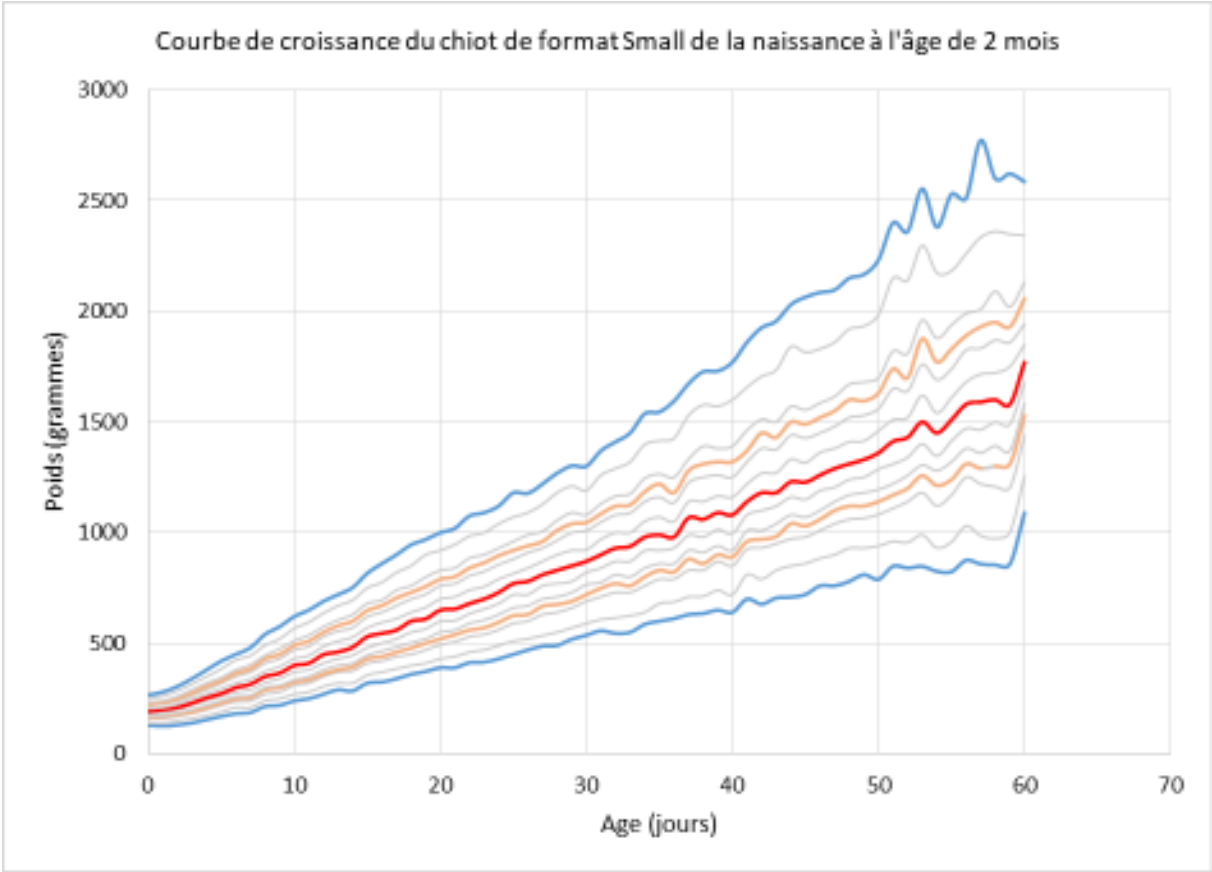


Annexe 3 : Chiens de format Small : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

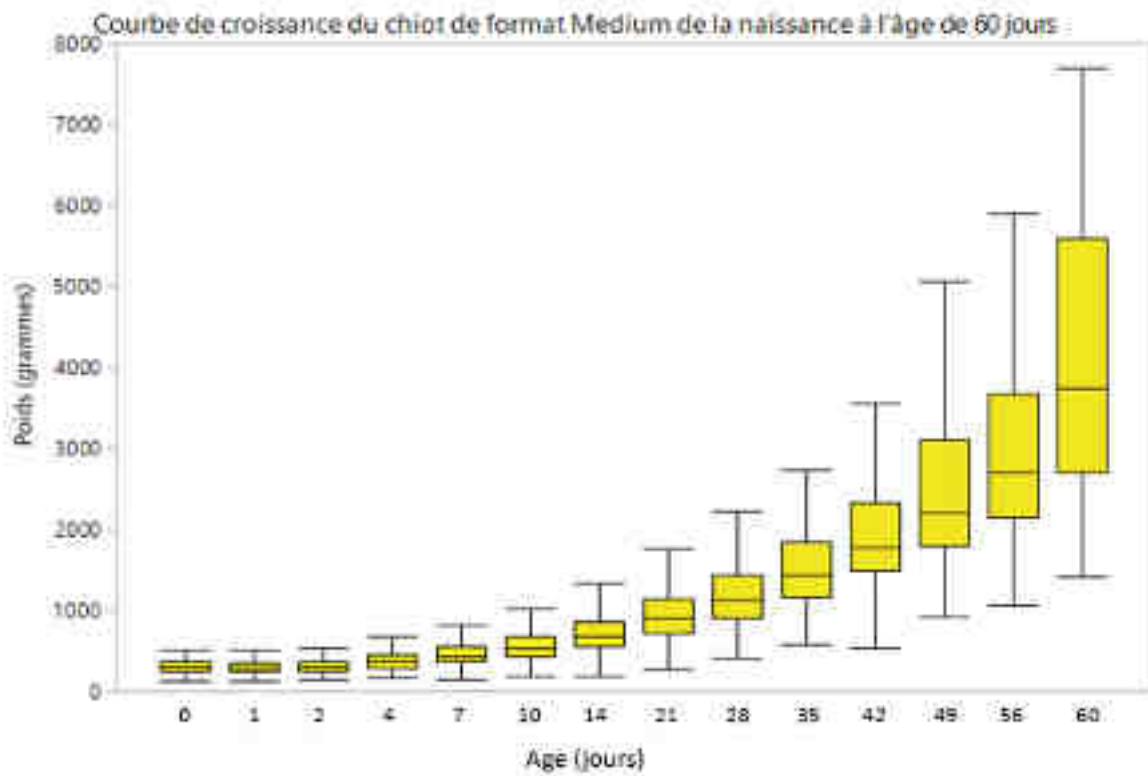
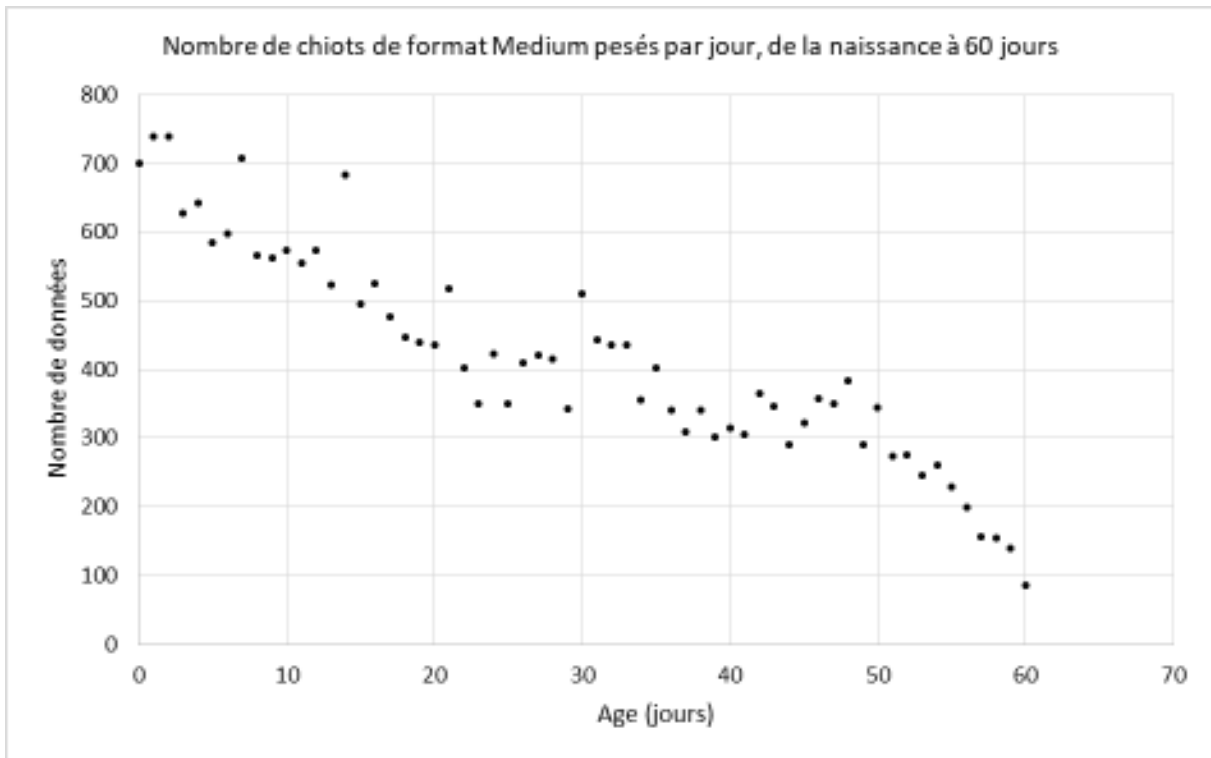




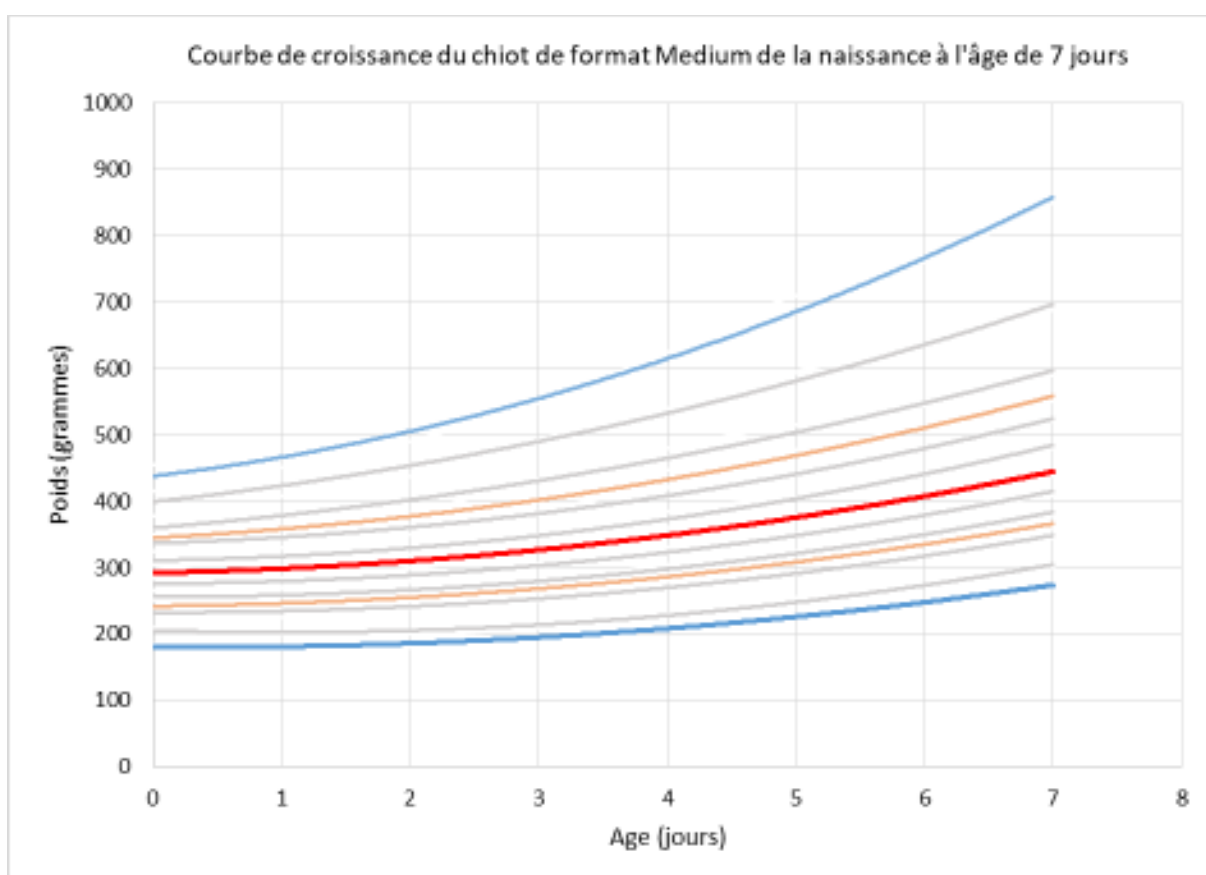
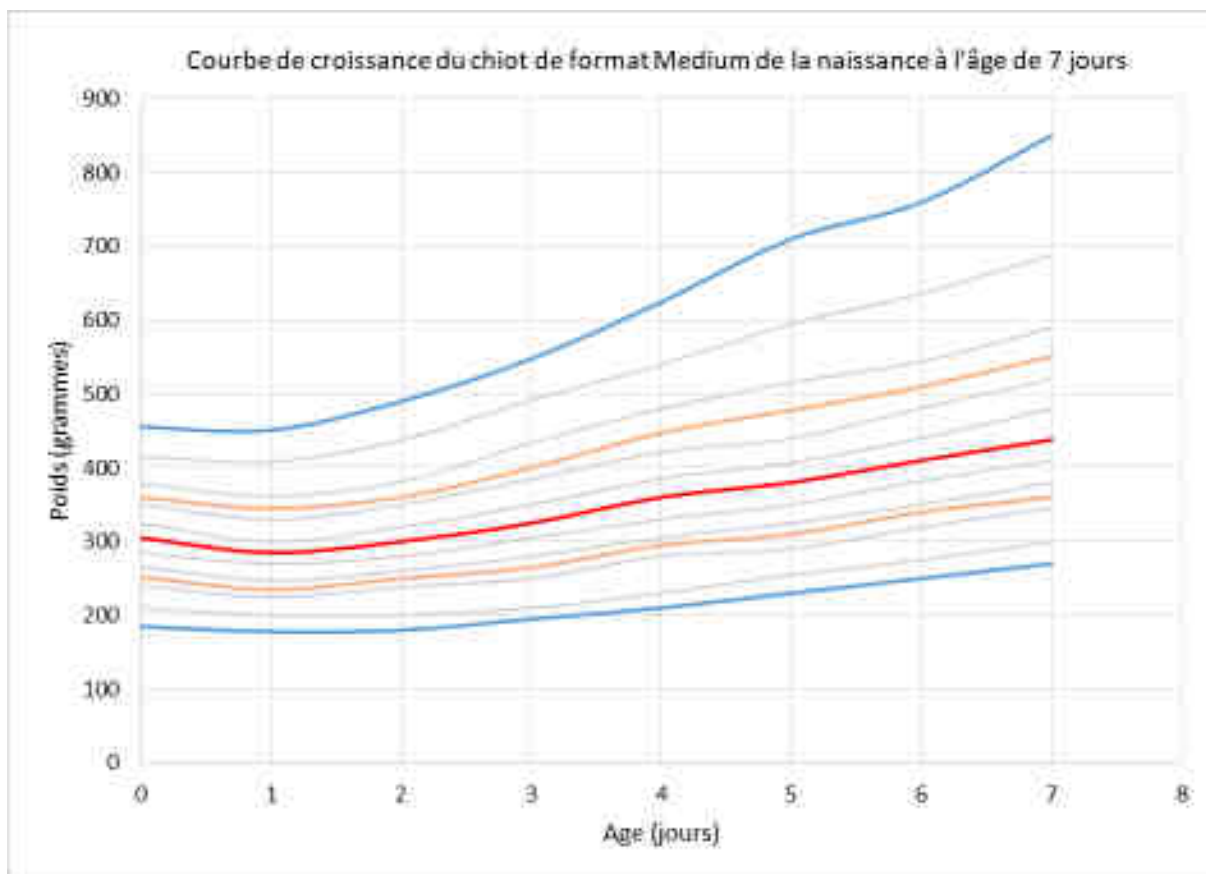


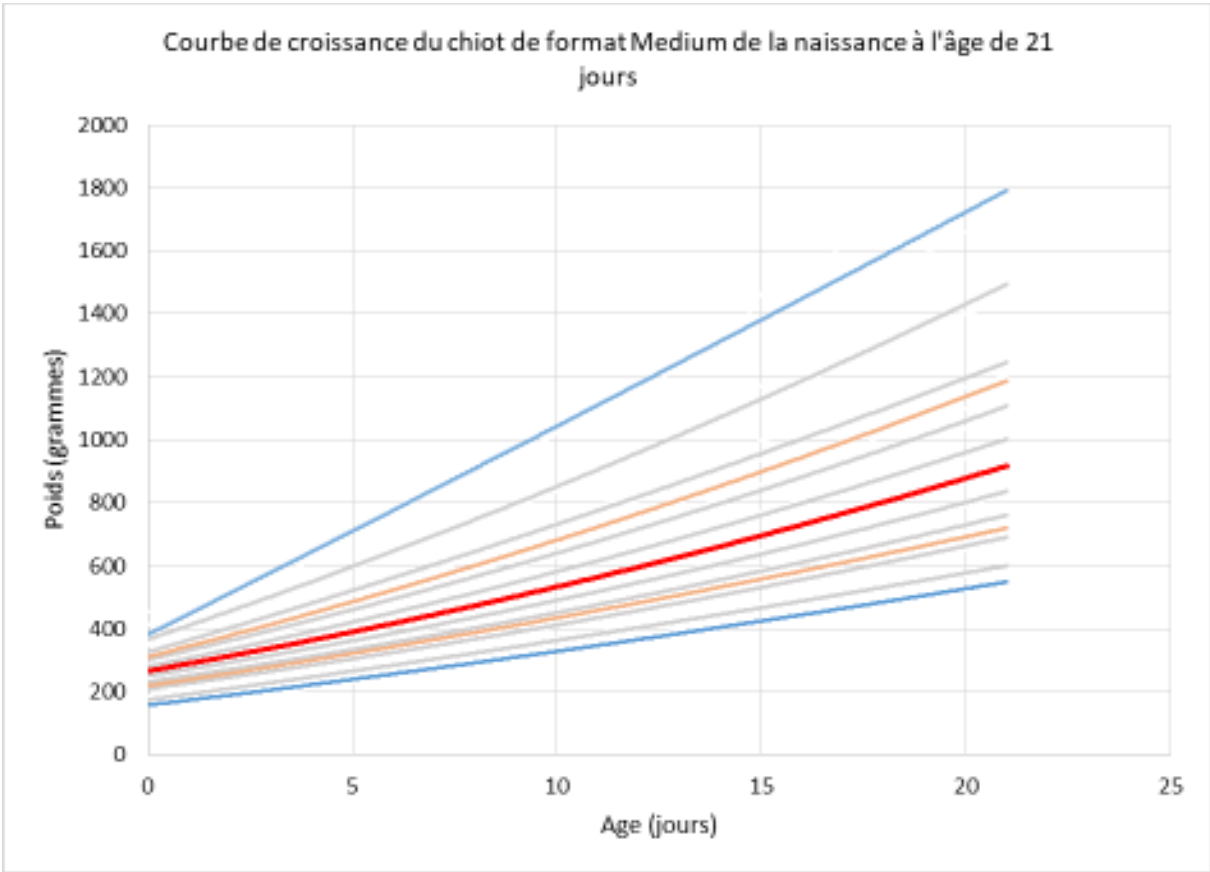
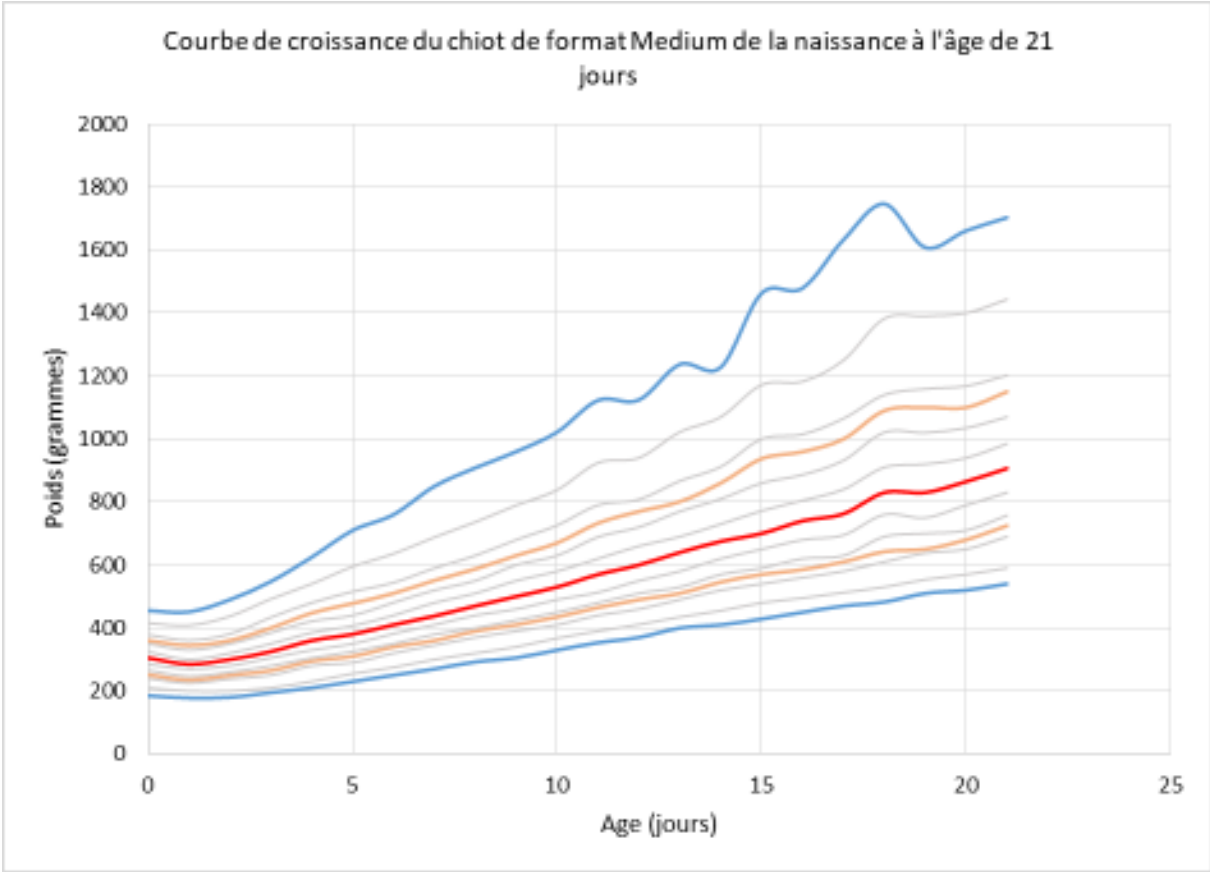


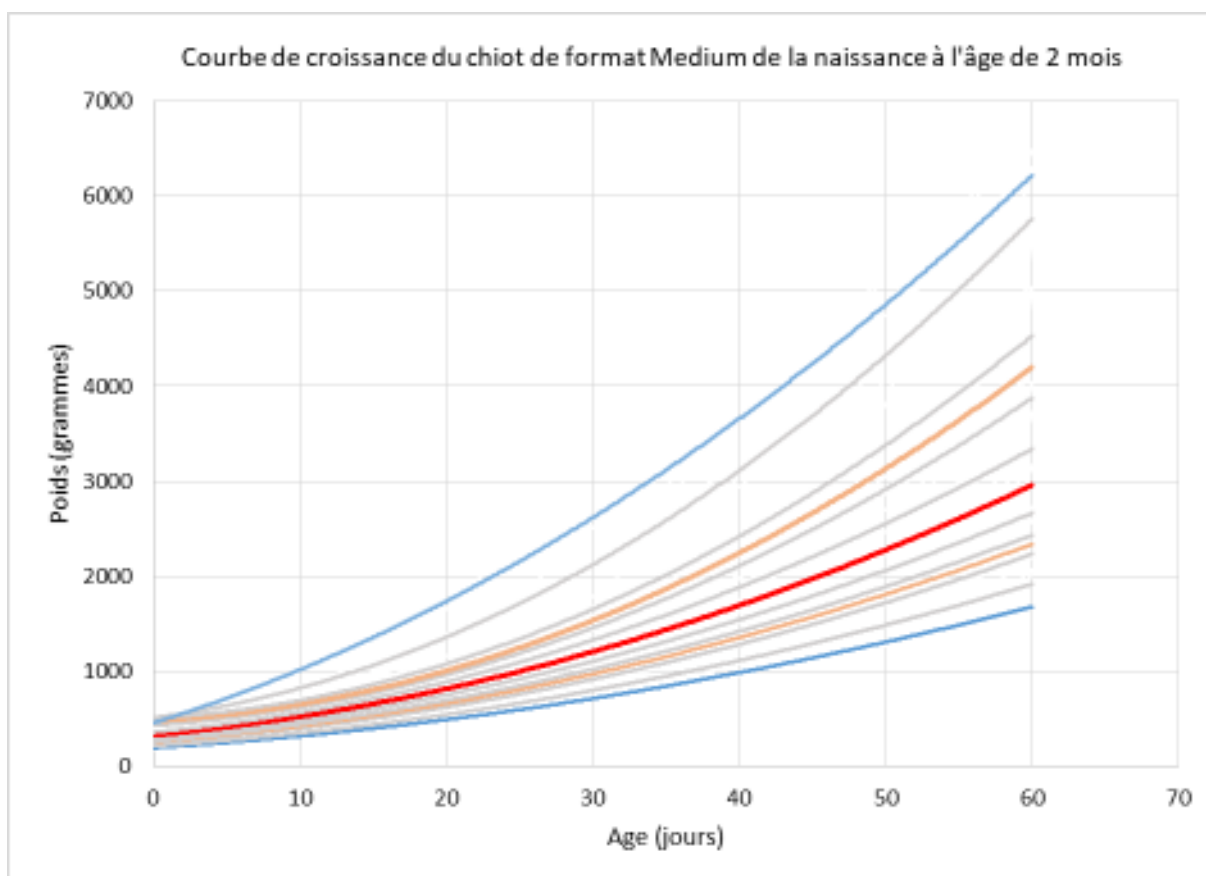
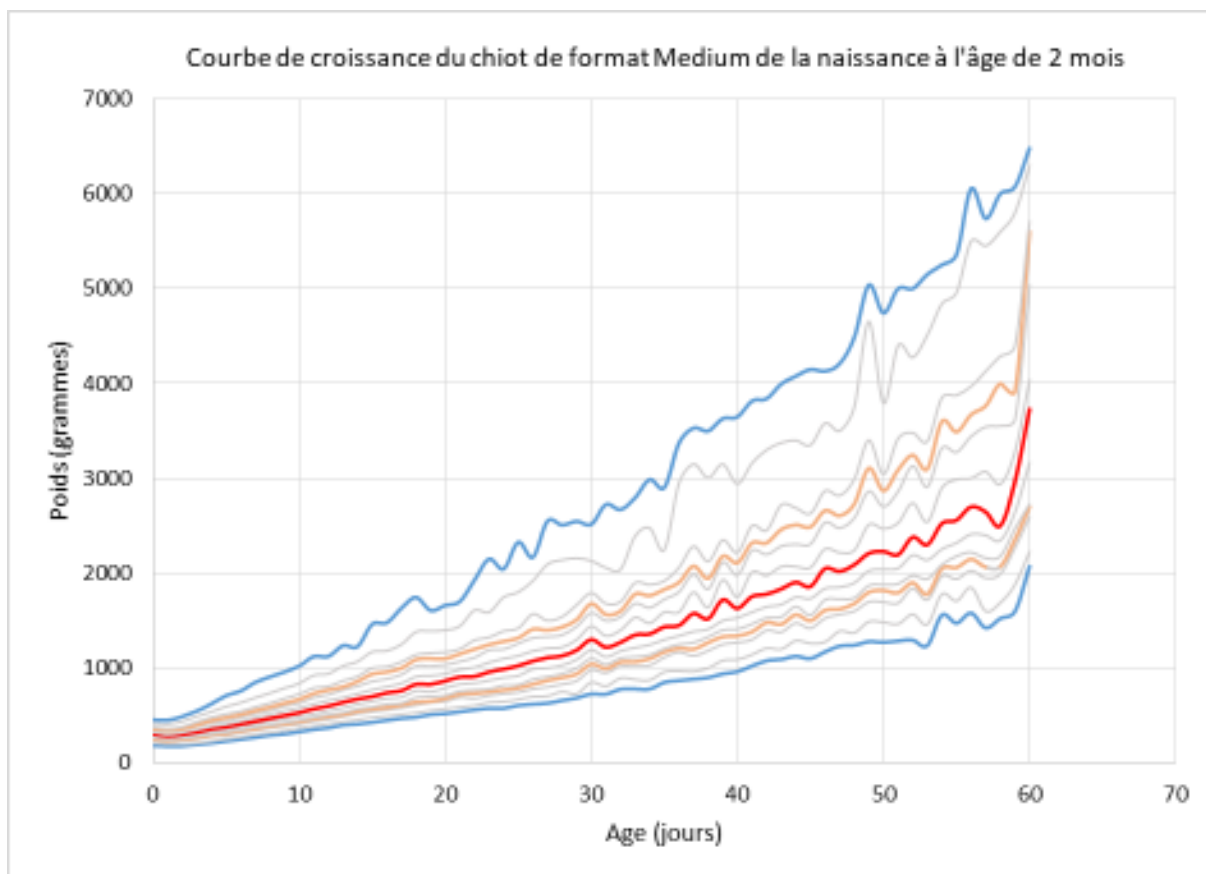
Annexe 4 : Chiens de format Medium : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



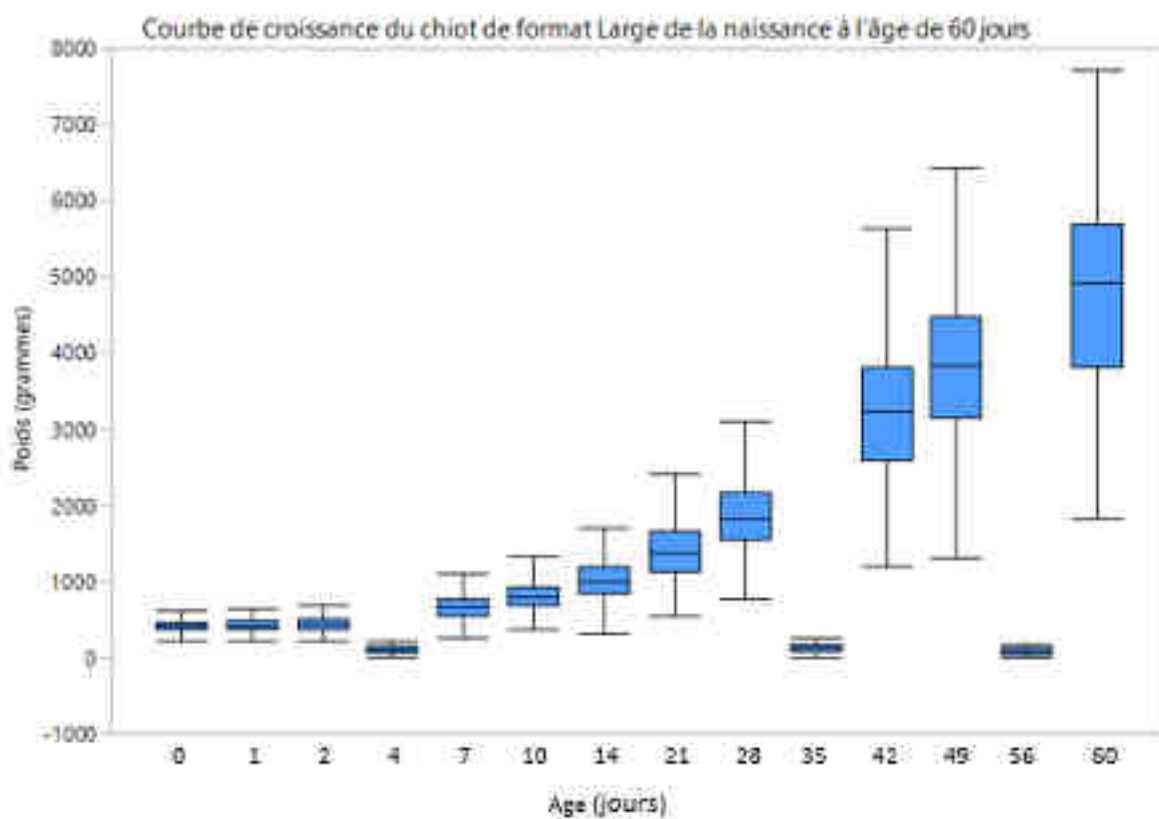
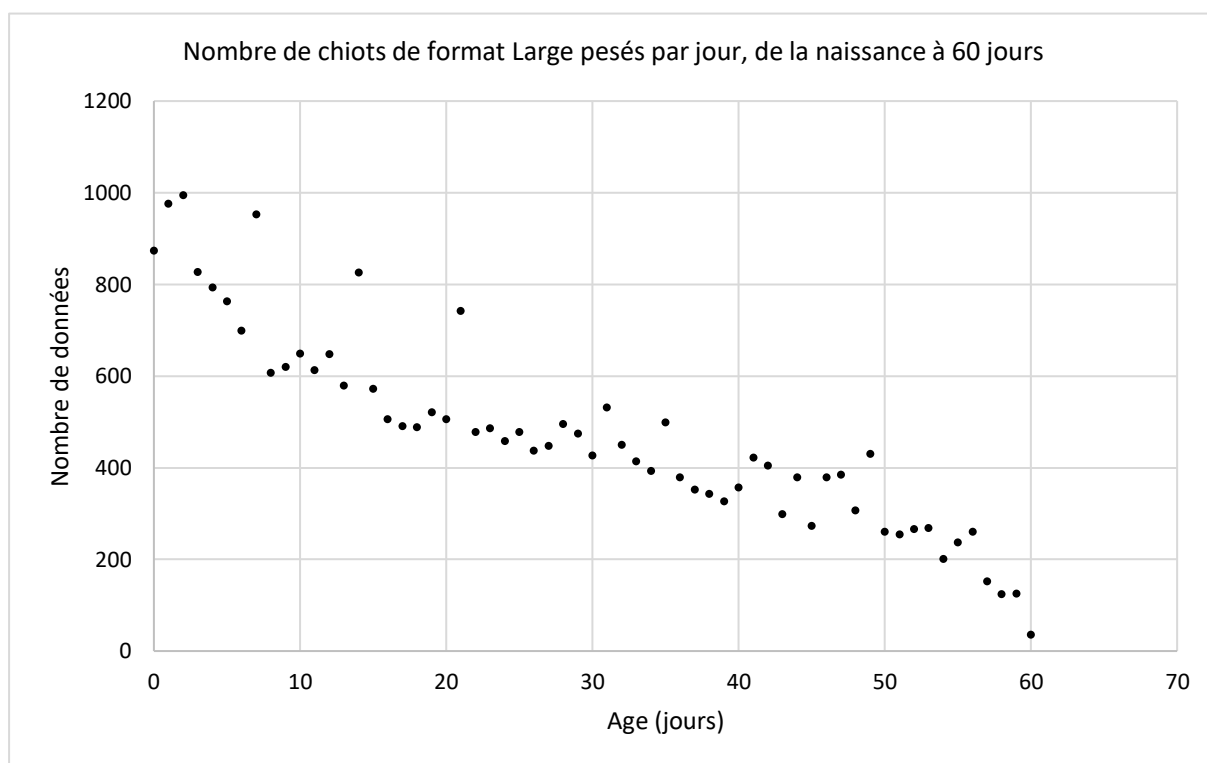


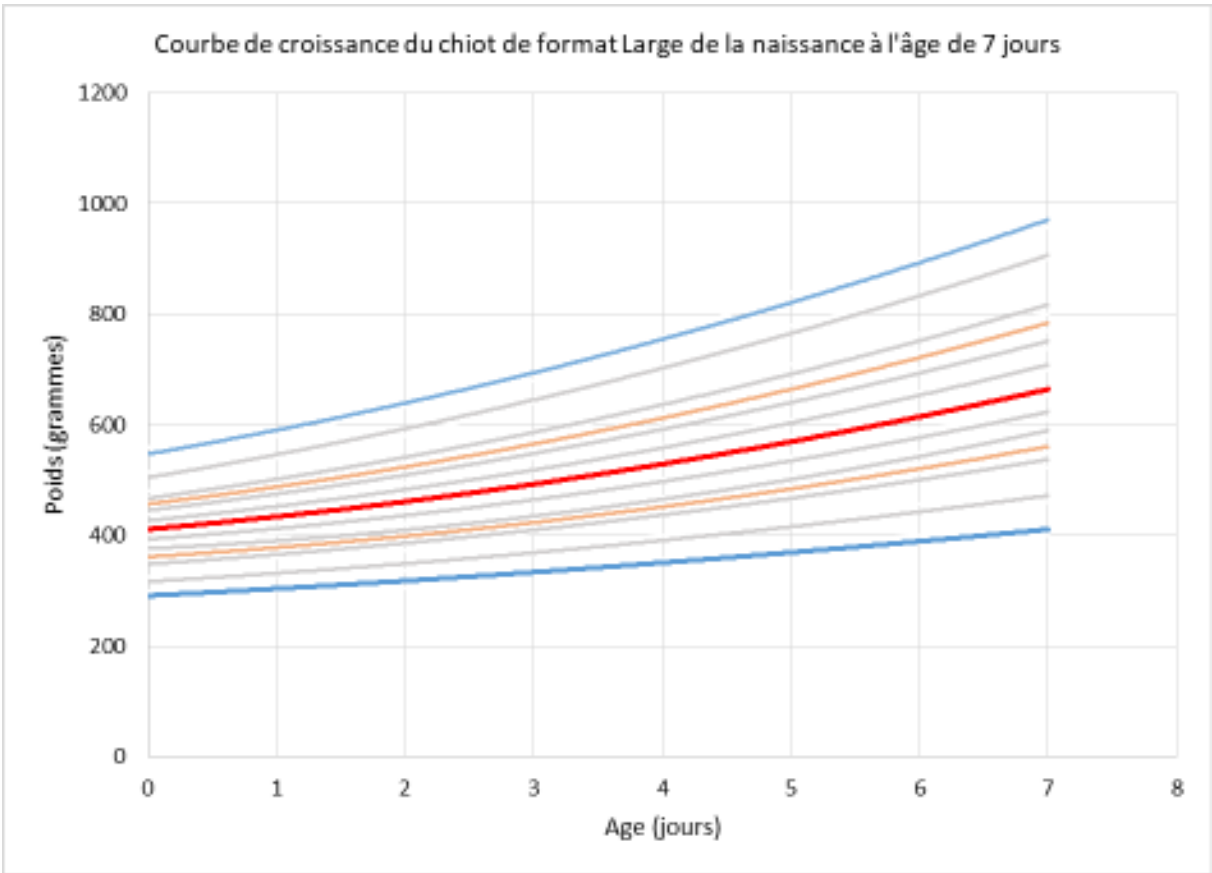
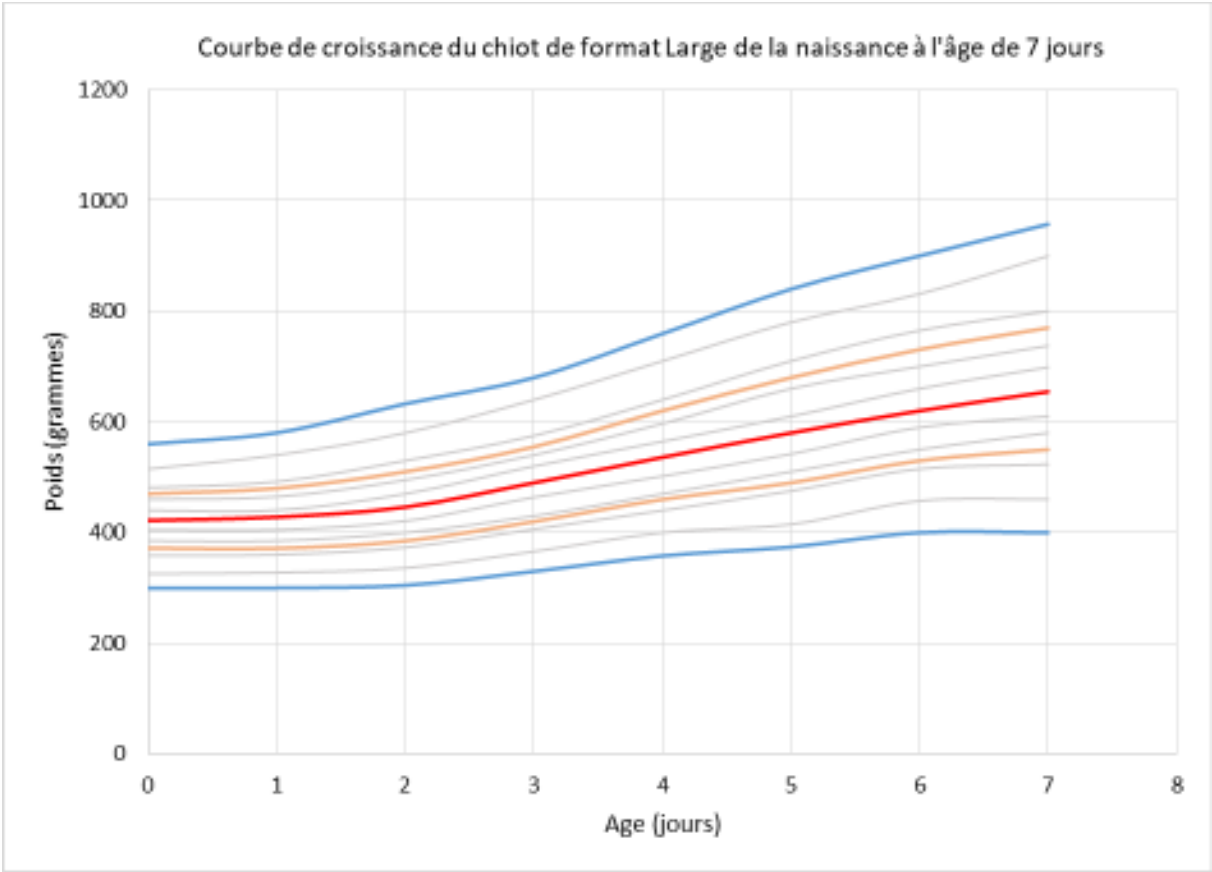


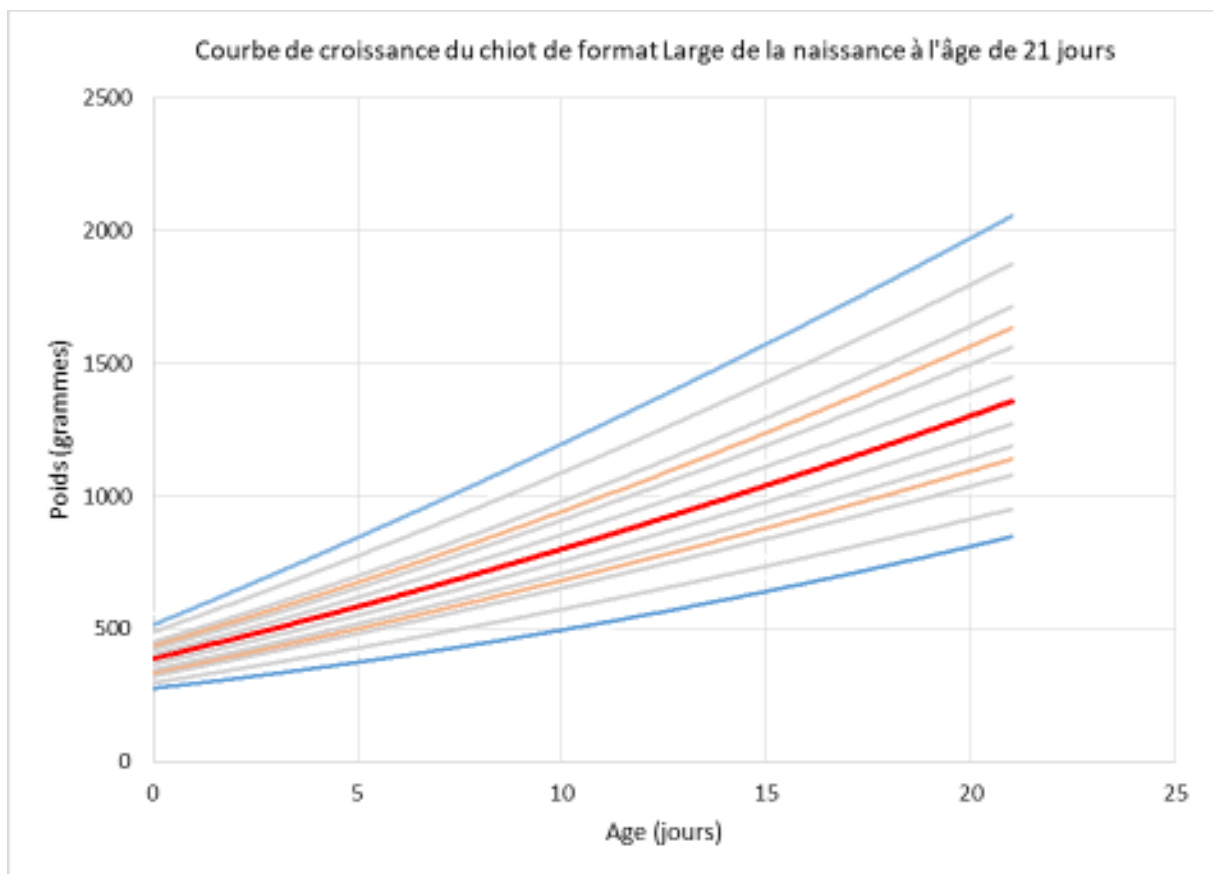
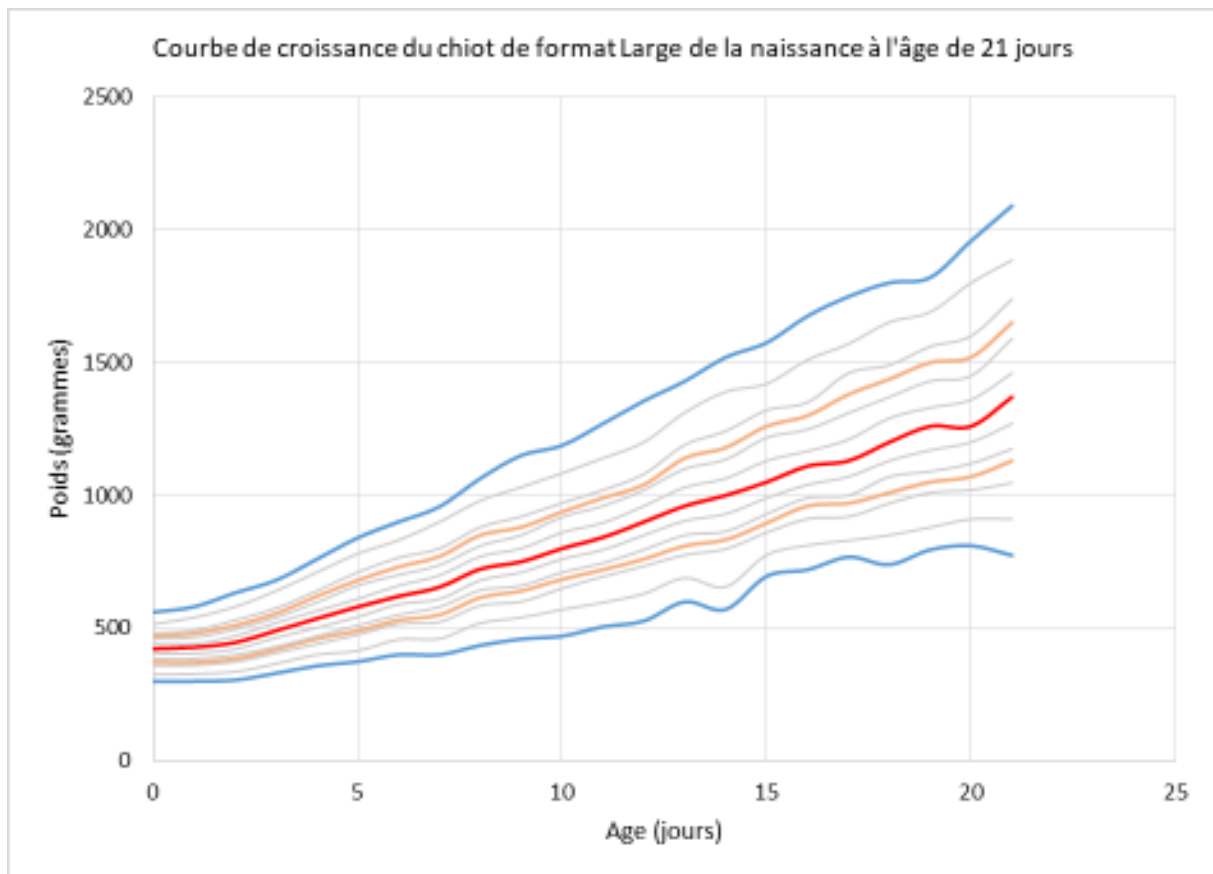


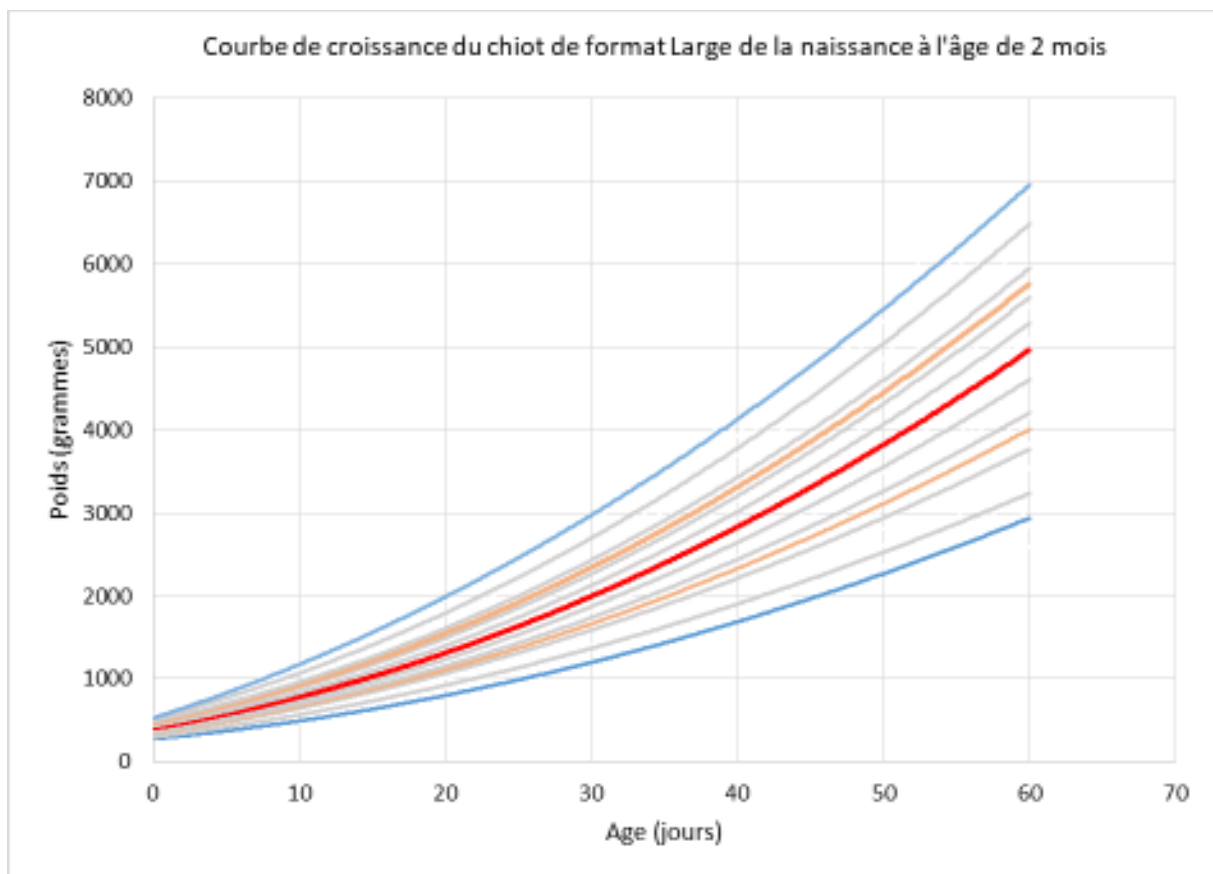
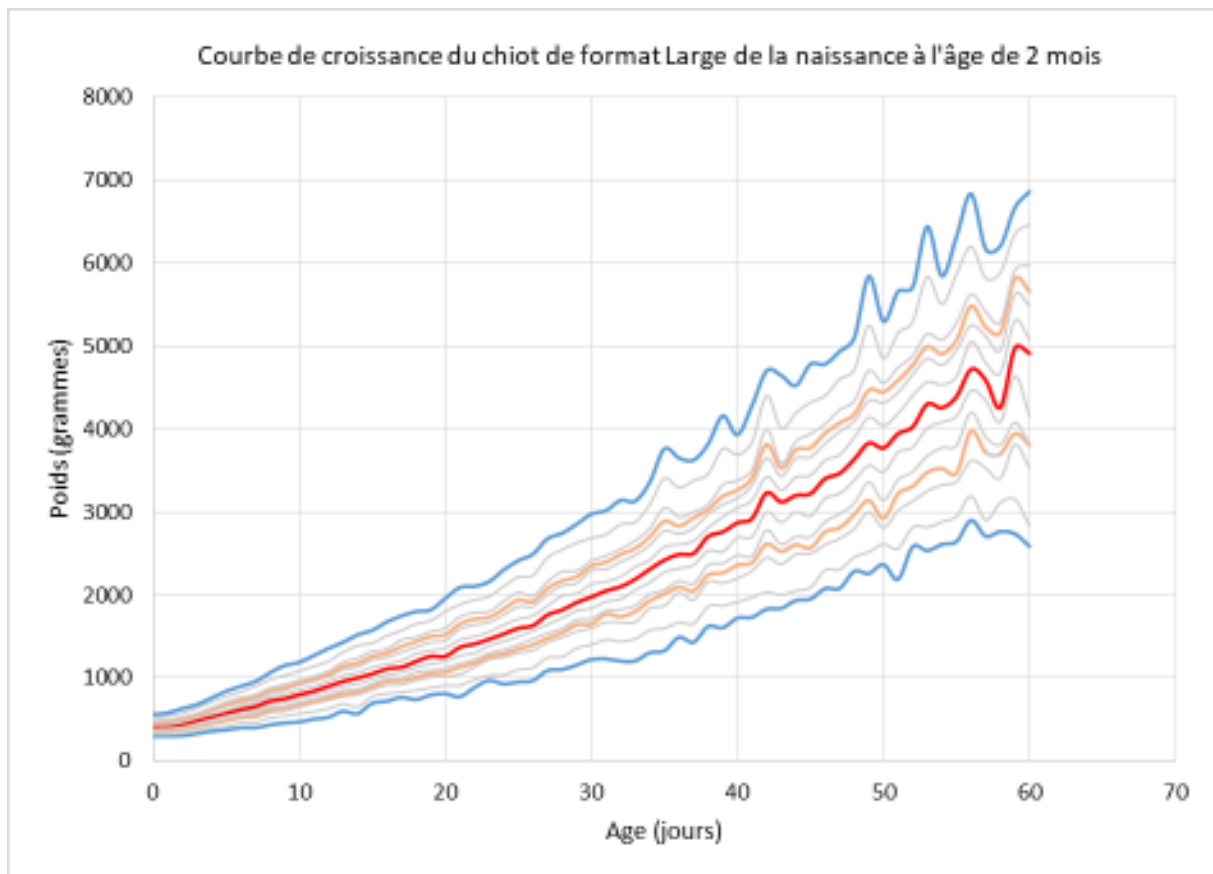


Annexe 5 : Chiens de format Large : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

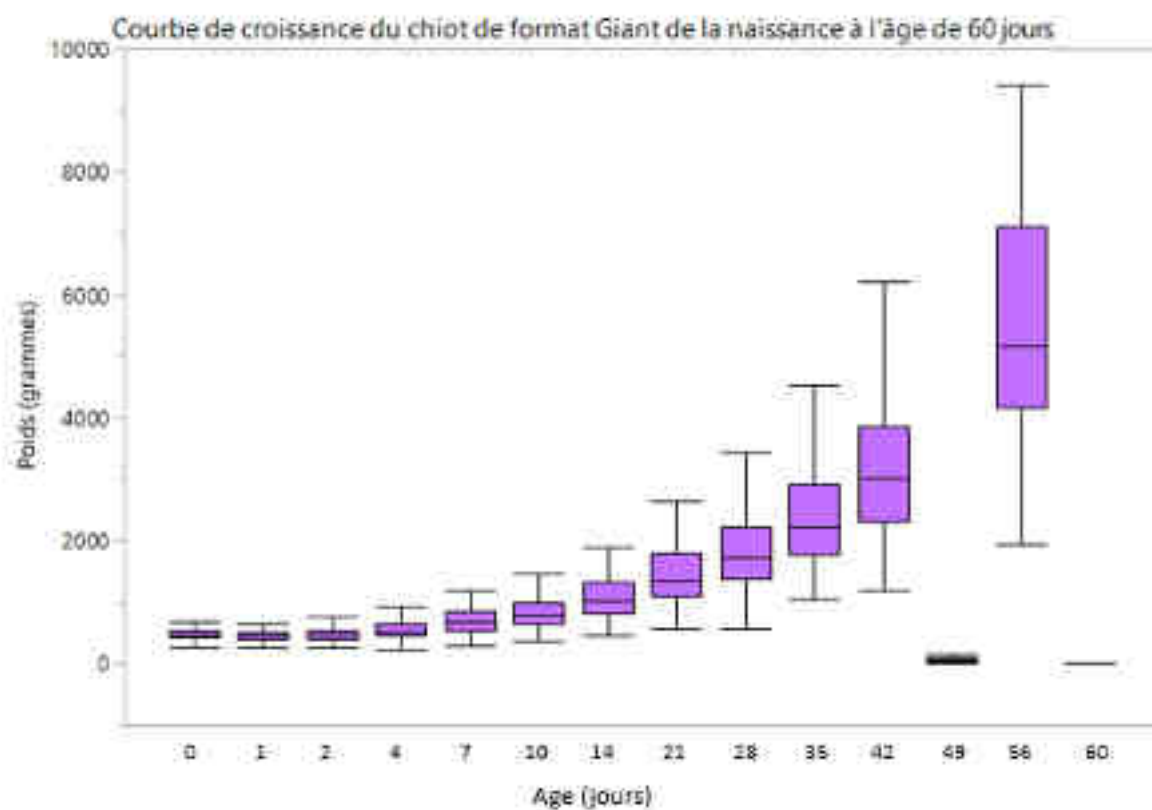
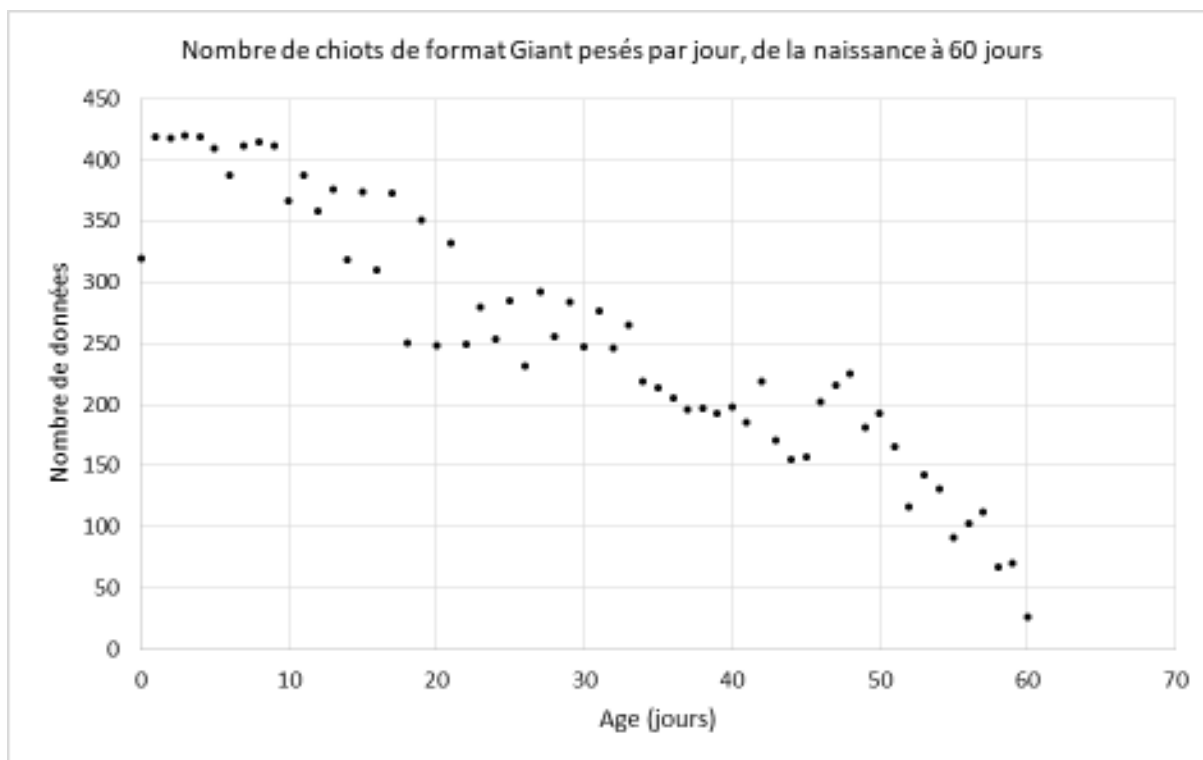




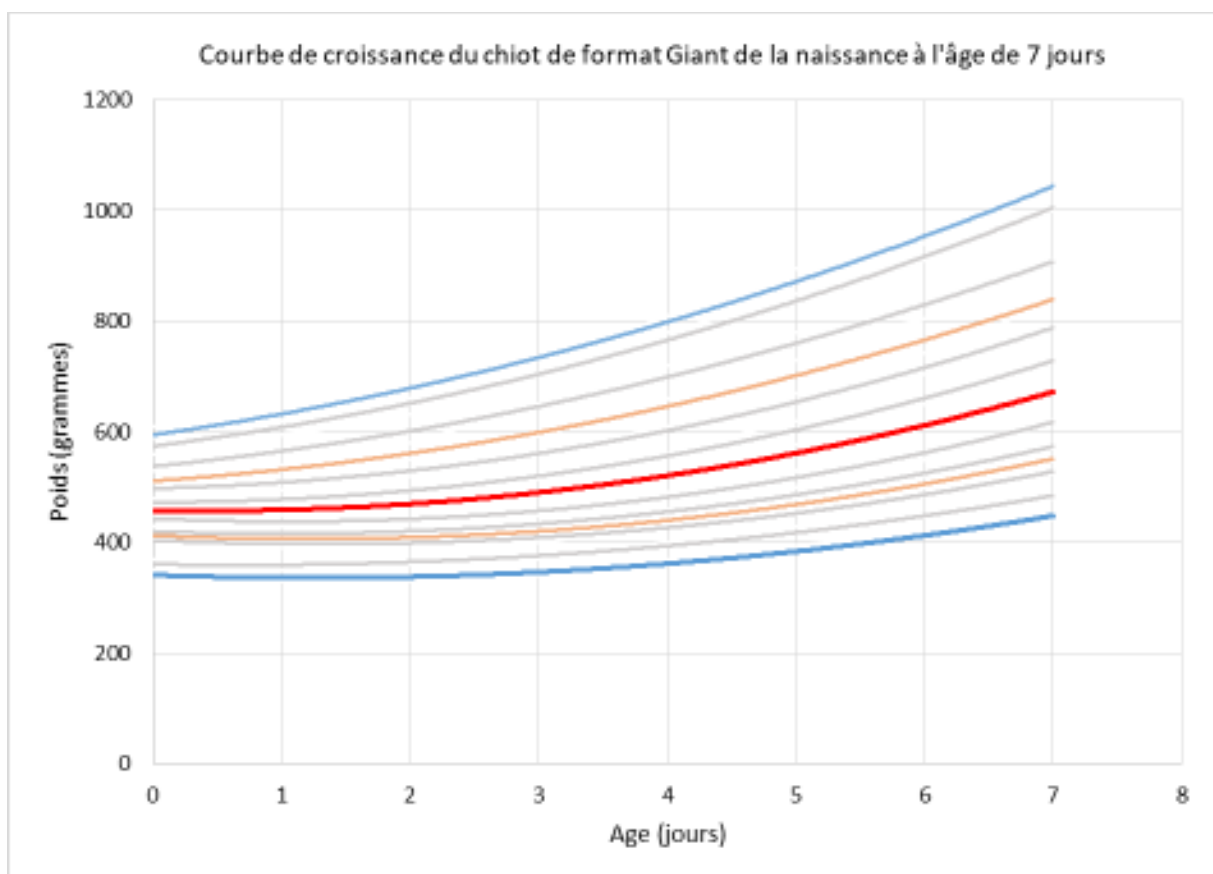
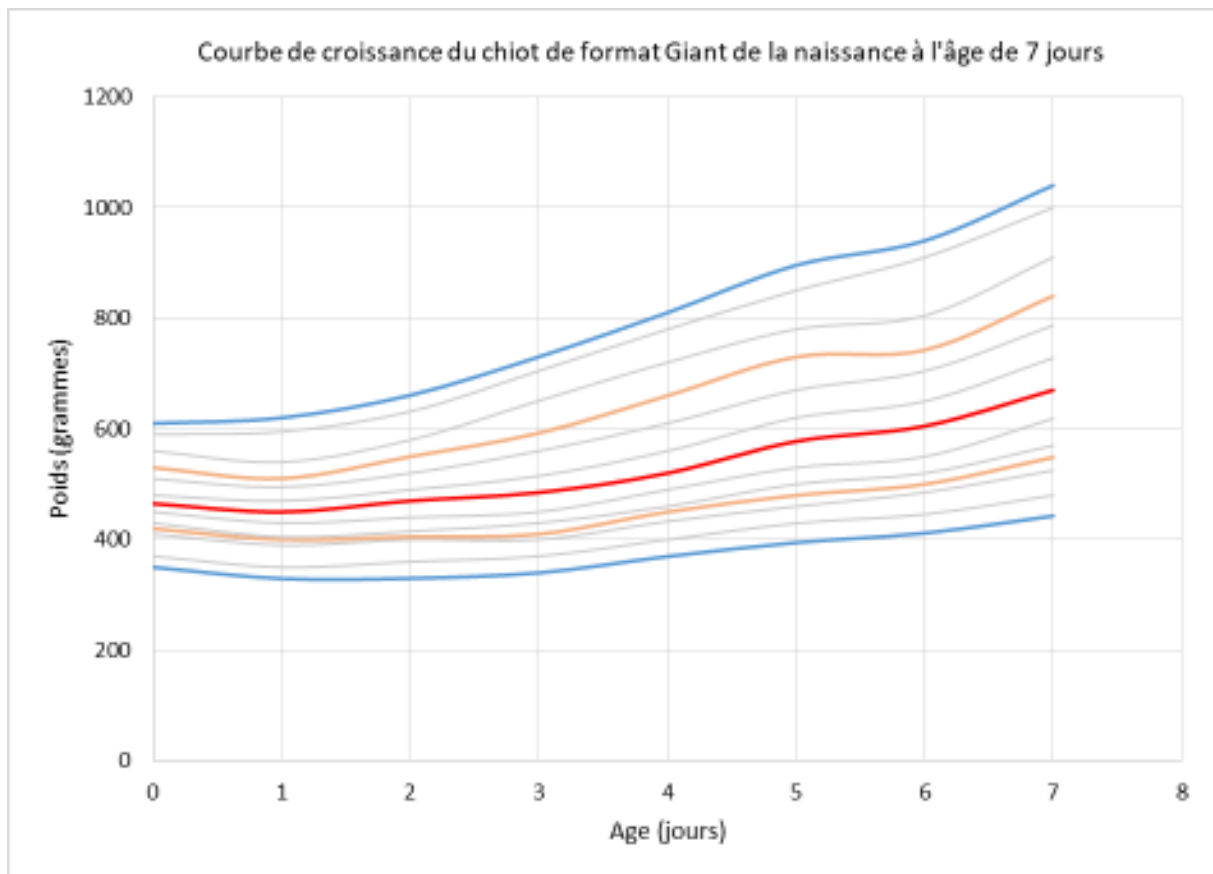


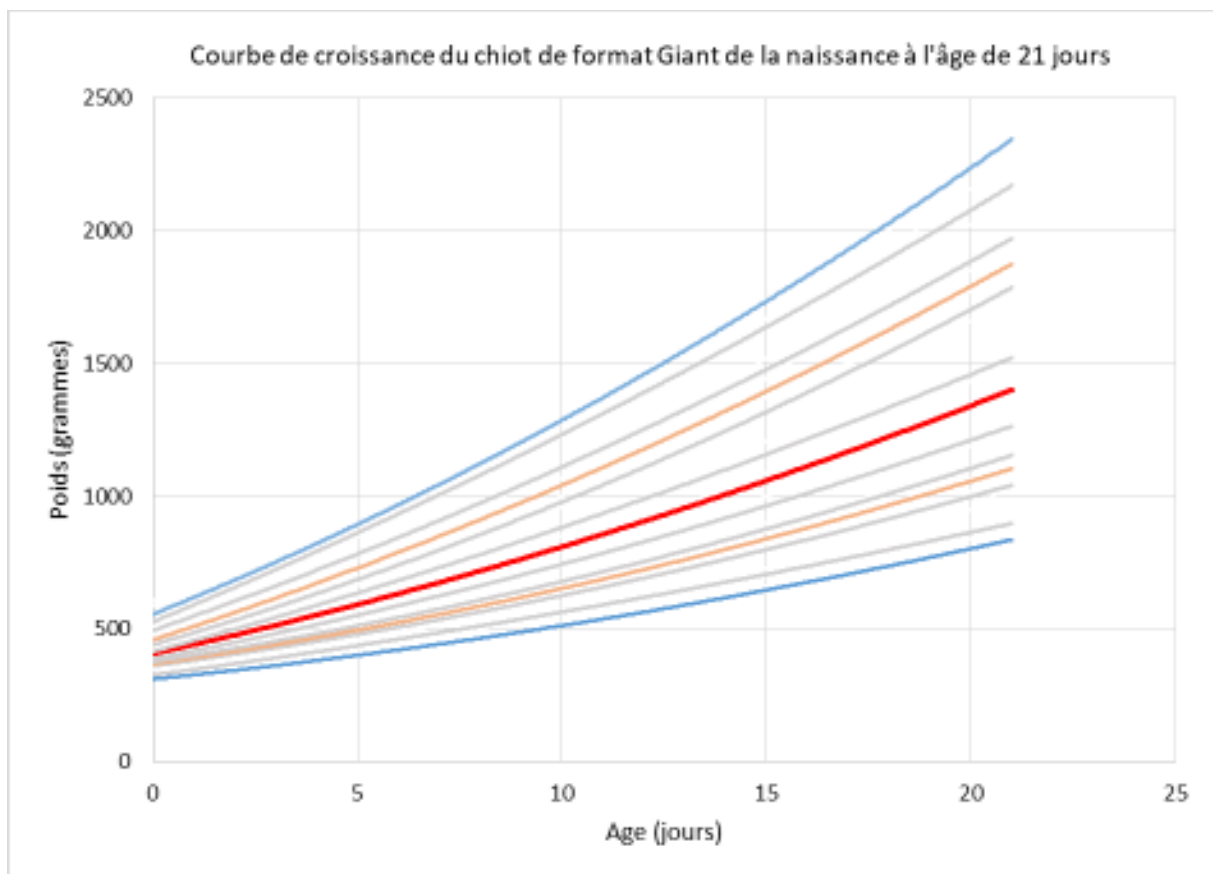
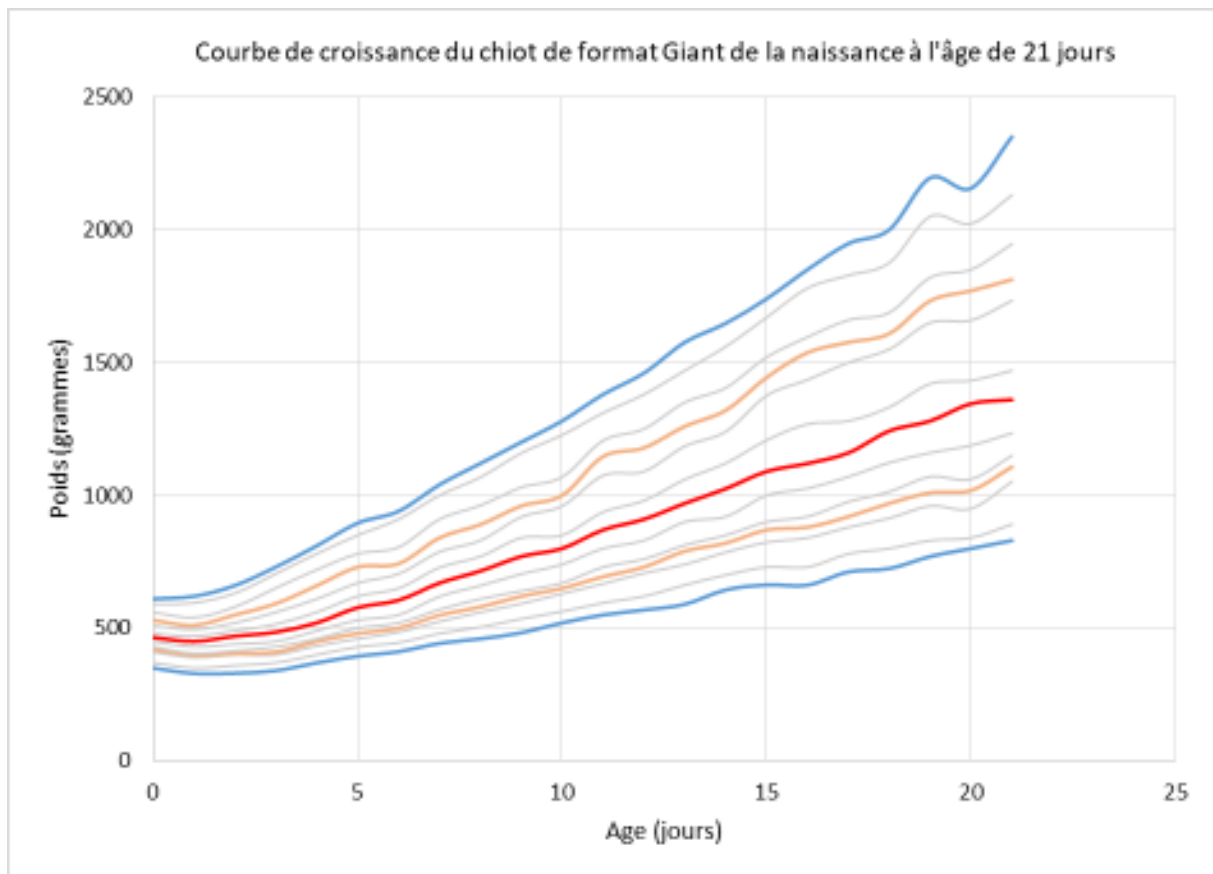


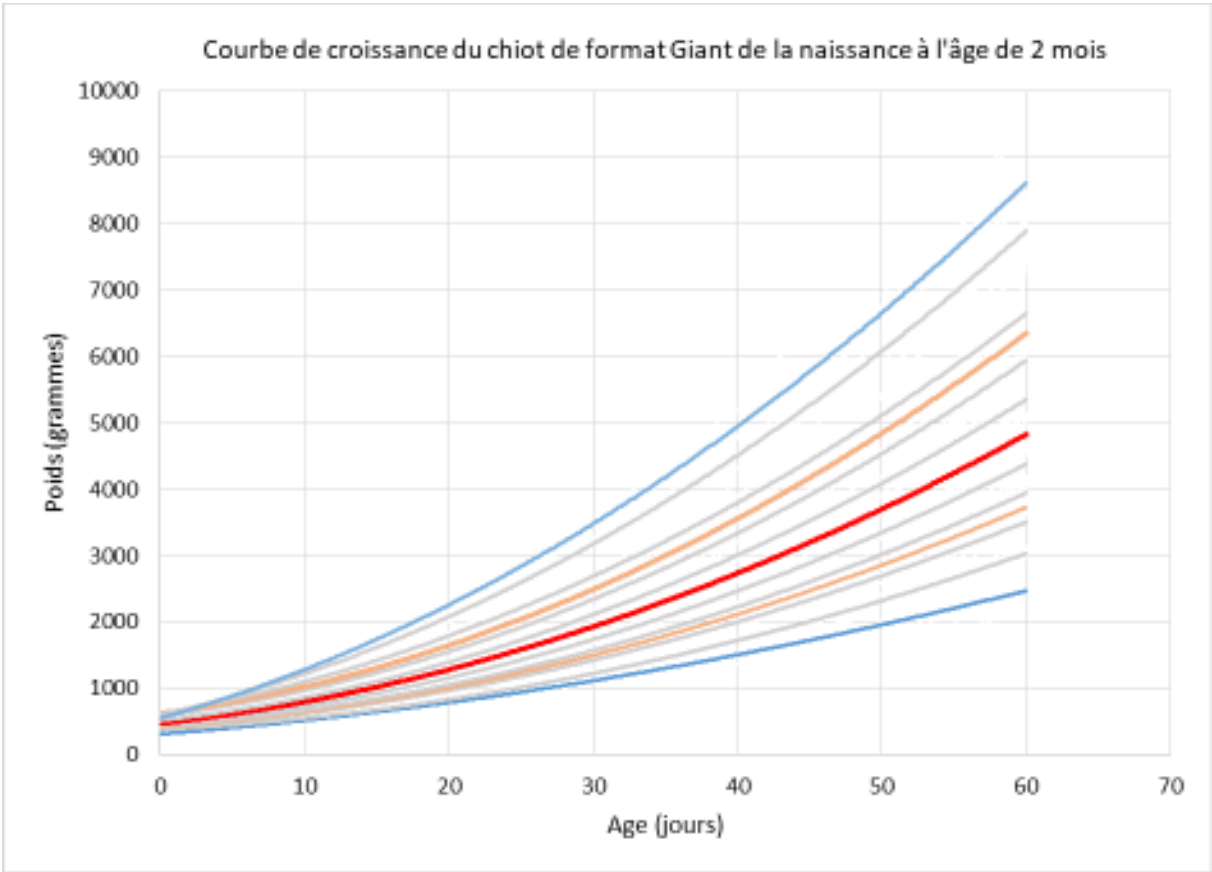
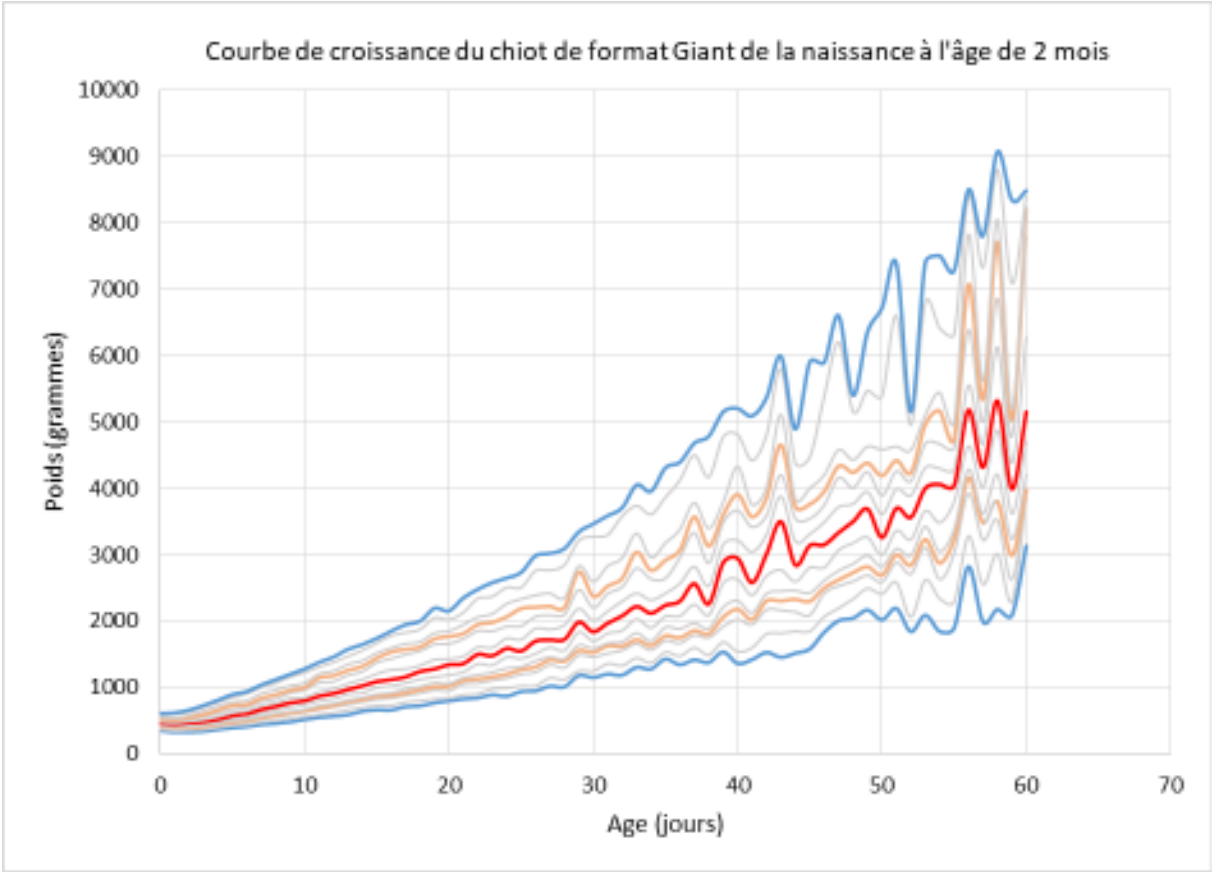
Annexe 6 : Chiens de format Giant : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



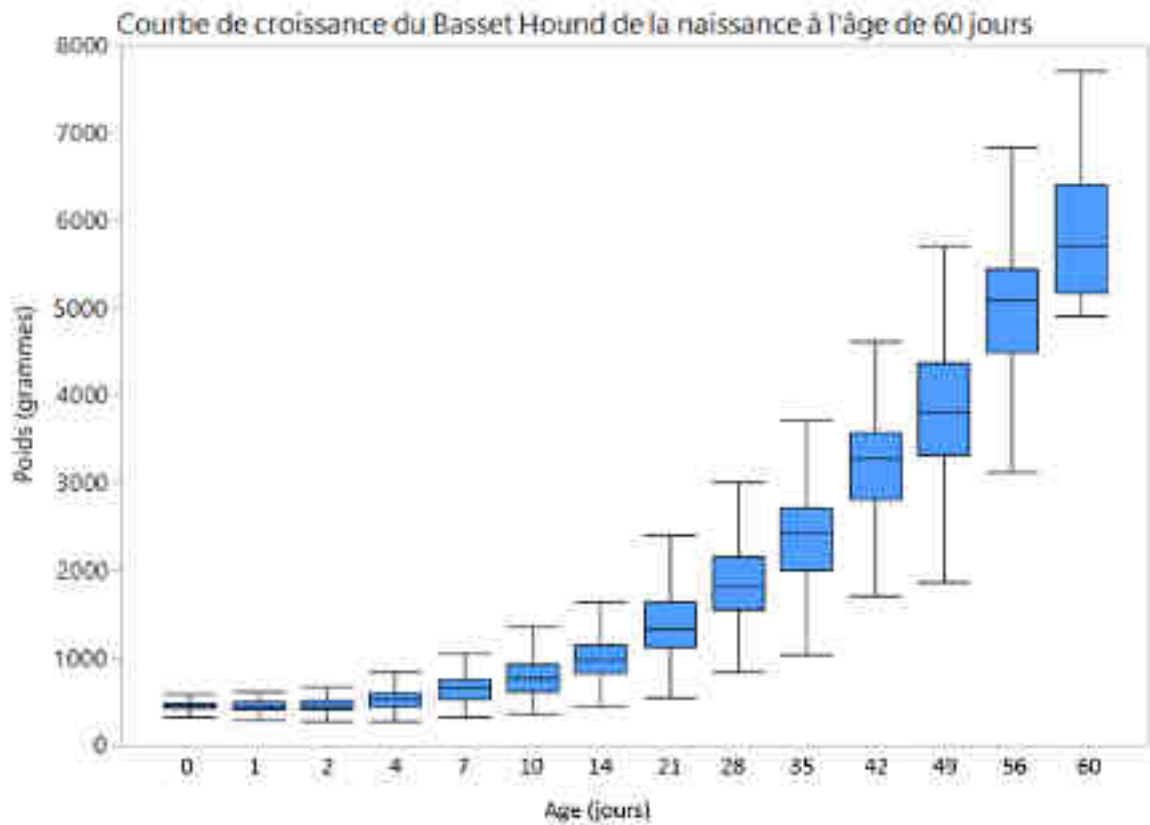
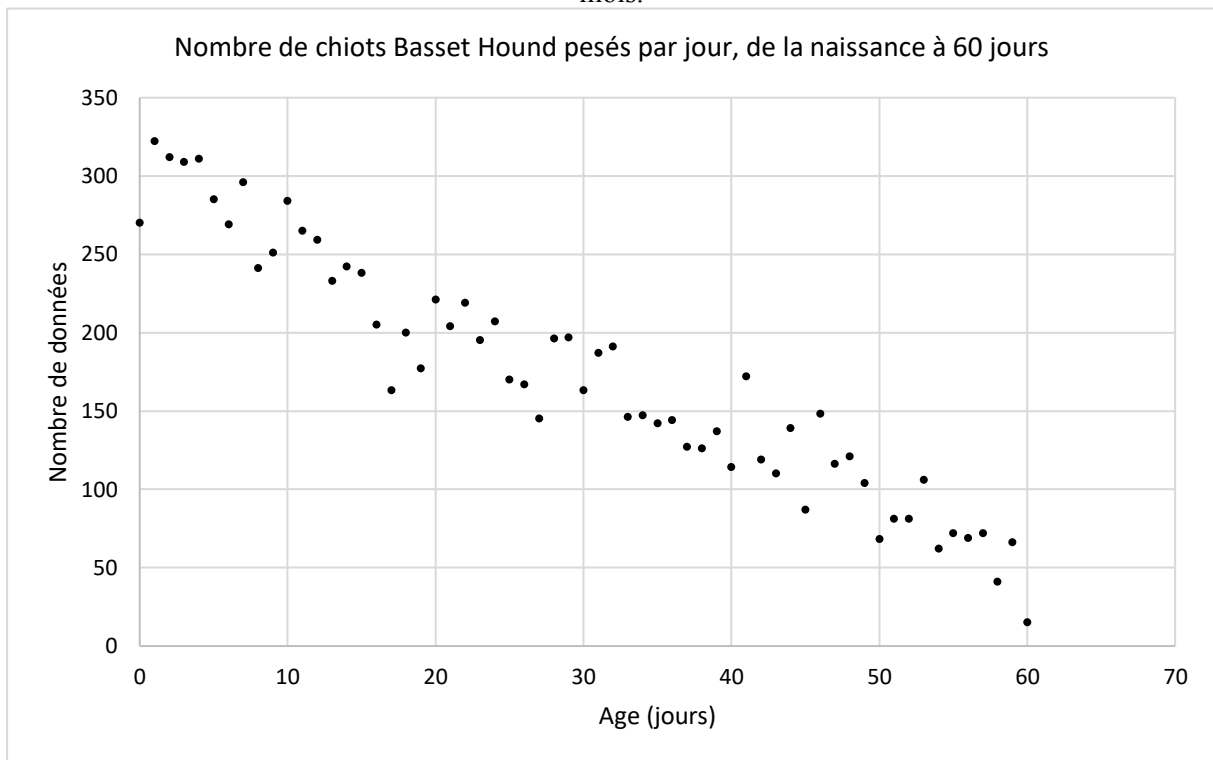


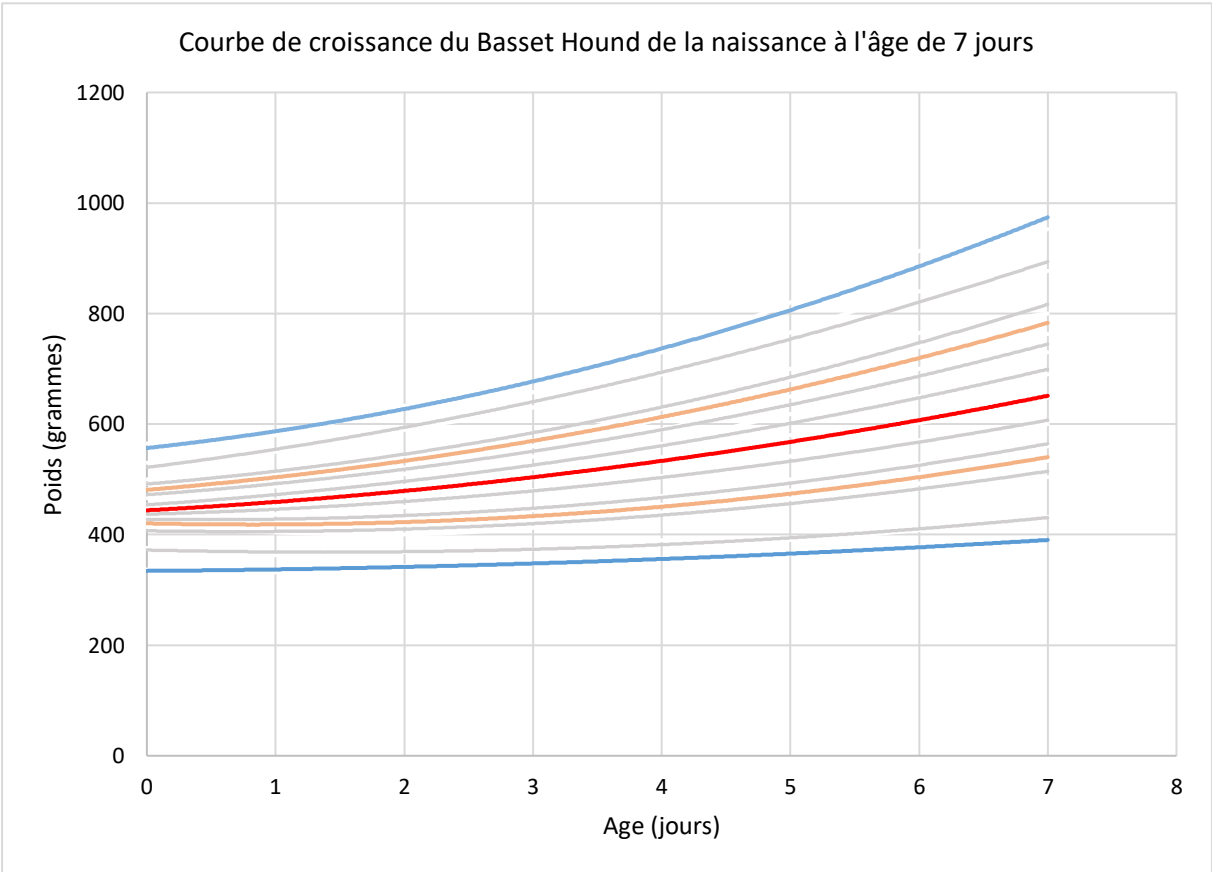
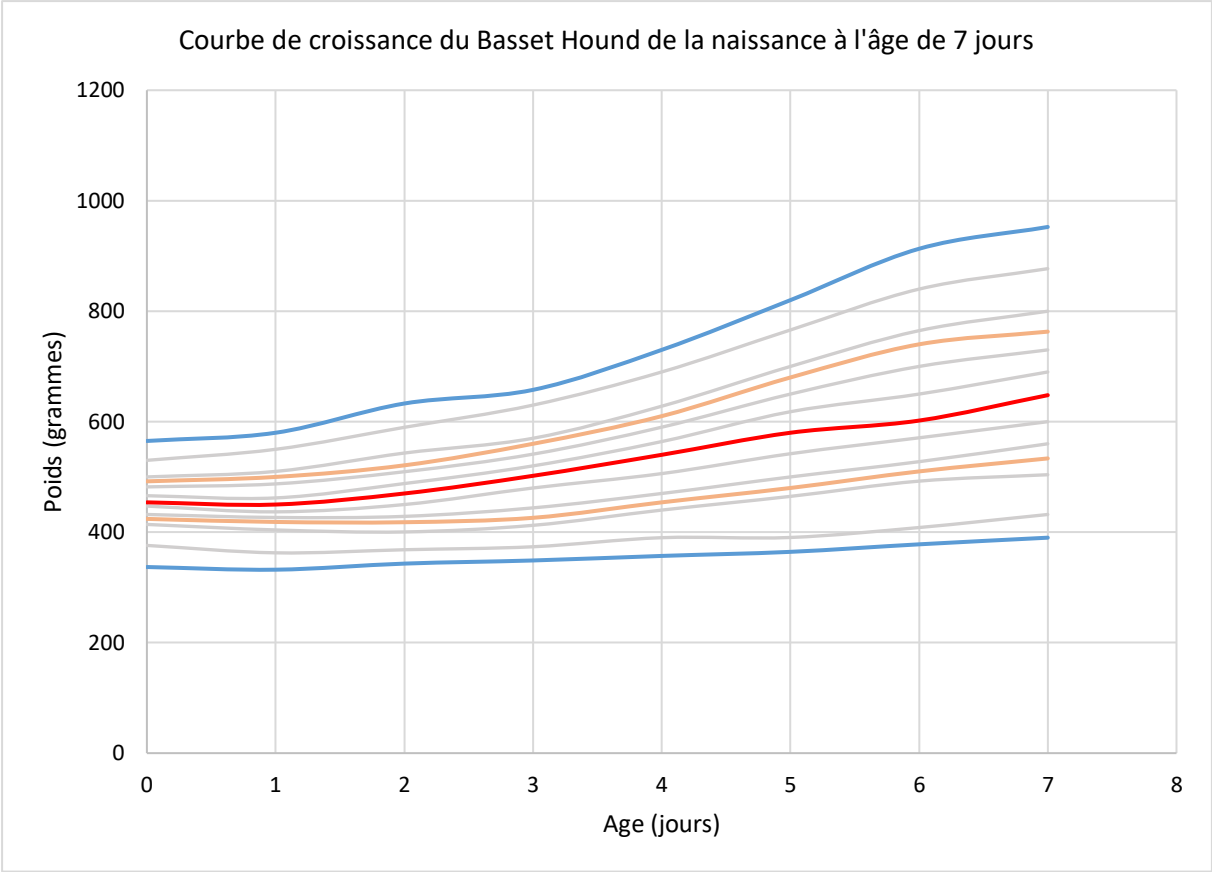


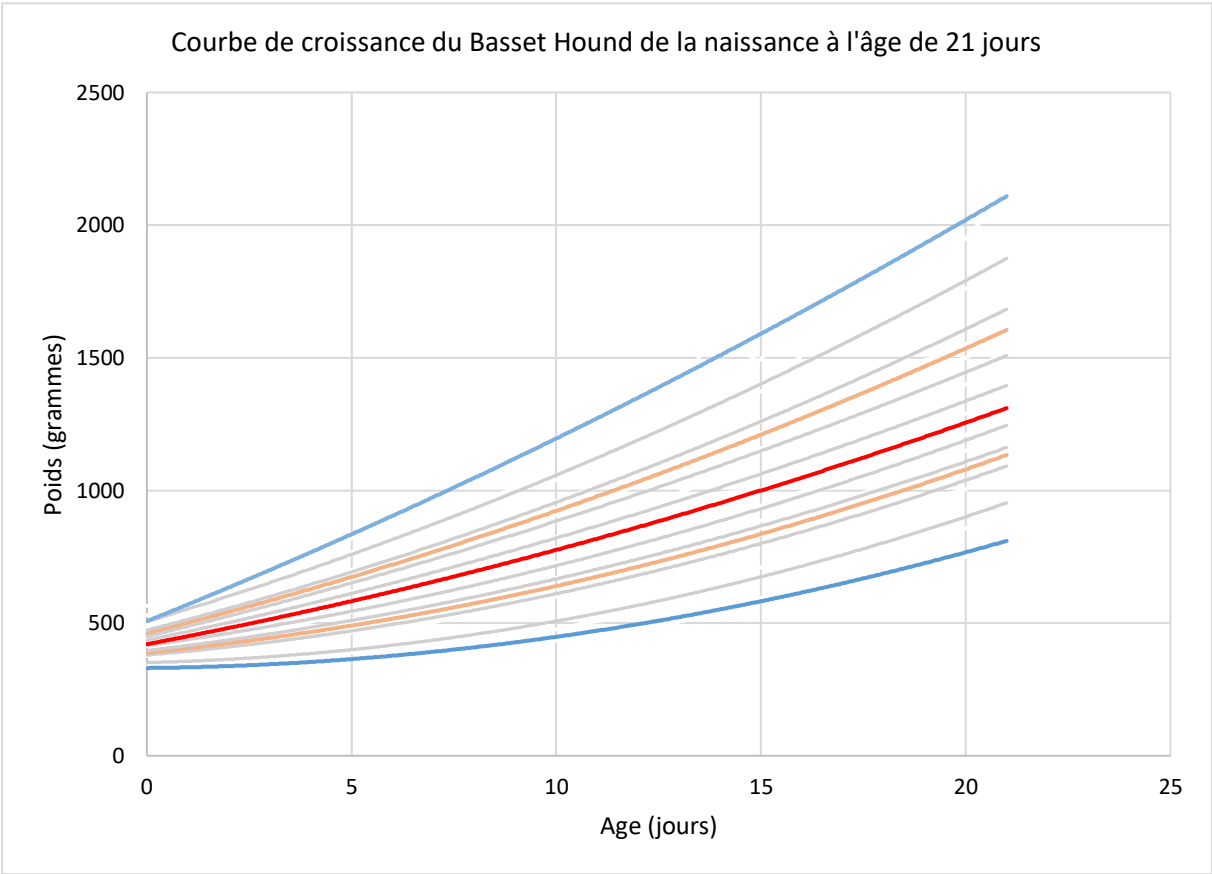
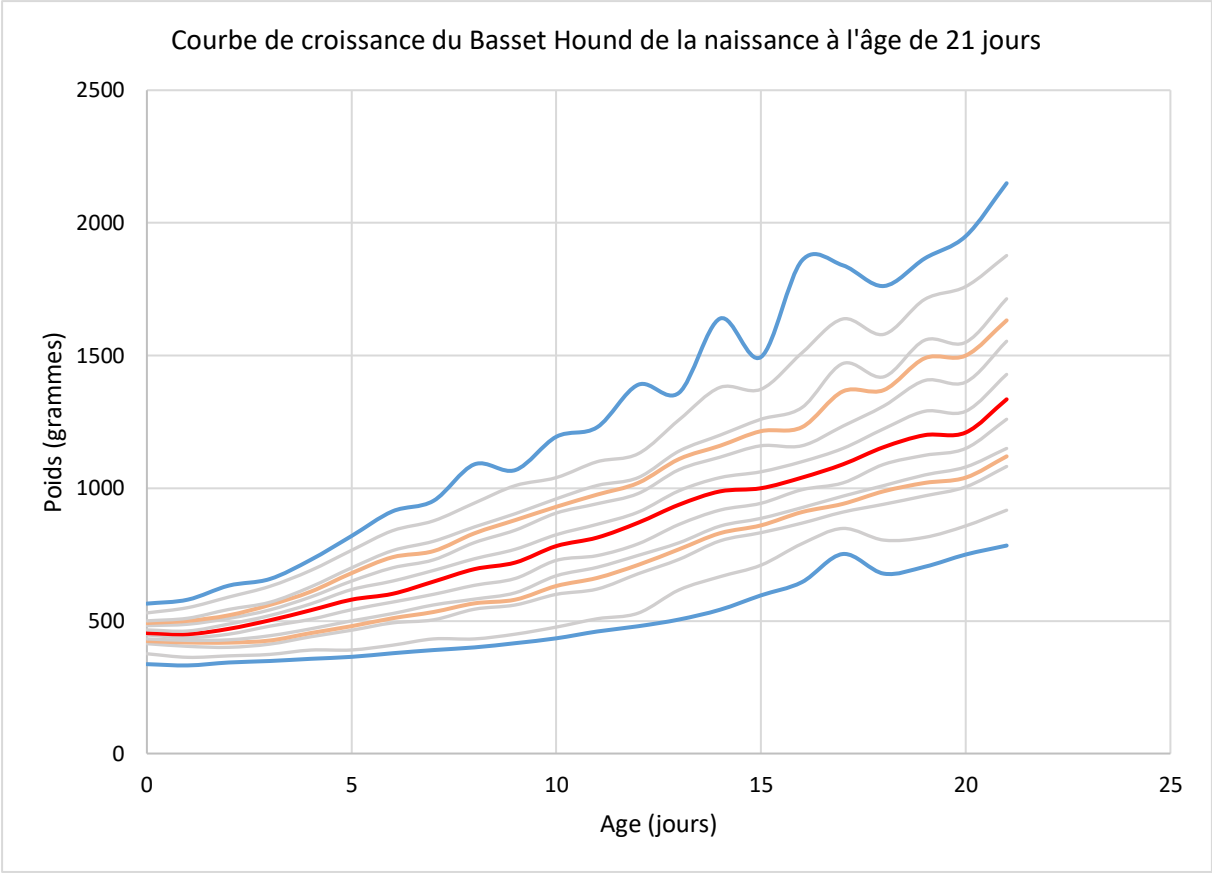


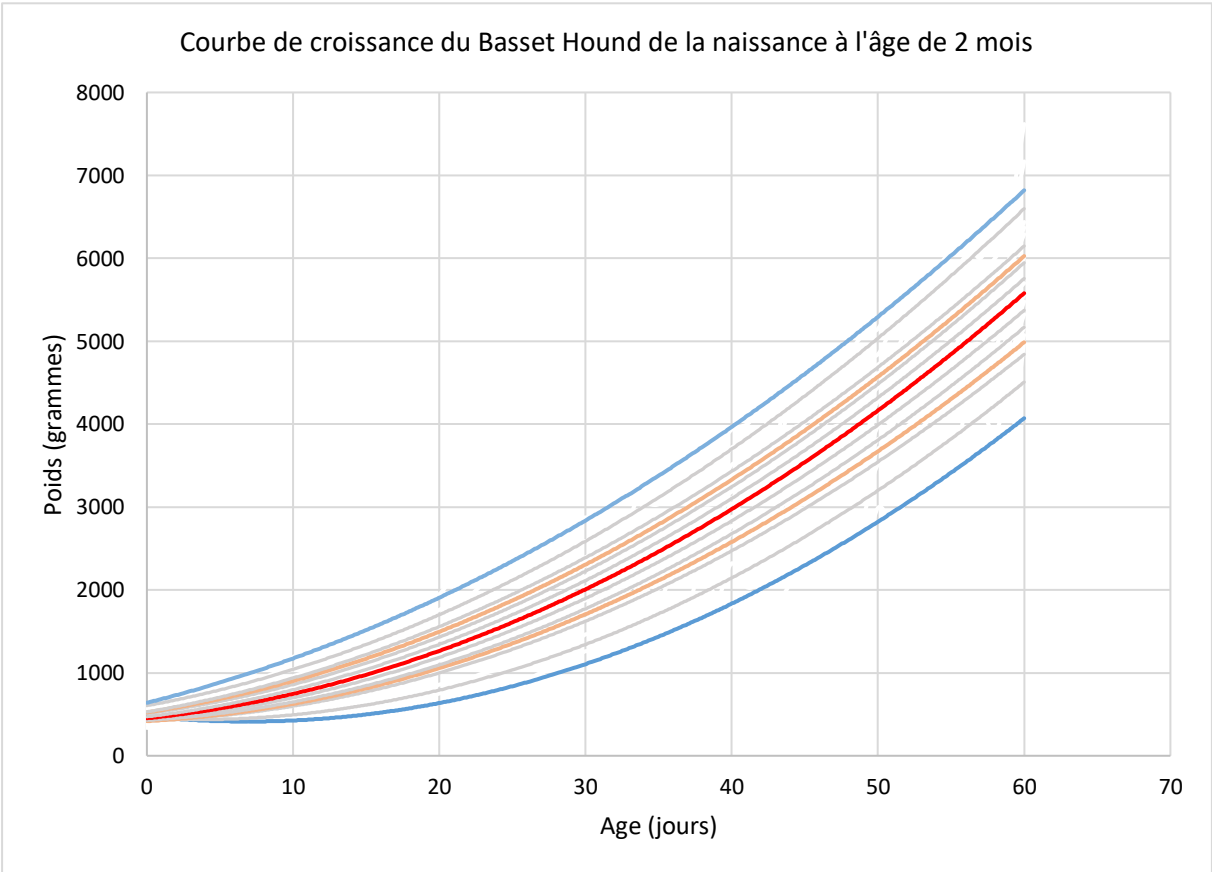
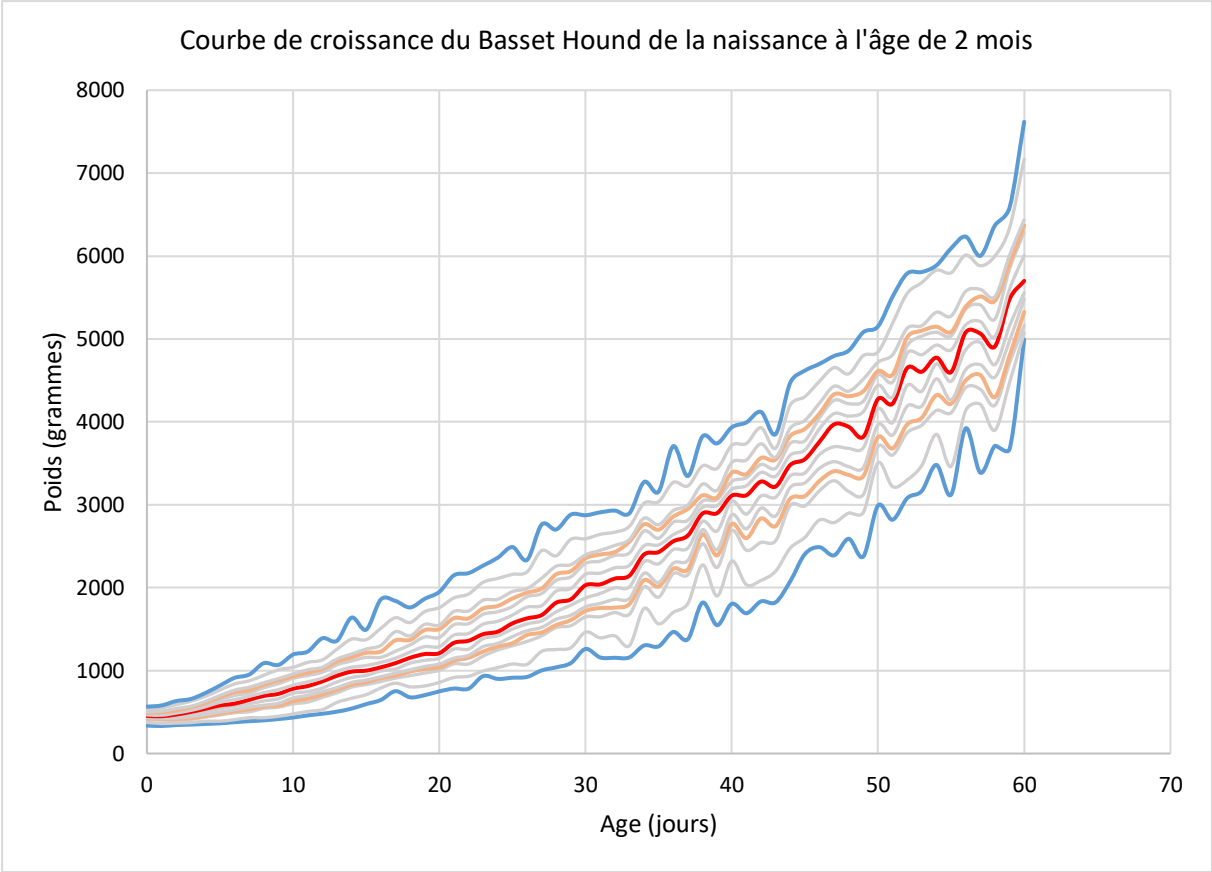


Annexe 7 : Basset Hound : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

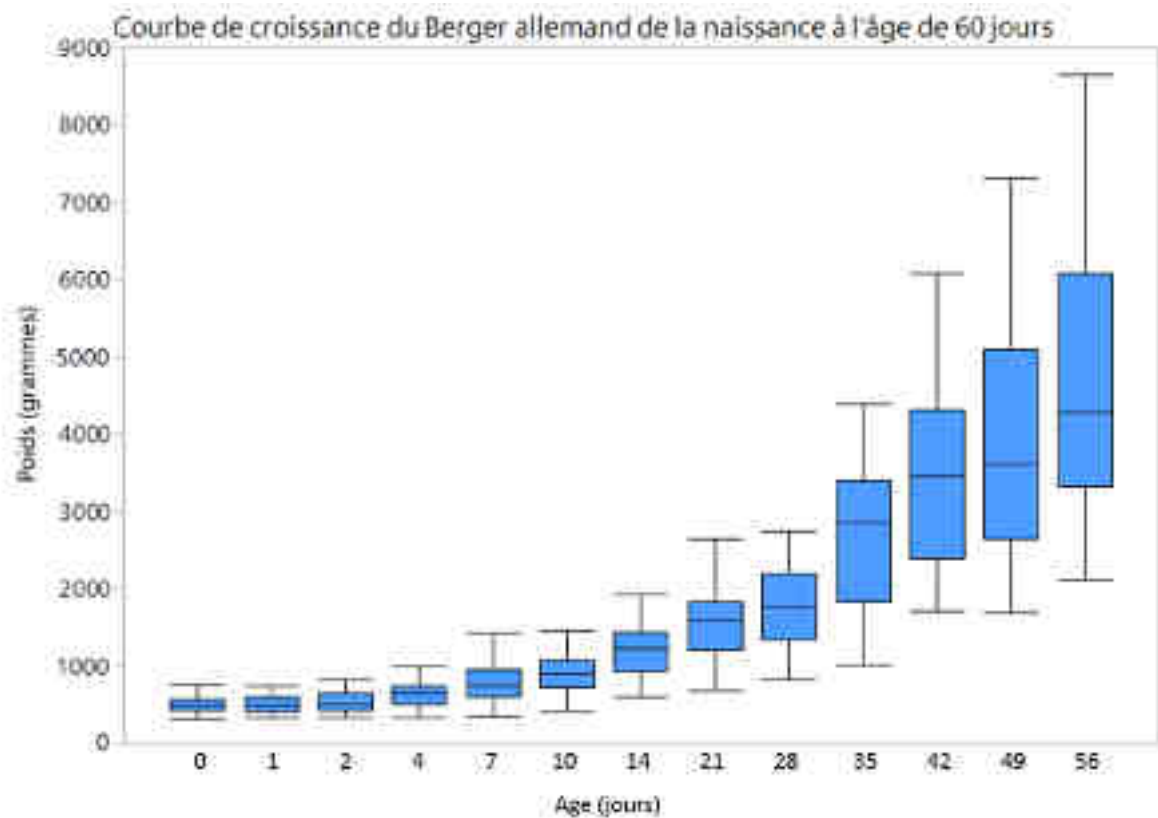
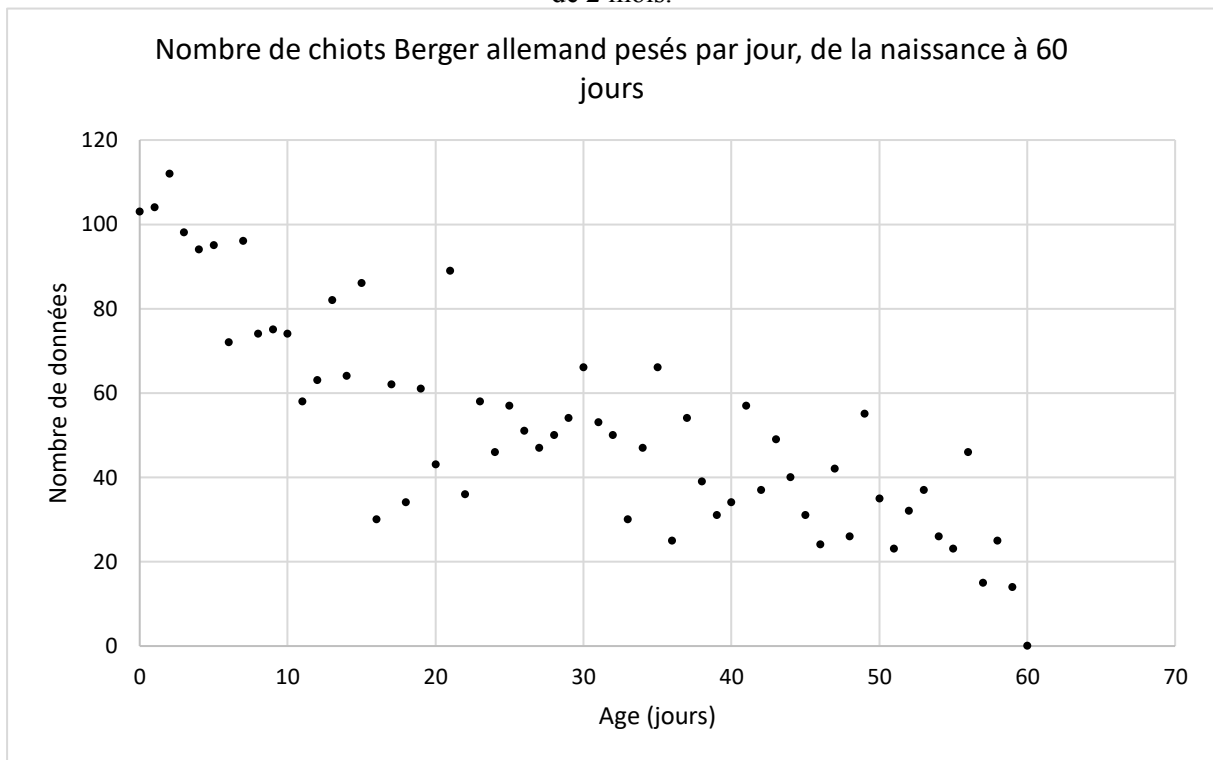




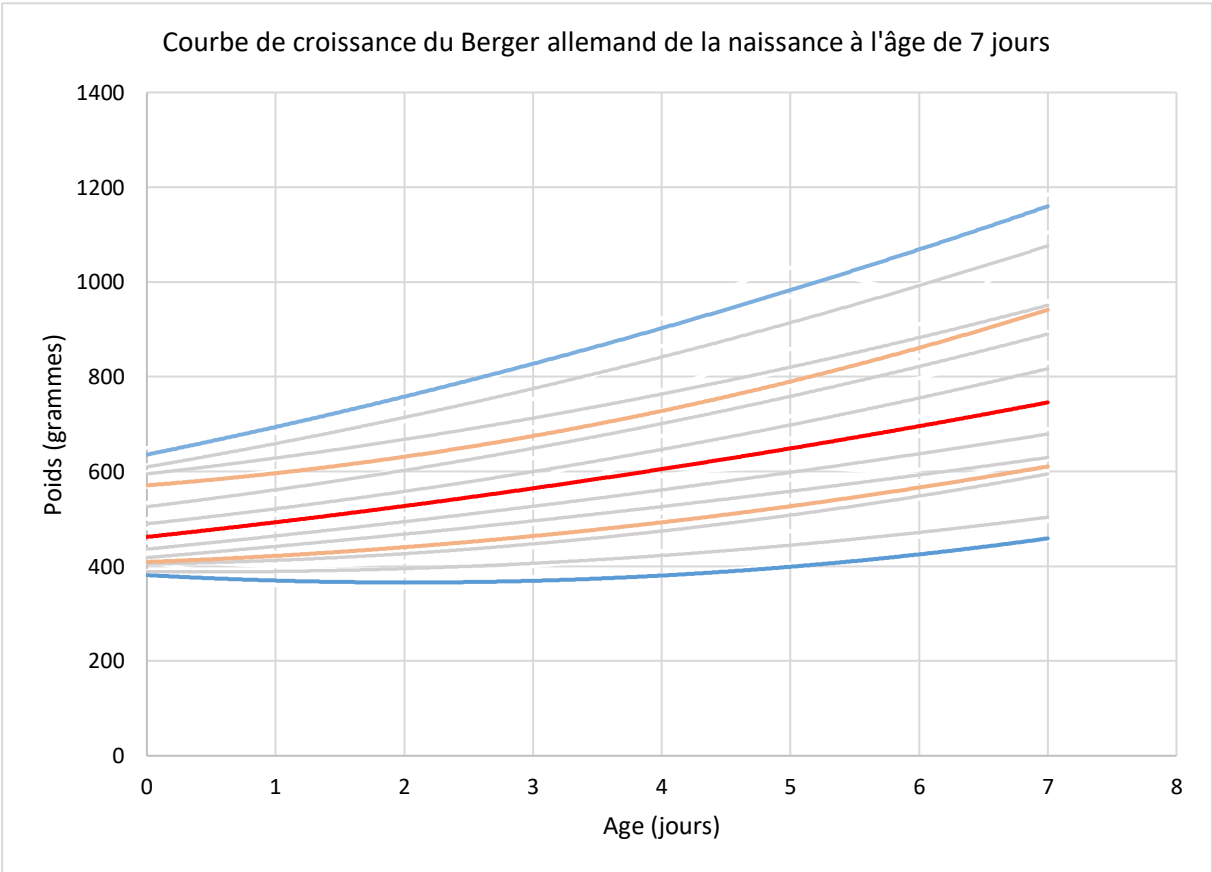
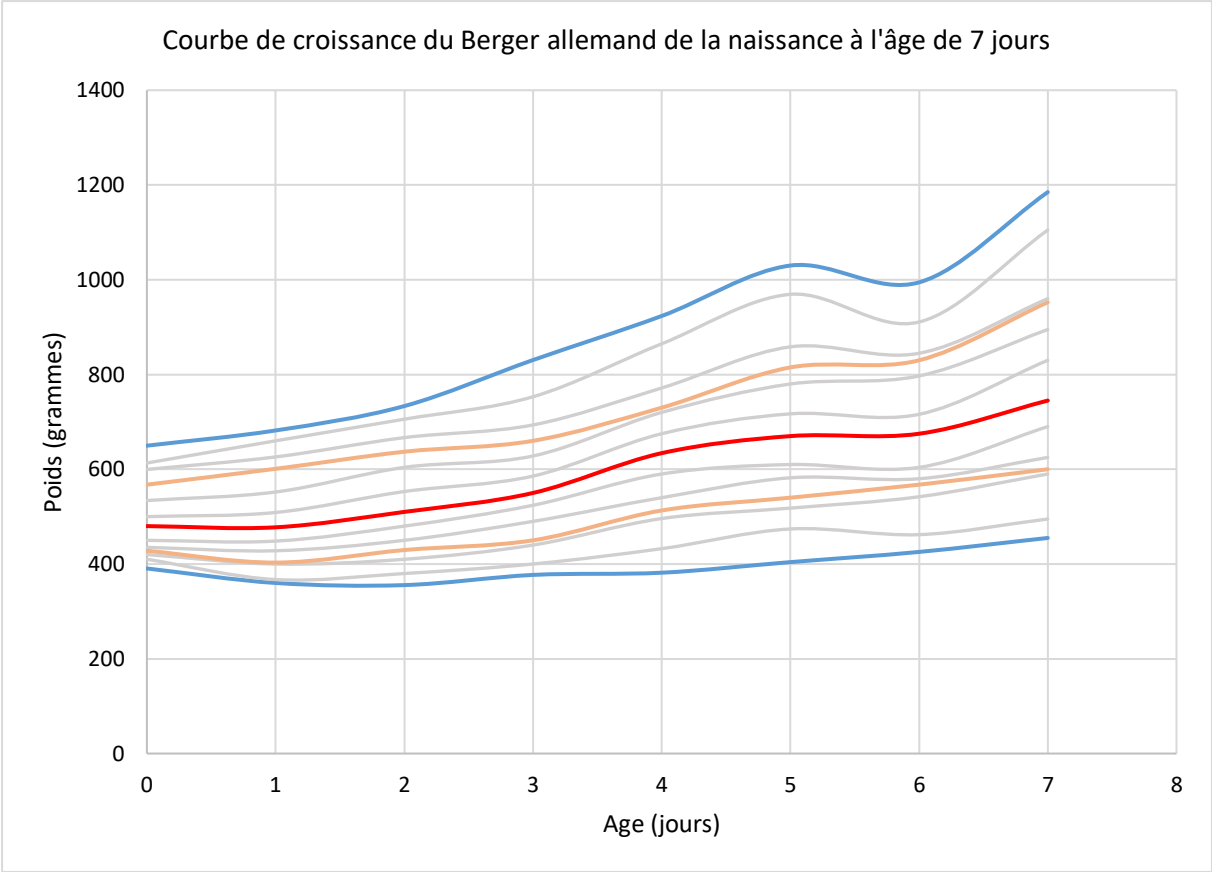


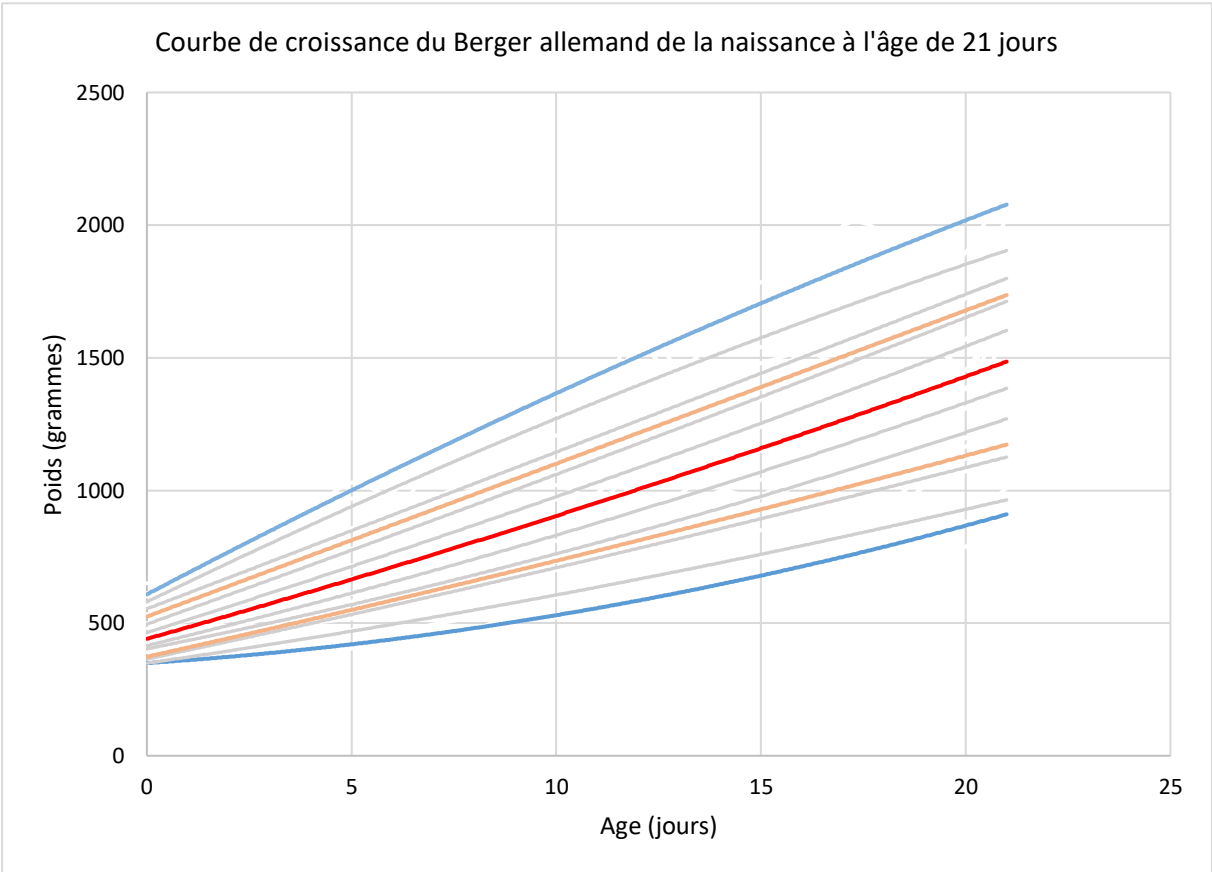
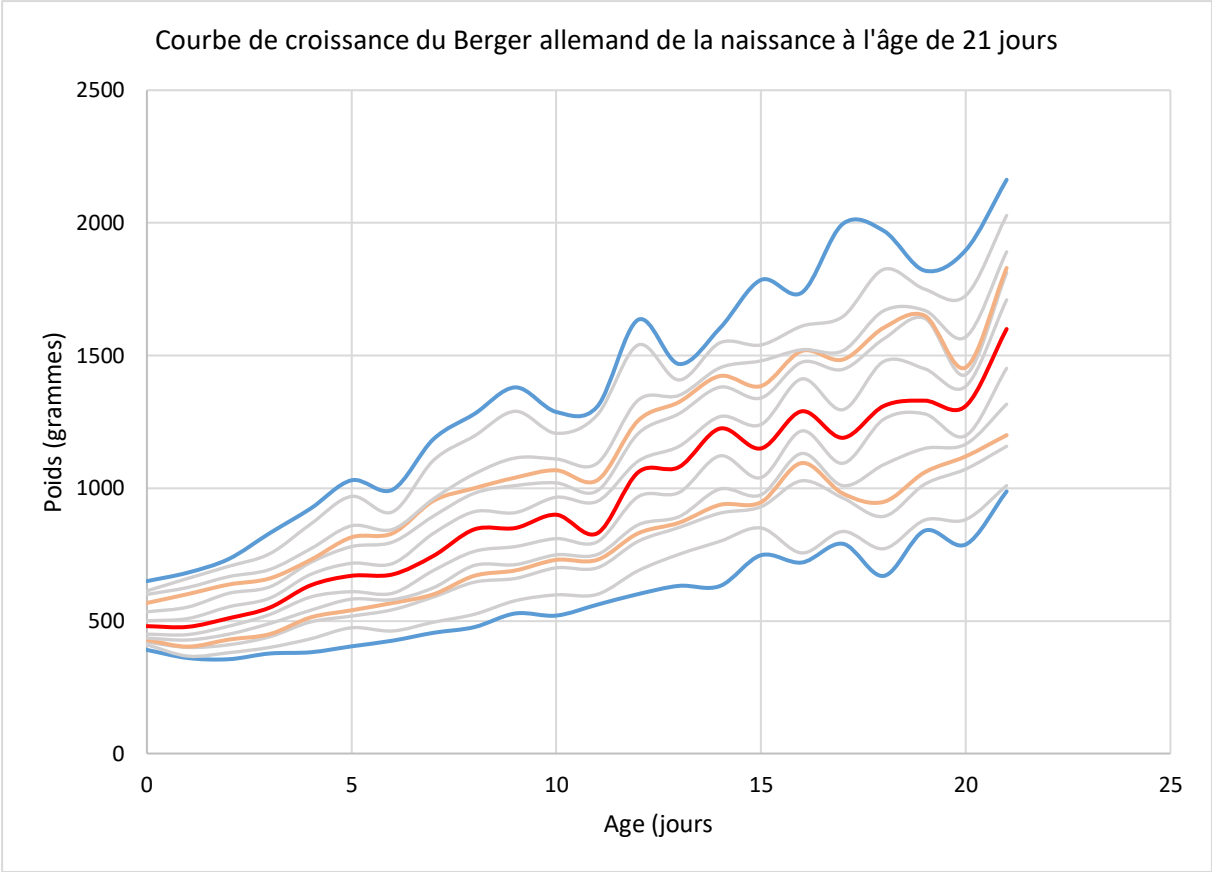


Annexe 8 : Berger allemand : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

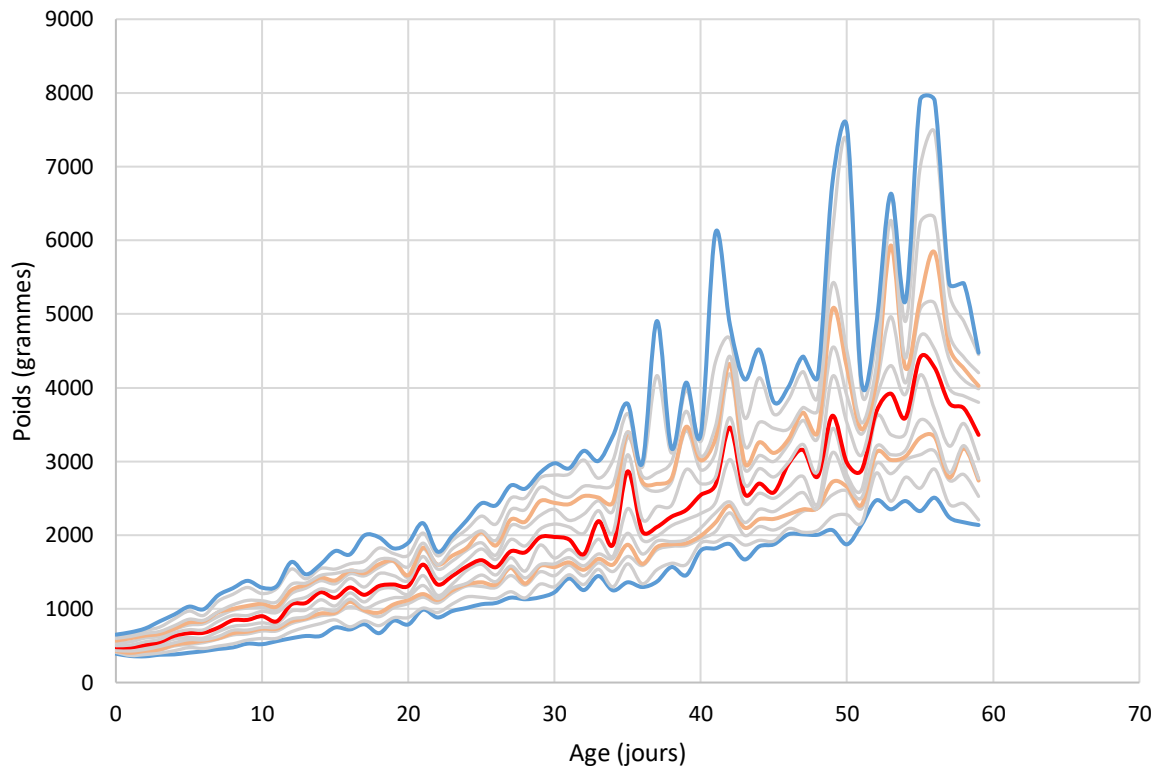




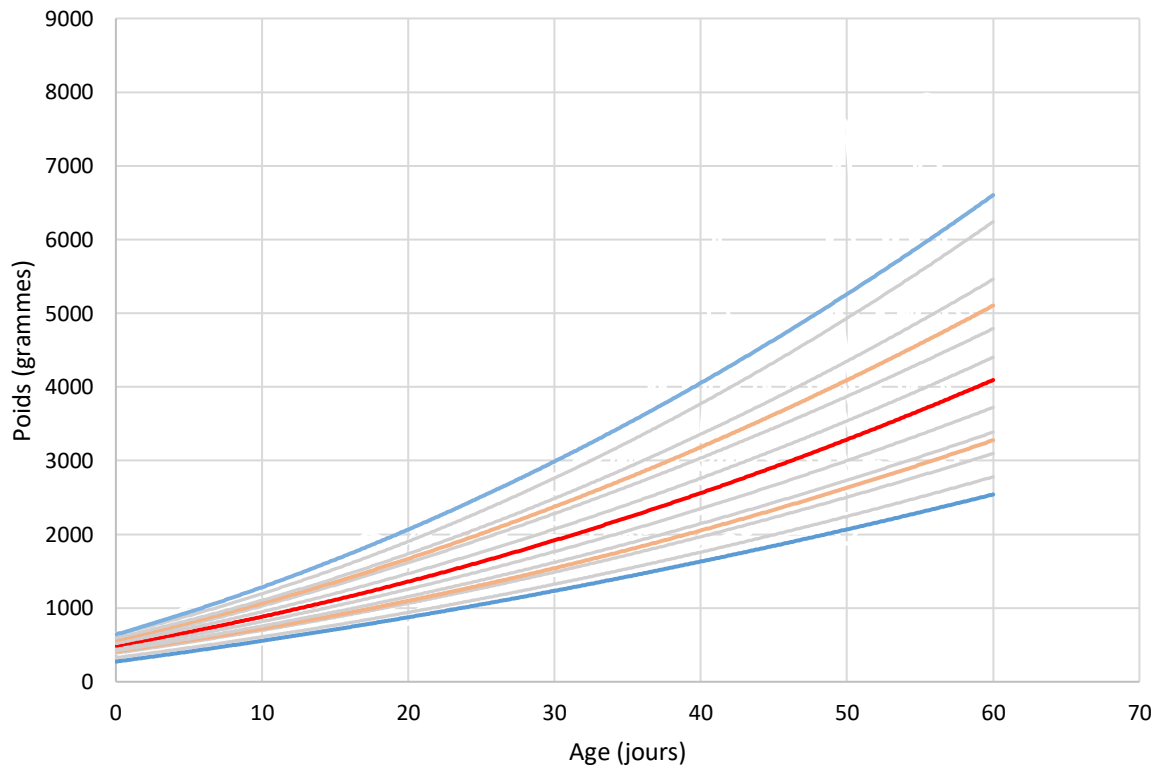




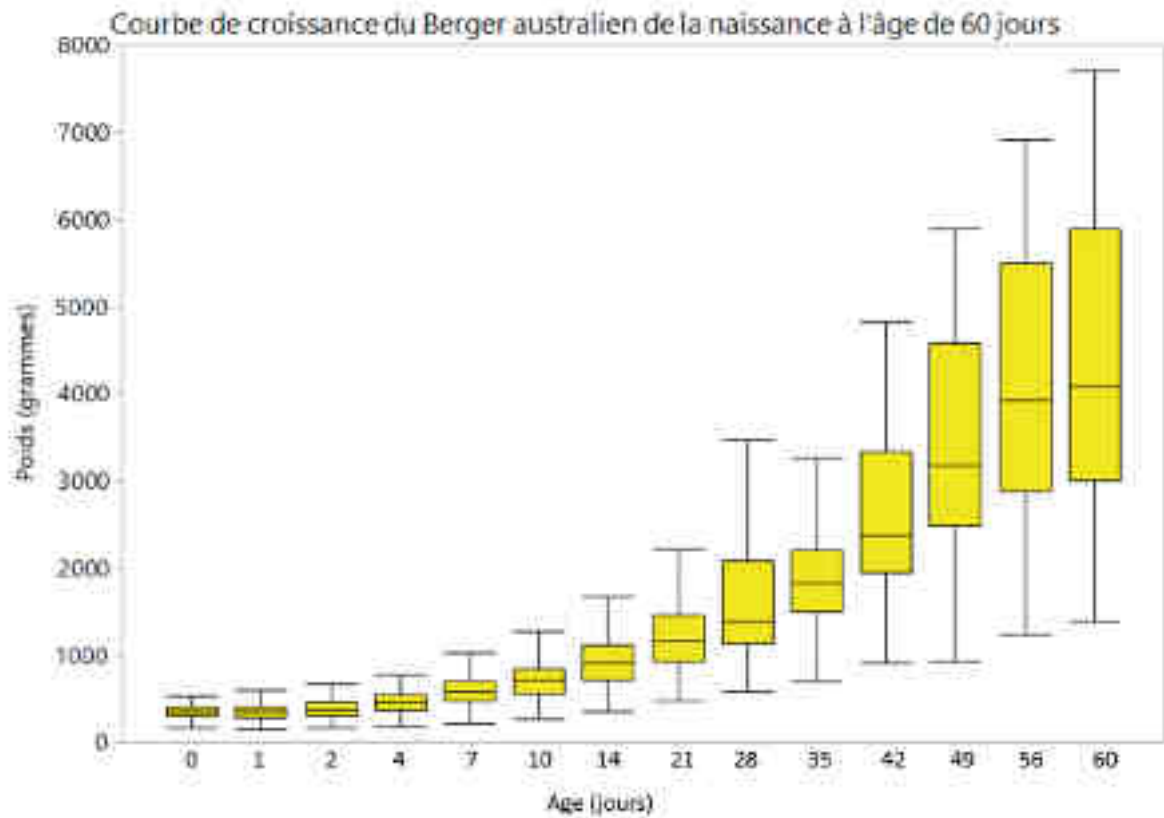
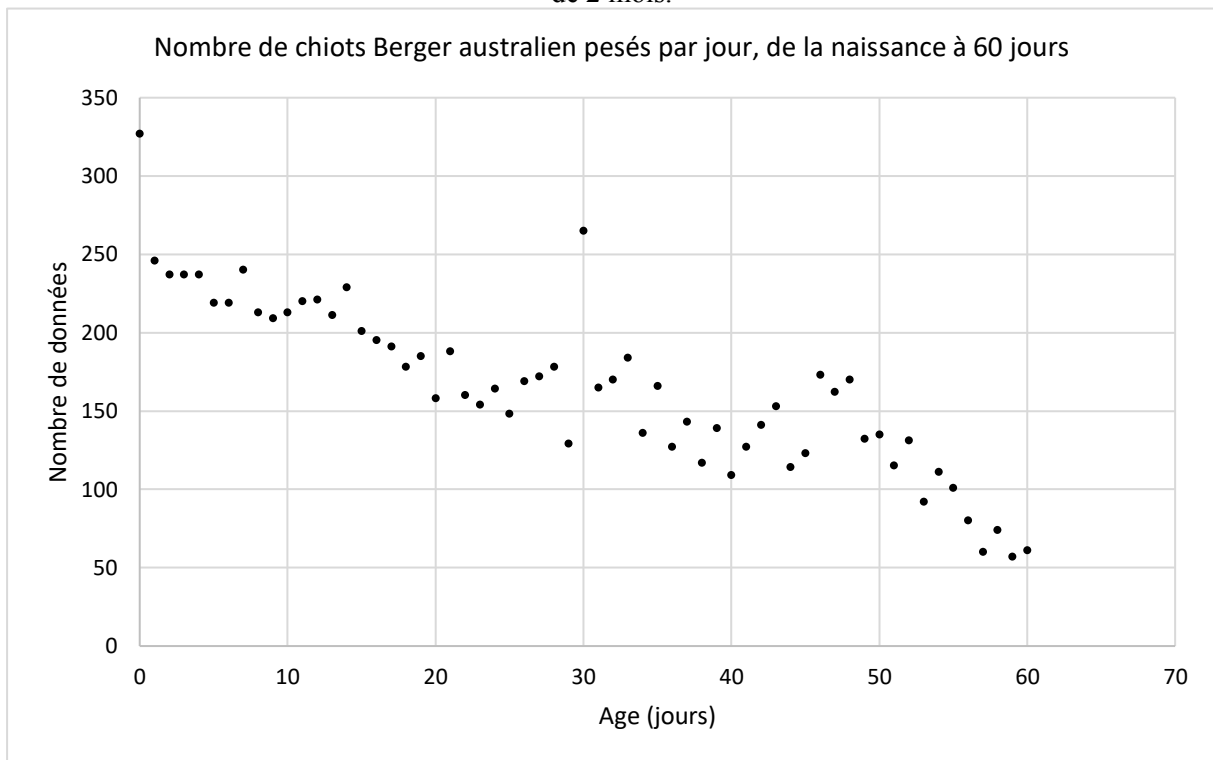
Courbe de croissance du Berger allemand de la naissance à l'âge de 2 mois

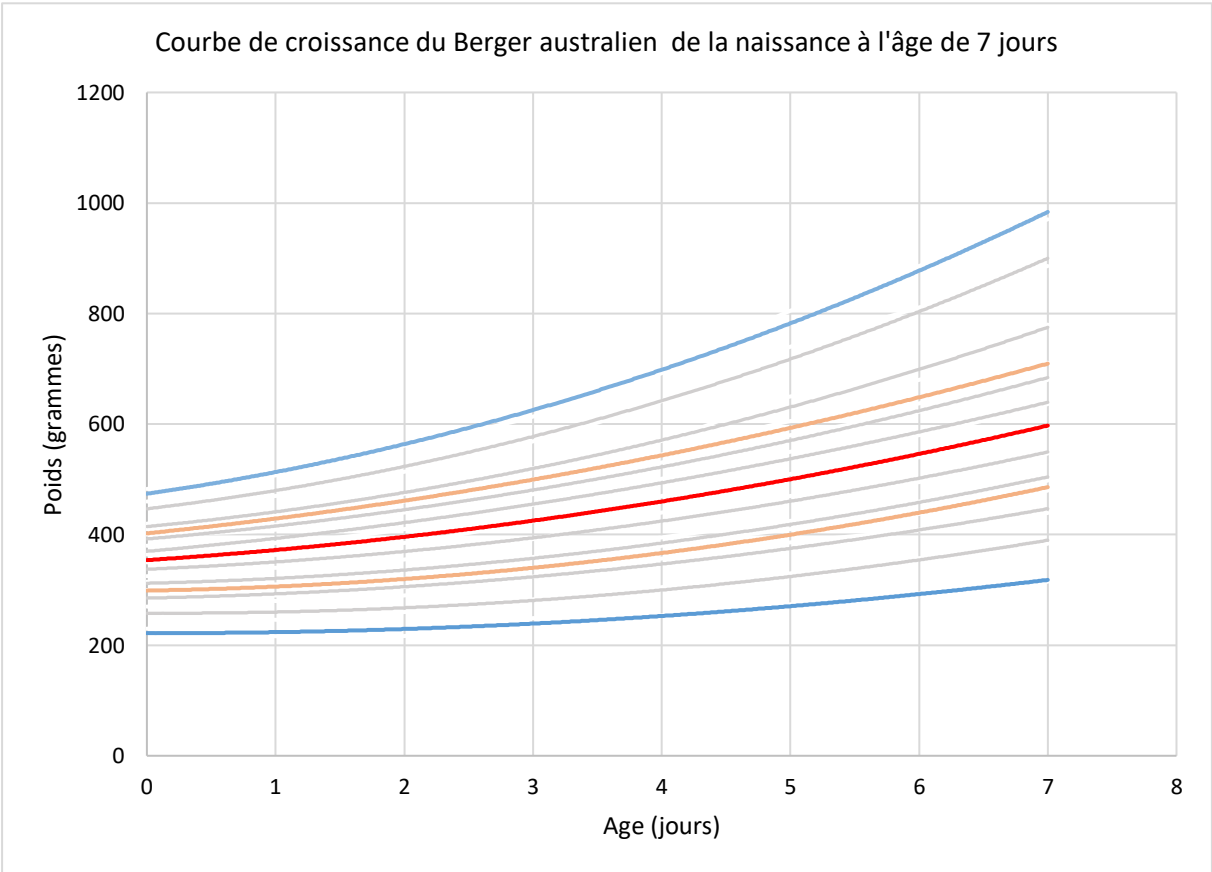
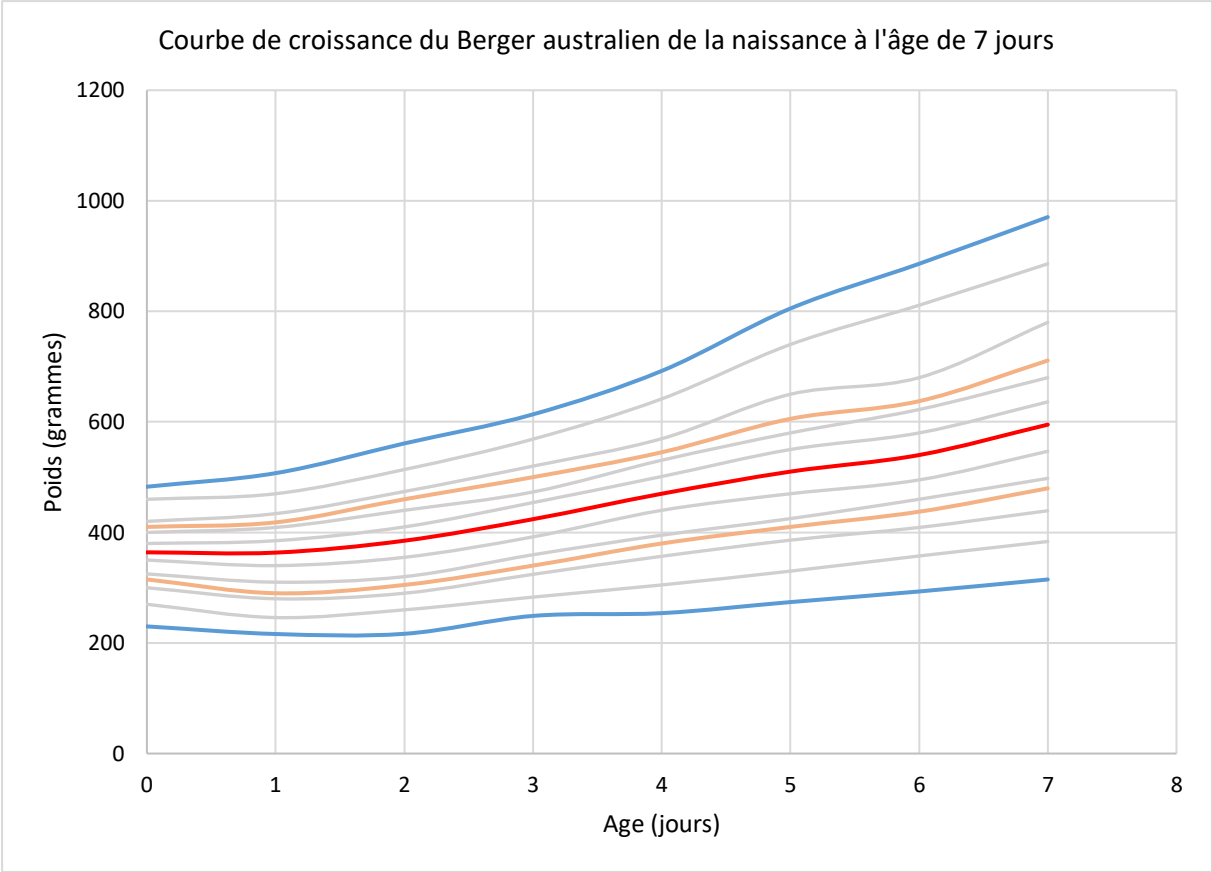


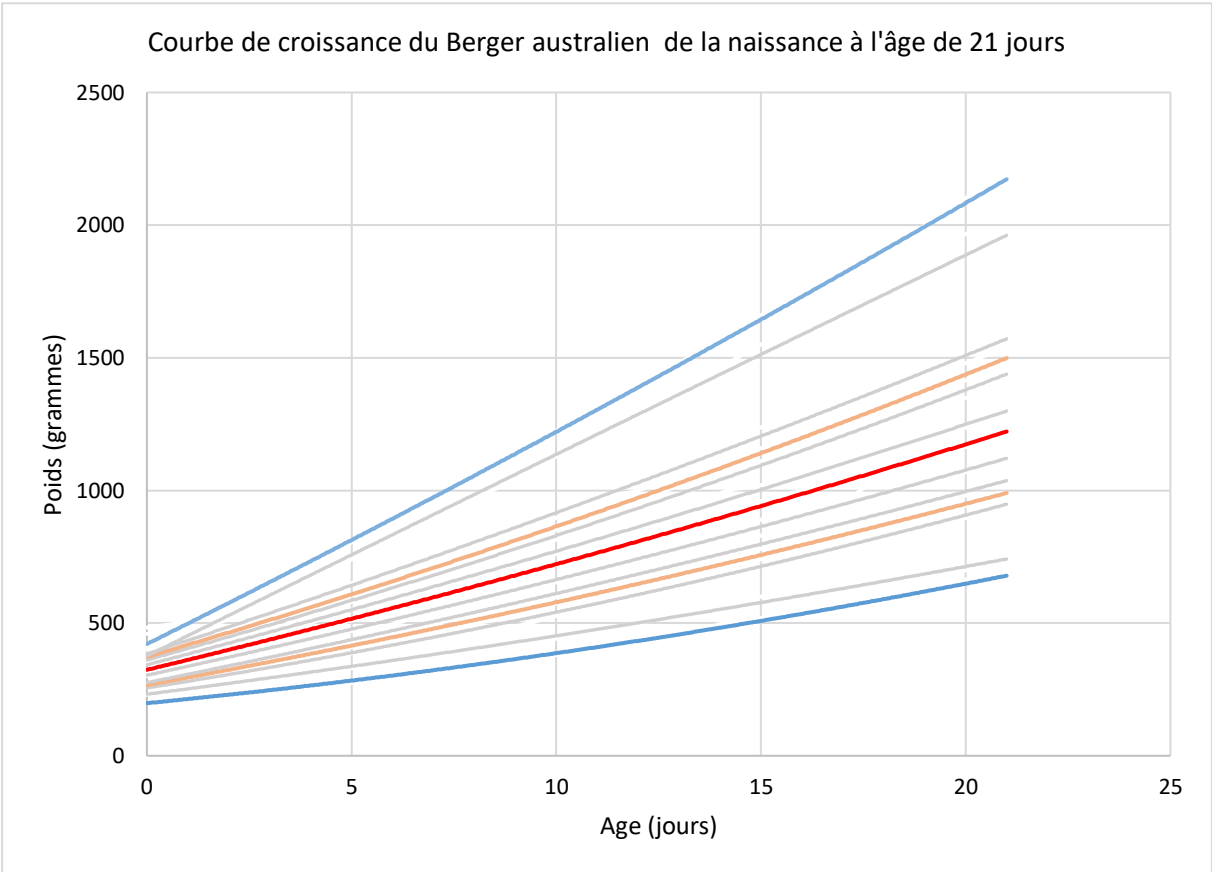
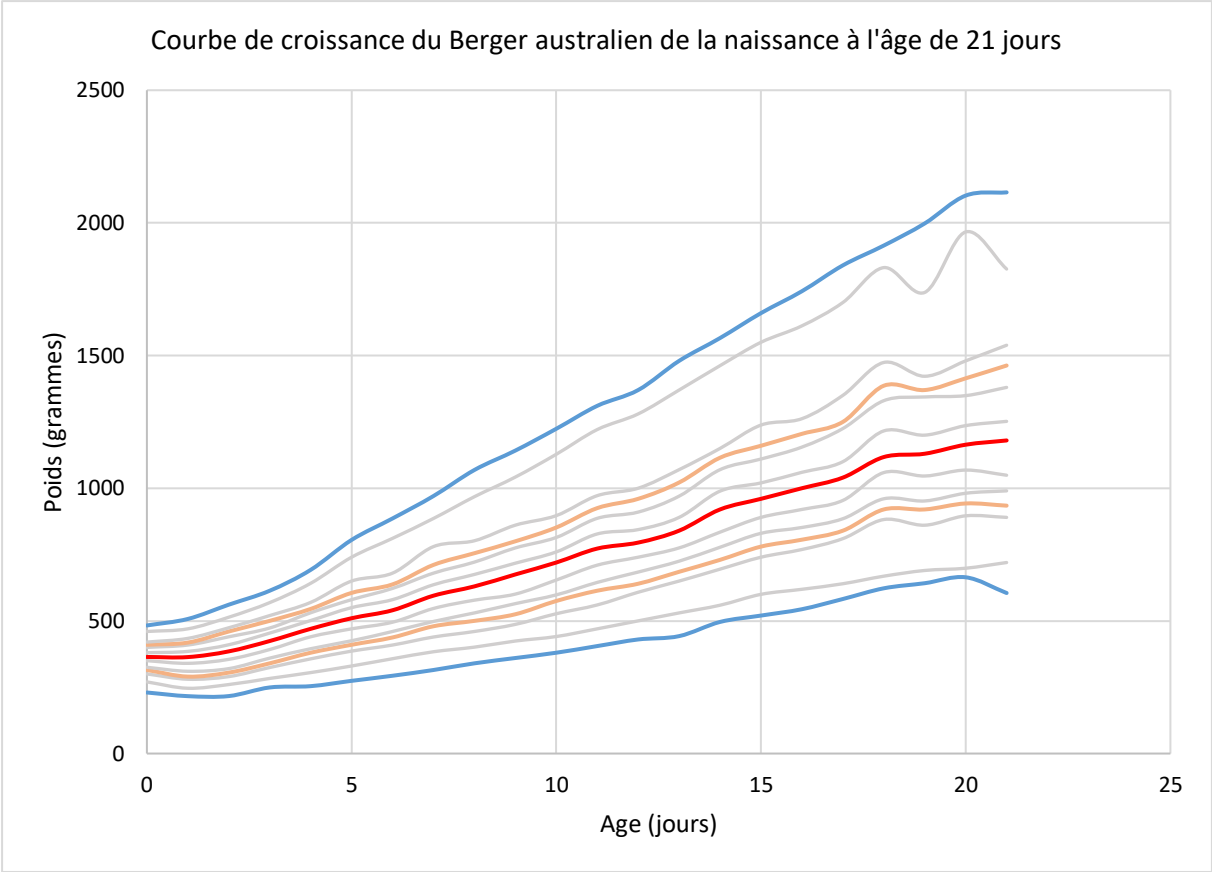
Courbe de croissance du Berger allemand de la naissance à l'âge de 2 mois



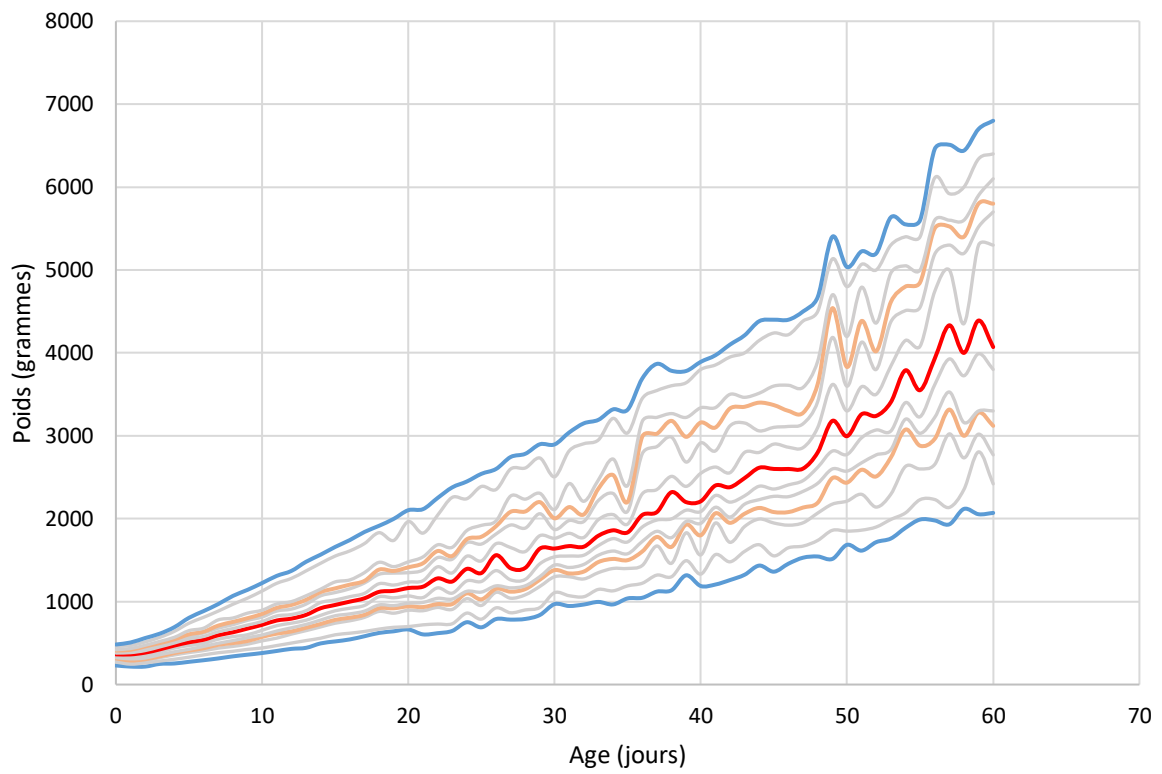
Annexe 9 : Berger australien : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



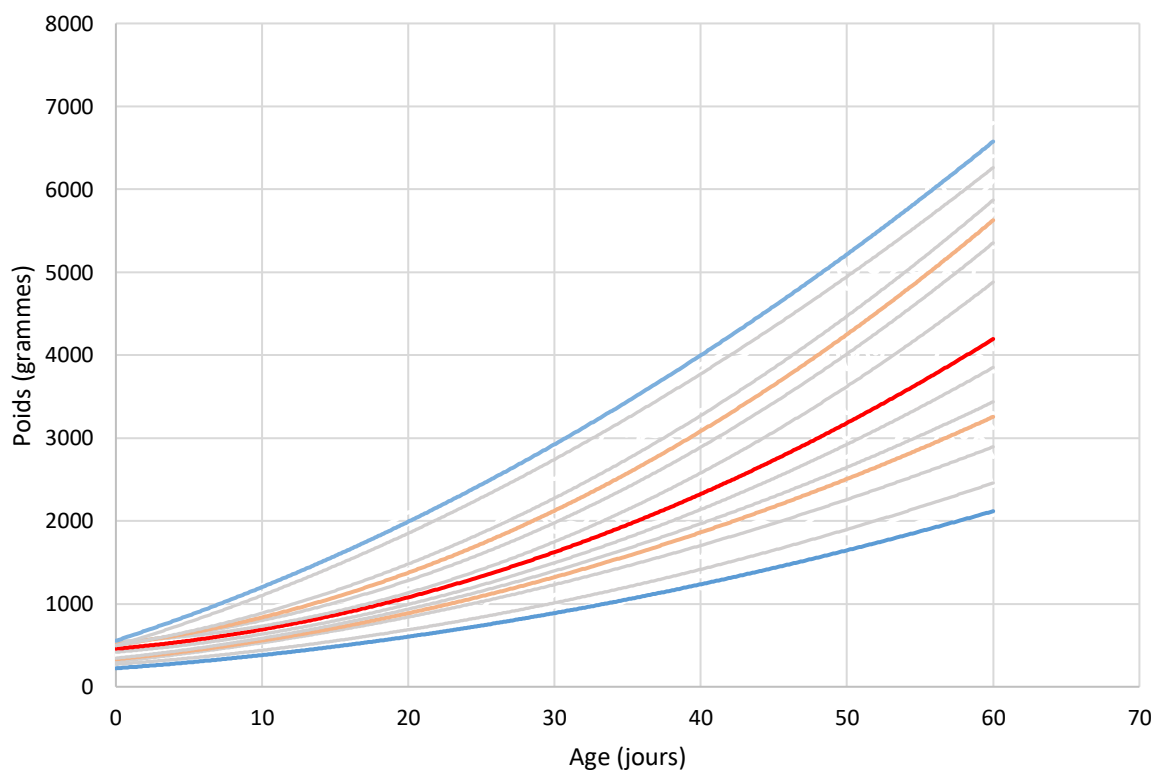




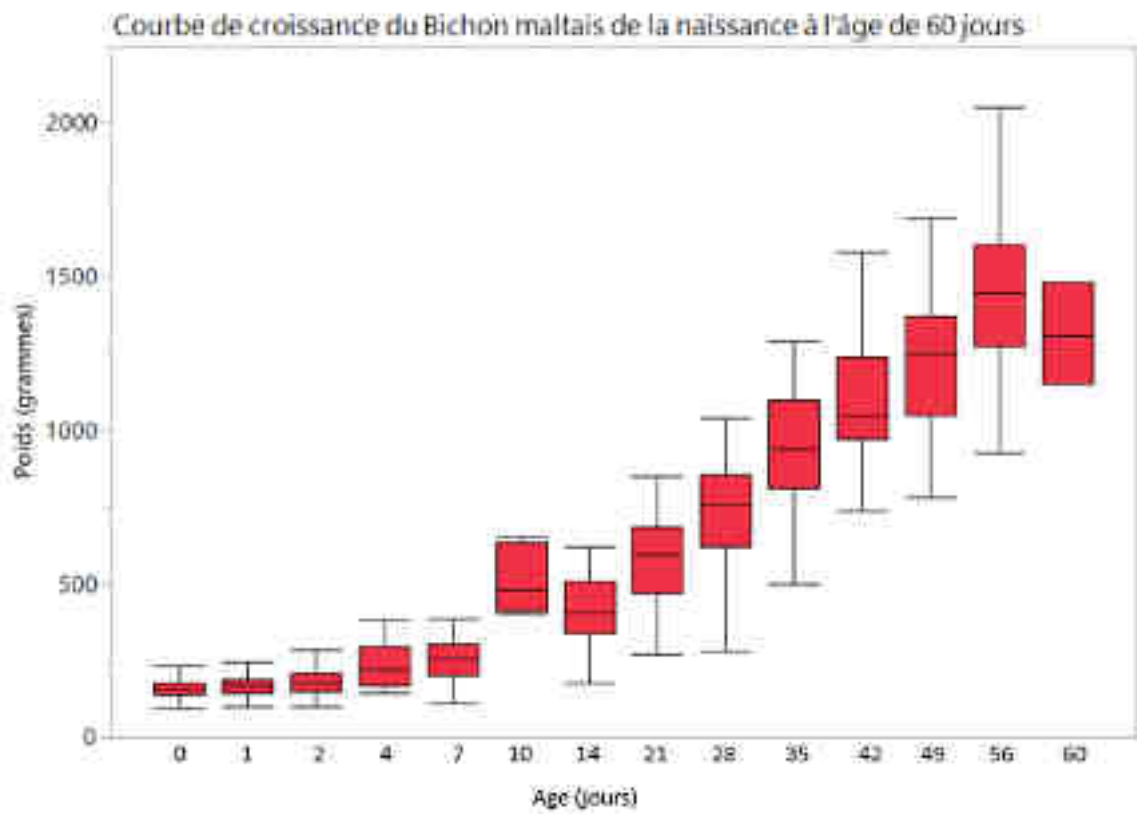
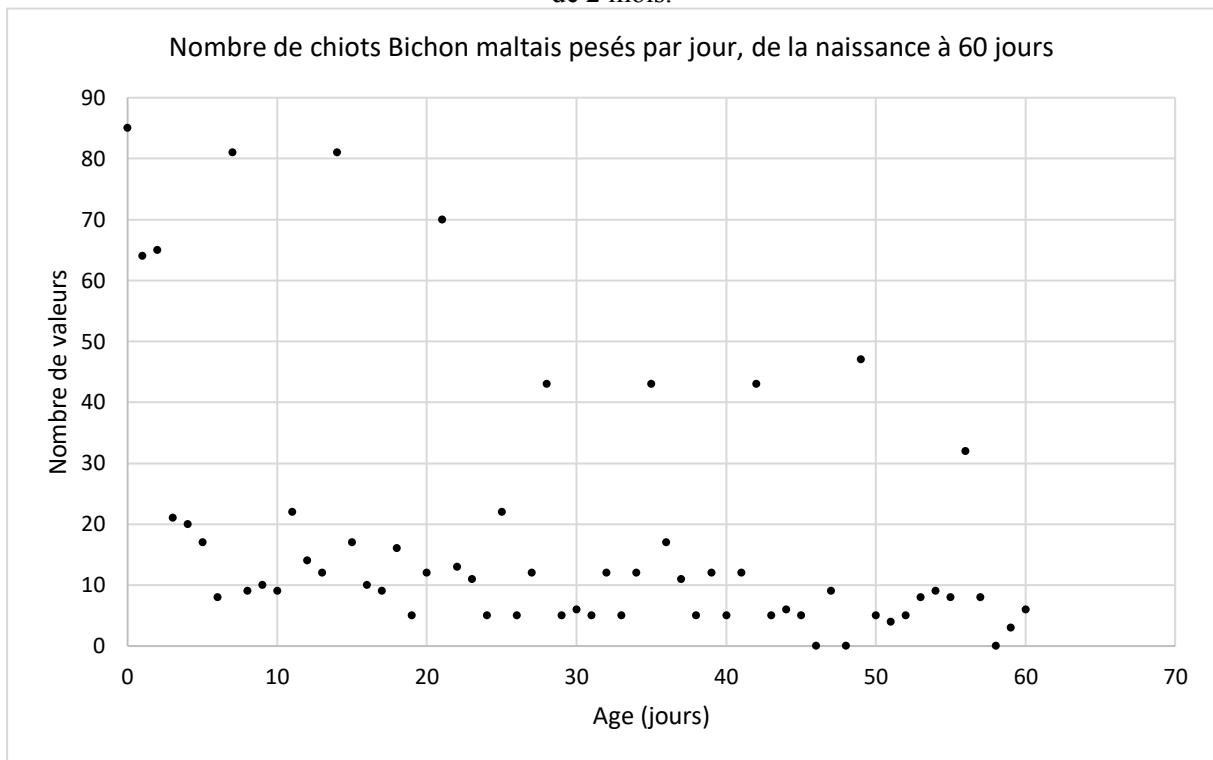
Courbe de croissance du Berger australien de la naissance à l'âge de 2 mois



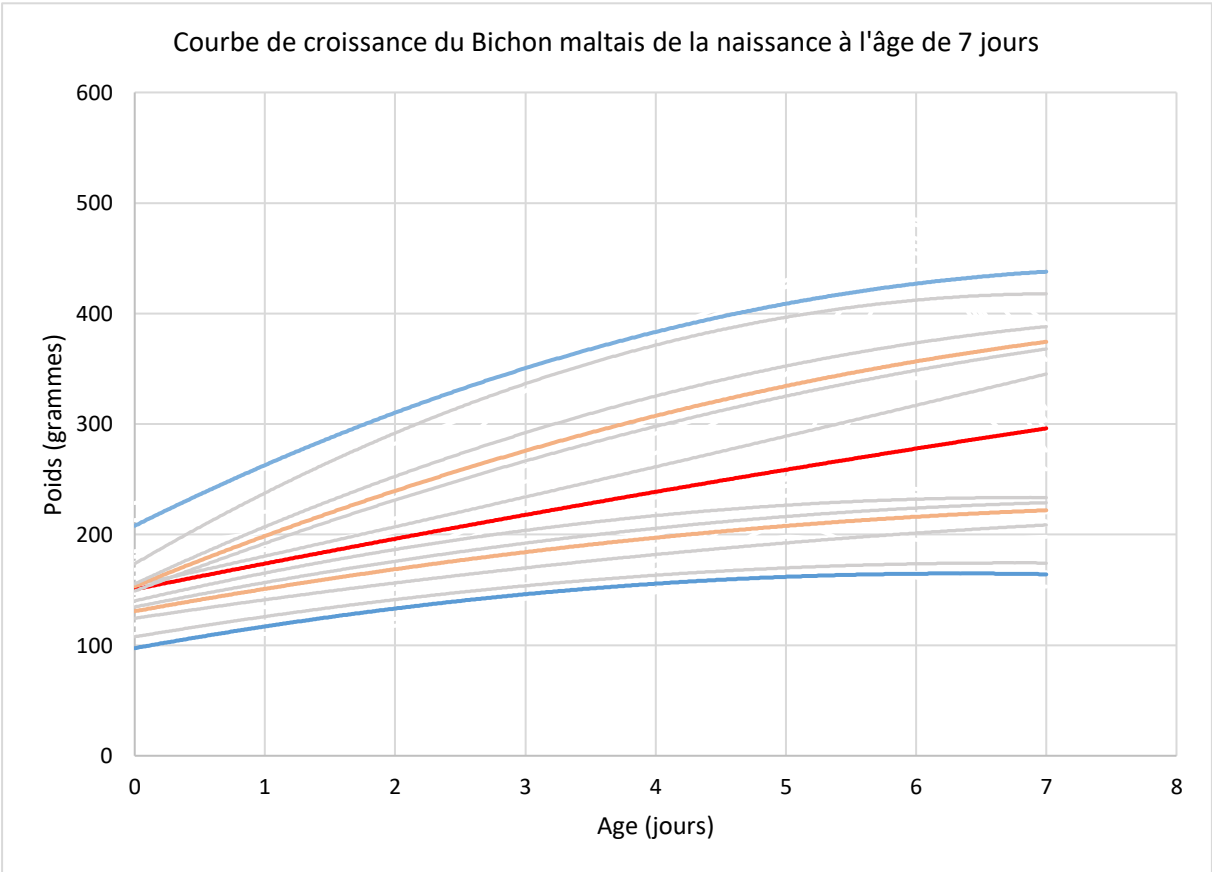
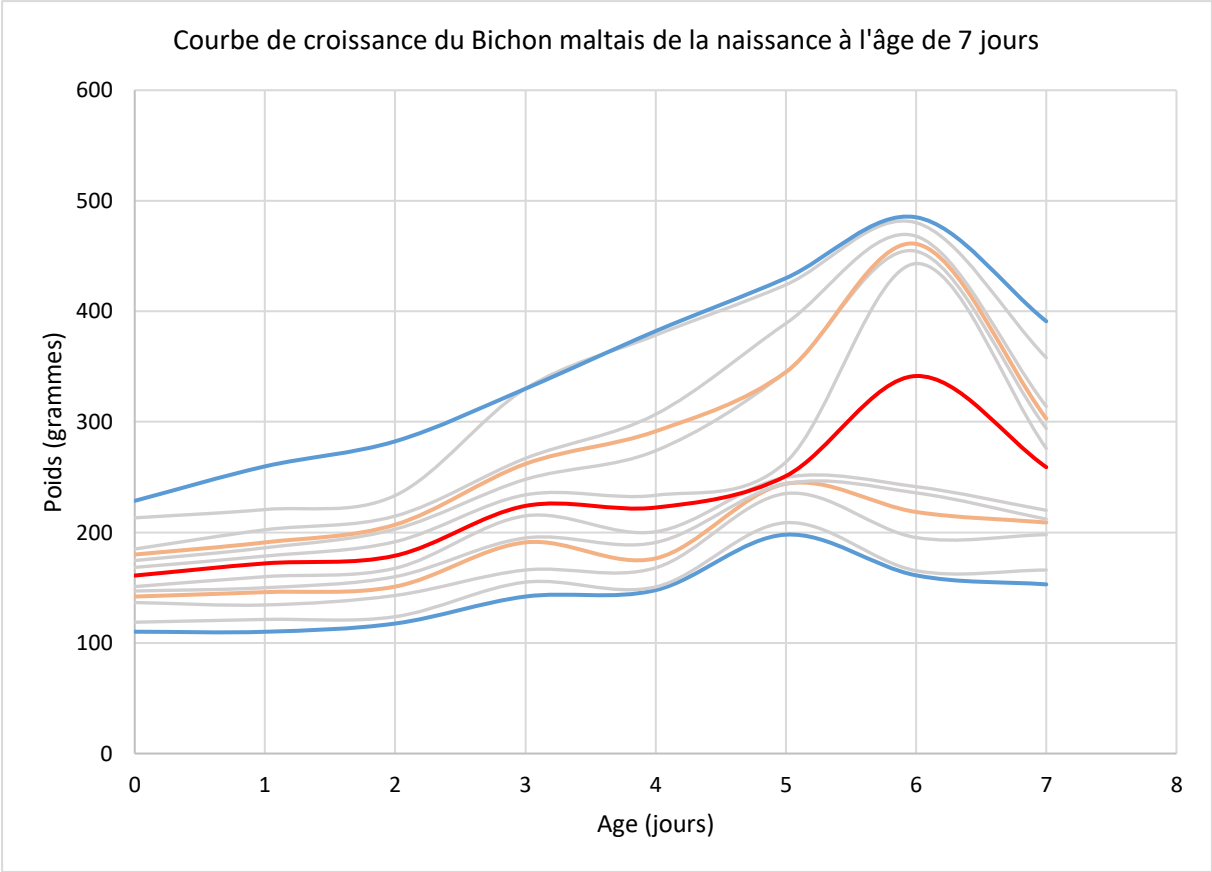
Courbe de croissance du Berger australien de la naissance à l'âge de 2 mois

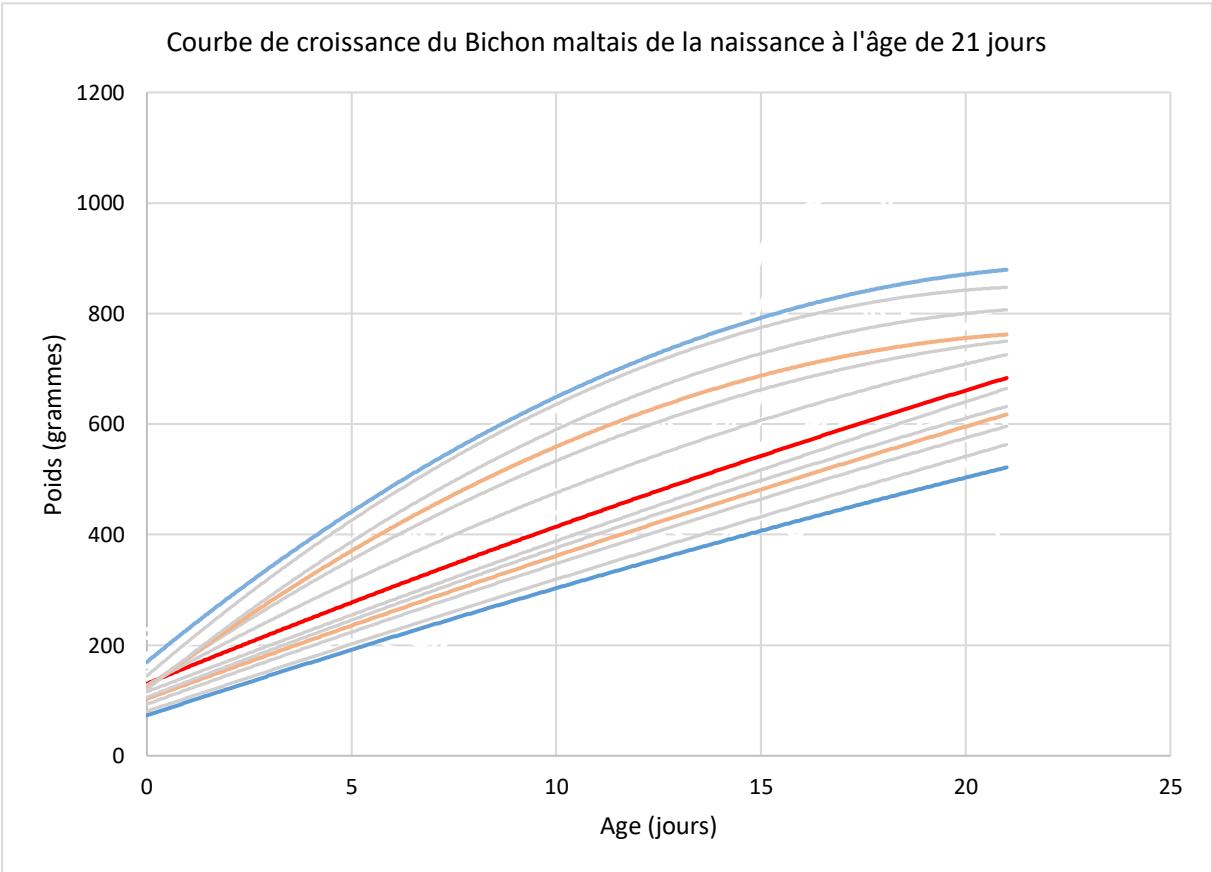
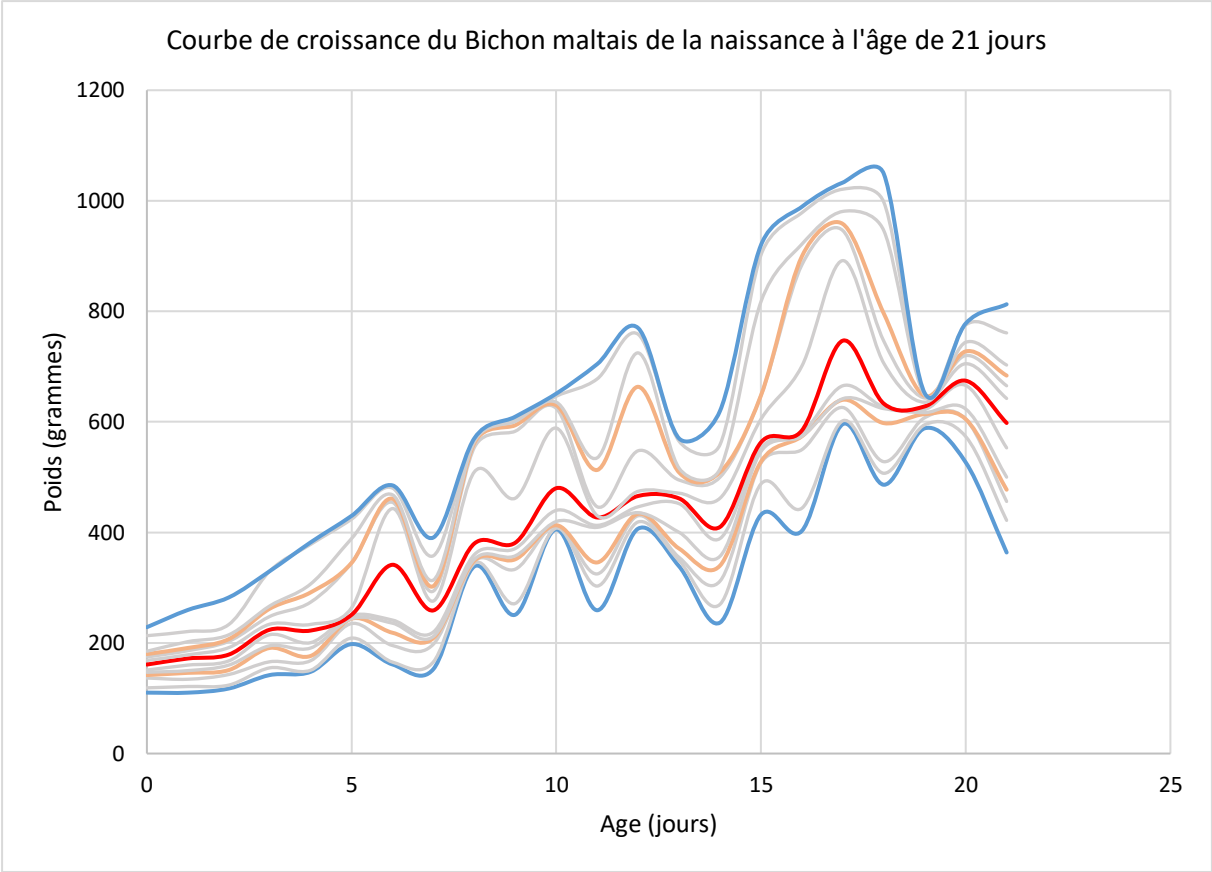


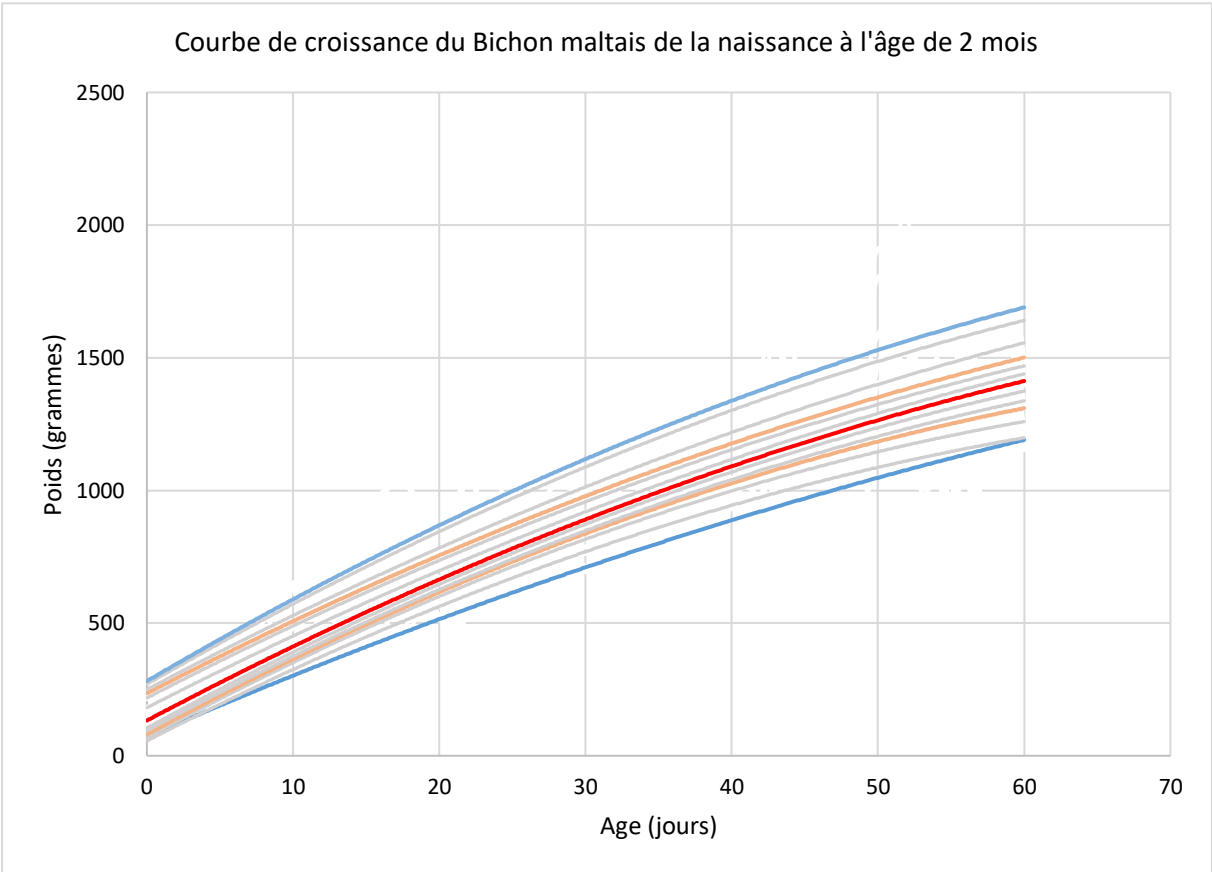
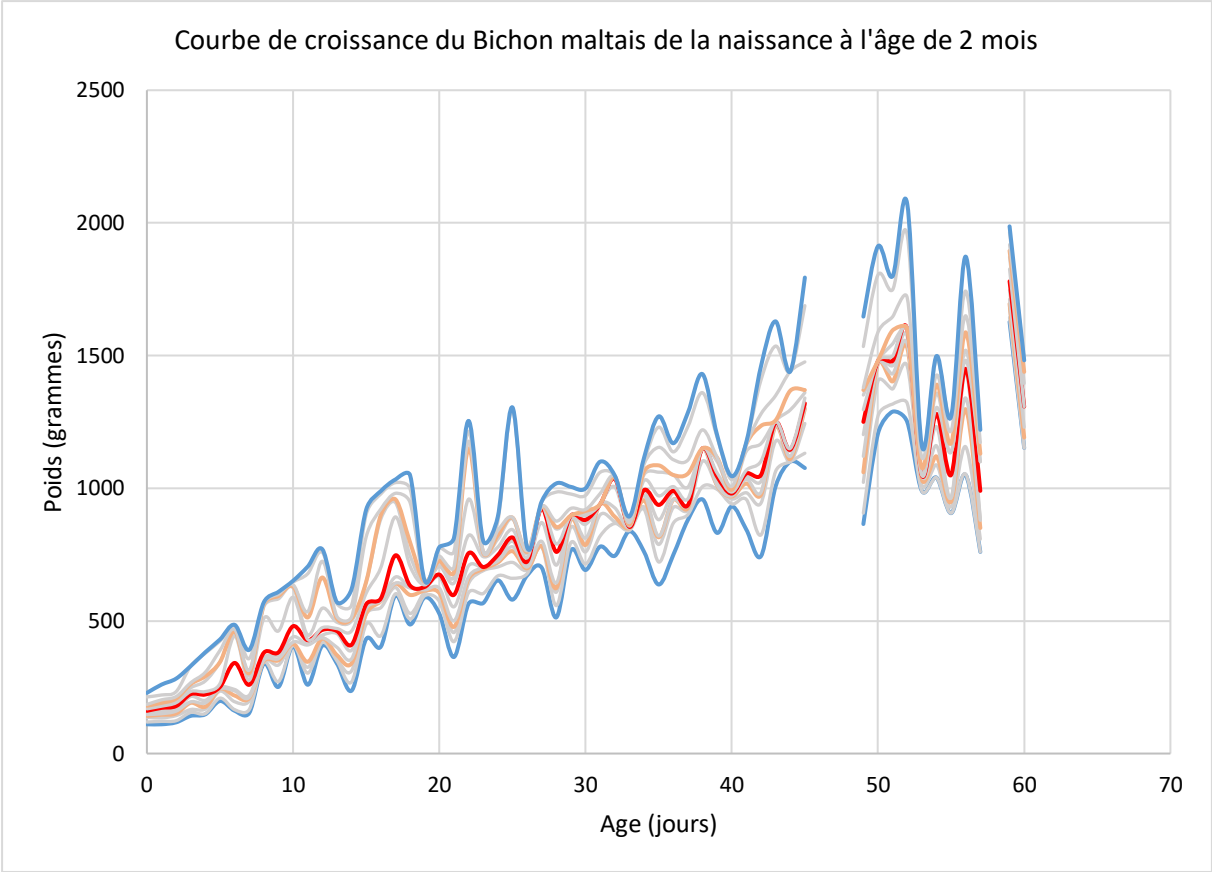
Annexe 10 : Bichon maltais : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



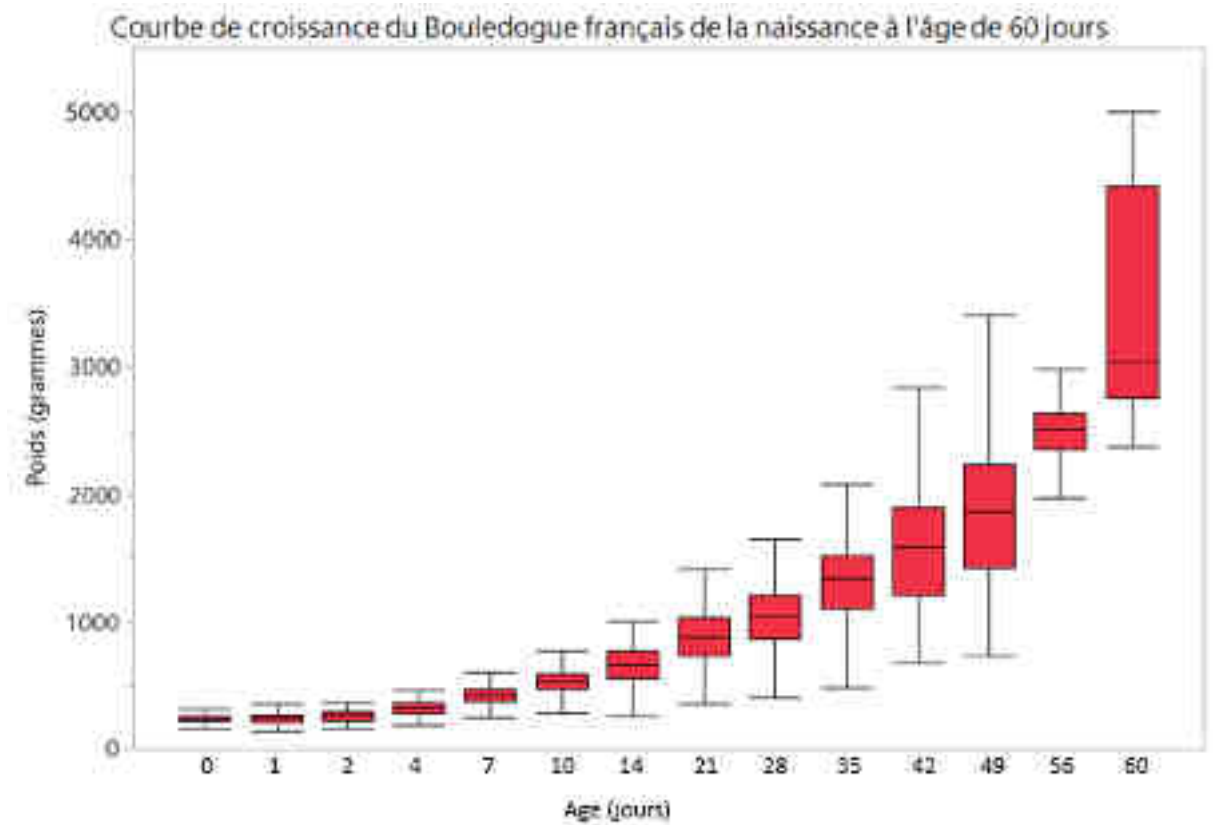
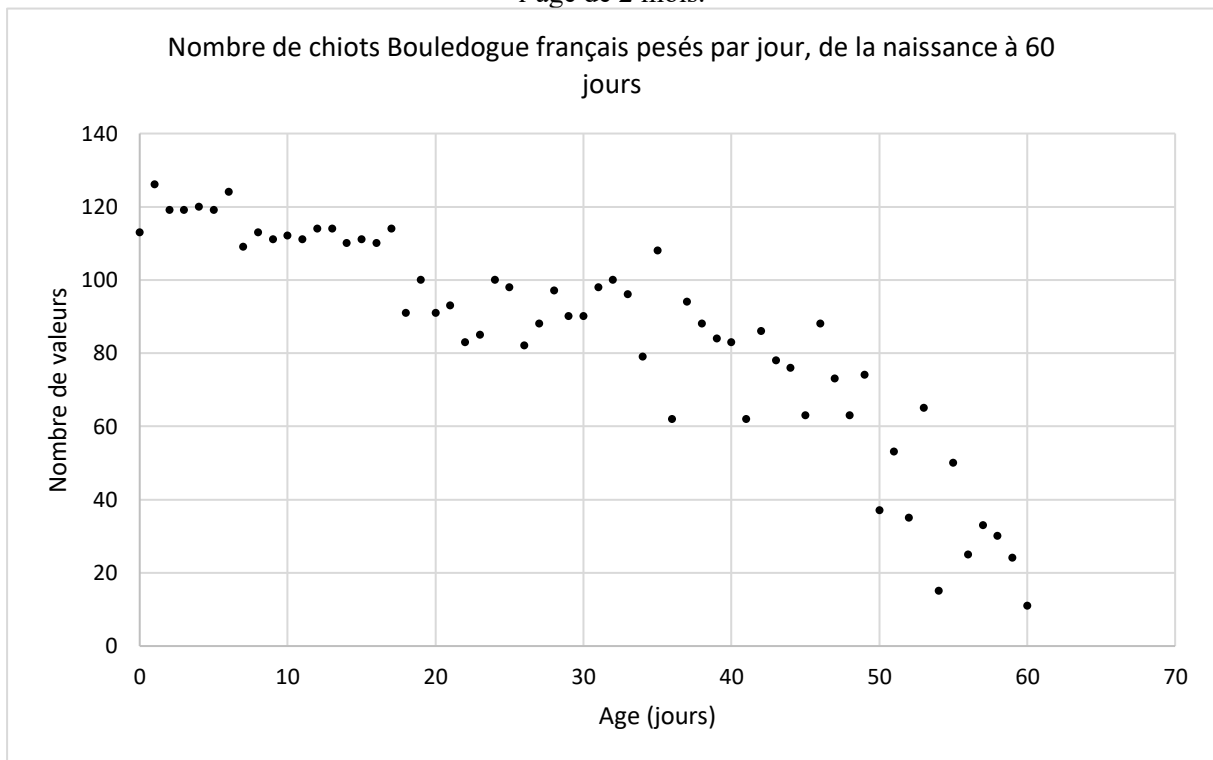


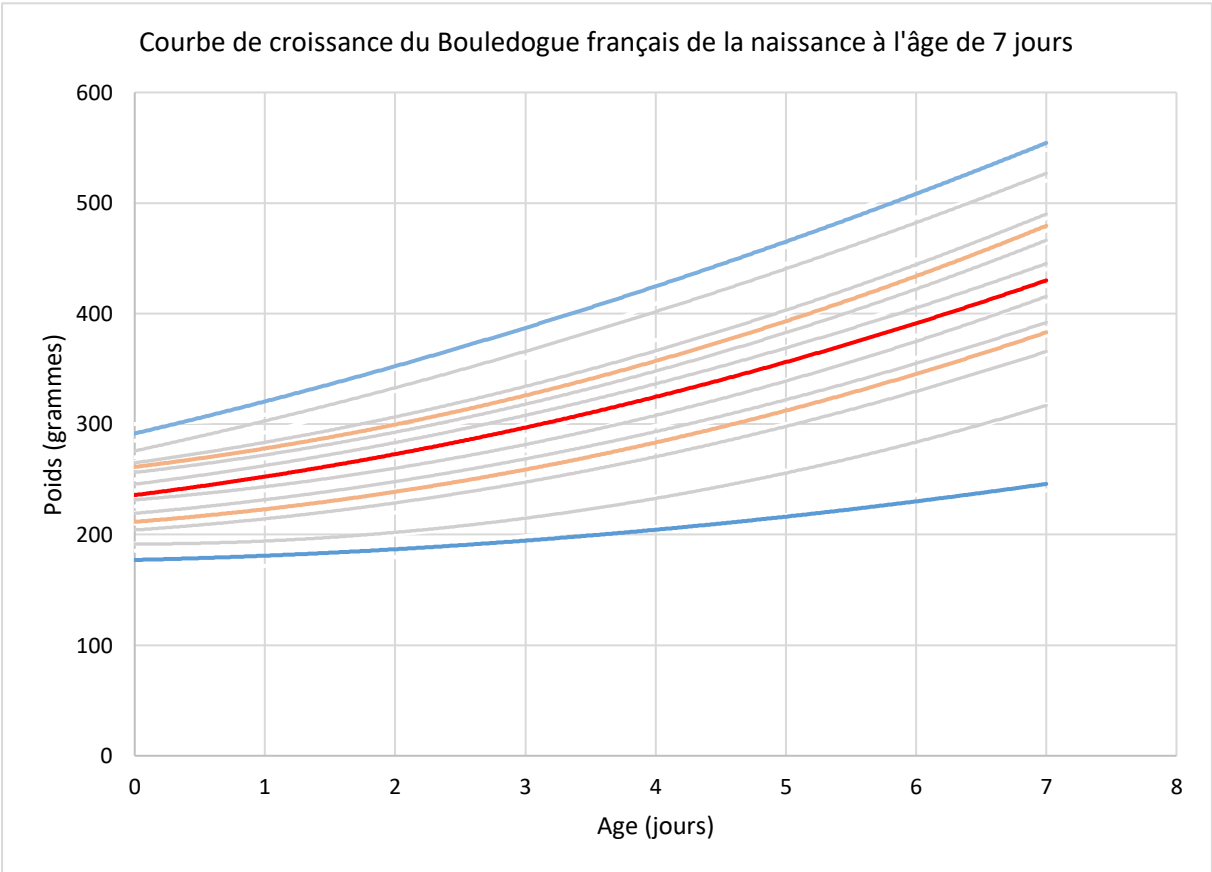
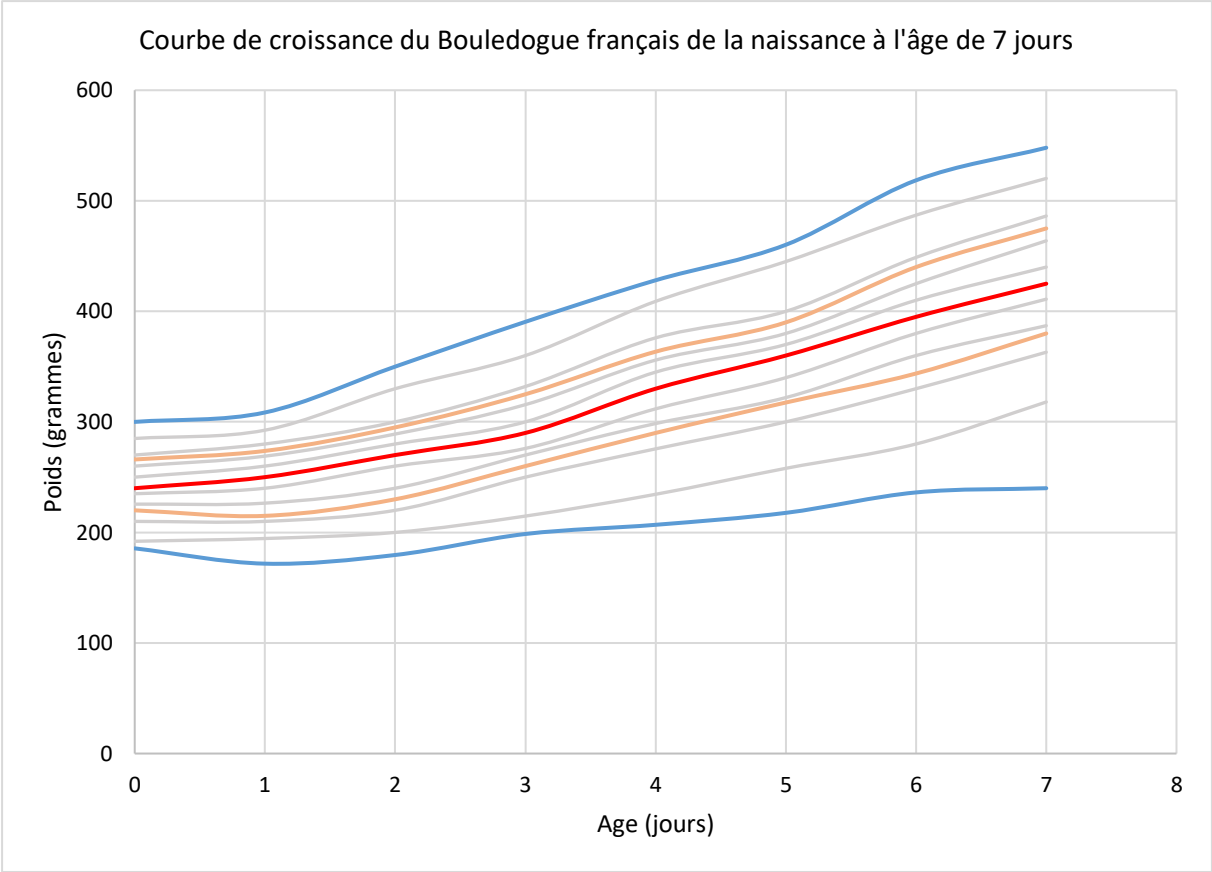


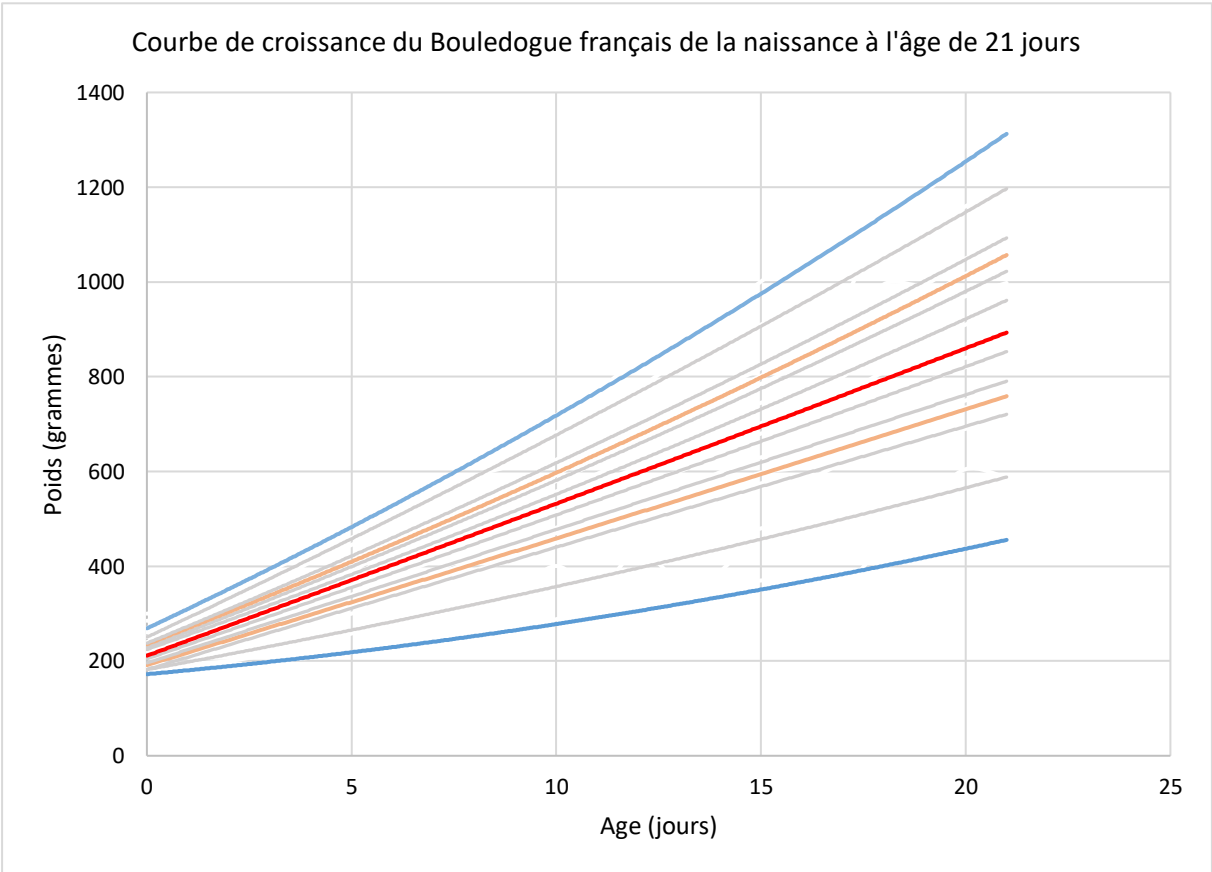
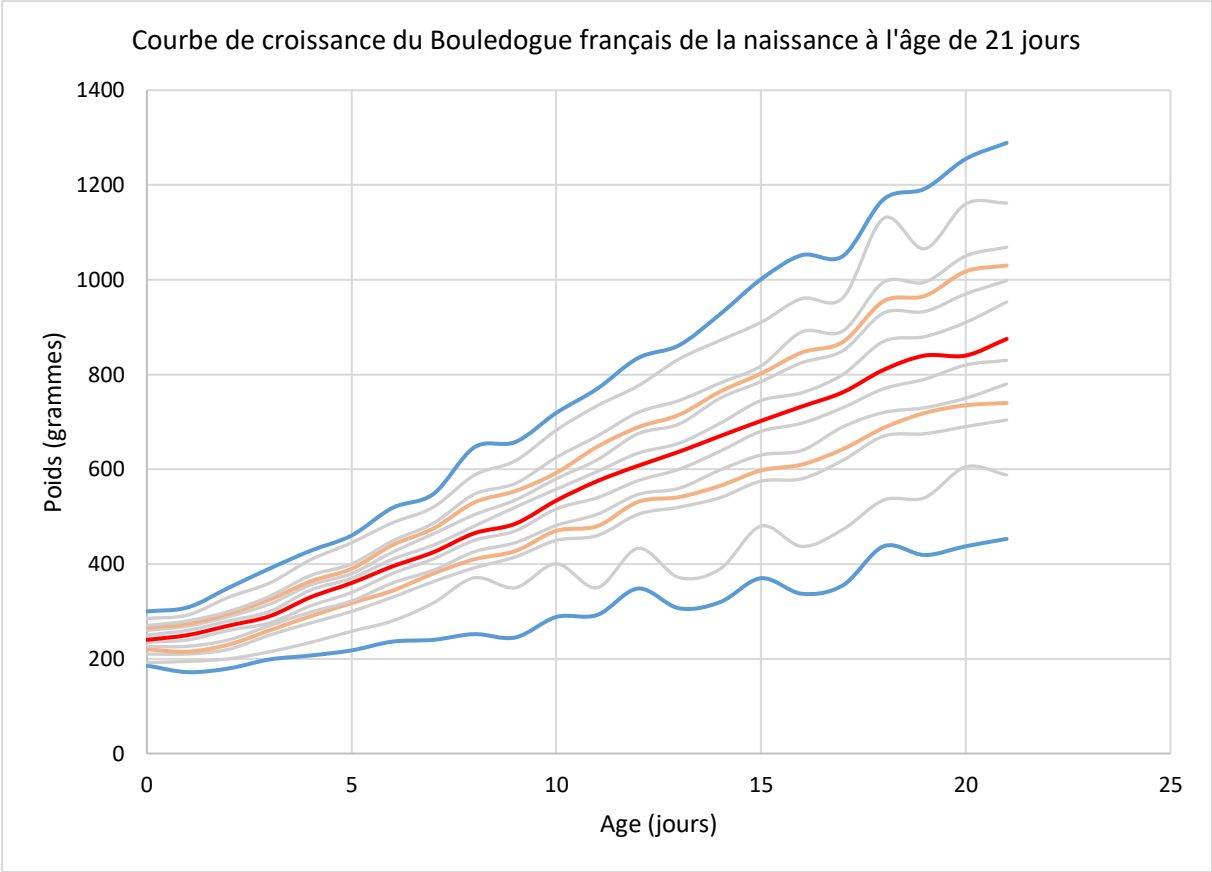


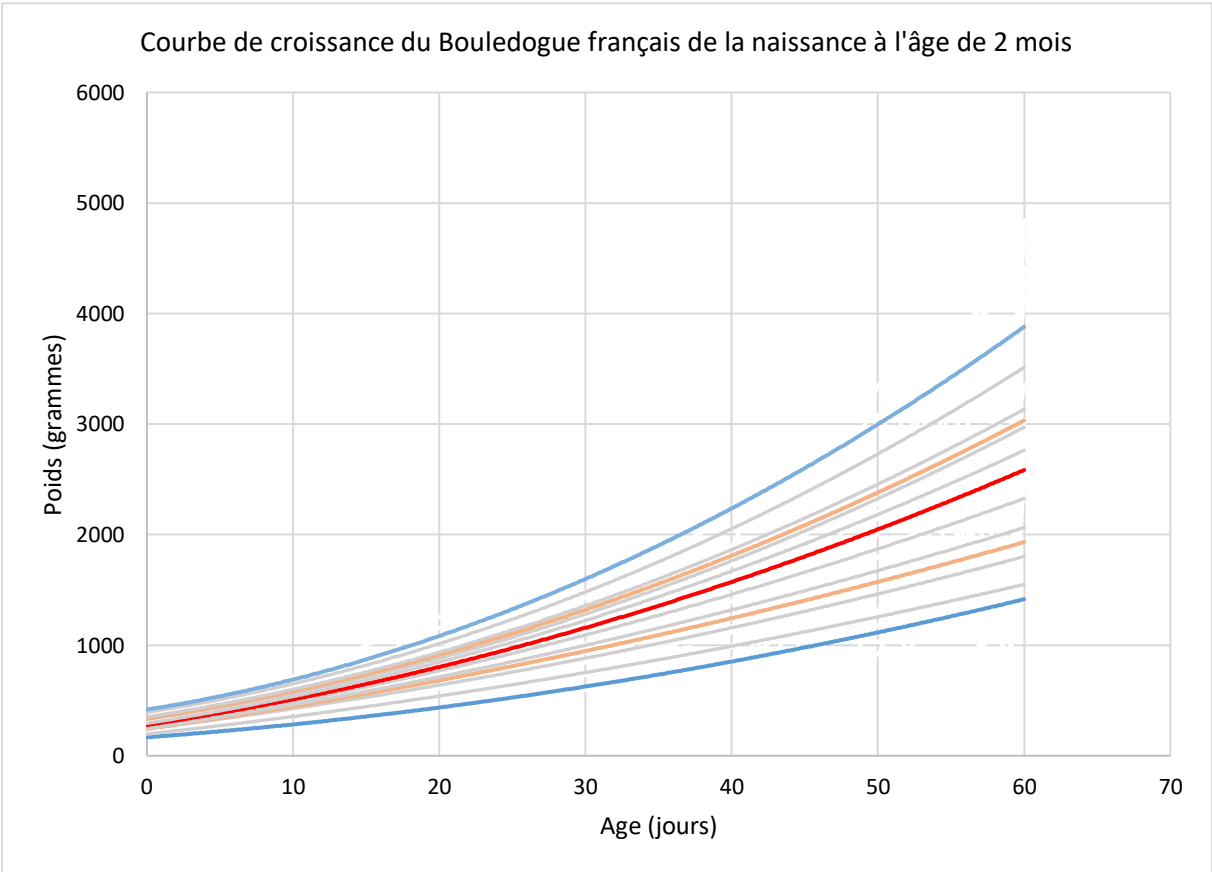
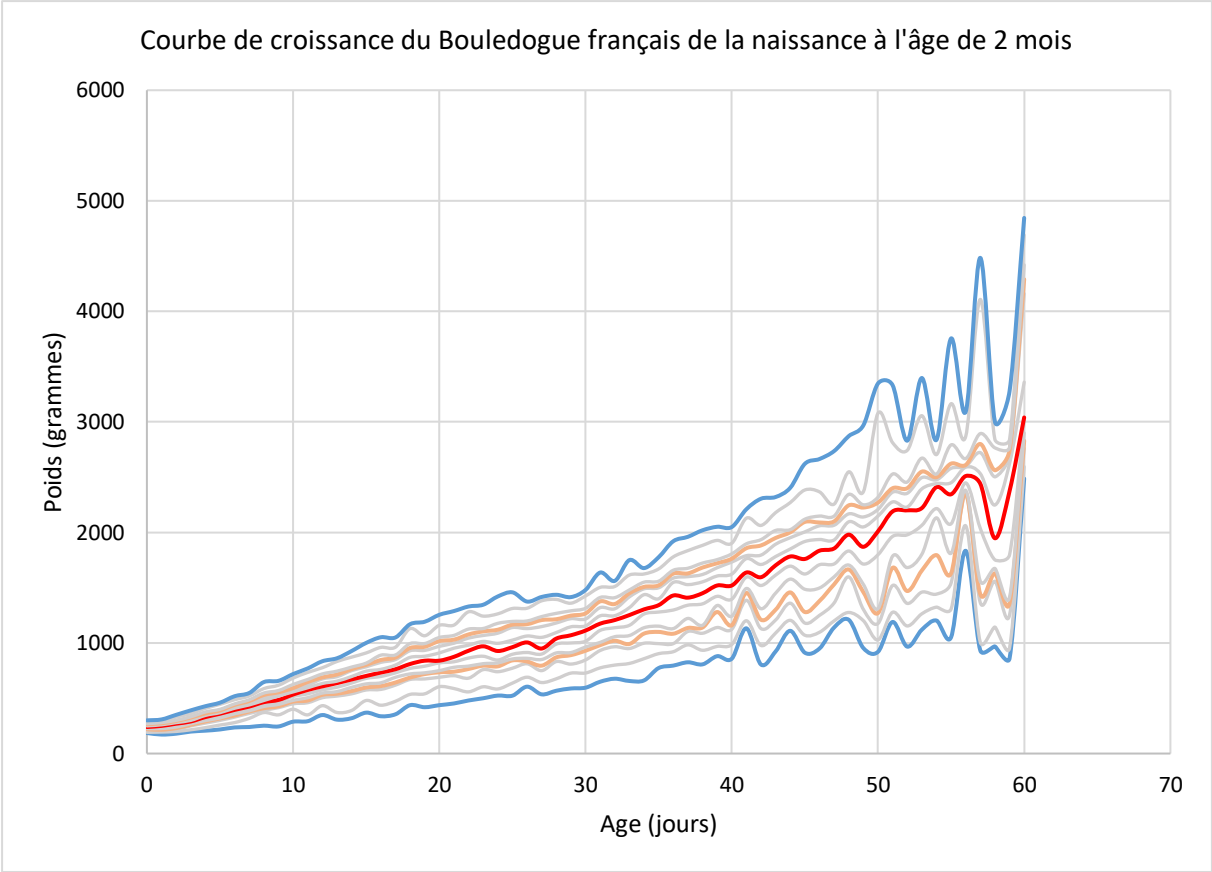


Annexe 11 : Bouledogue français : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

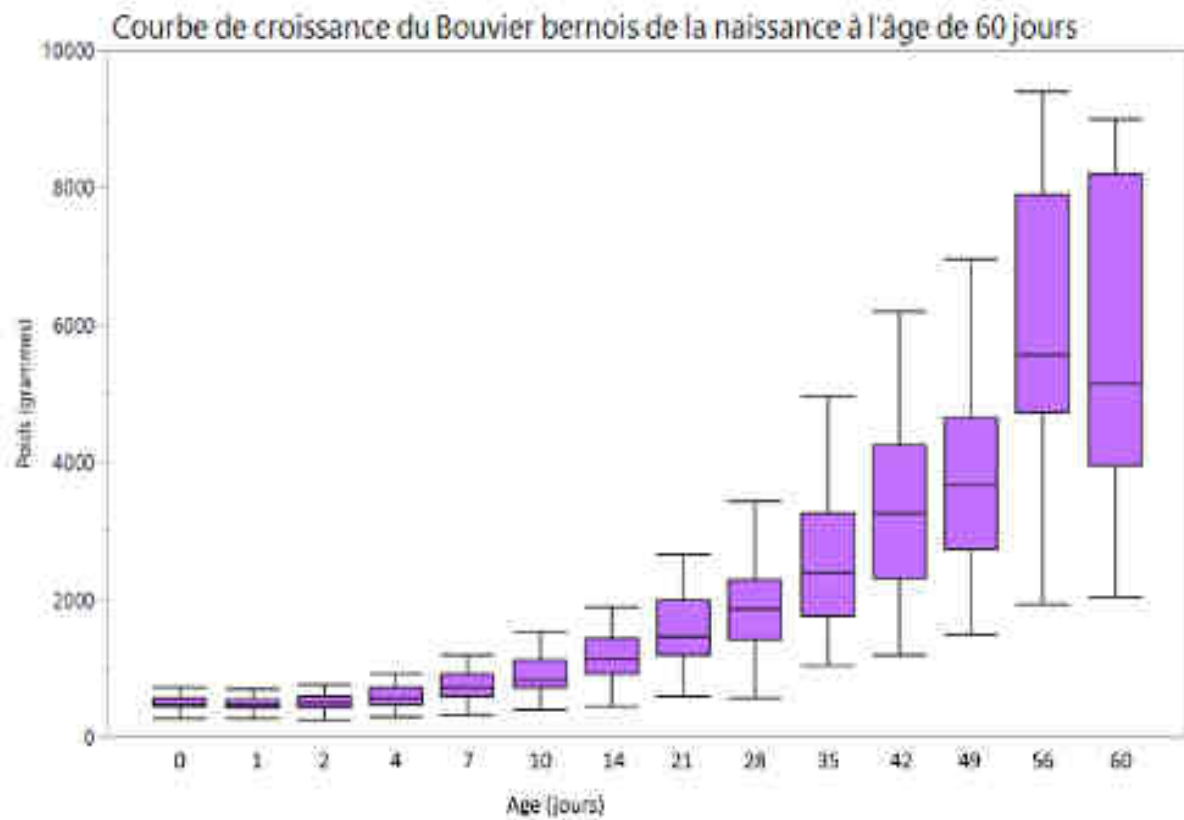
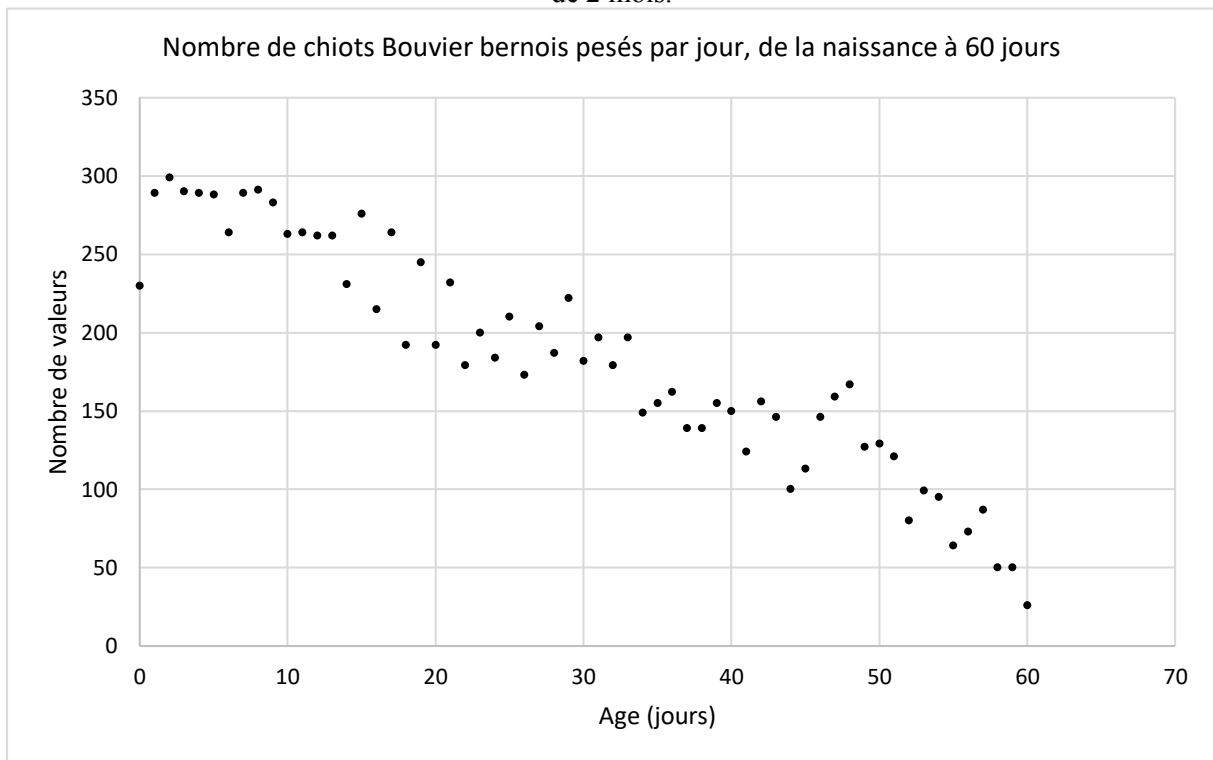




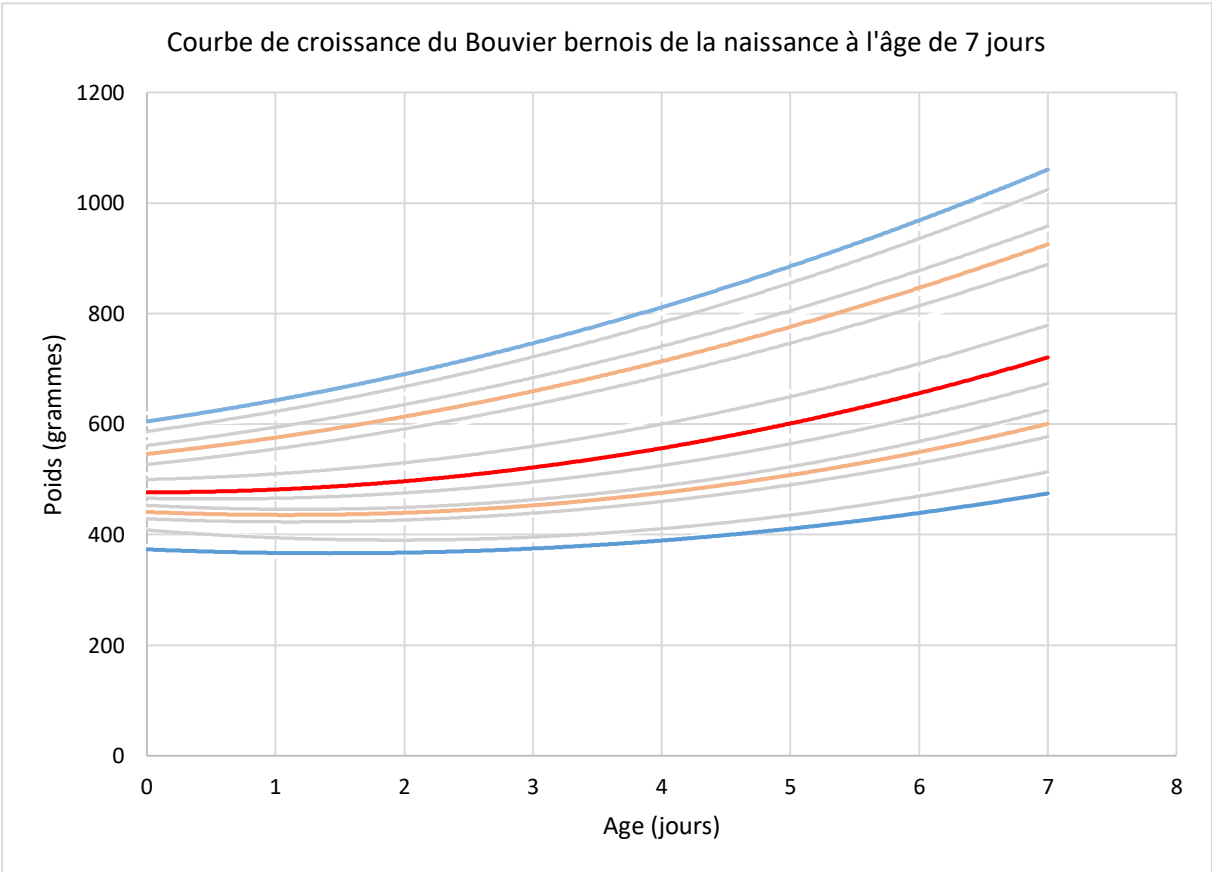
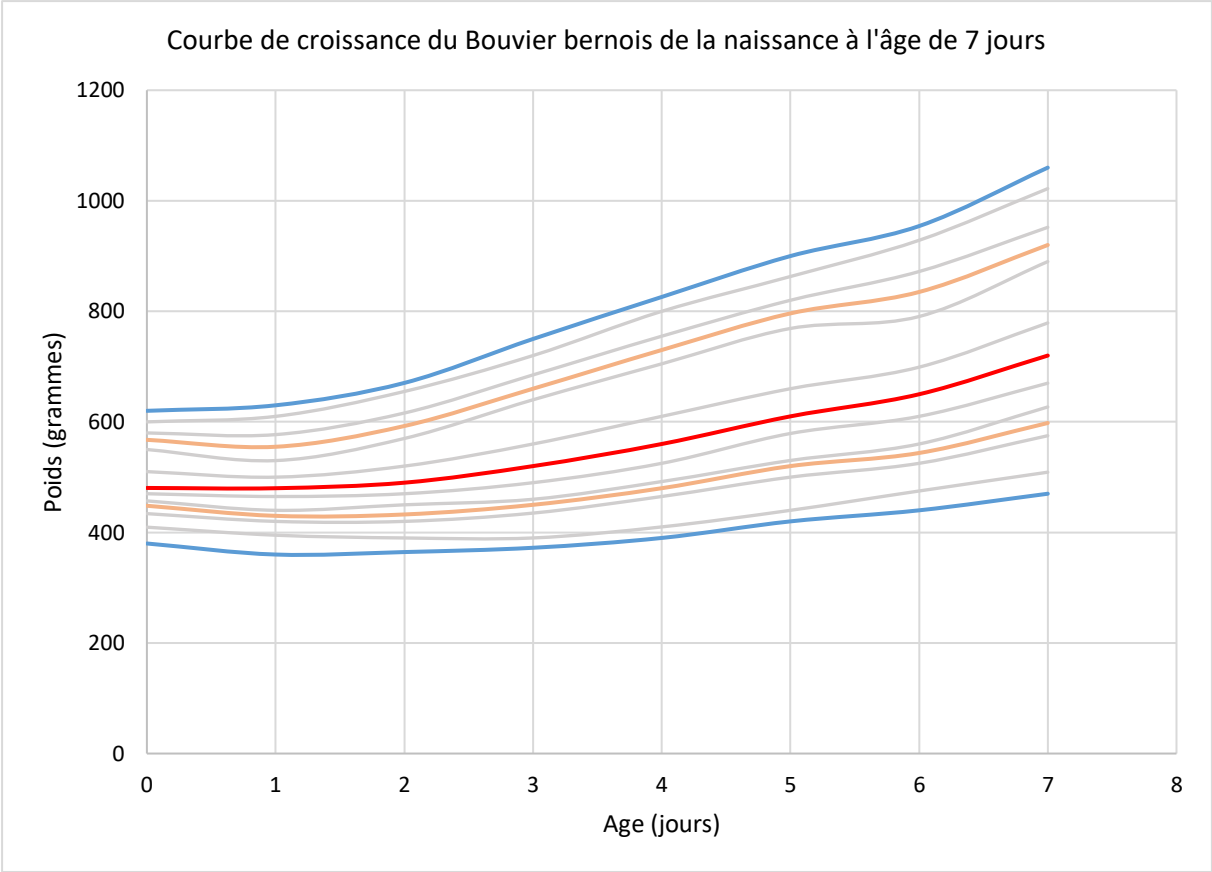


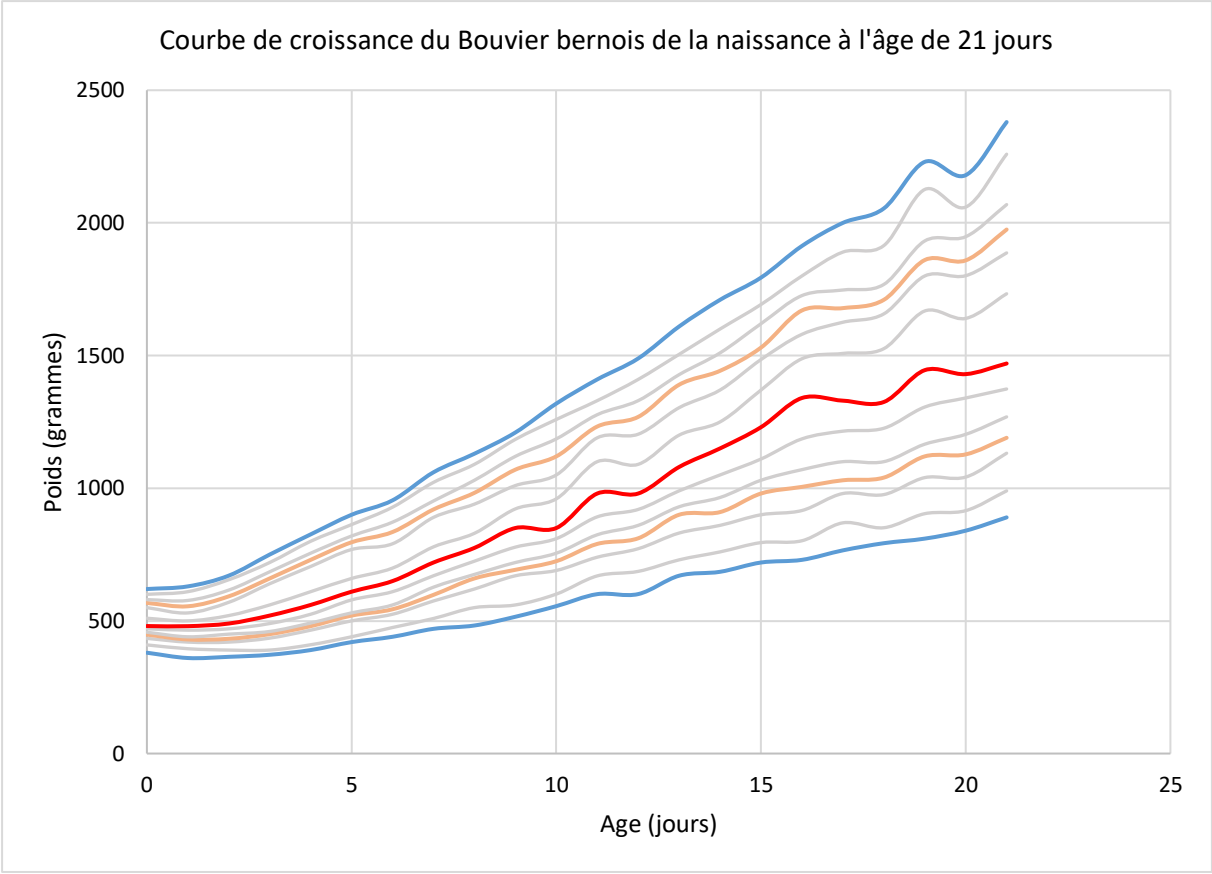


Annexe 12 : Bouvier berinois : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

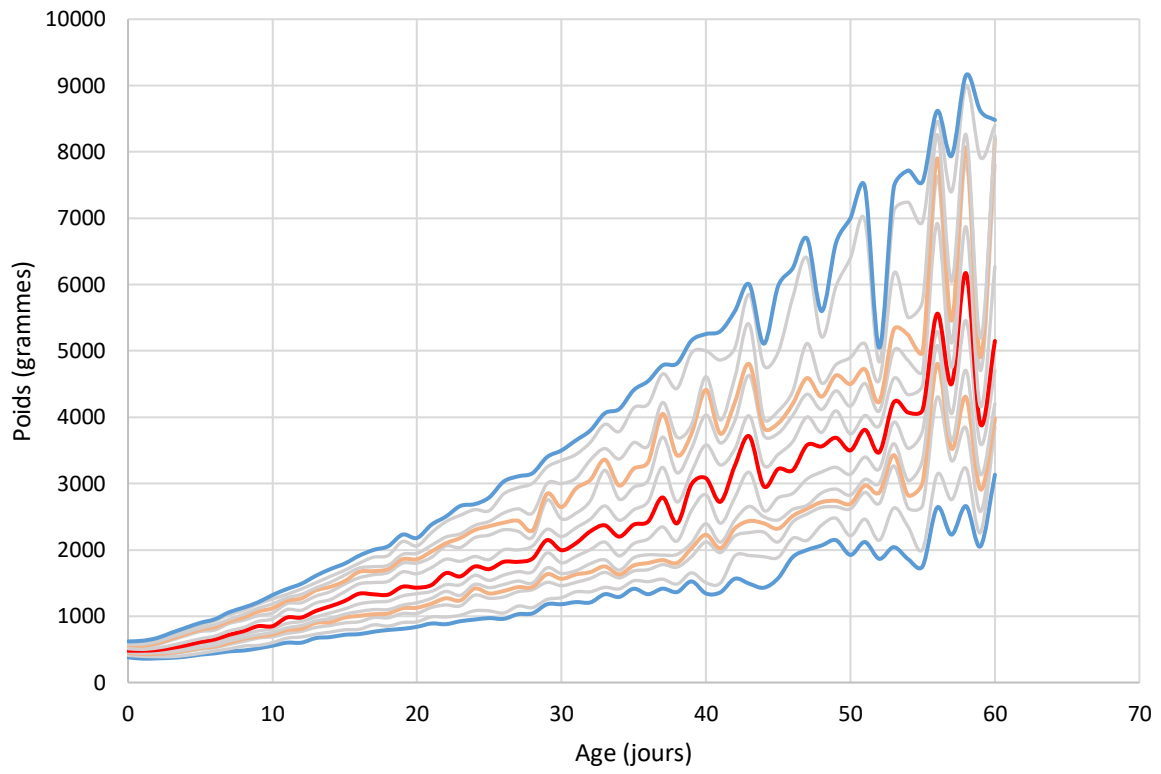




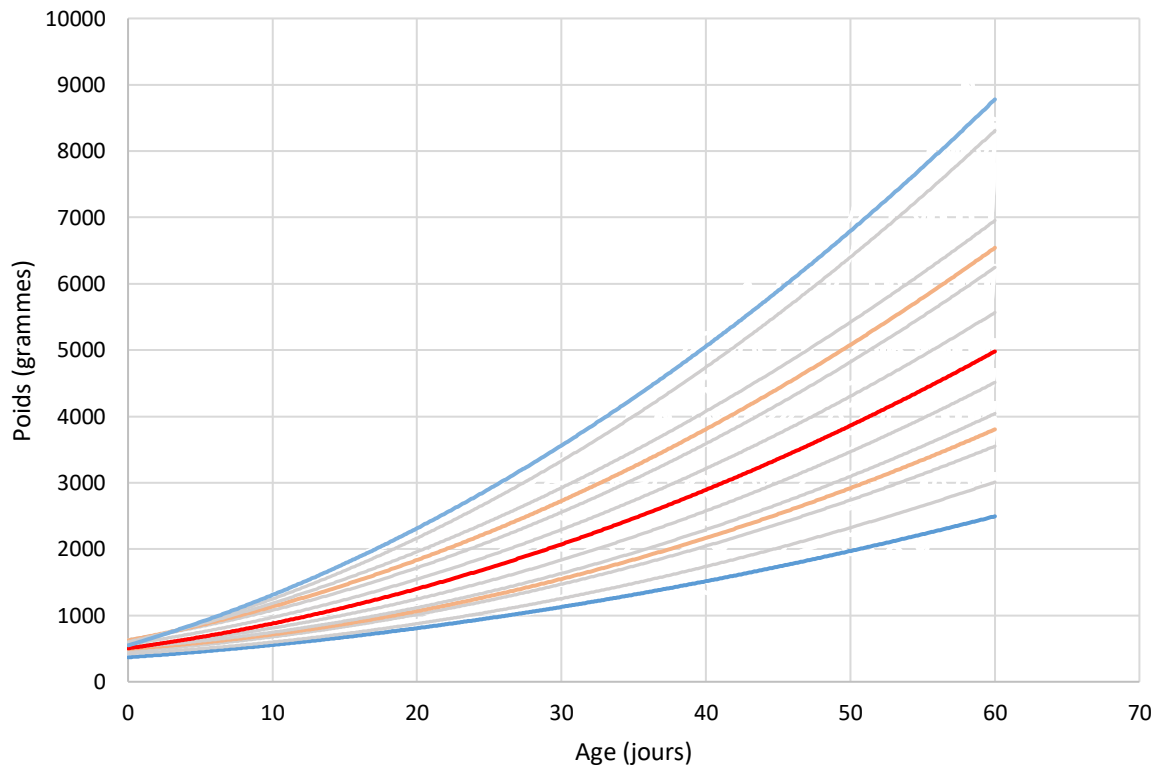




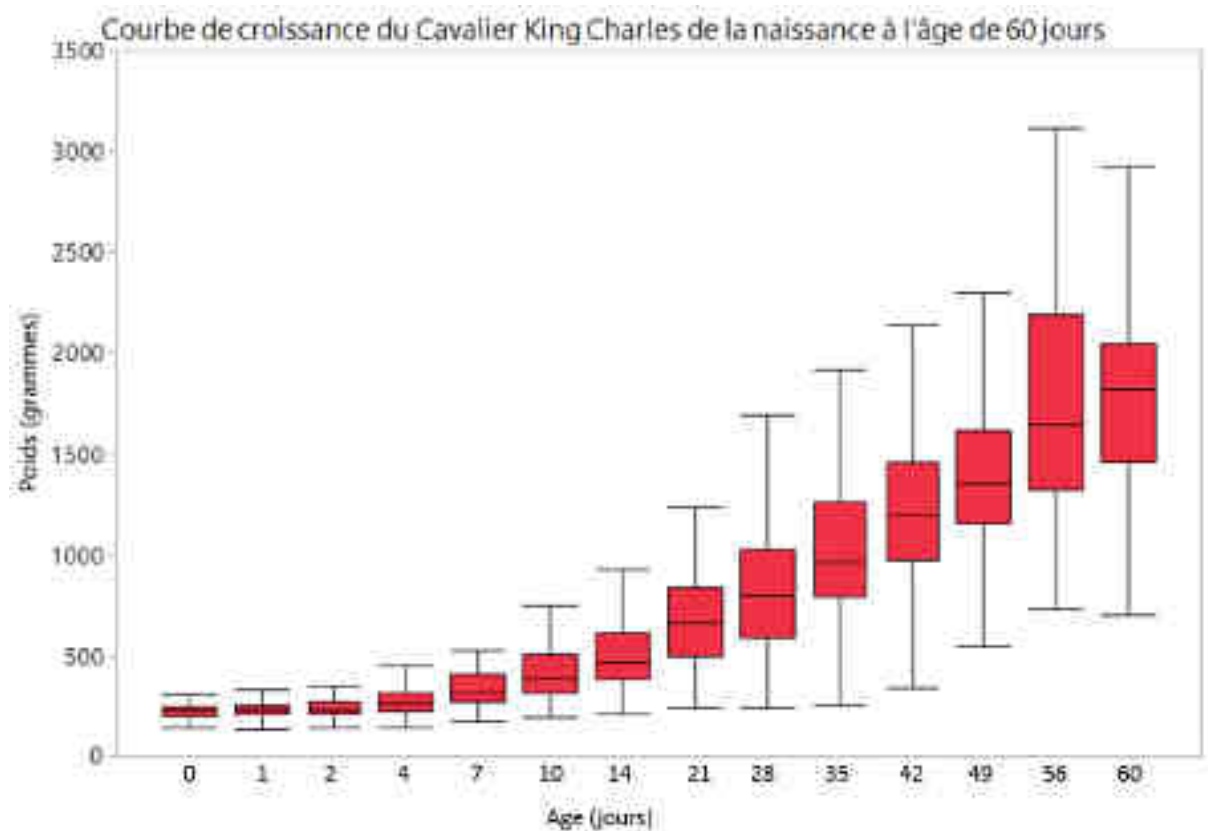
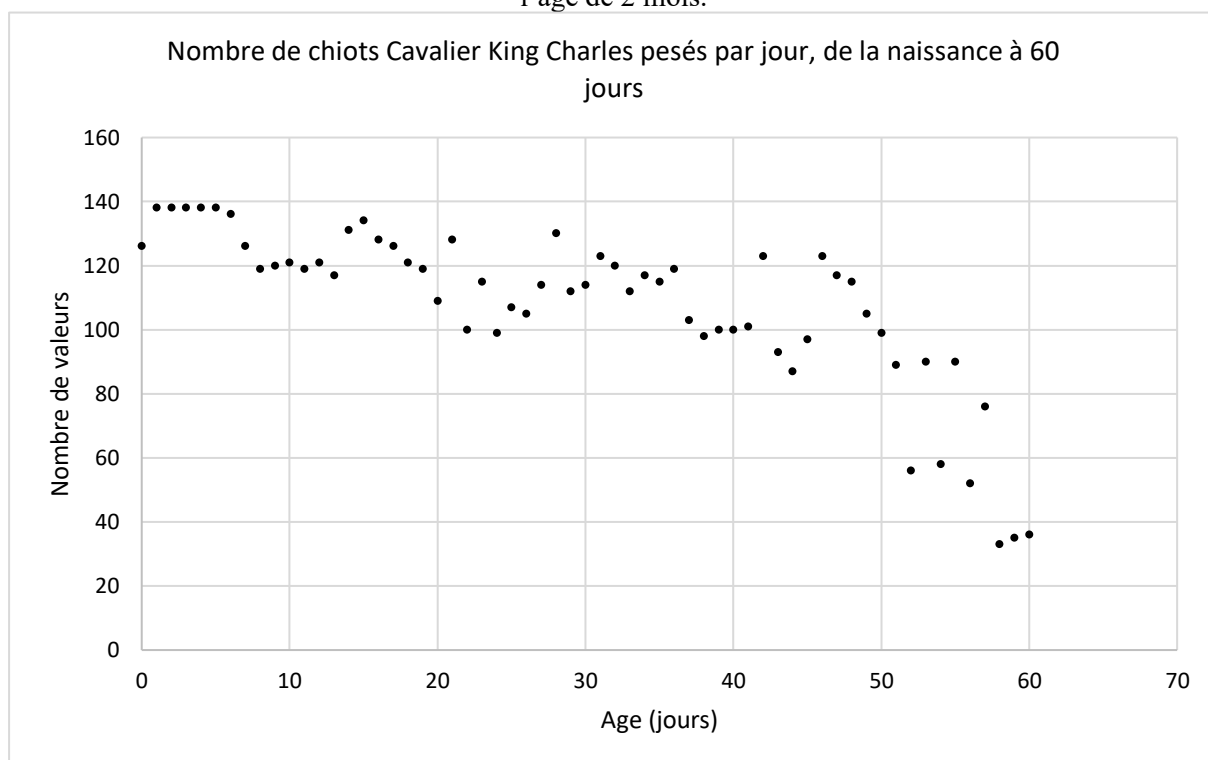
Courbe de croissance du Bouvier bernois de la naissance à l'âge de 2 mois

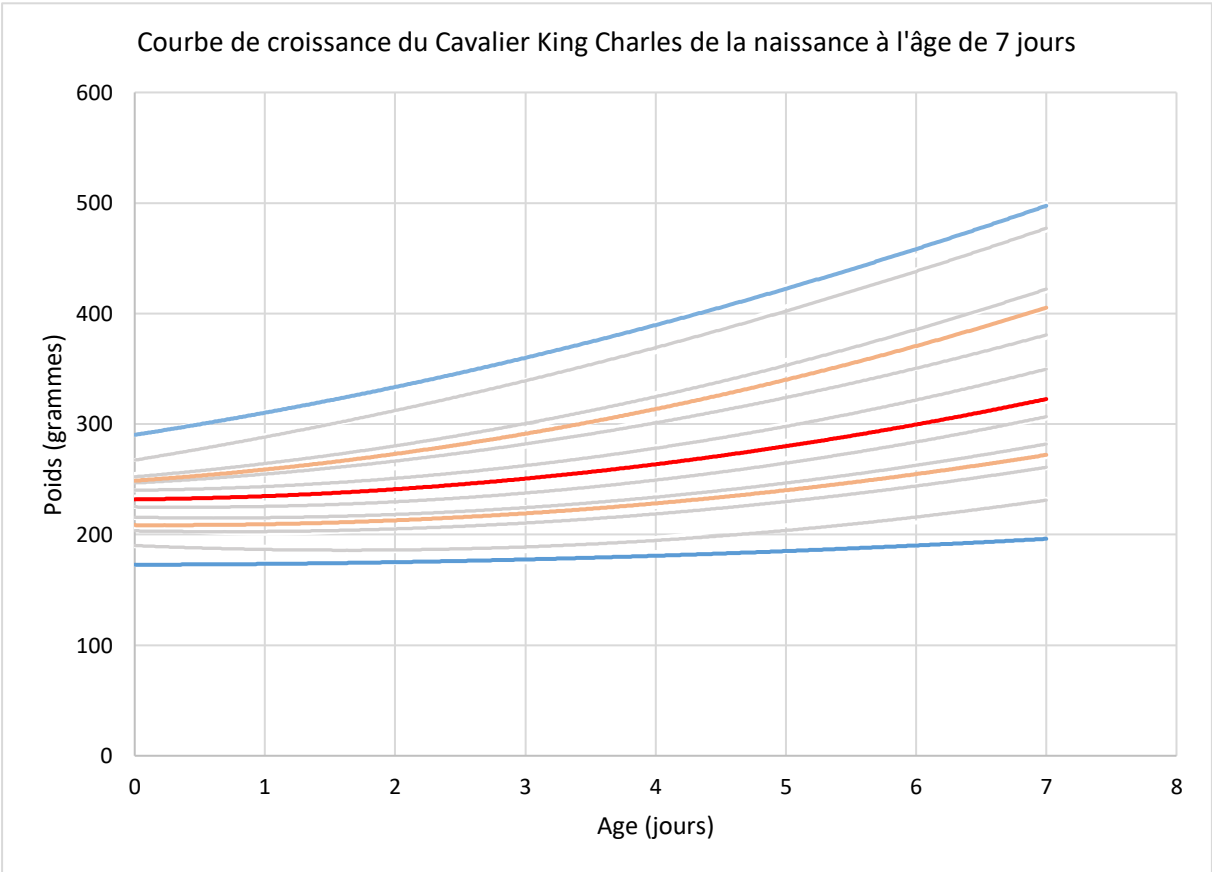
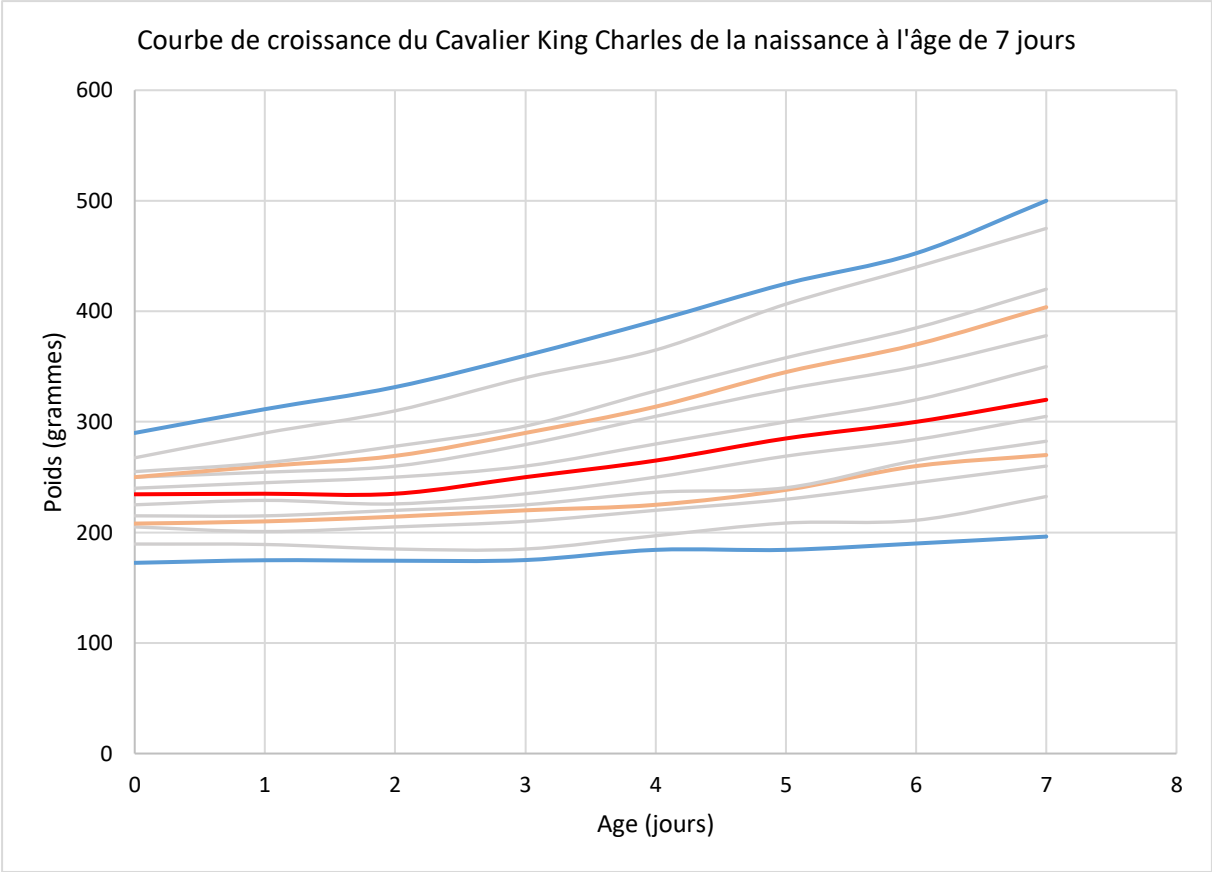


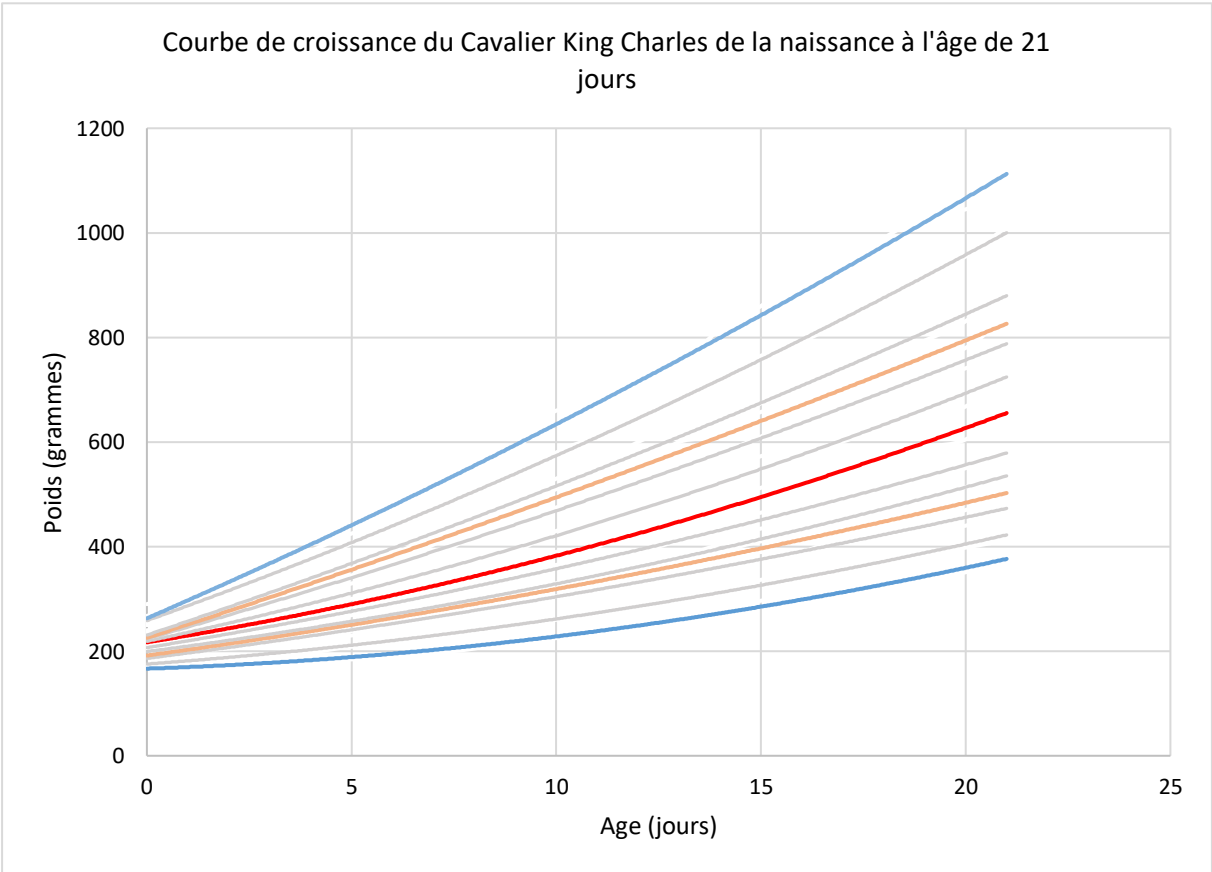
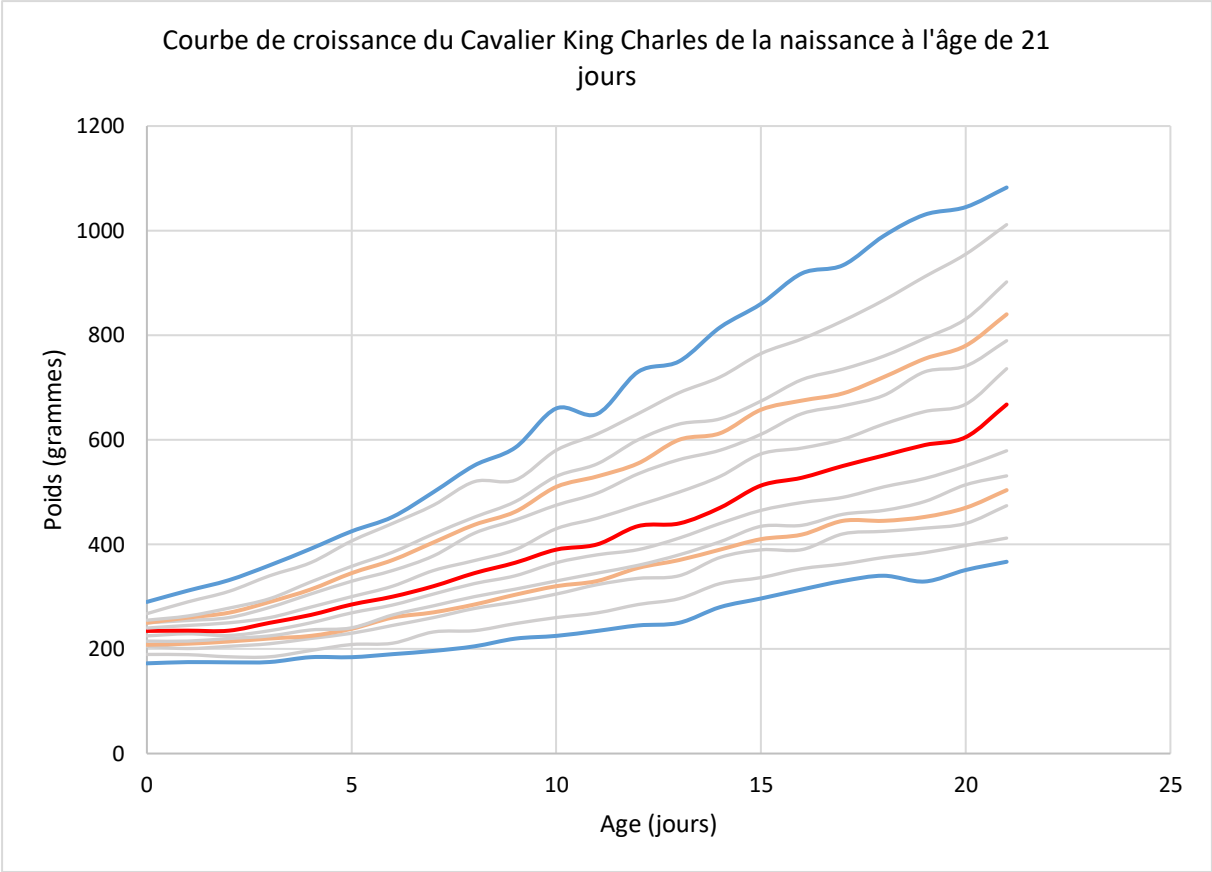
Courbe de croissance du Bouvier bernois de la naissance à l'âge de 2 mois

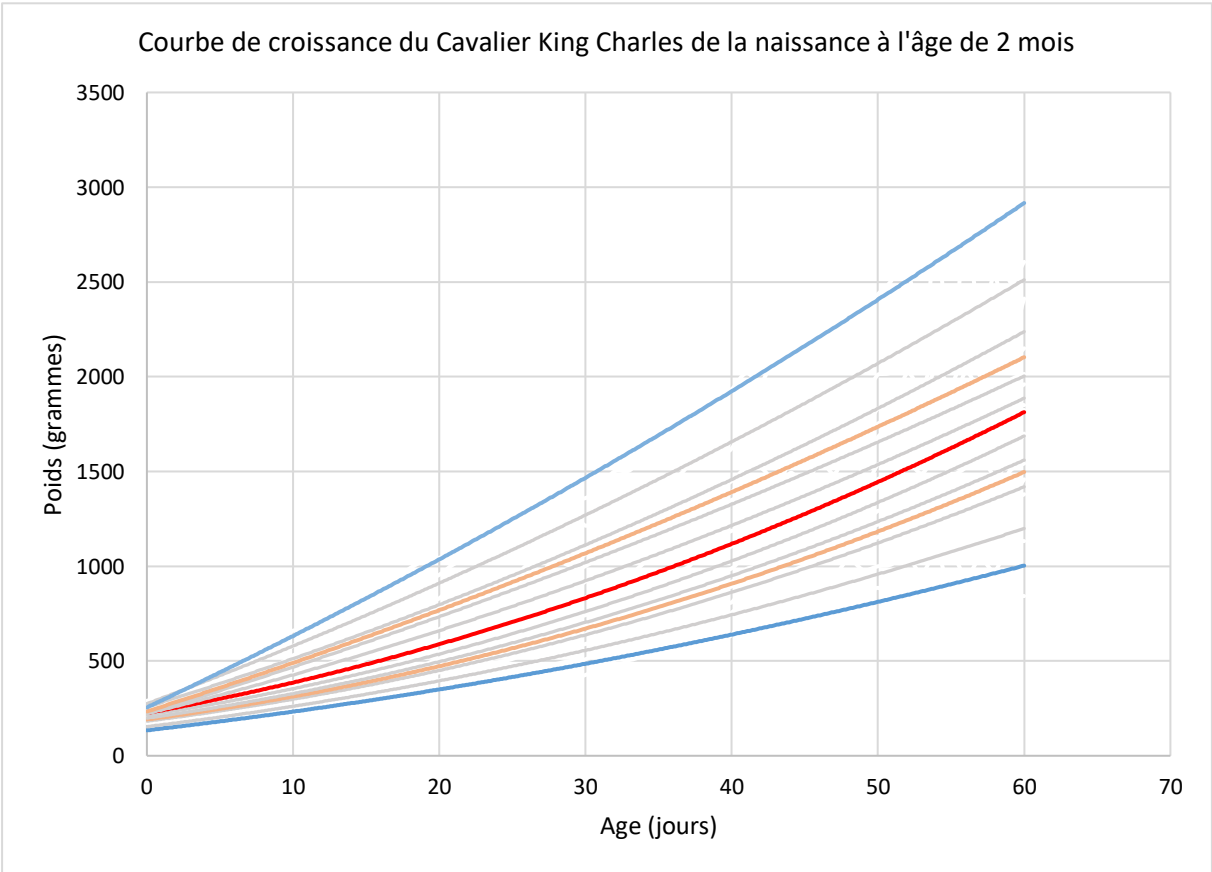
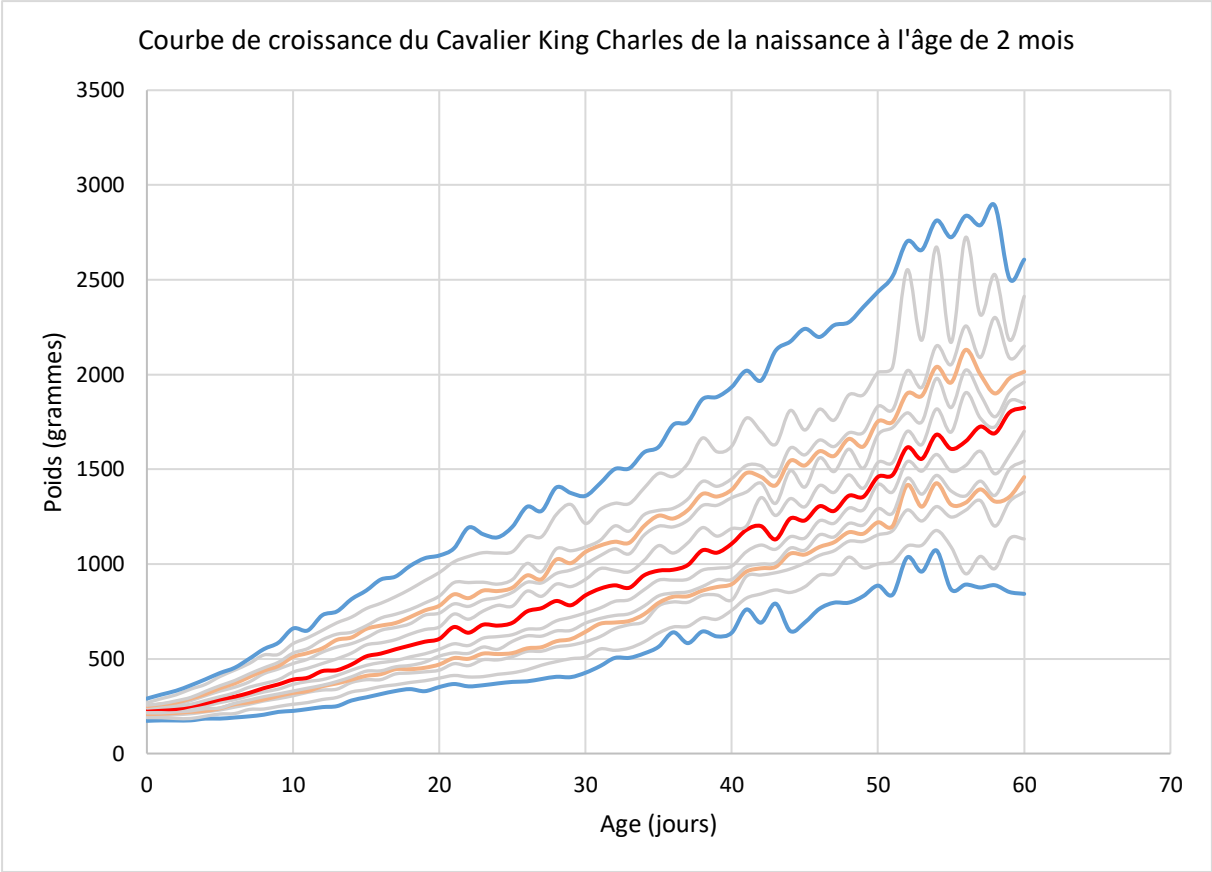


Annexe 13 : Cavalier King Charles : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

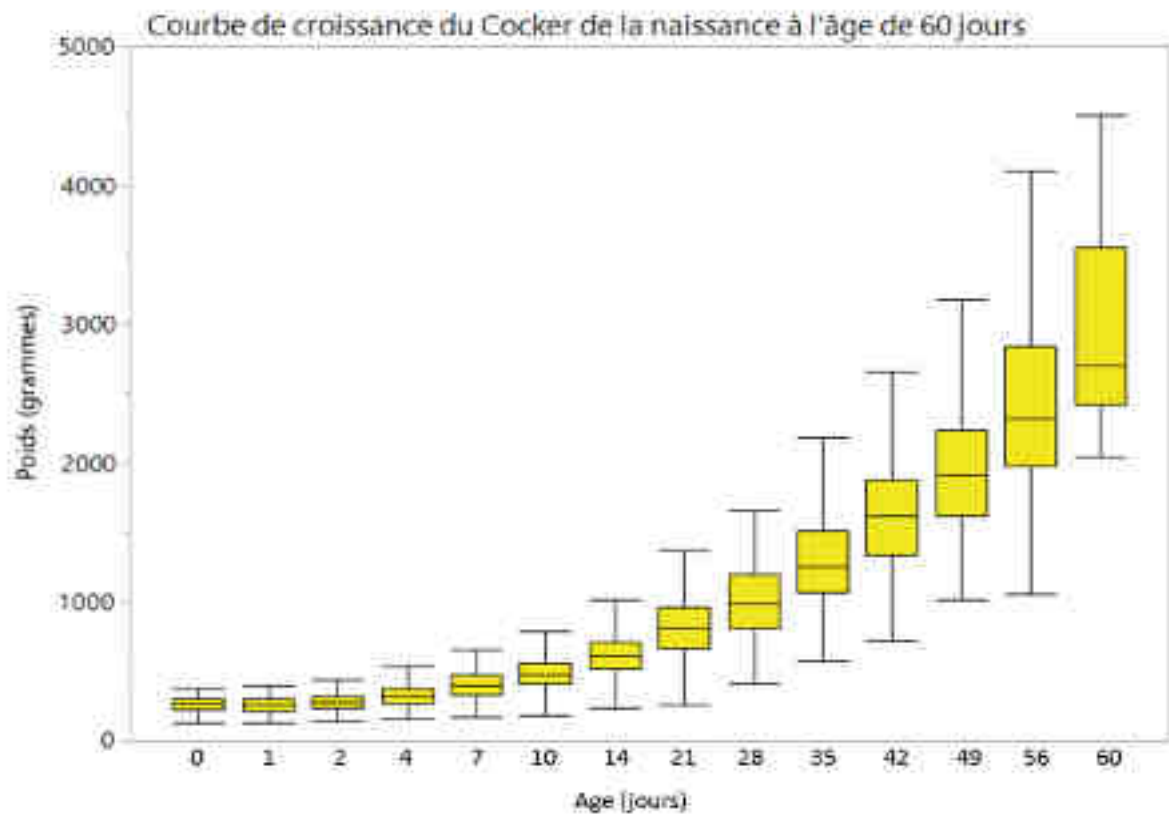
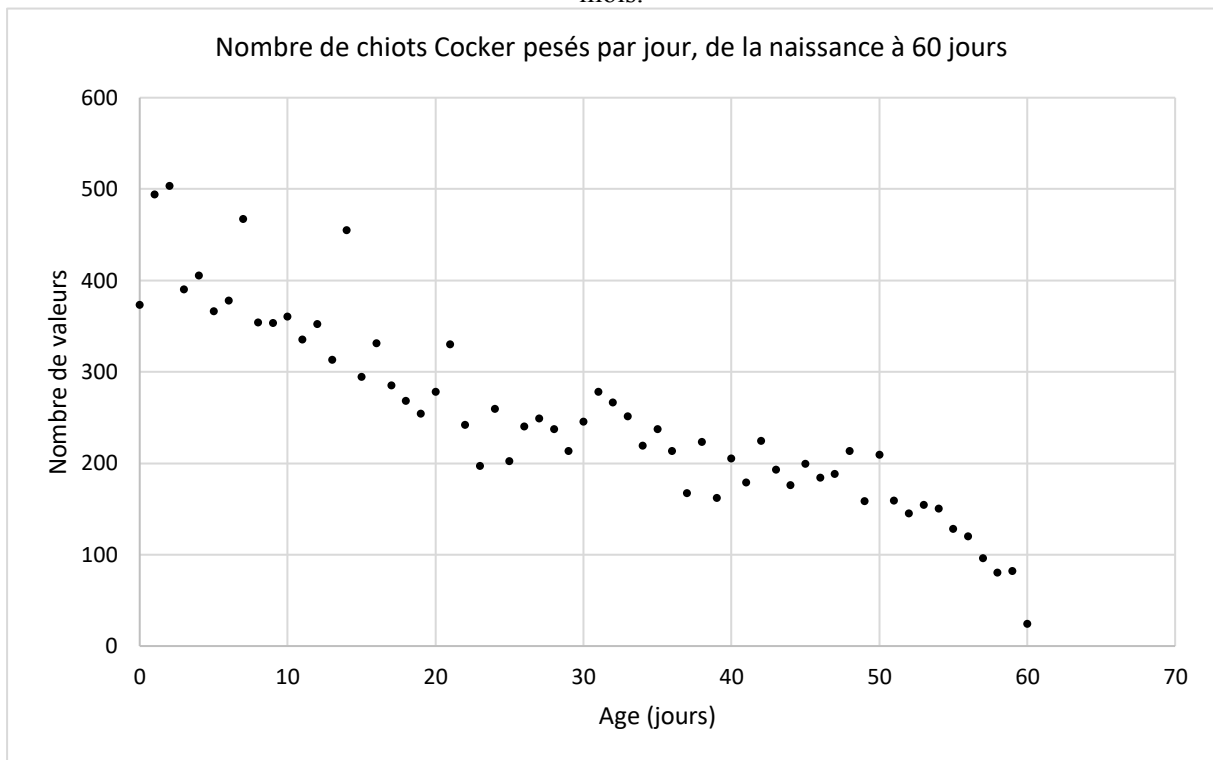






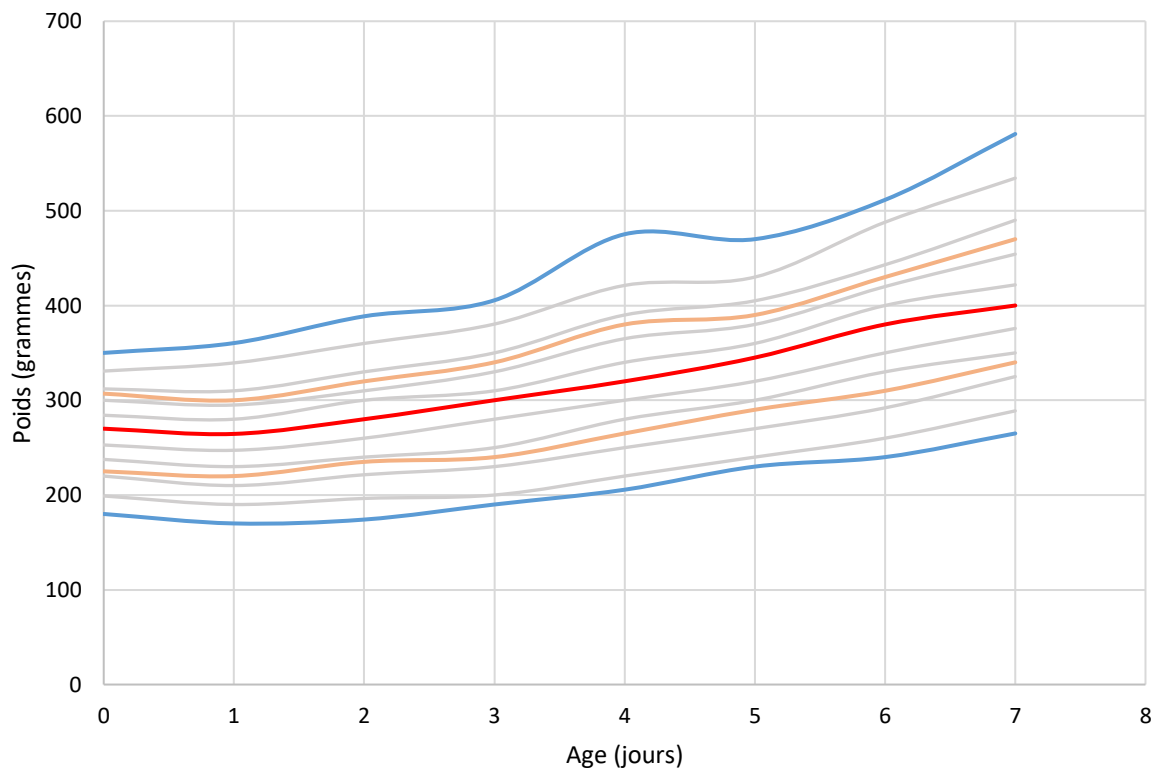


Annexe 14 : Cocker : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

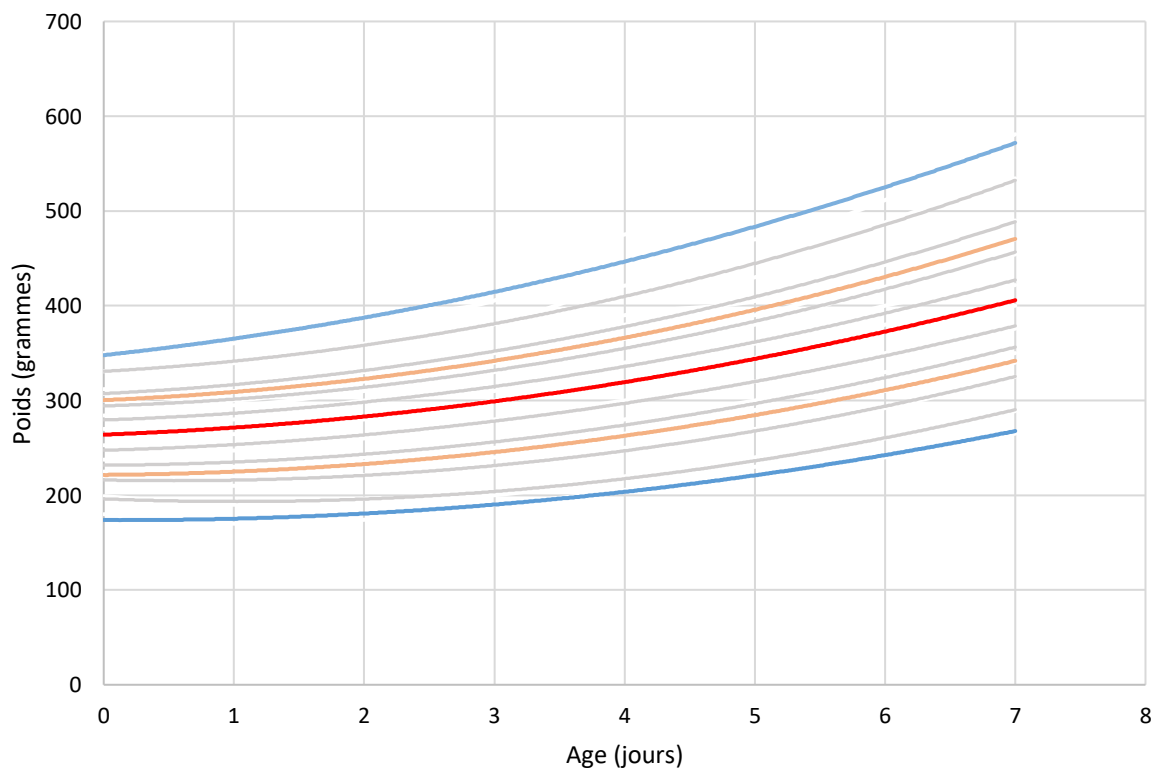




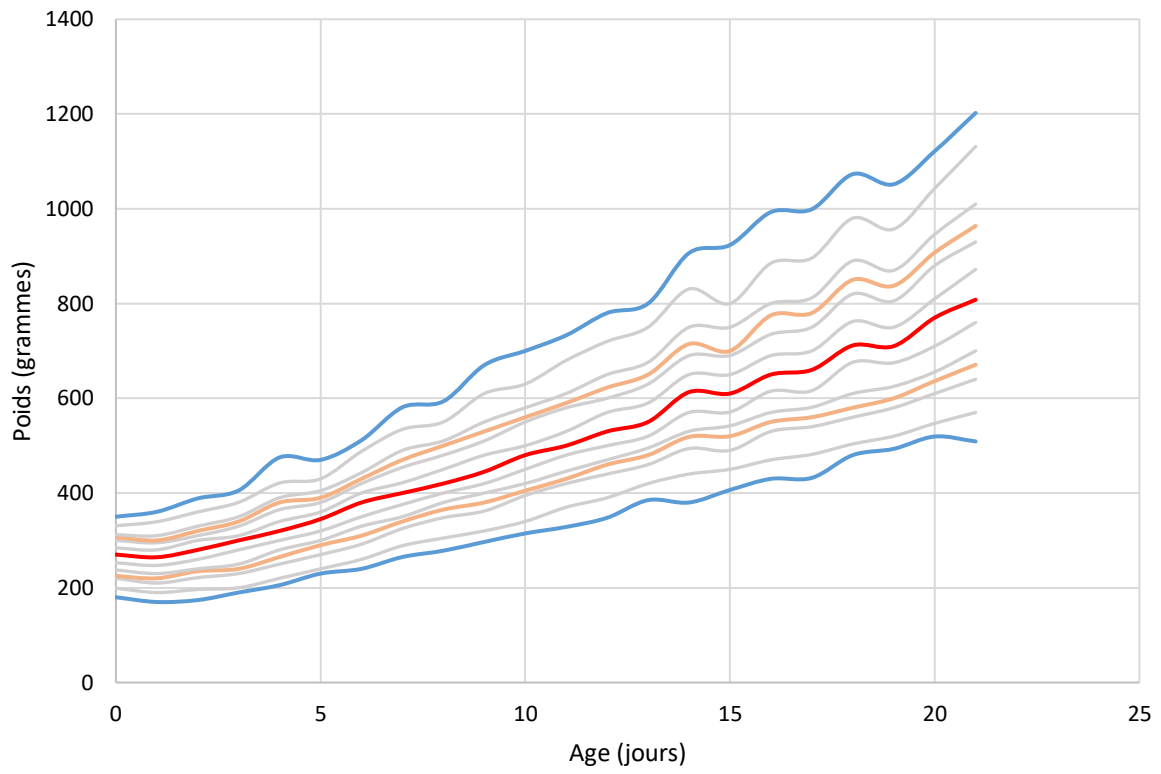
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 7 jours



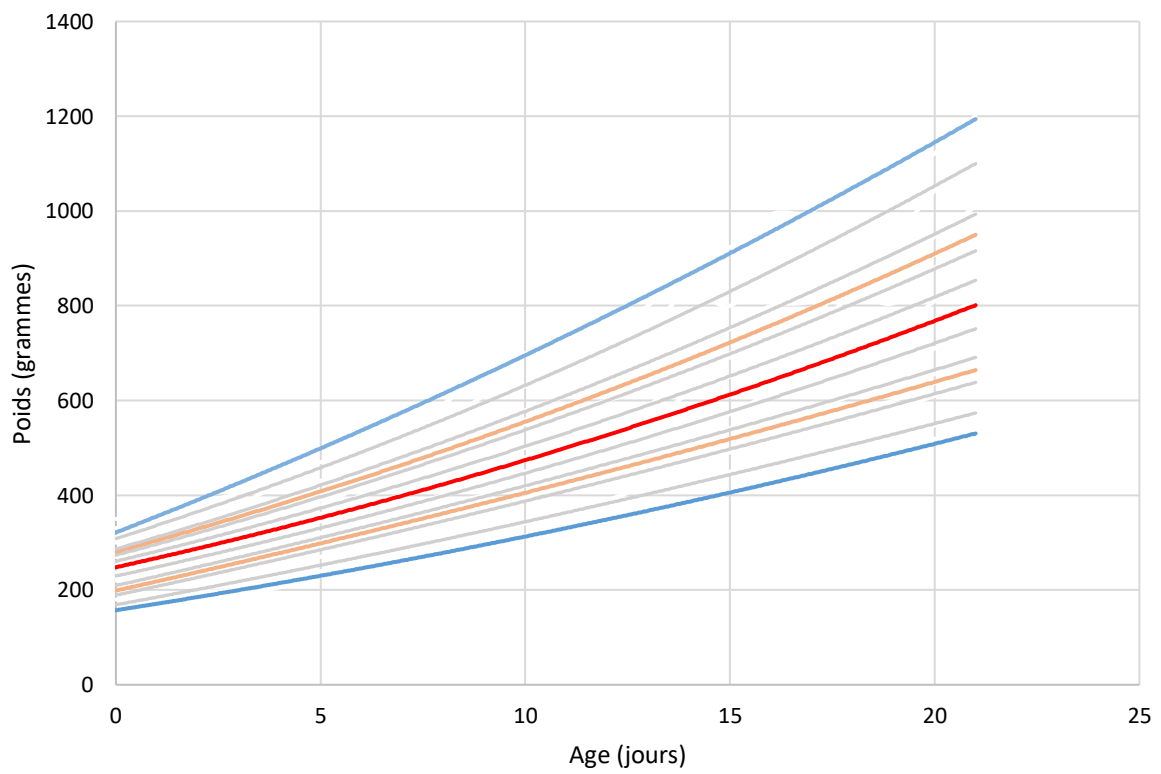
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 7 jours



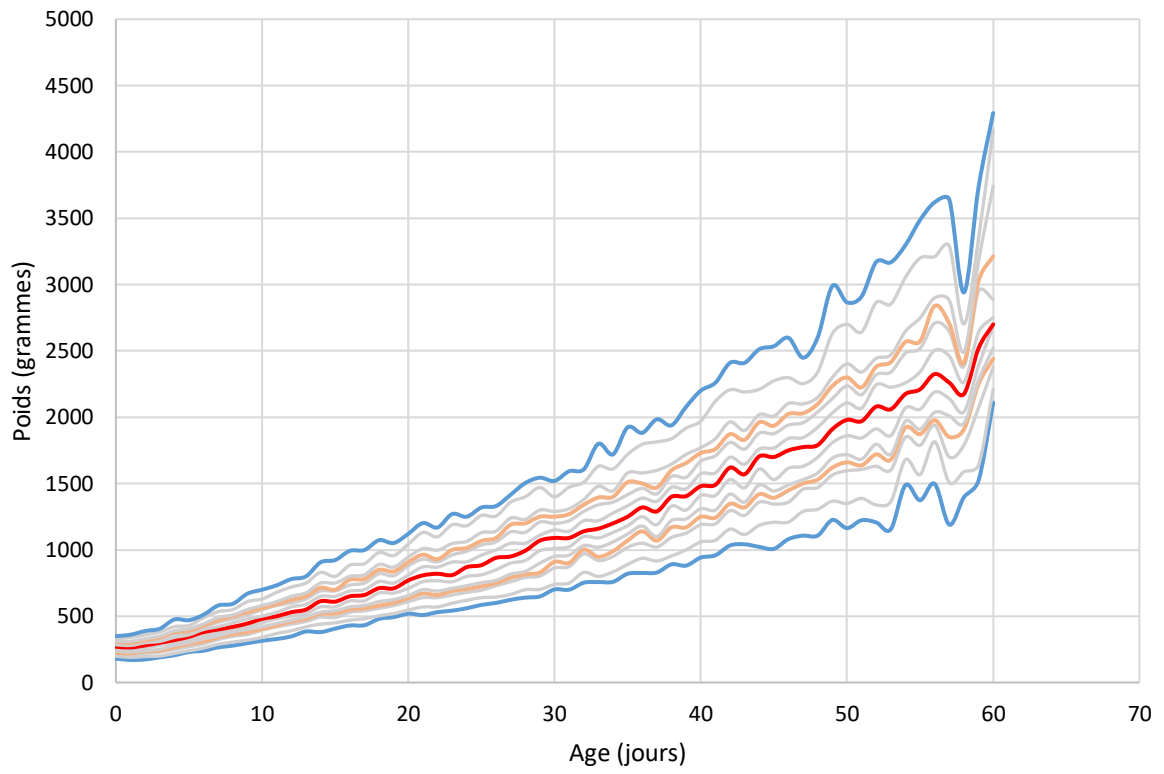
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 21 jours



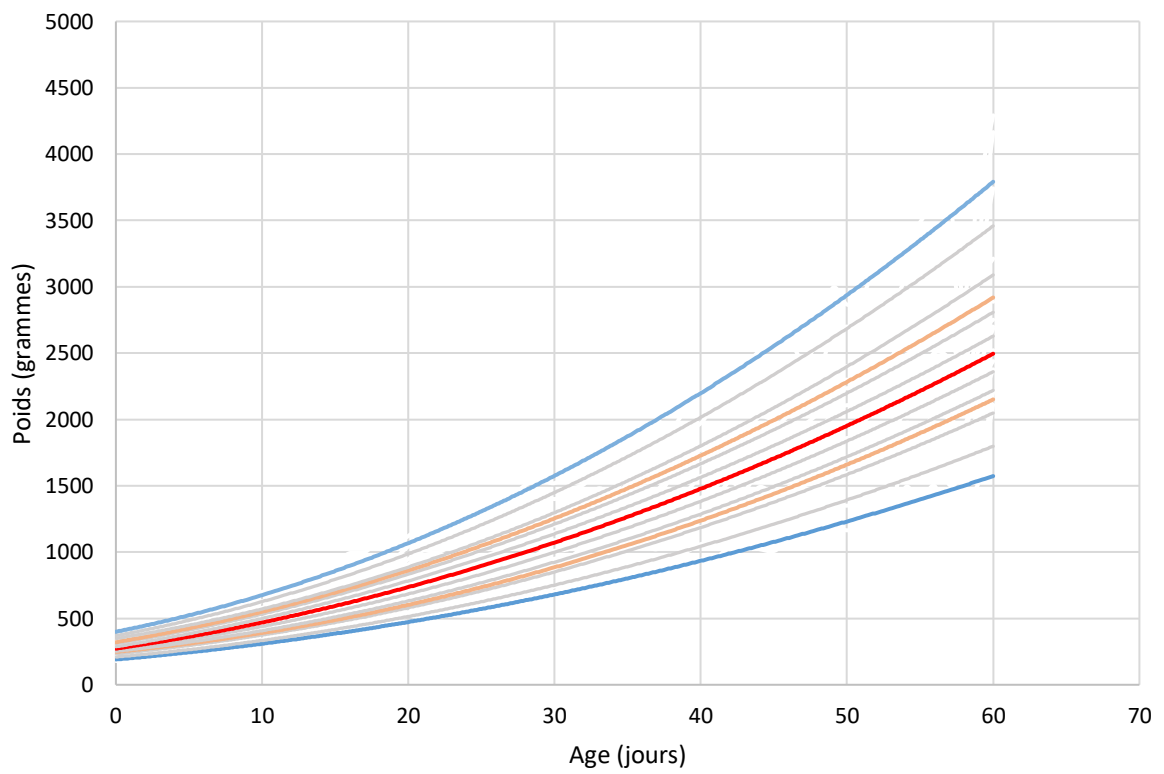
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 21 jours



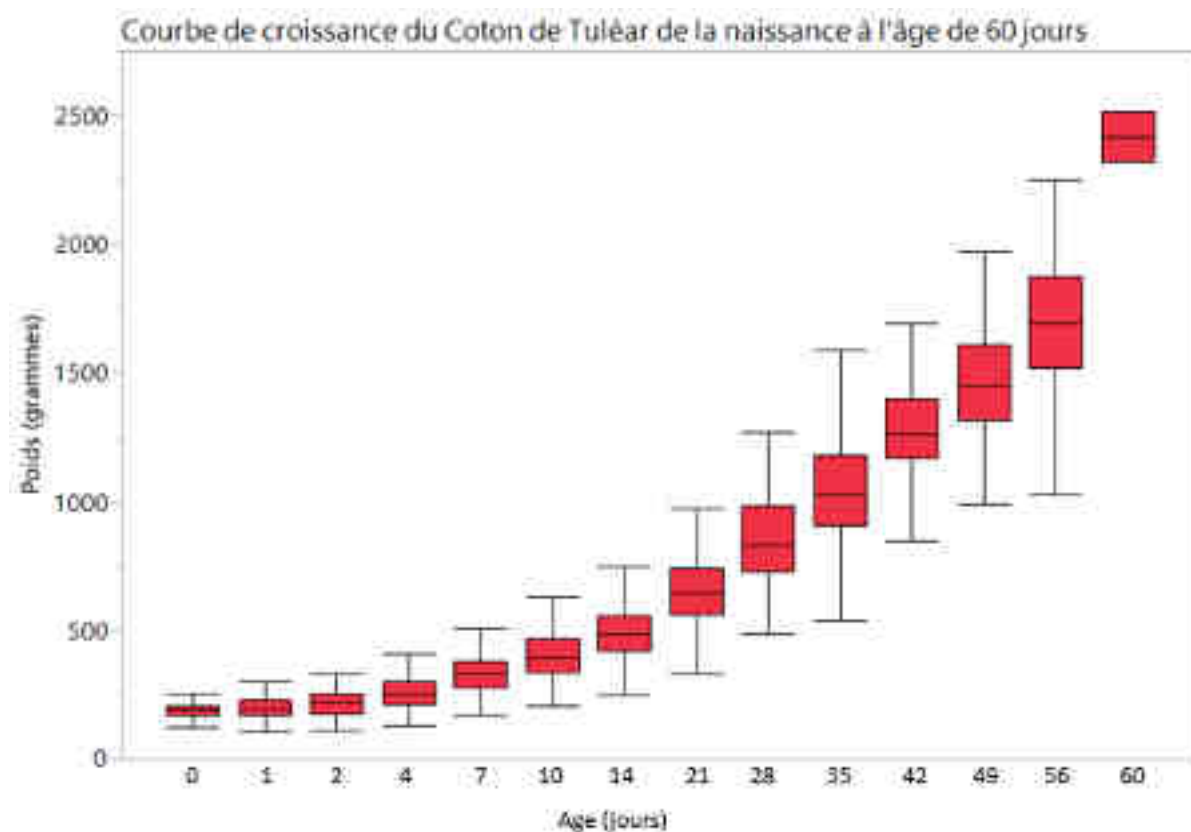
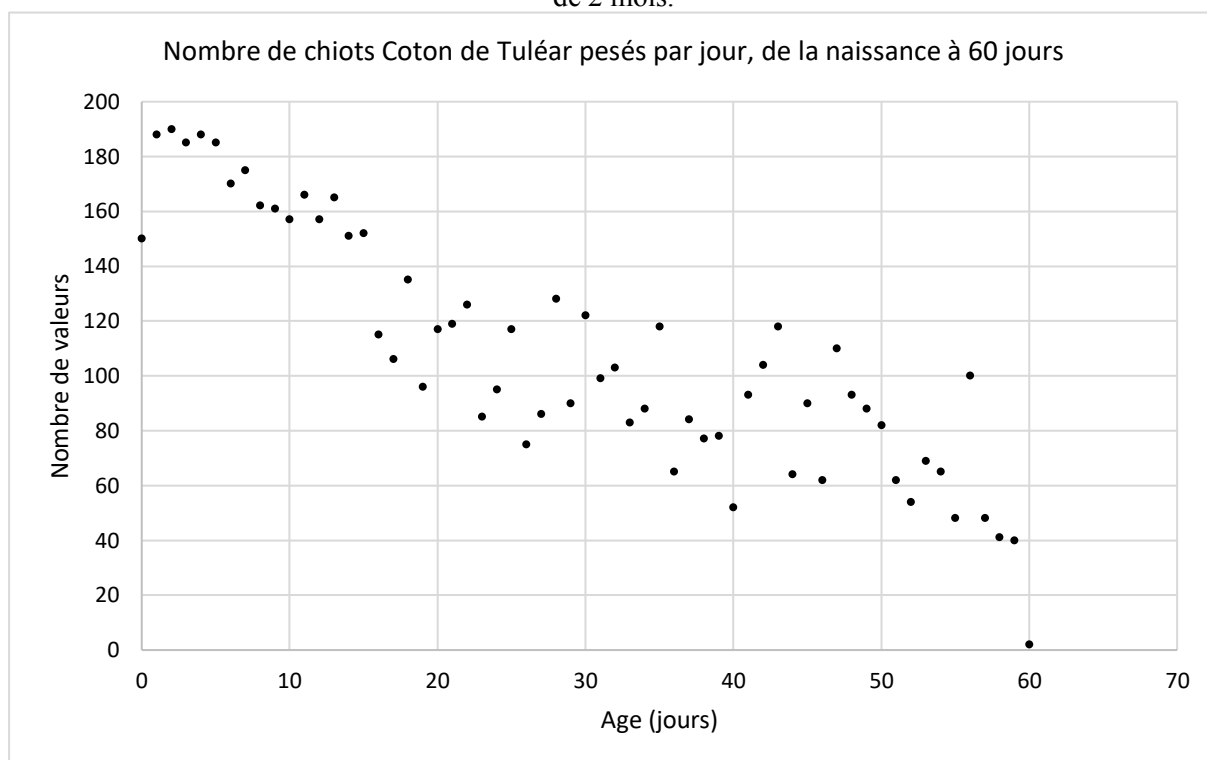
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 2 mois



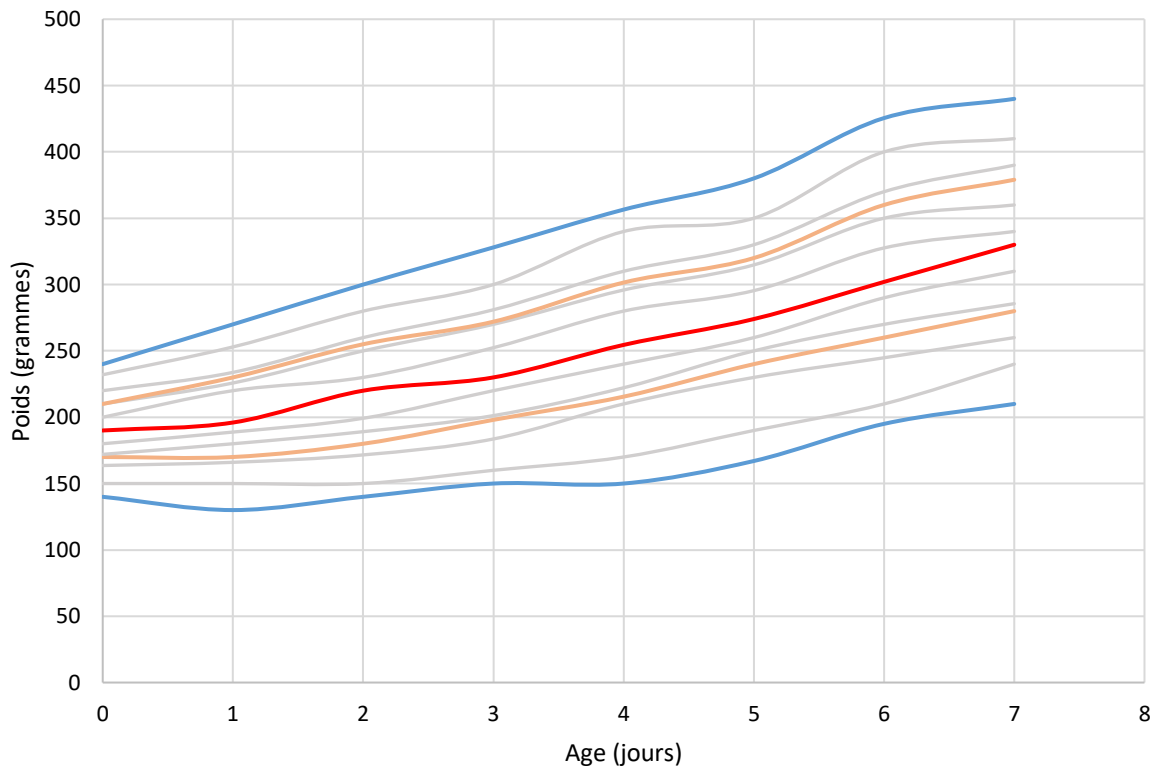
Courbe de croissance du Cocker de la naissance à l'âge de 2 mois



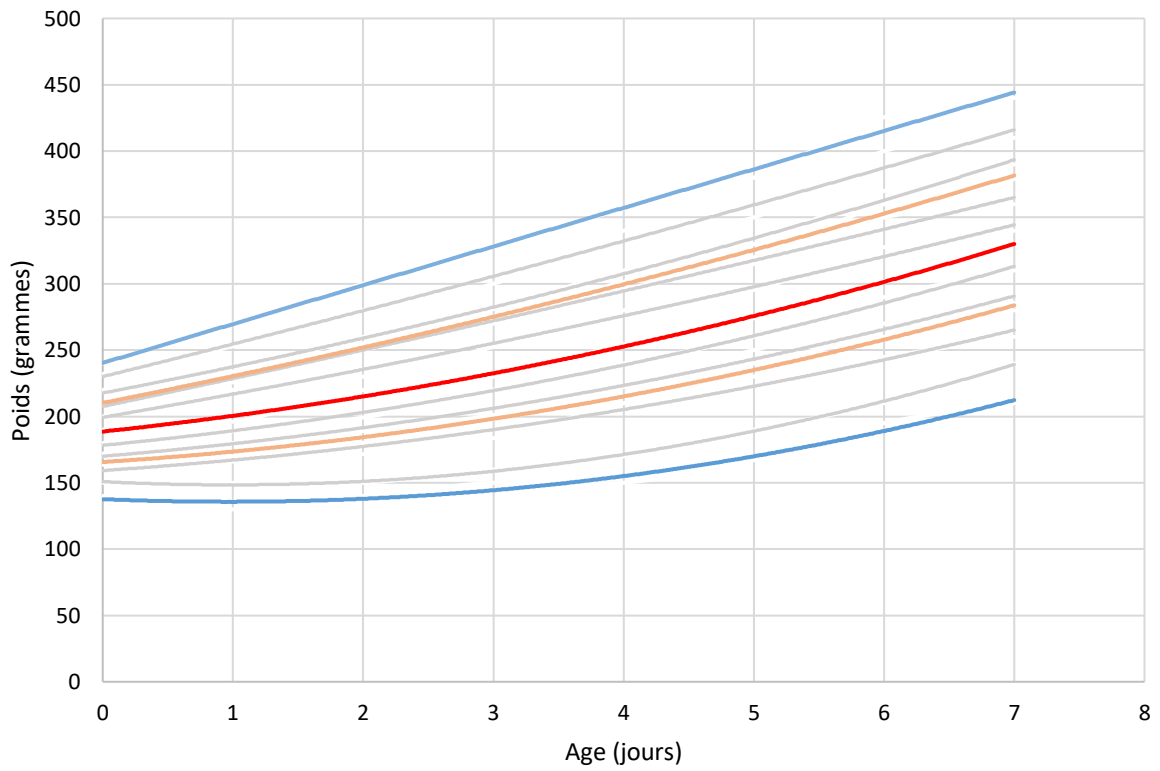
Annexe 15 : Coton de Tuléar : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

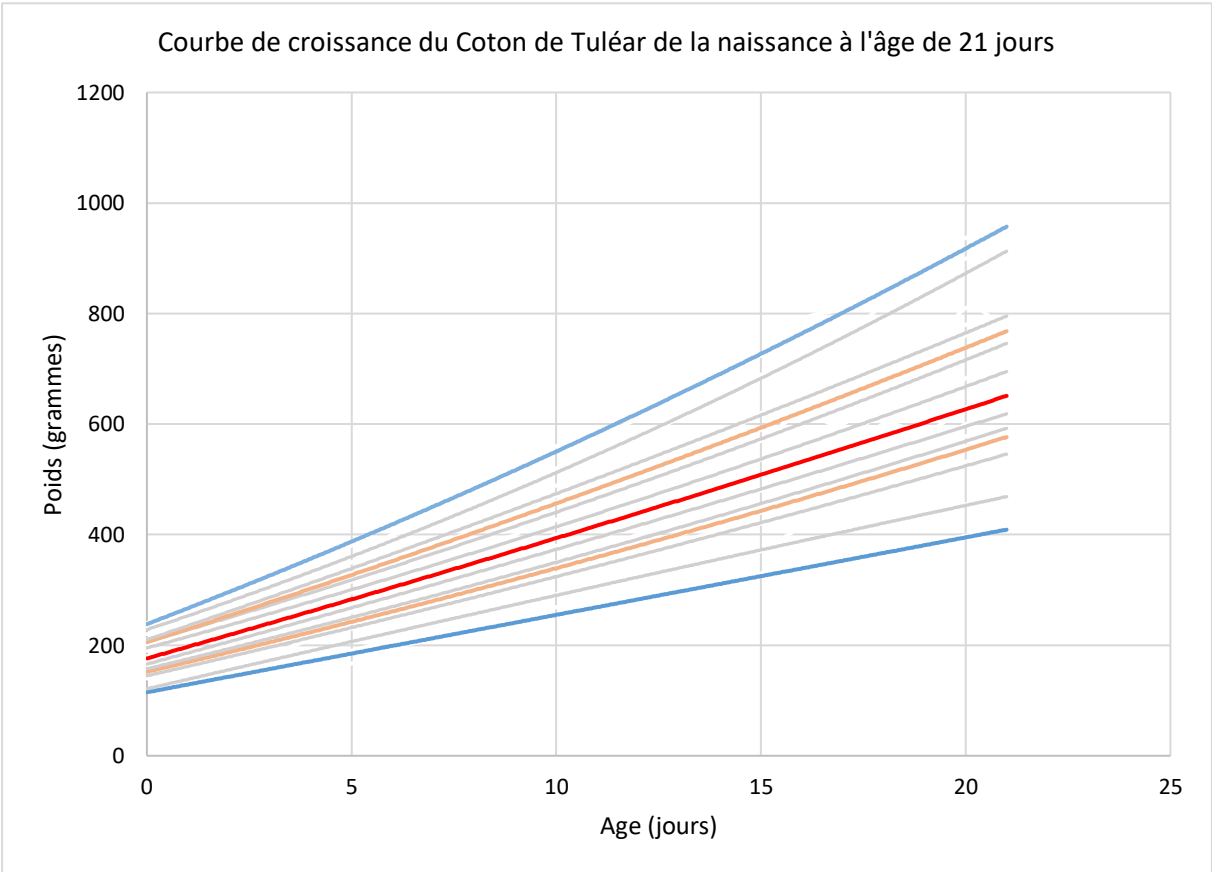
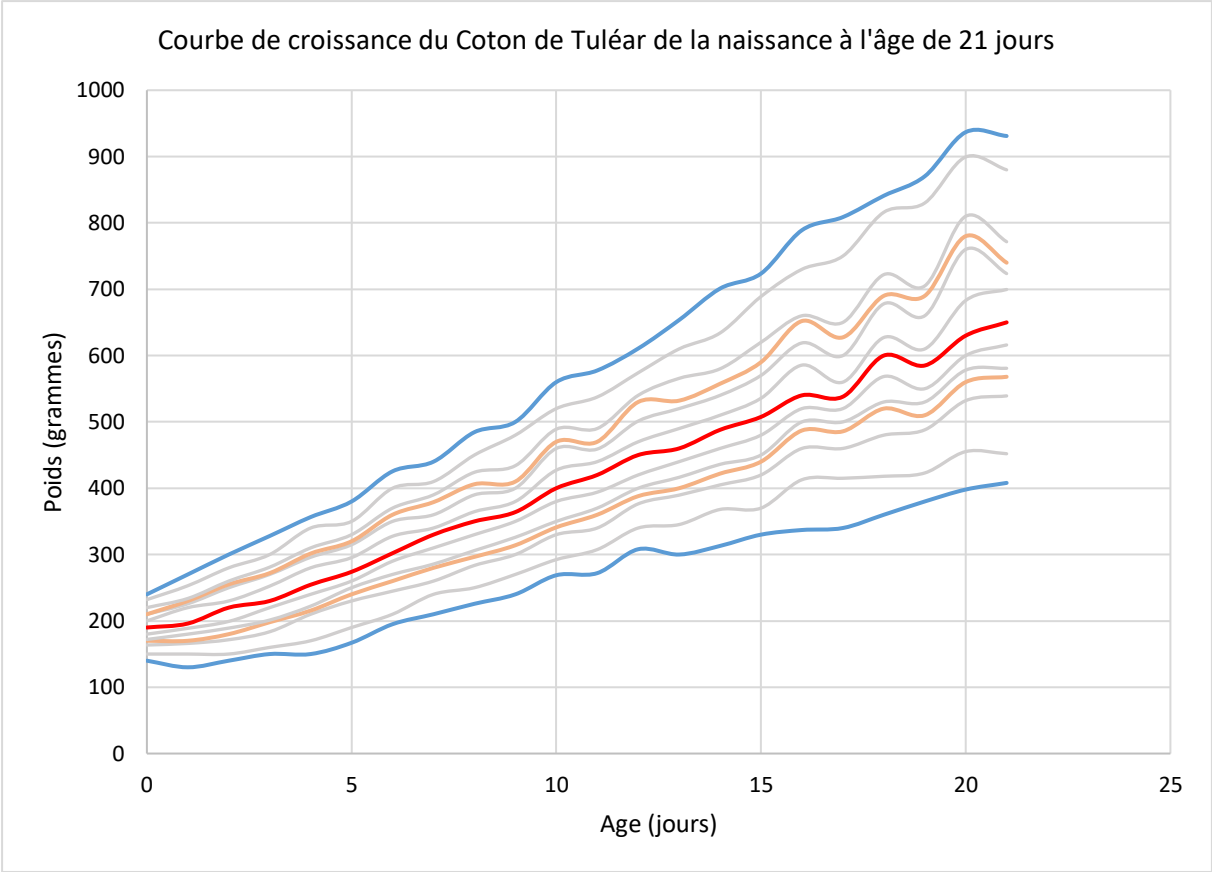


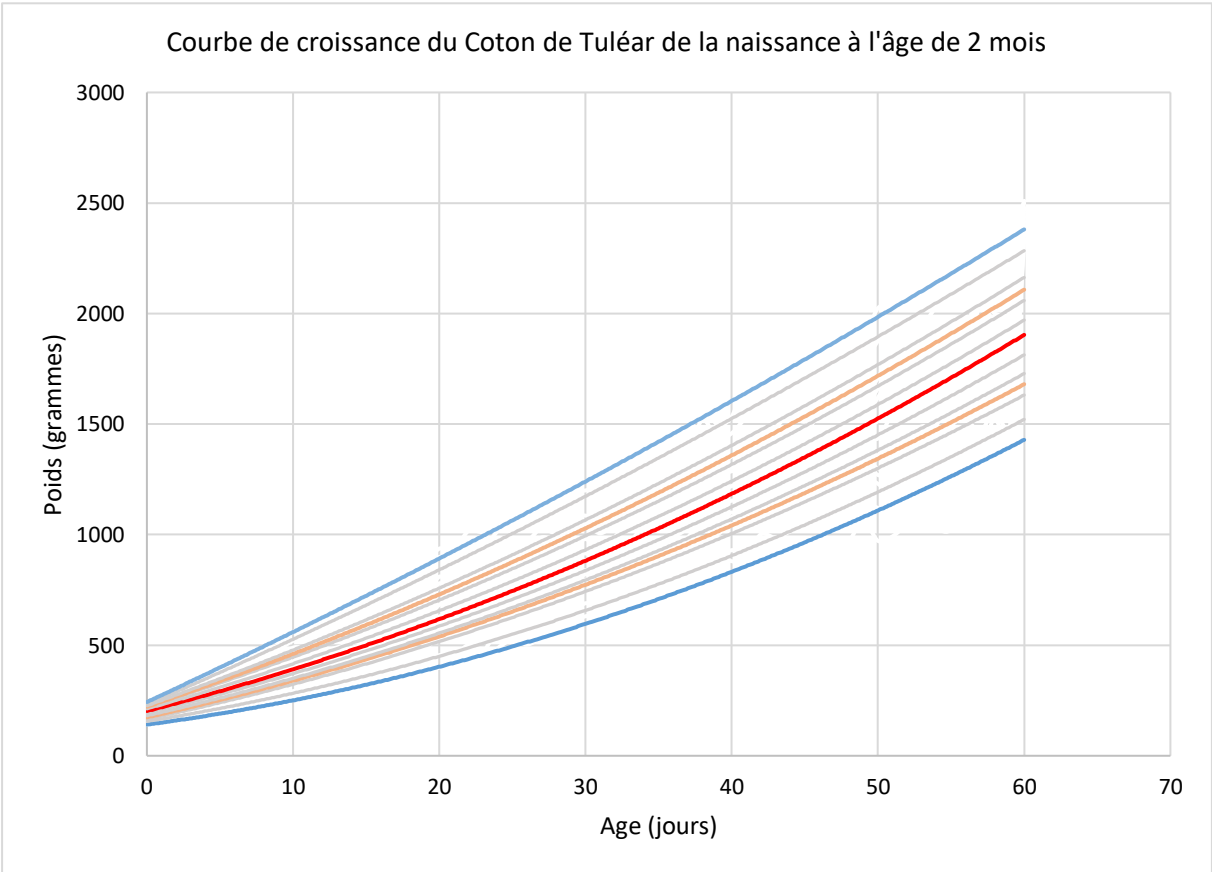
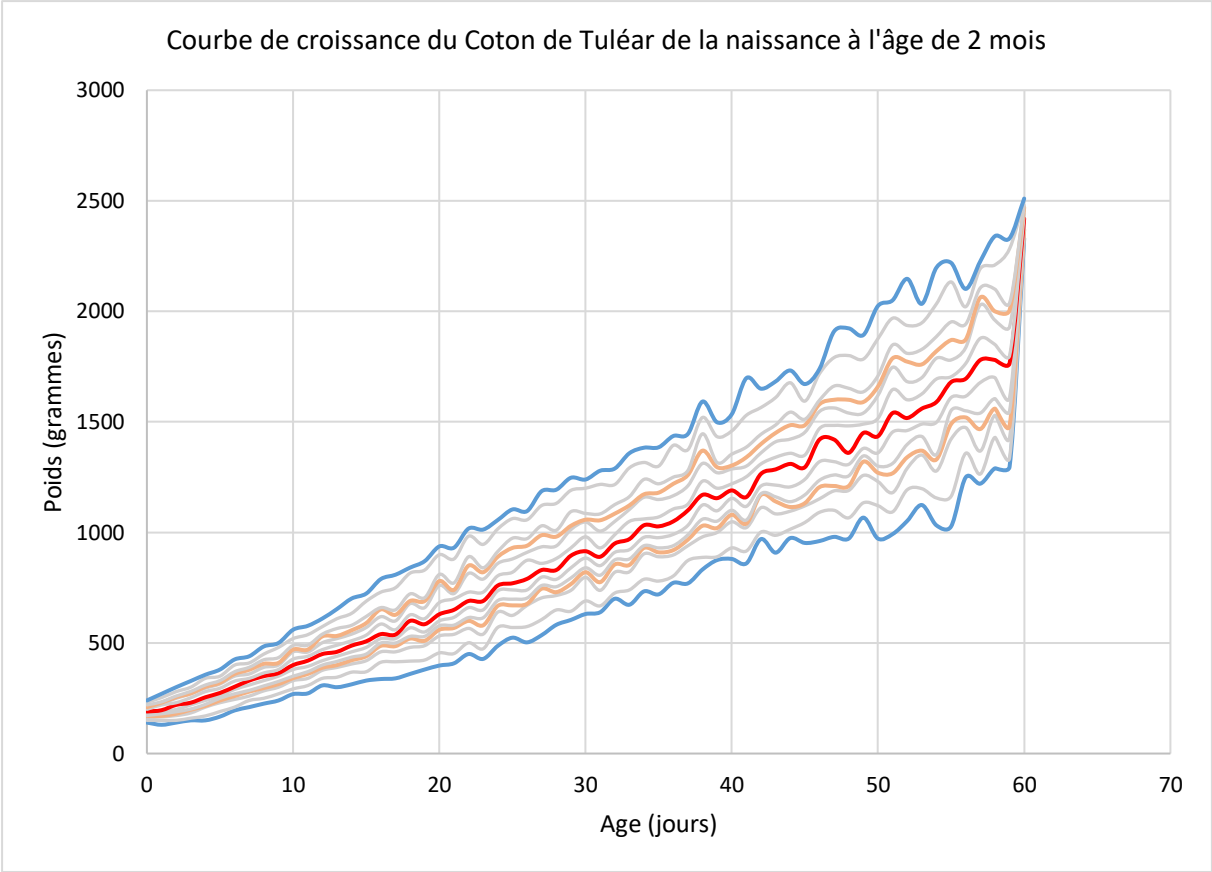
Courbe de croissance du Coton de Tuléar de la naissance à l'âge de 7 jours



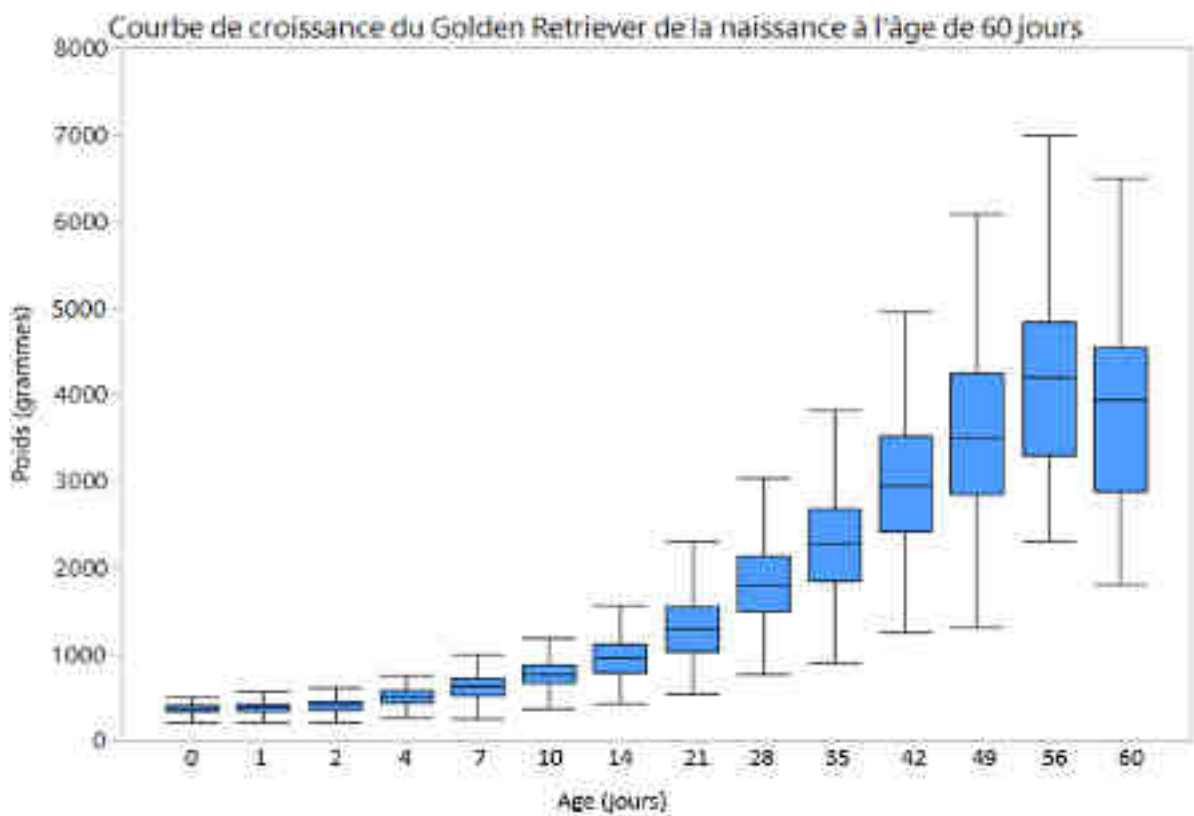
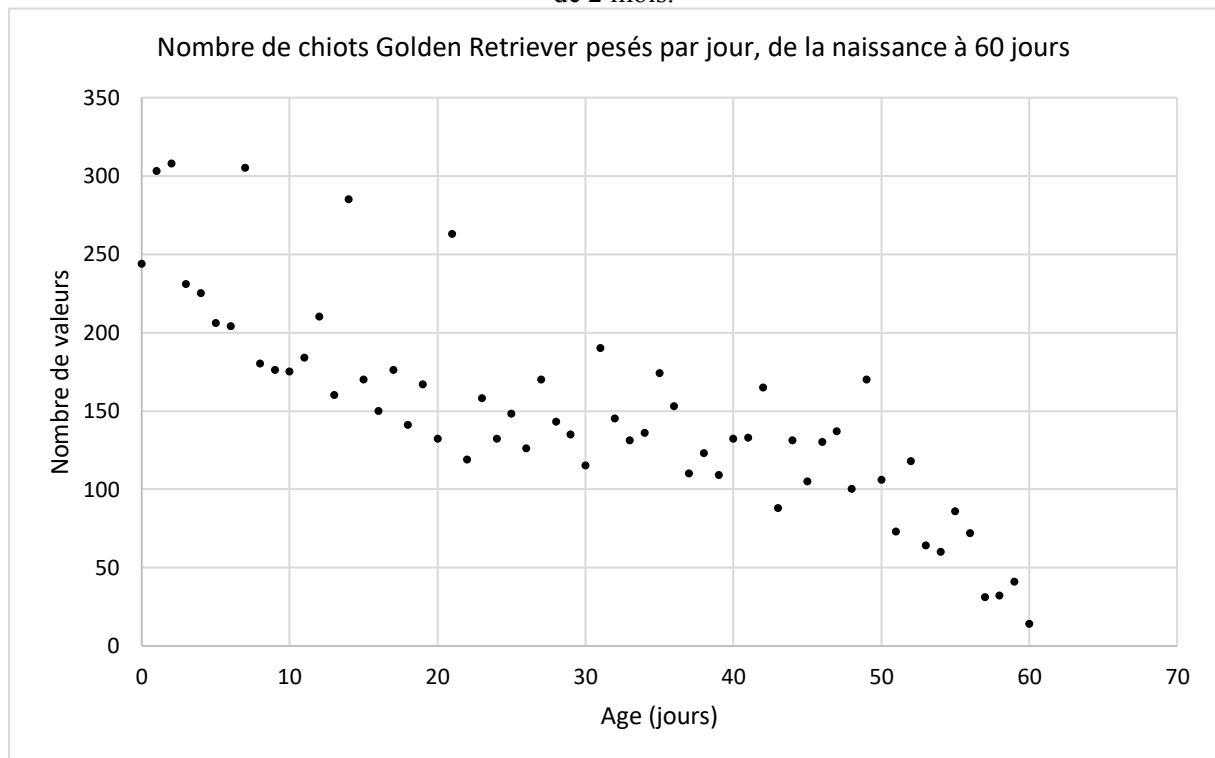
Courbe de croissance du Coton de Tuléar de la naissance à l'âge de 7 jours



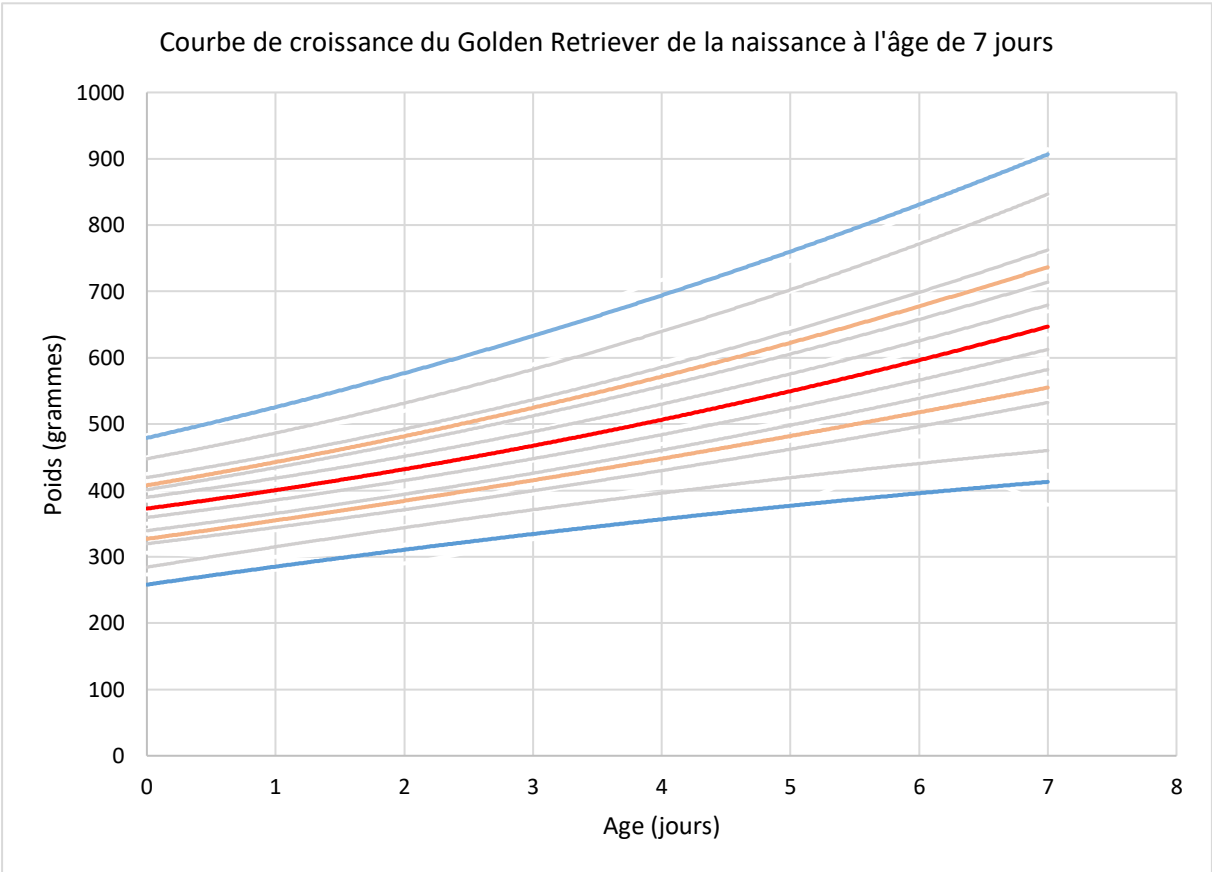
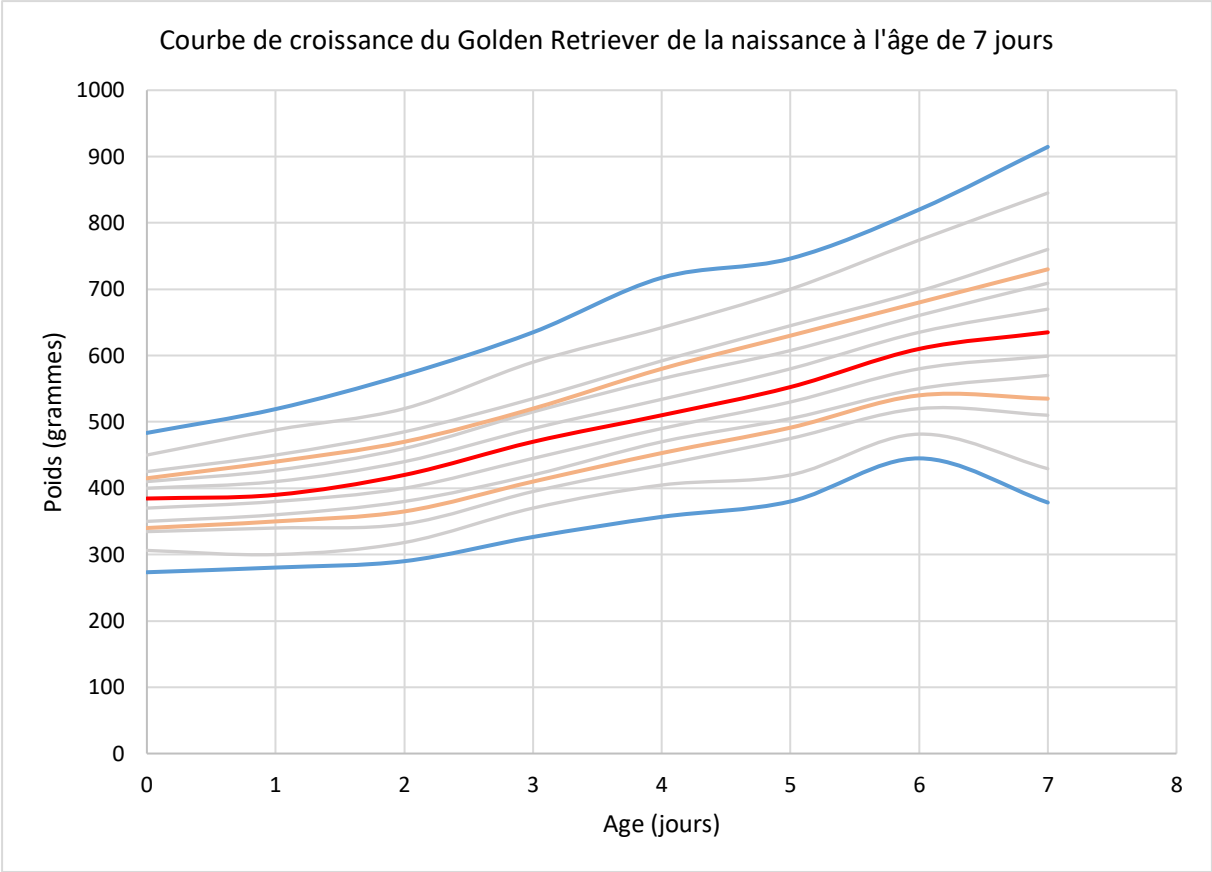


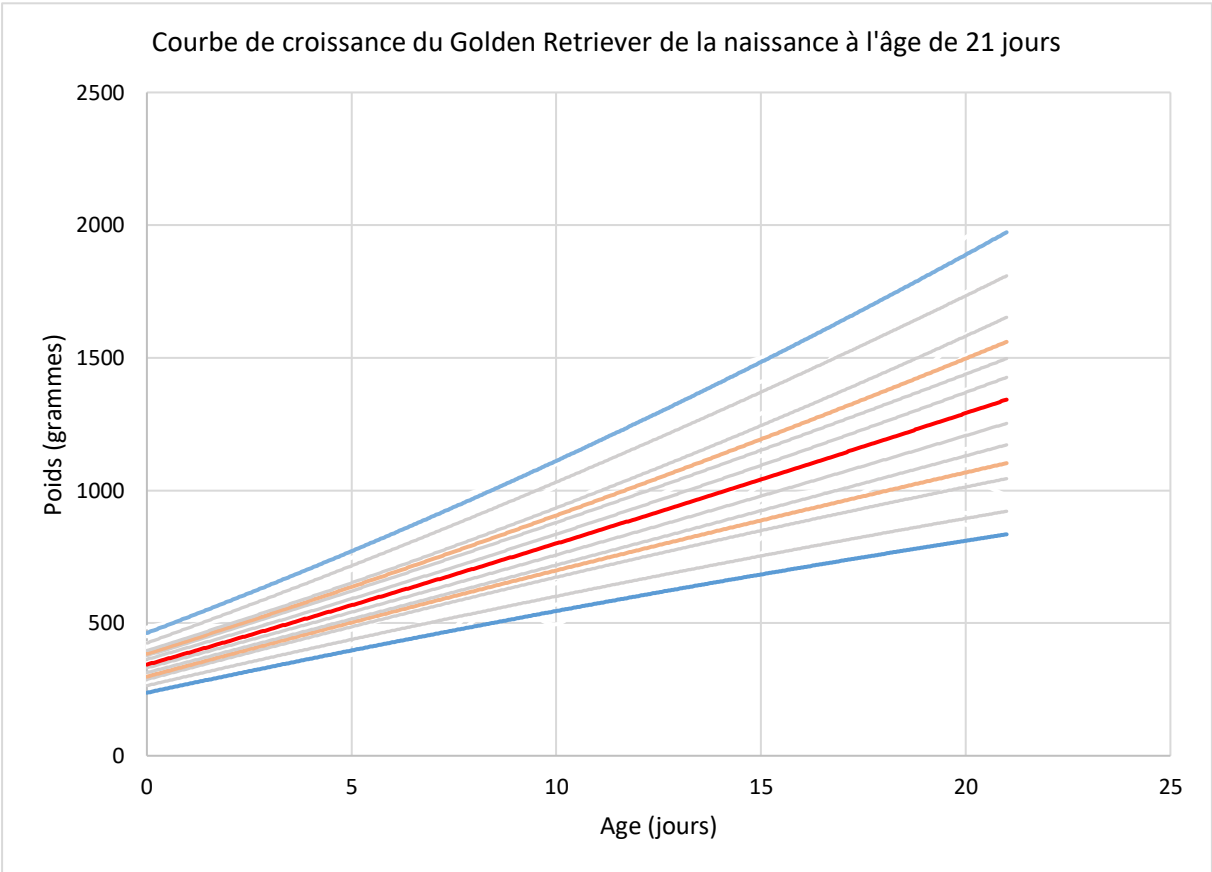
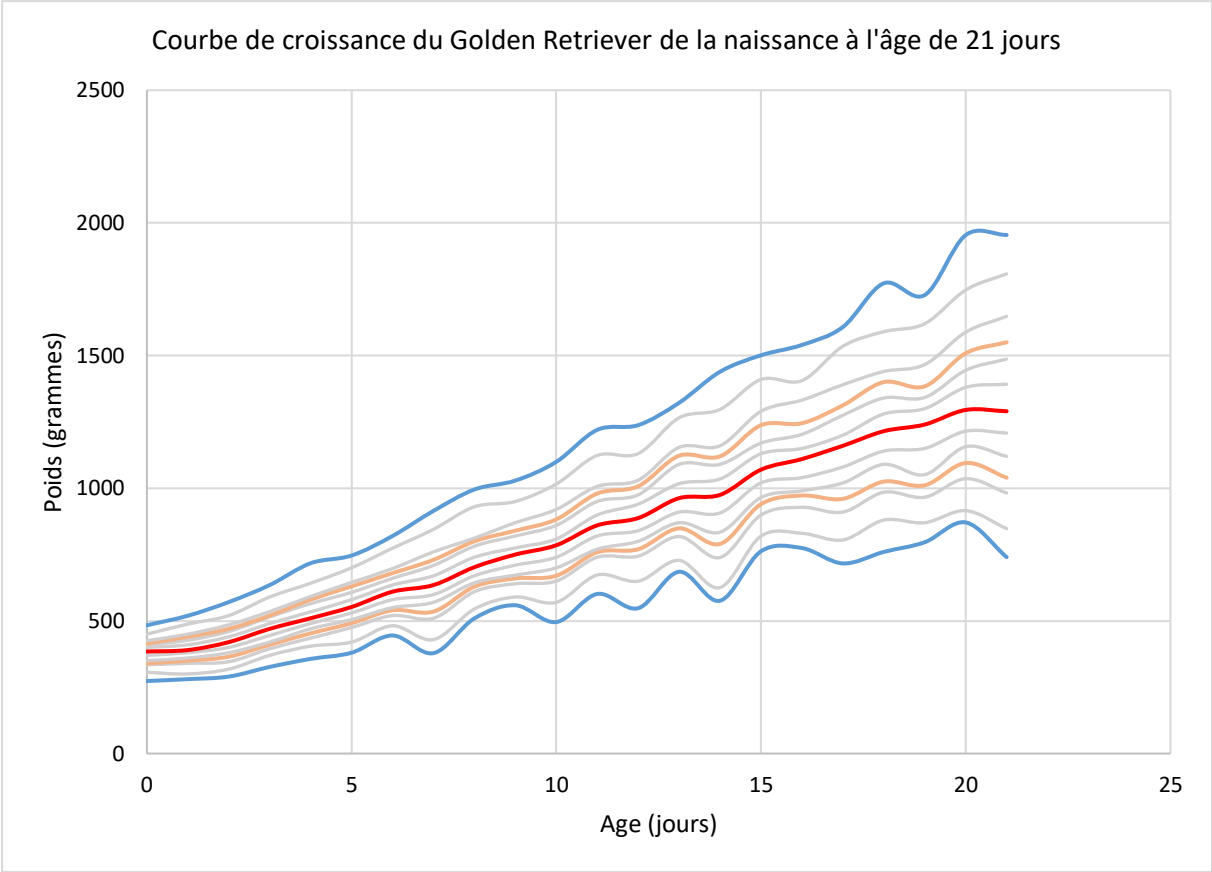


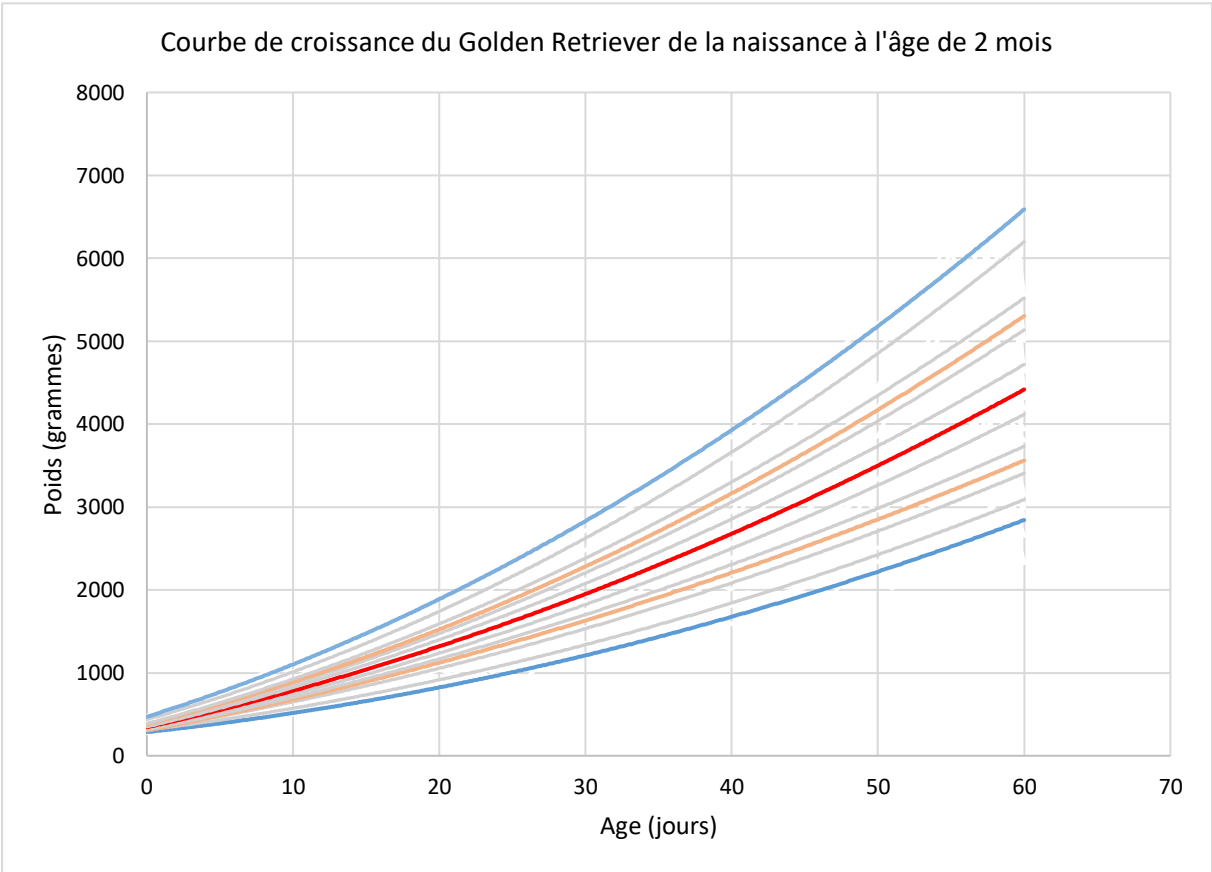
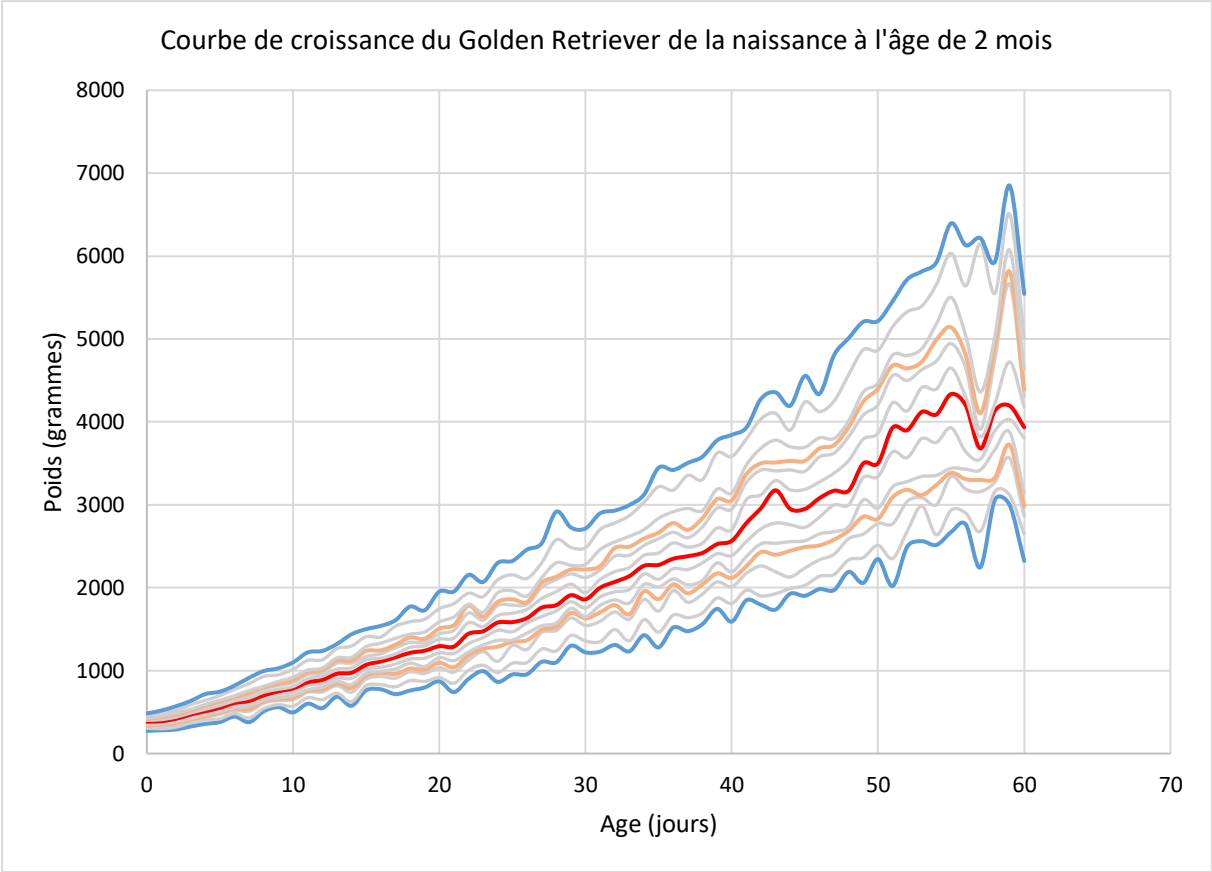
Annexe 16 : Golden Retriever : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



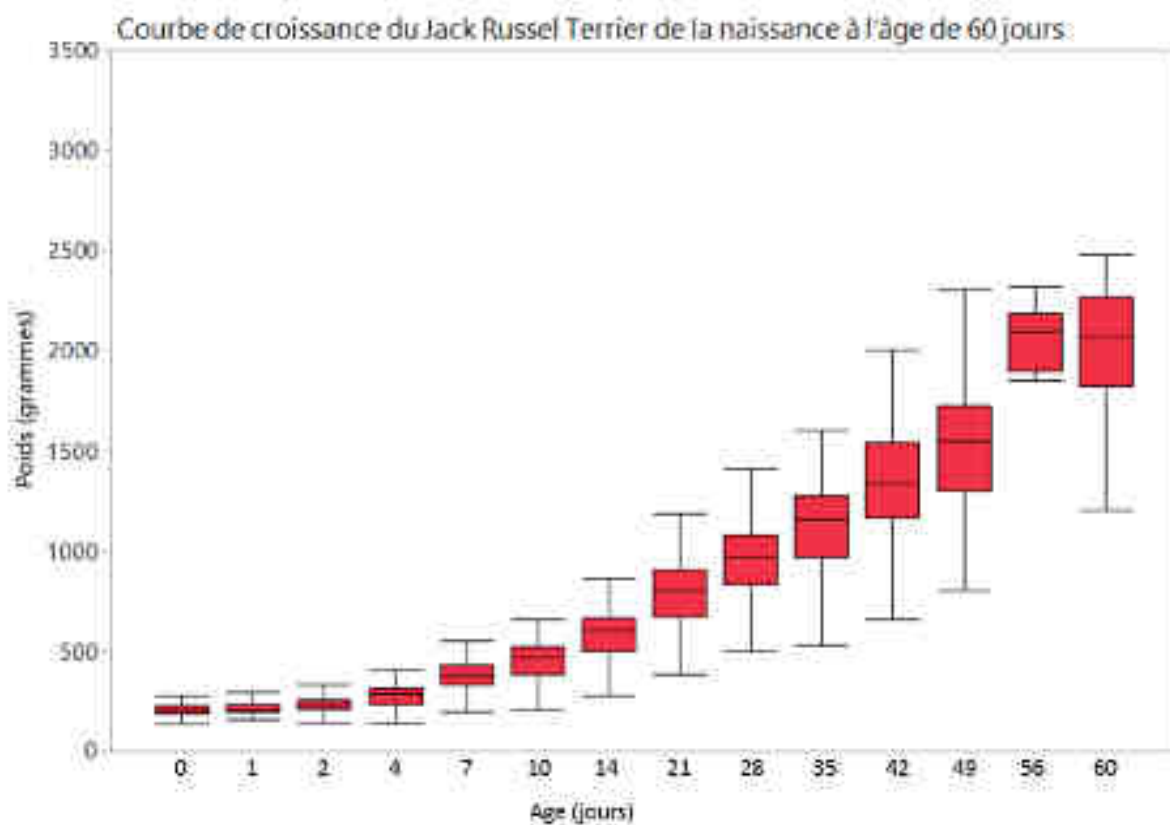
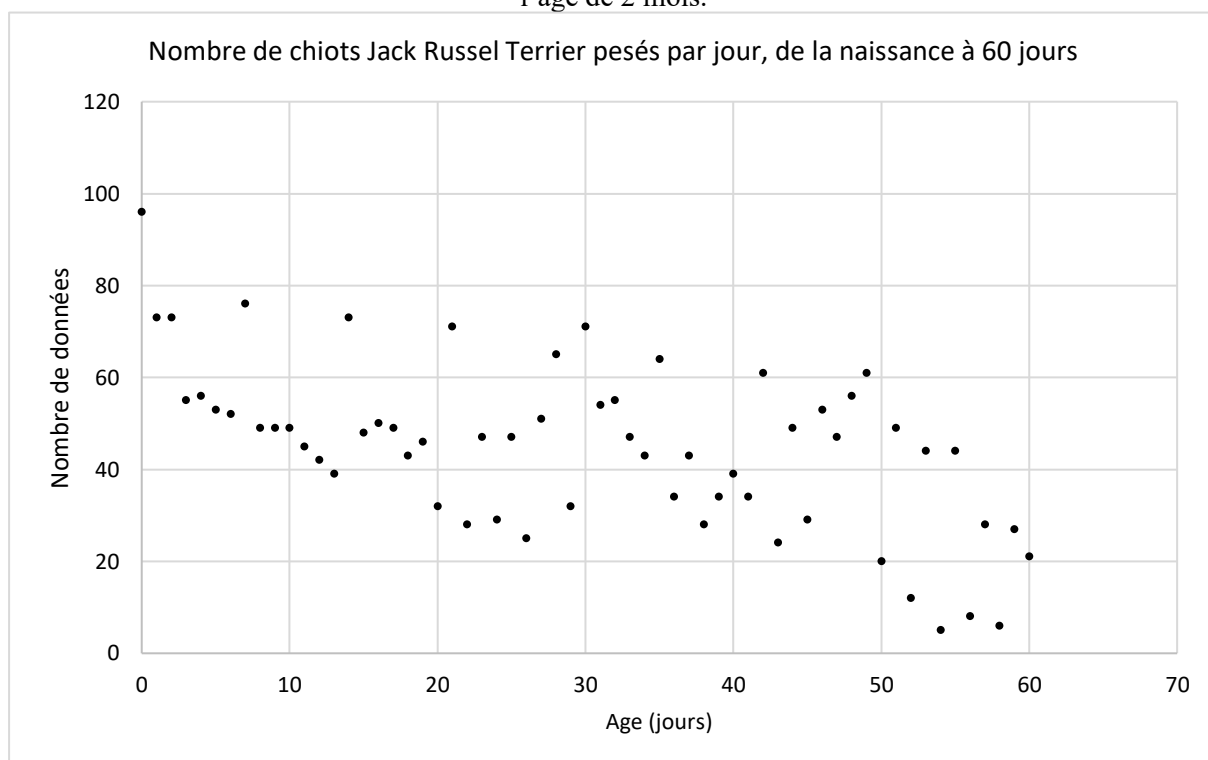


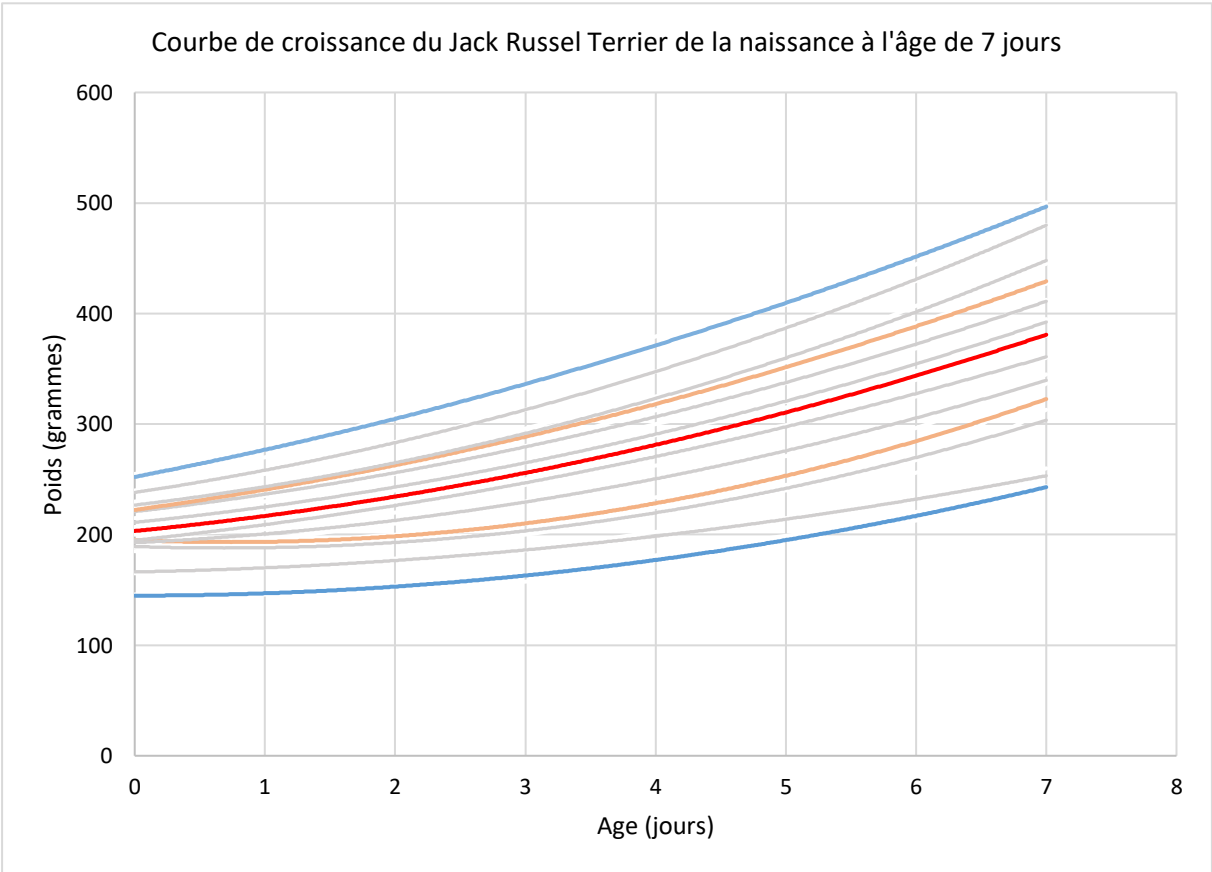
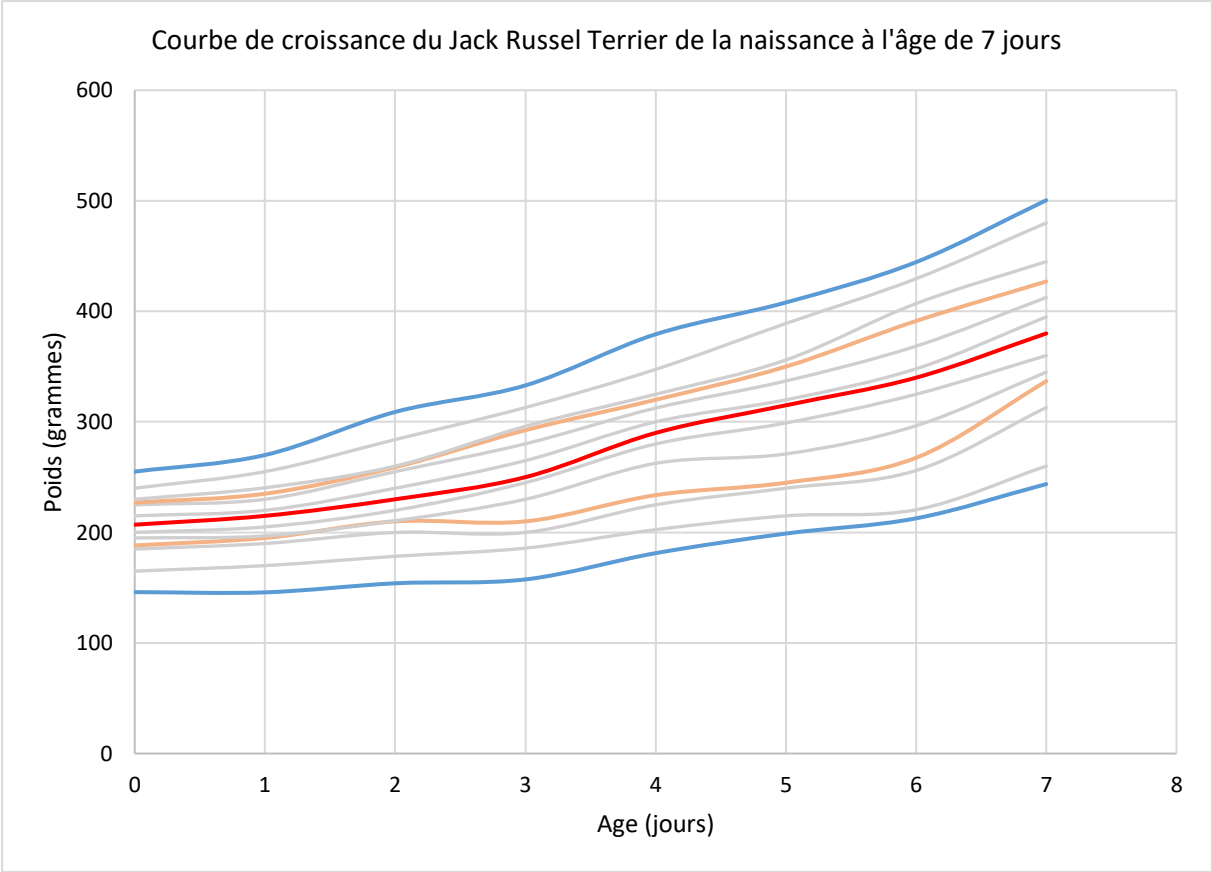


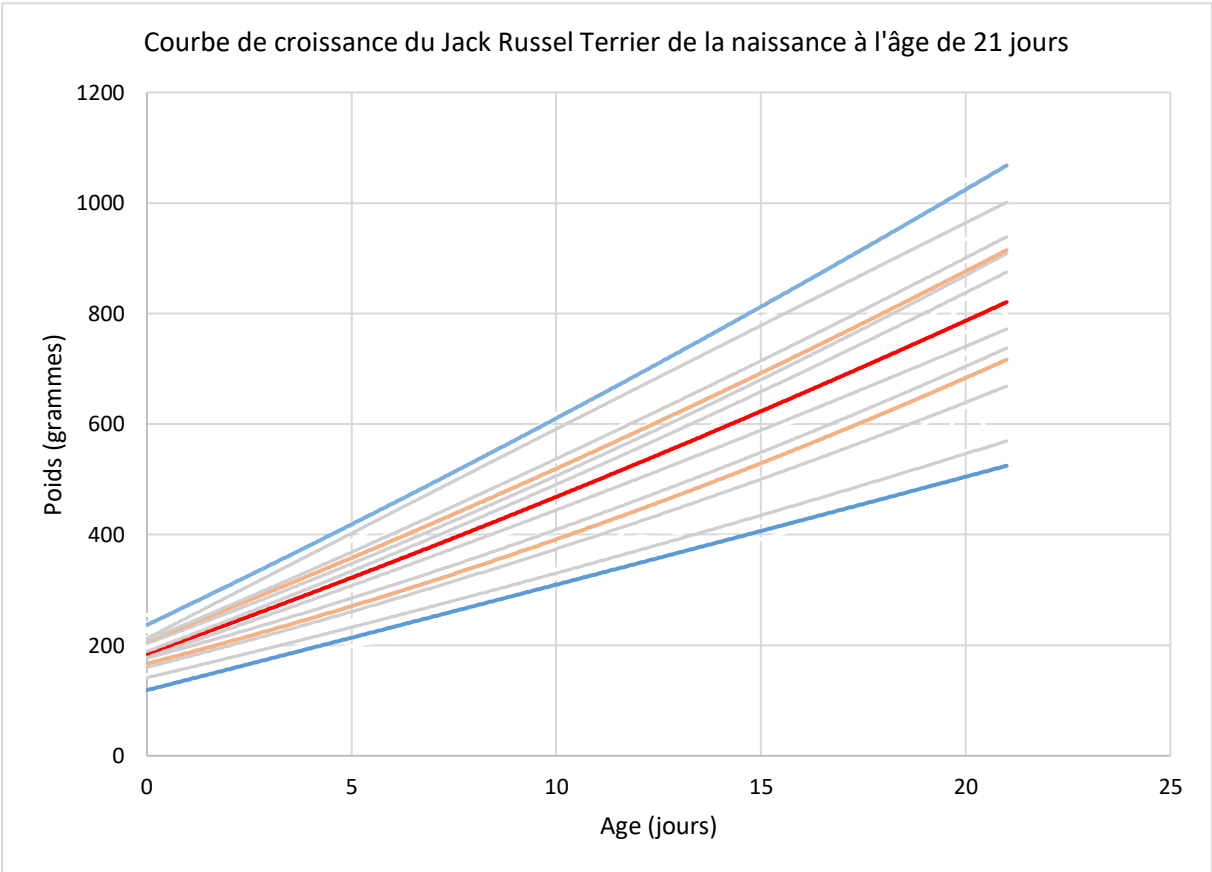
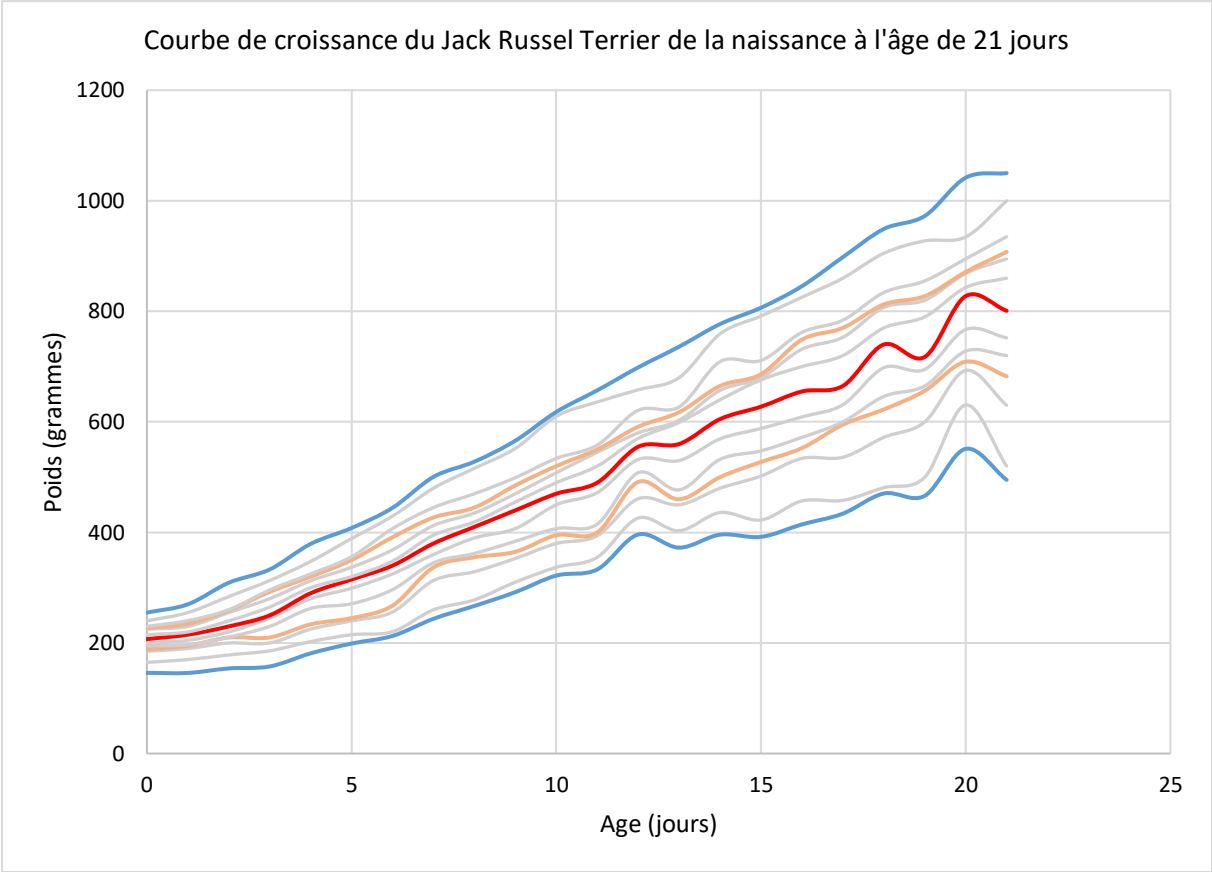


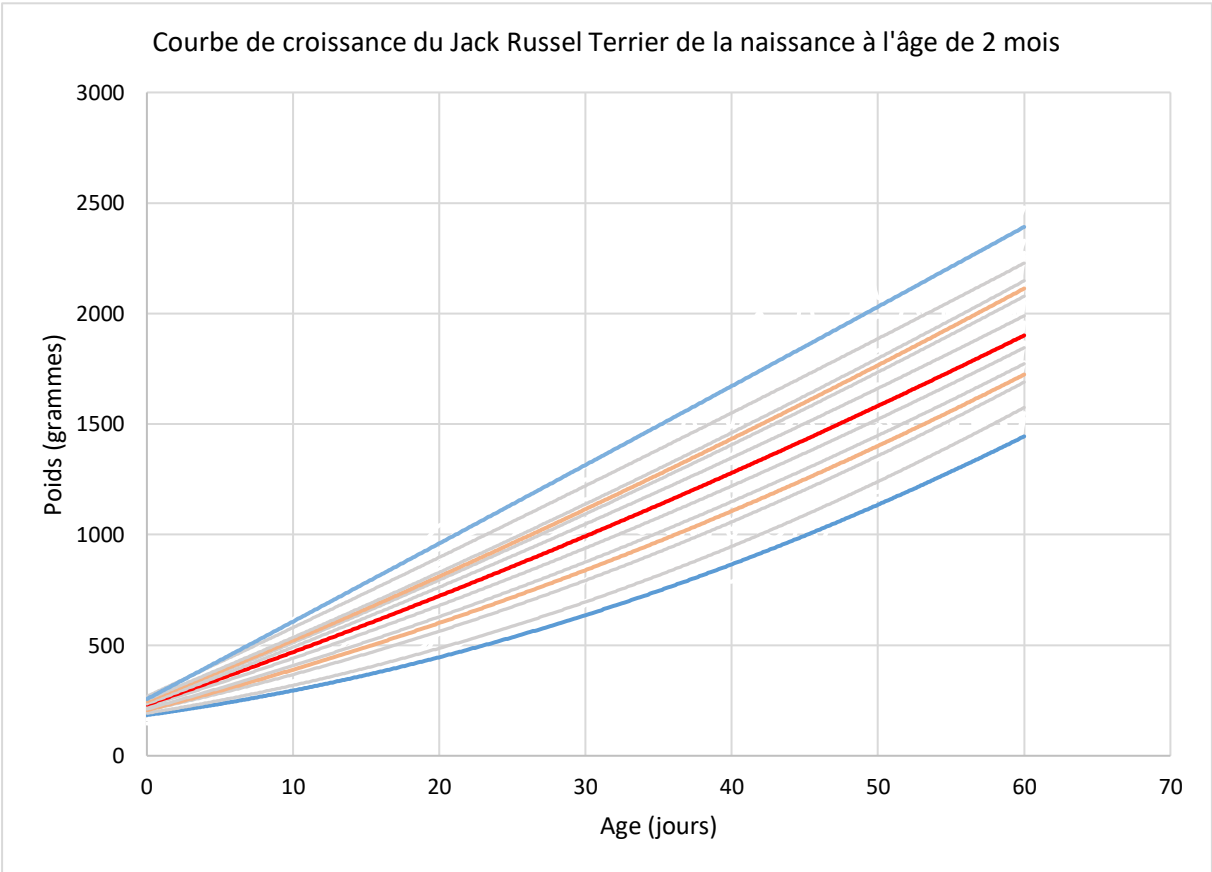
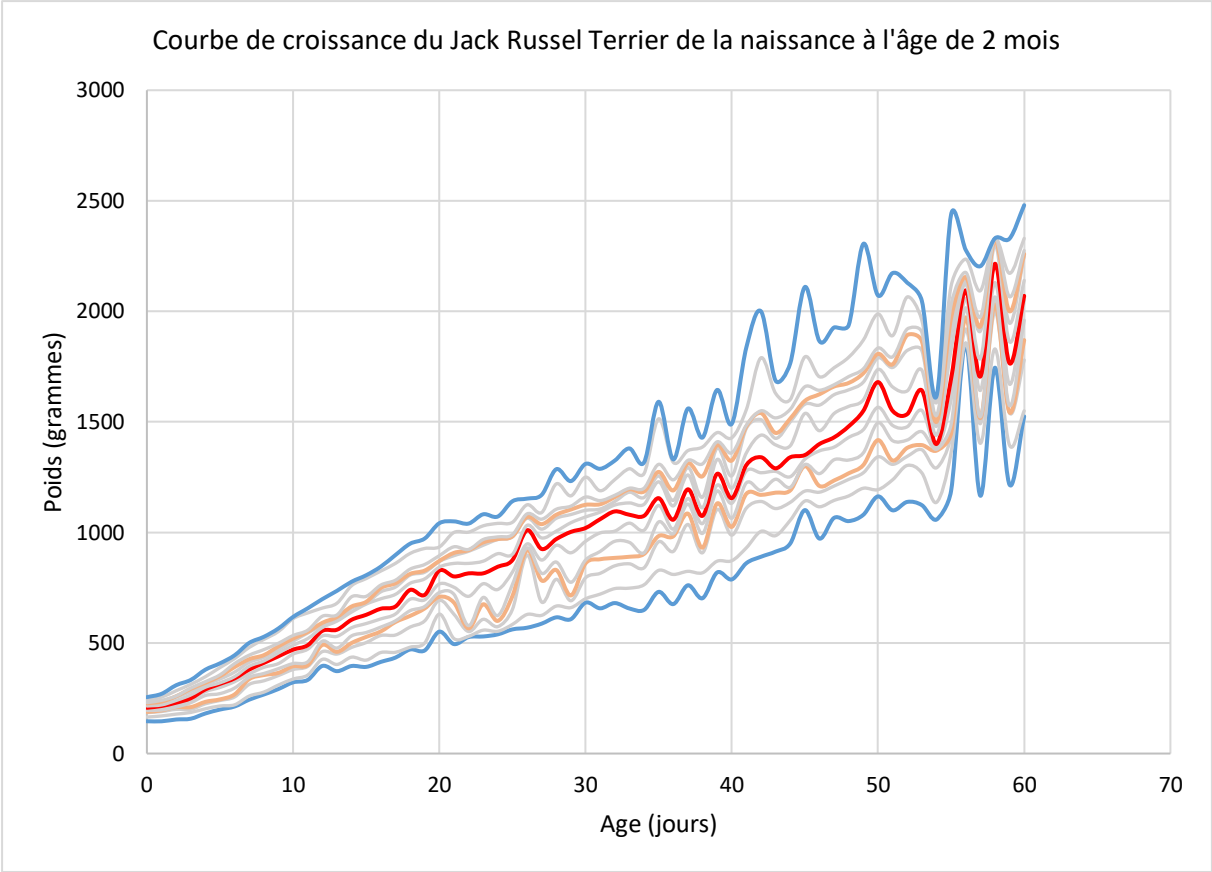


Annexe 17 : Jack Russel Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

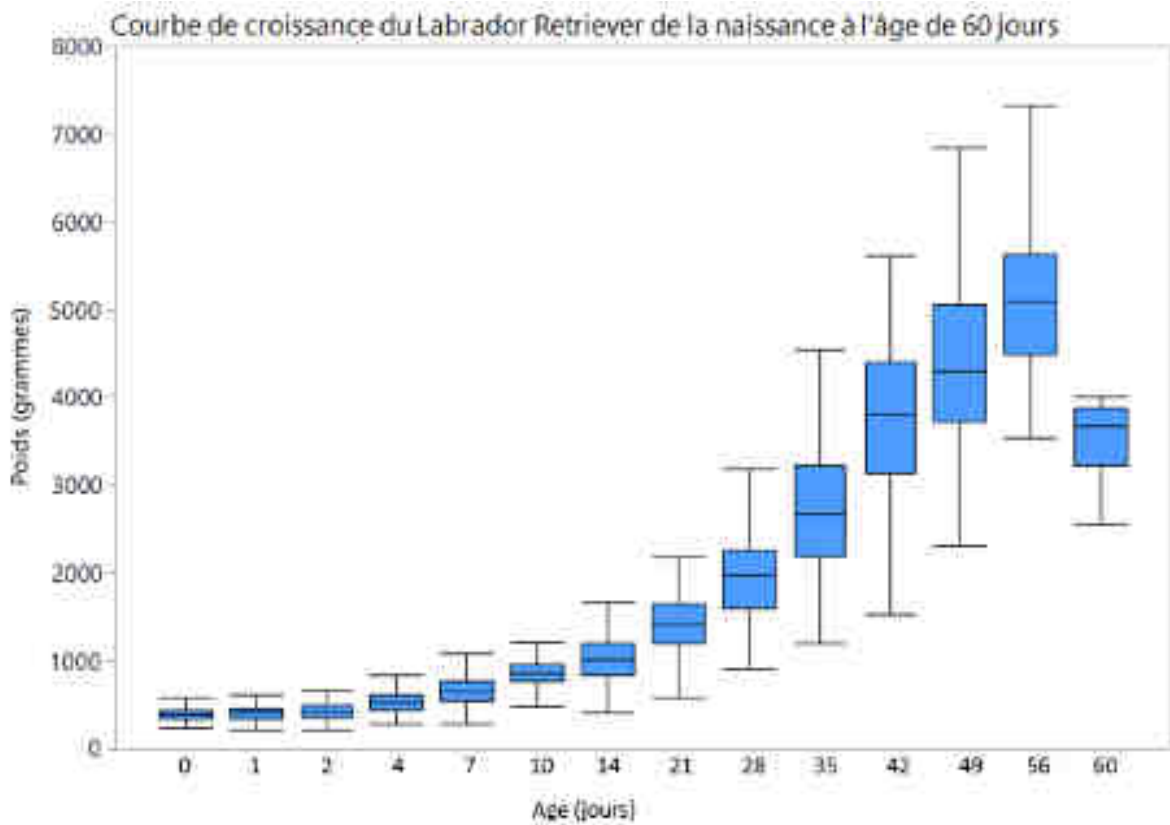
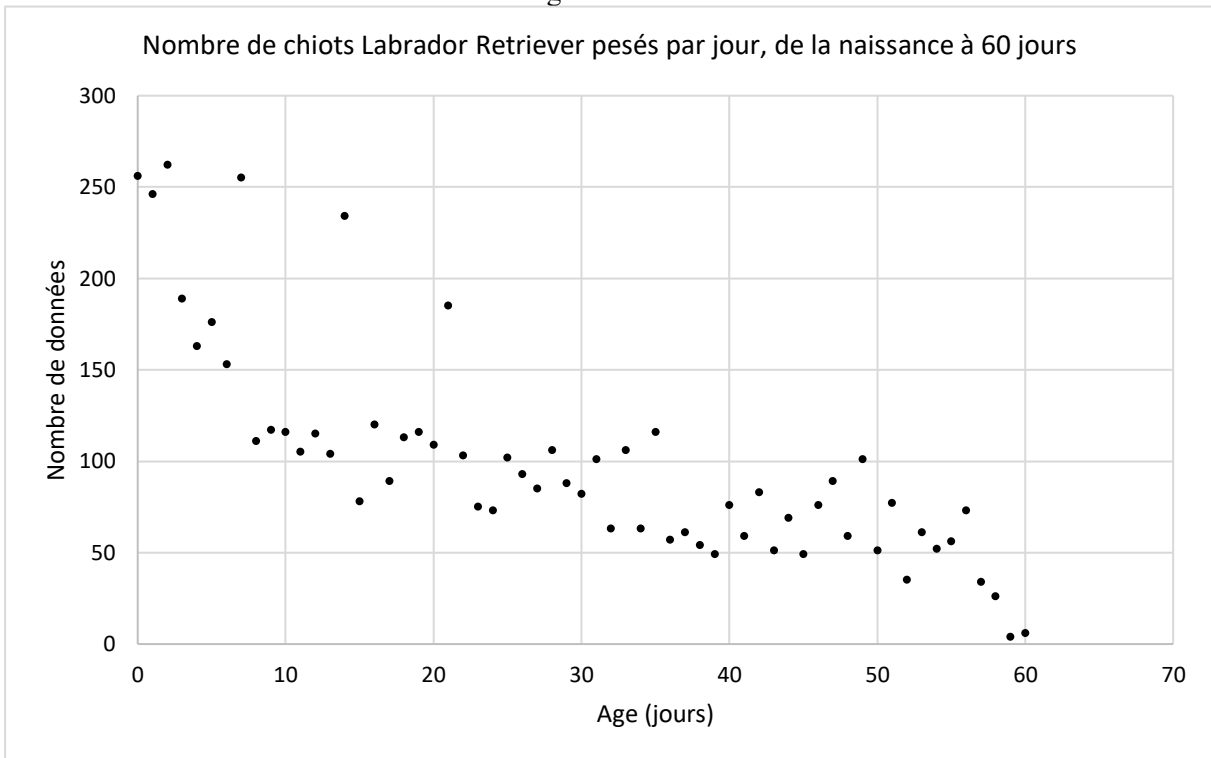






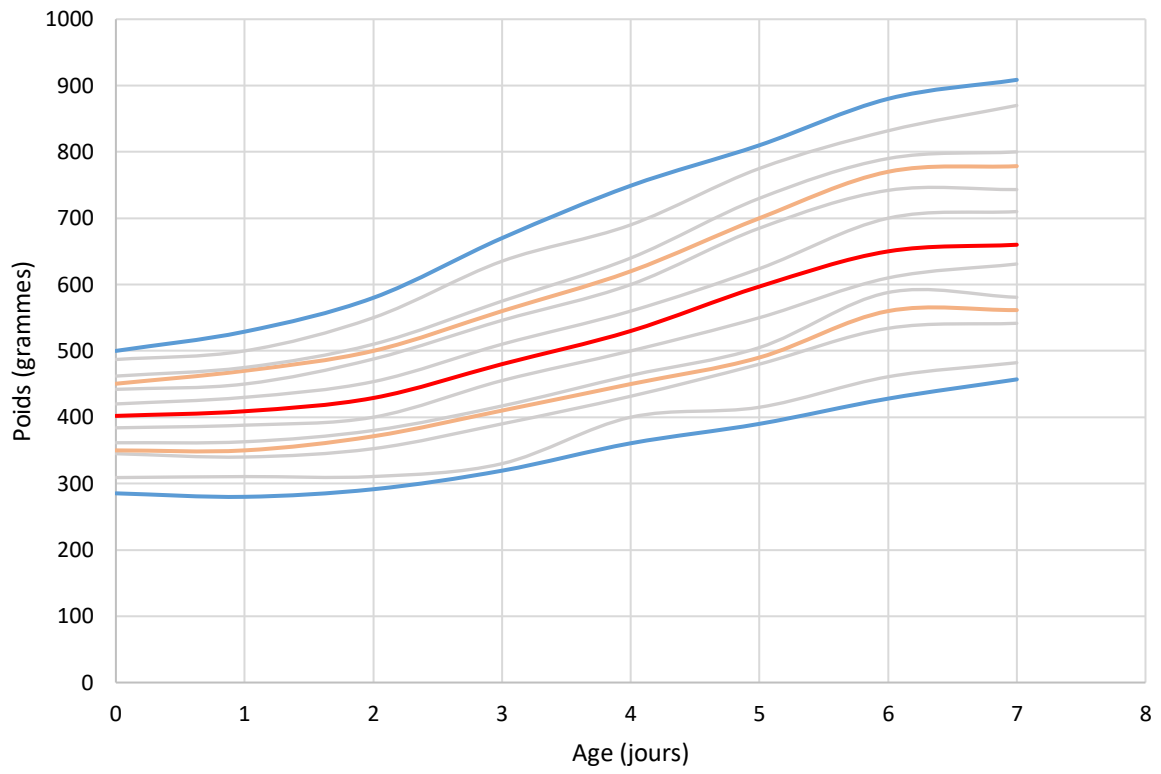


Annexe 18 : Labrador Retriever : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

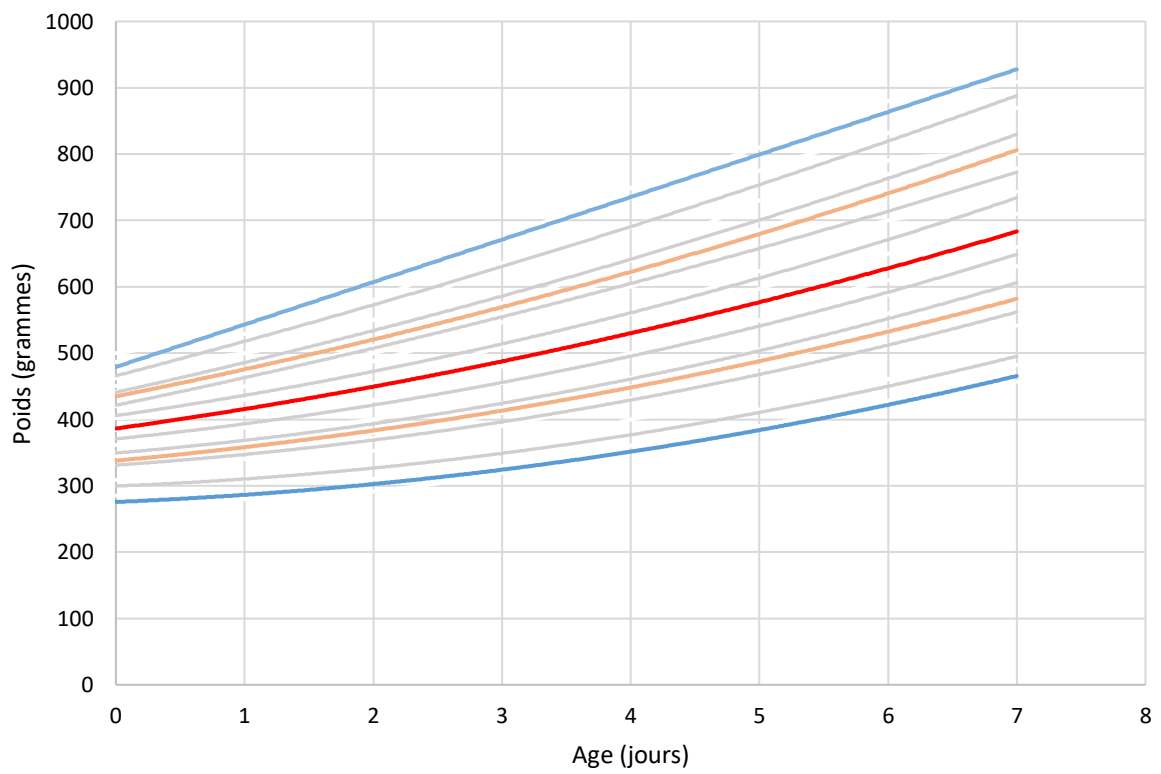


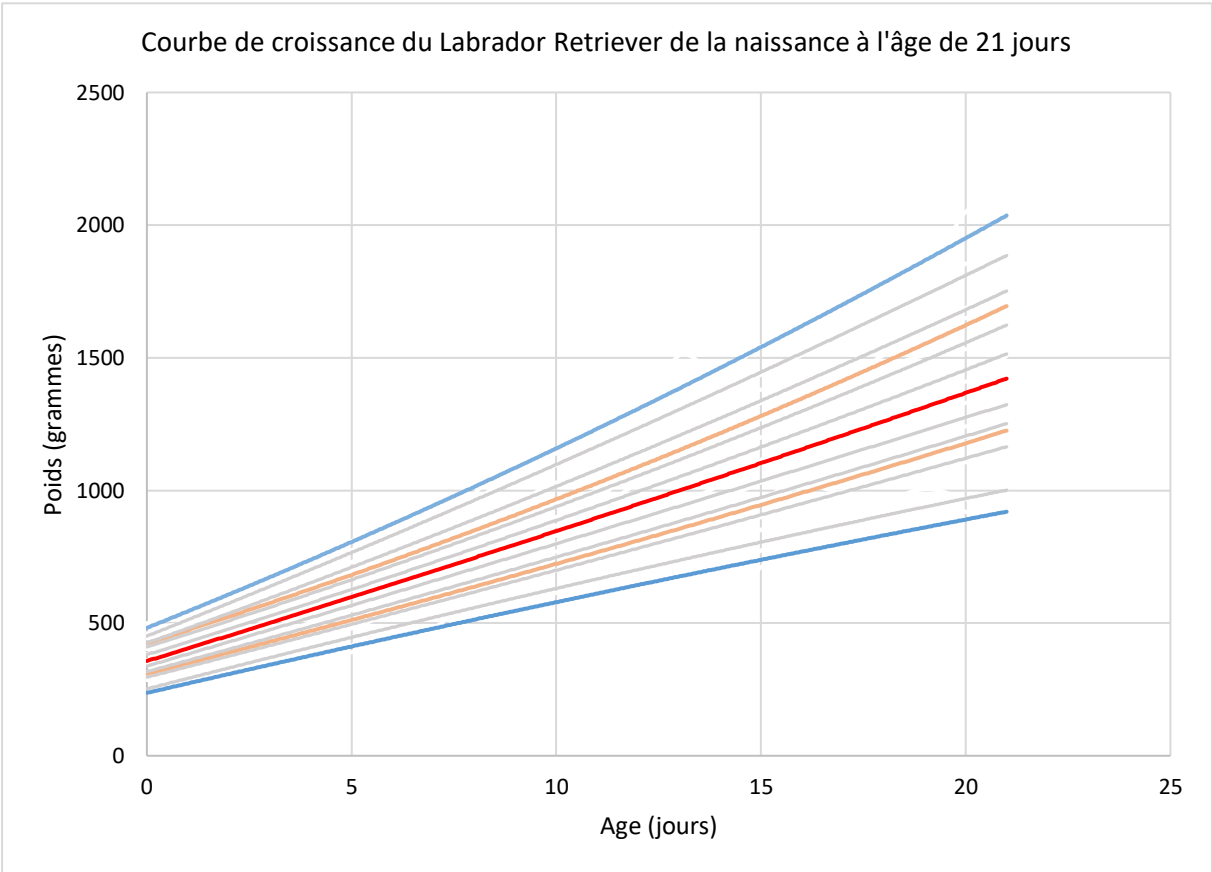
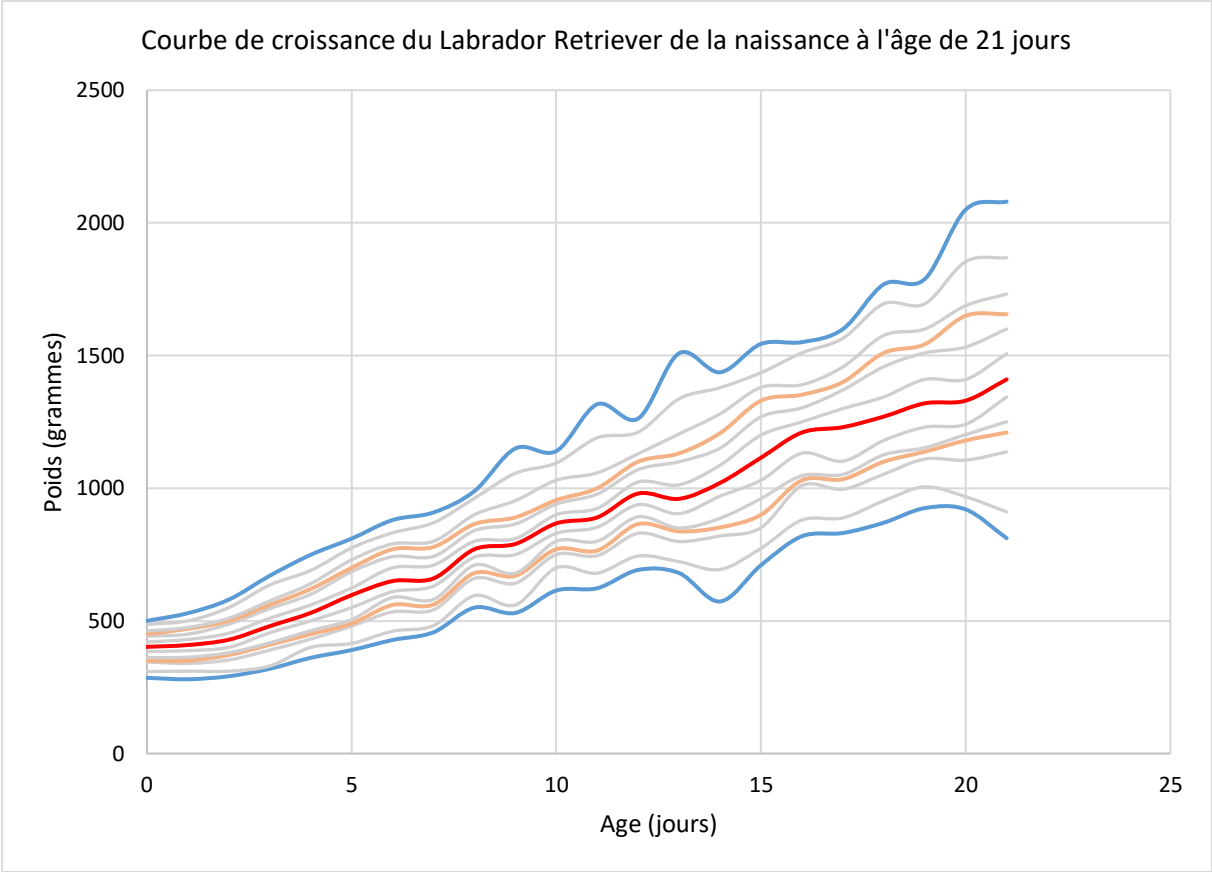


Courbe de croissance du Labrador Retriever de la naissance à l'âge de 7 jours

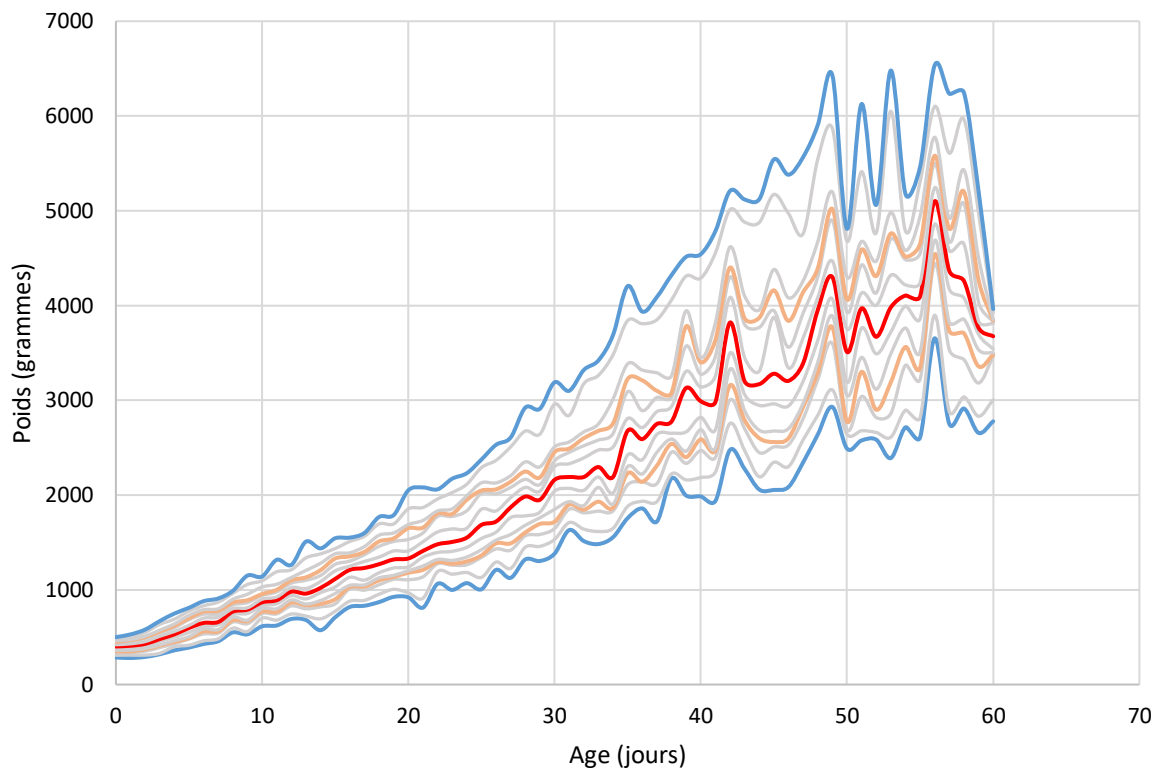


Courbe de croissance du Labrador Retriever de la naissance à l'âge de 7 jours

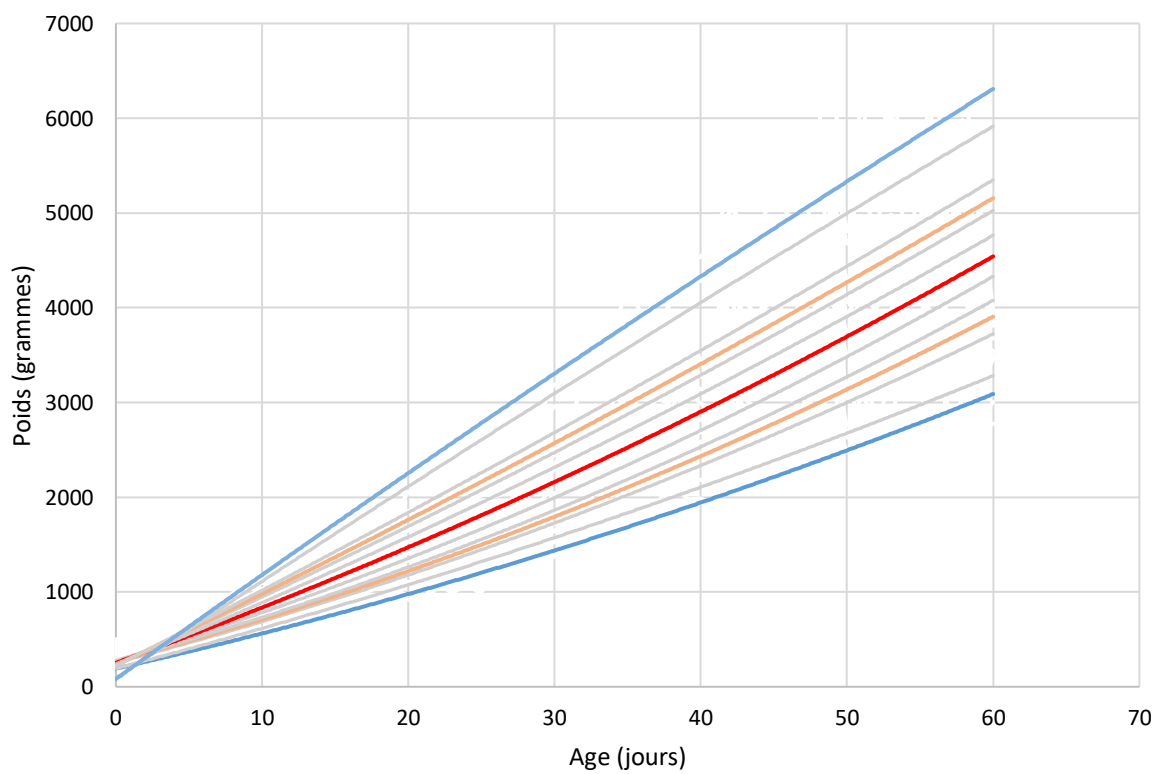




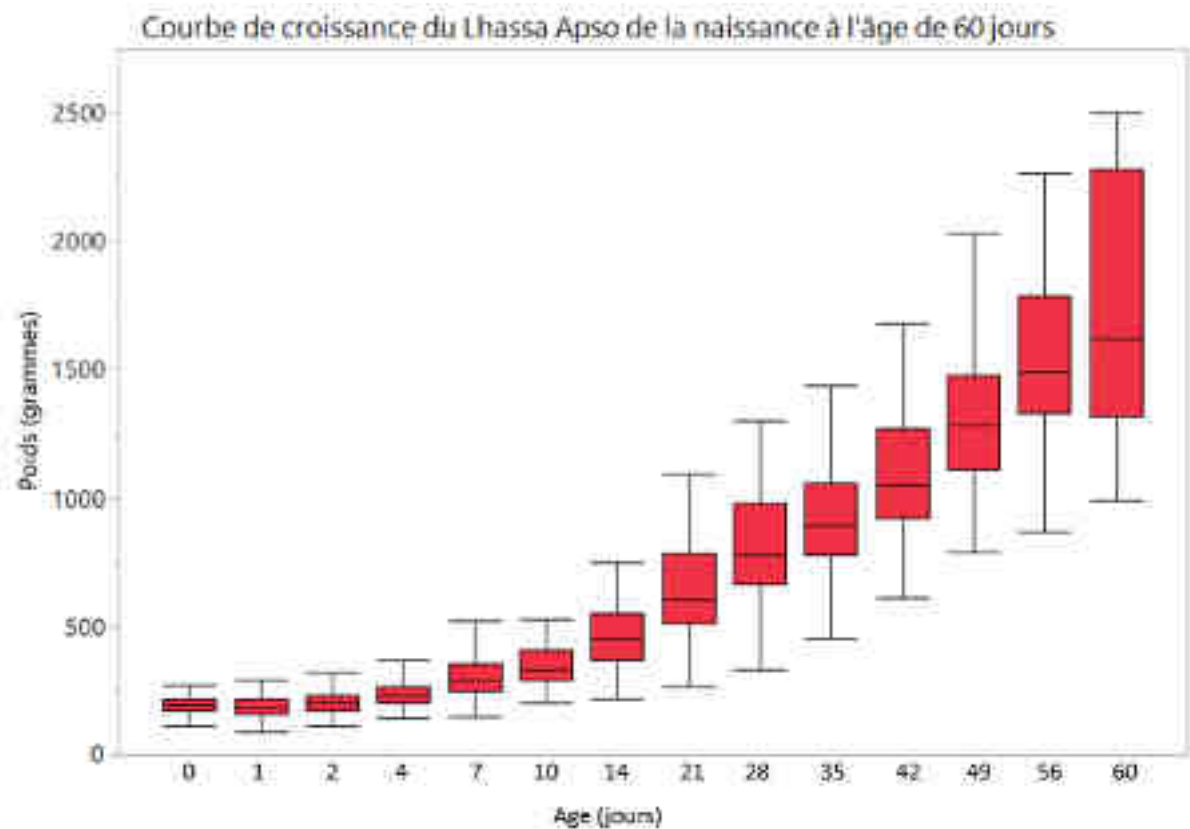
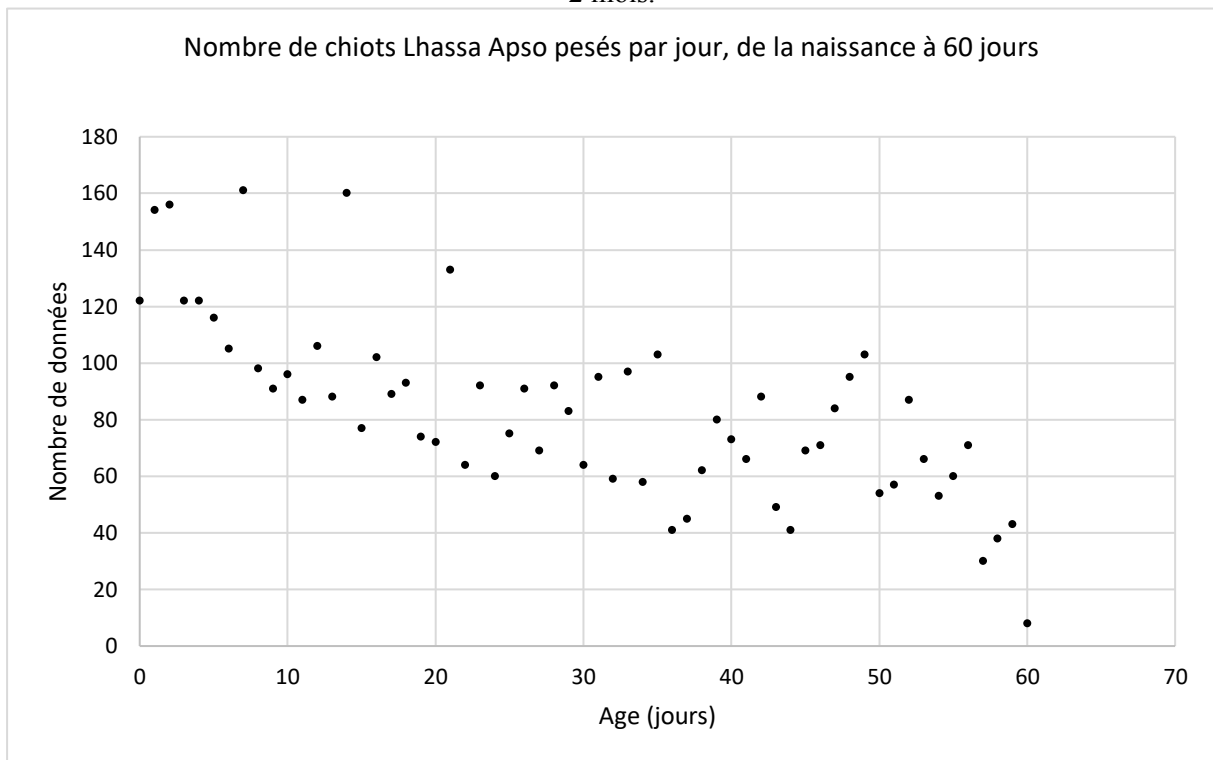
Courbe de croissance du Labrador Retriever de la naissance à l'âge de 2 mois



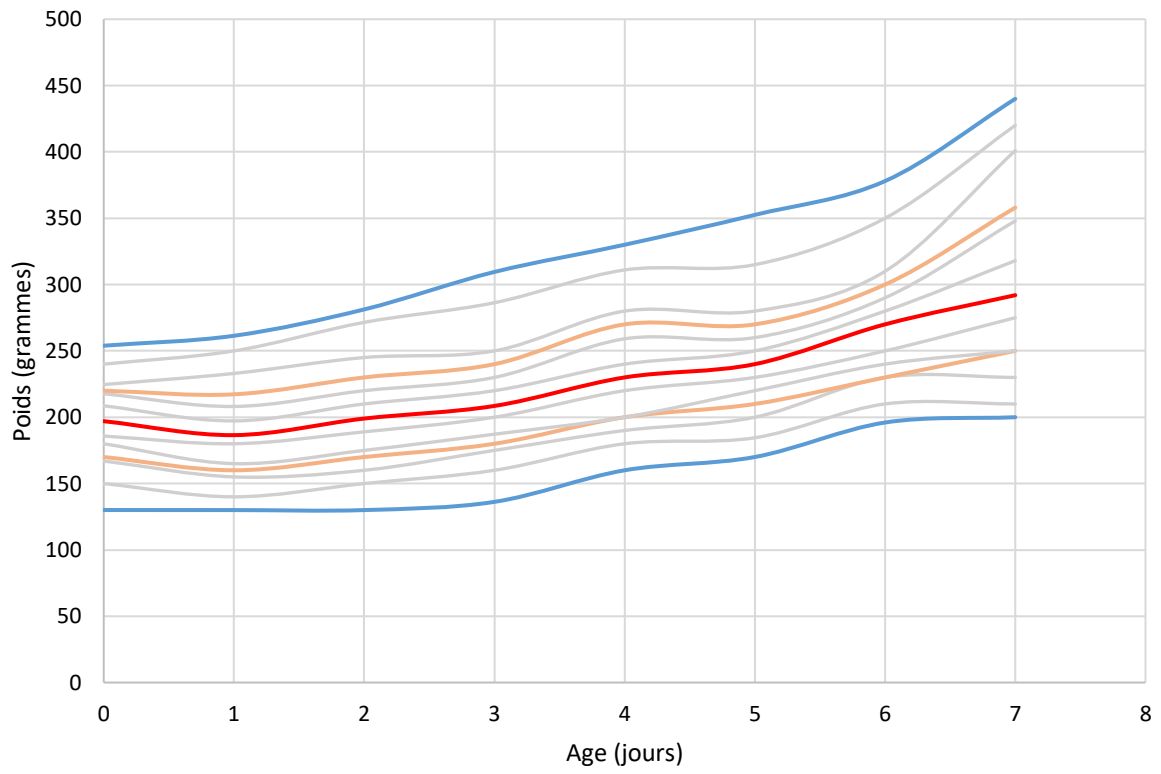
Courbe de croissance du Labrador Retriever de la naissance à l'âge de 2 mois



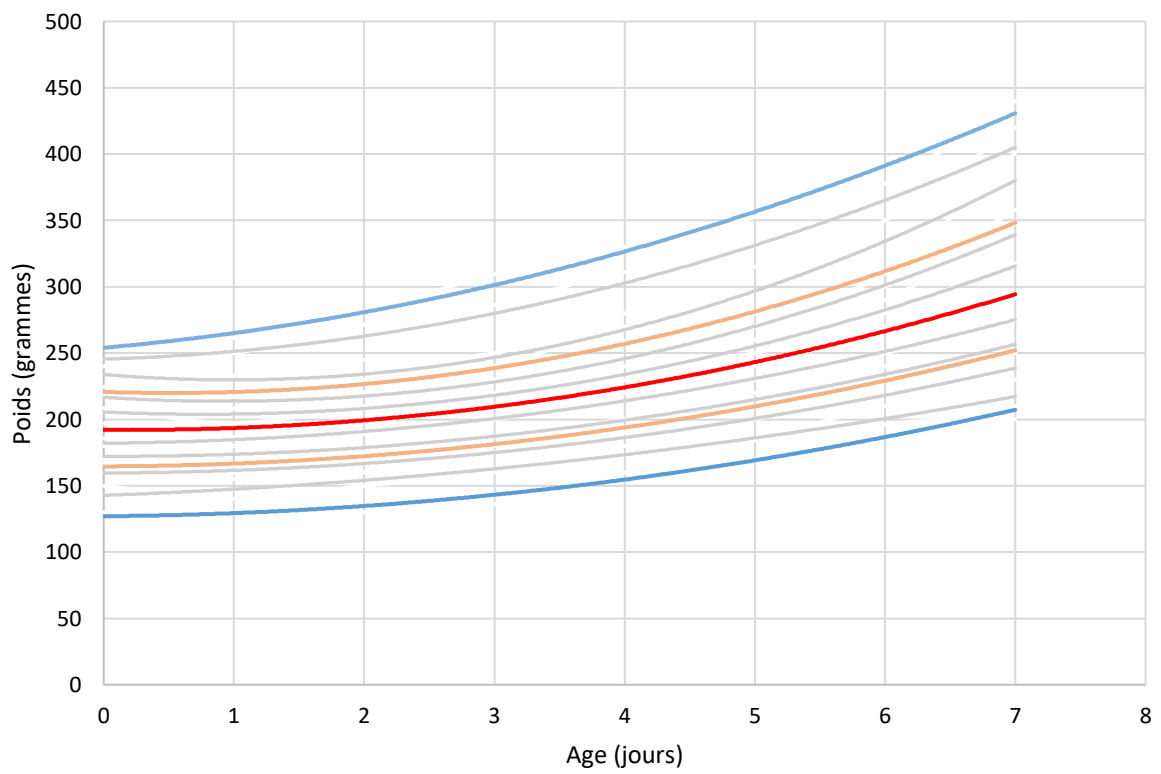
Annexe 19 : Lhasa Apso : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



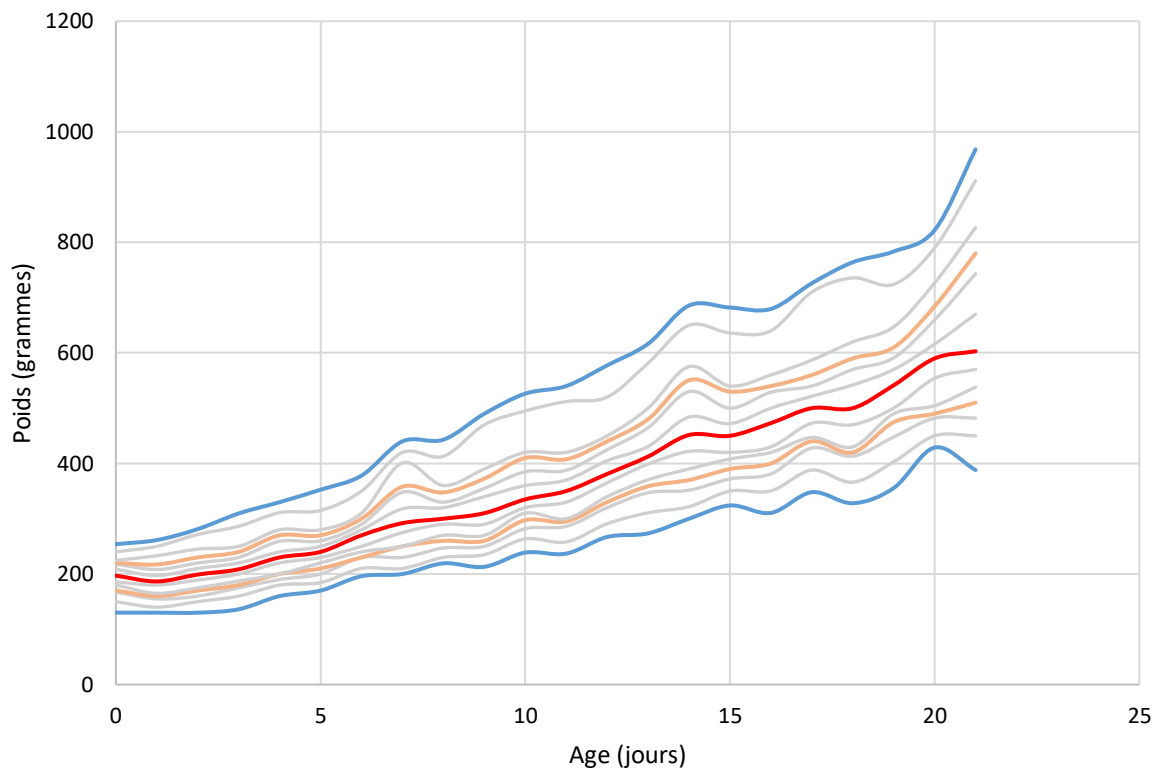
Courbe de croissance du Lhasa Apso de la naissance à l'âge de 7 jours



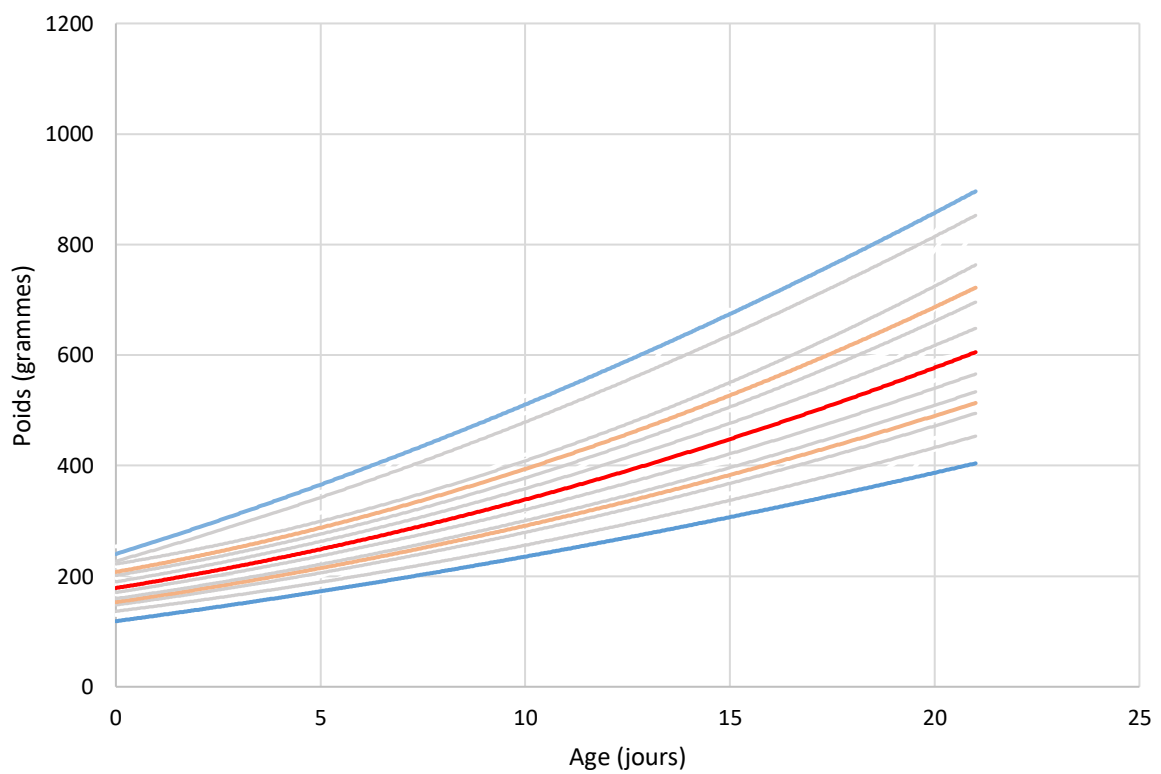
Courbe de croissance du Lhasa Apso de la naissance à l'âge de 7 jours

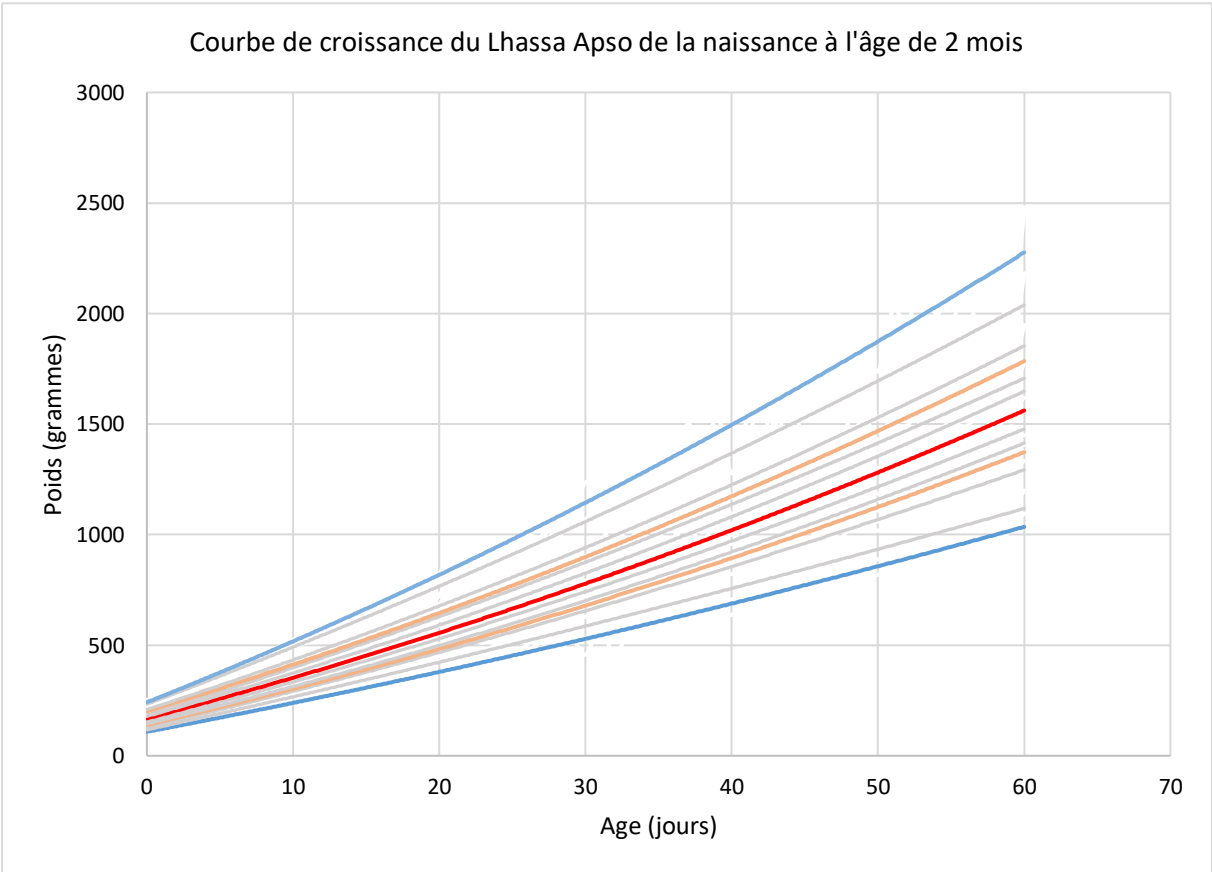
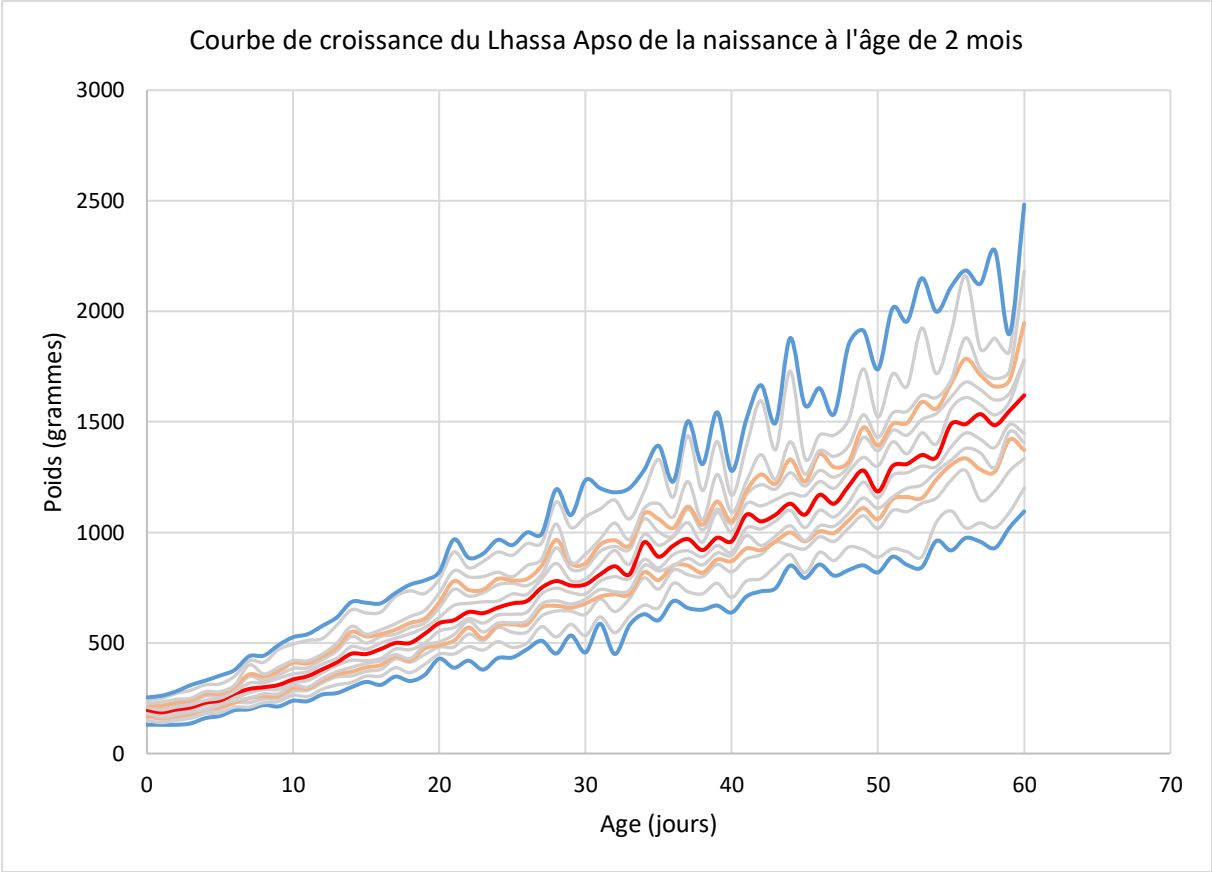


Courbe de croissance du Lhasa Apso de la naissance à l'âge de 21 jours

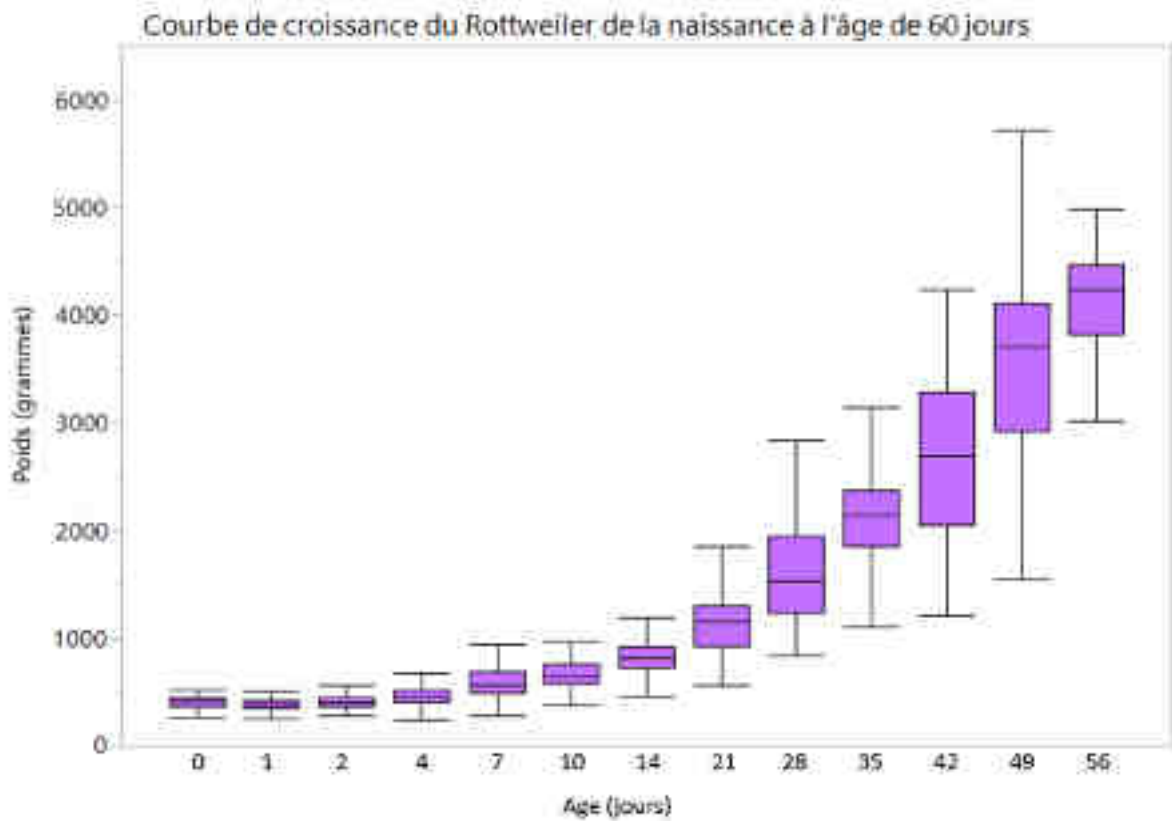
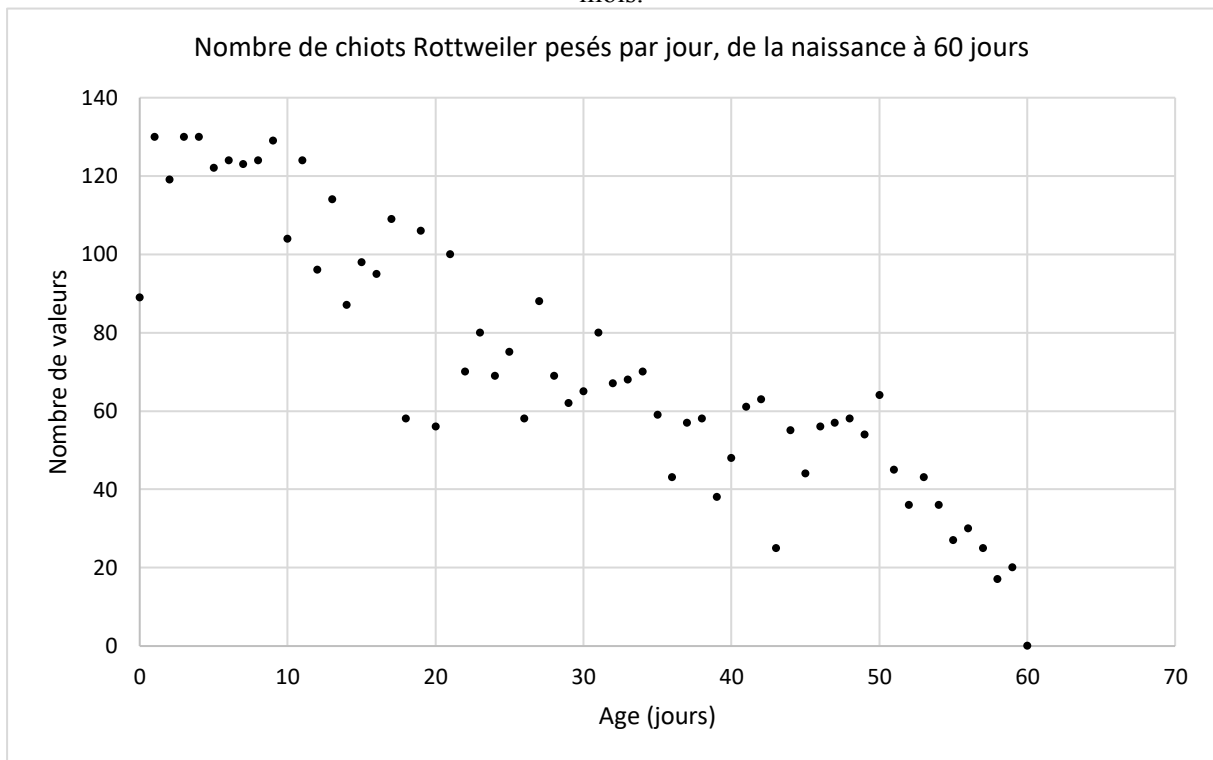


Courbe de croissance du Lhasa Apso de la naissance à l'âge de 21 jours



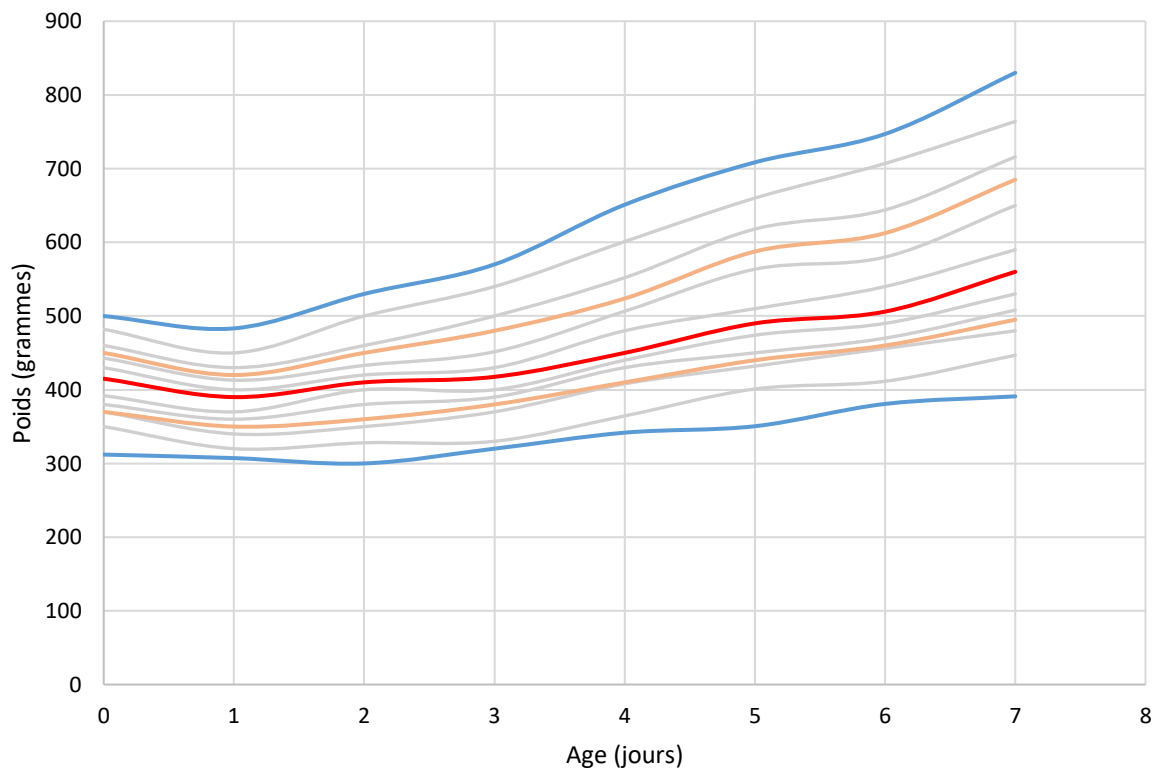


Annexe 20 : Rottweiler : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

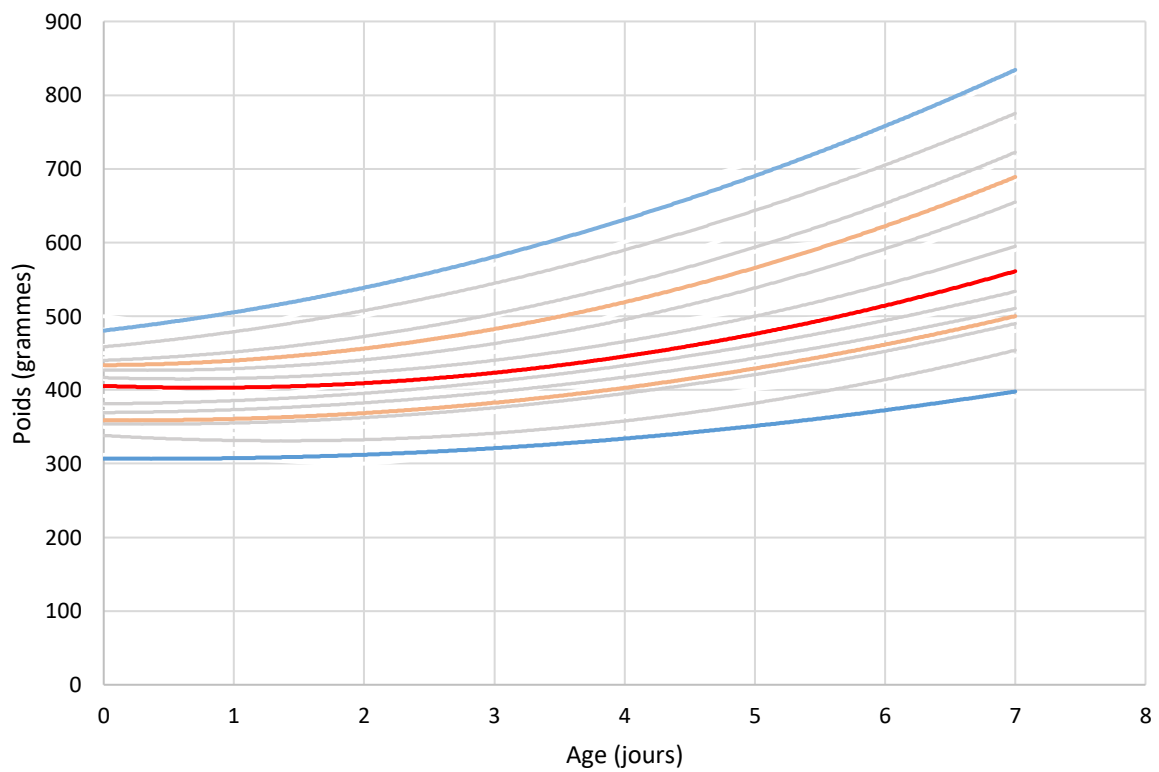




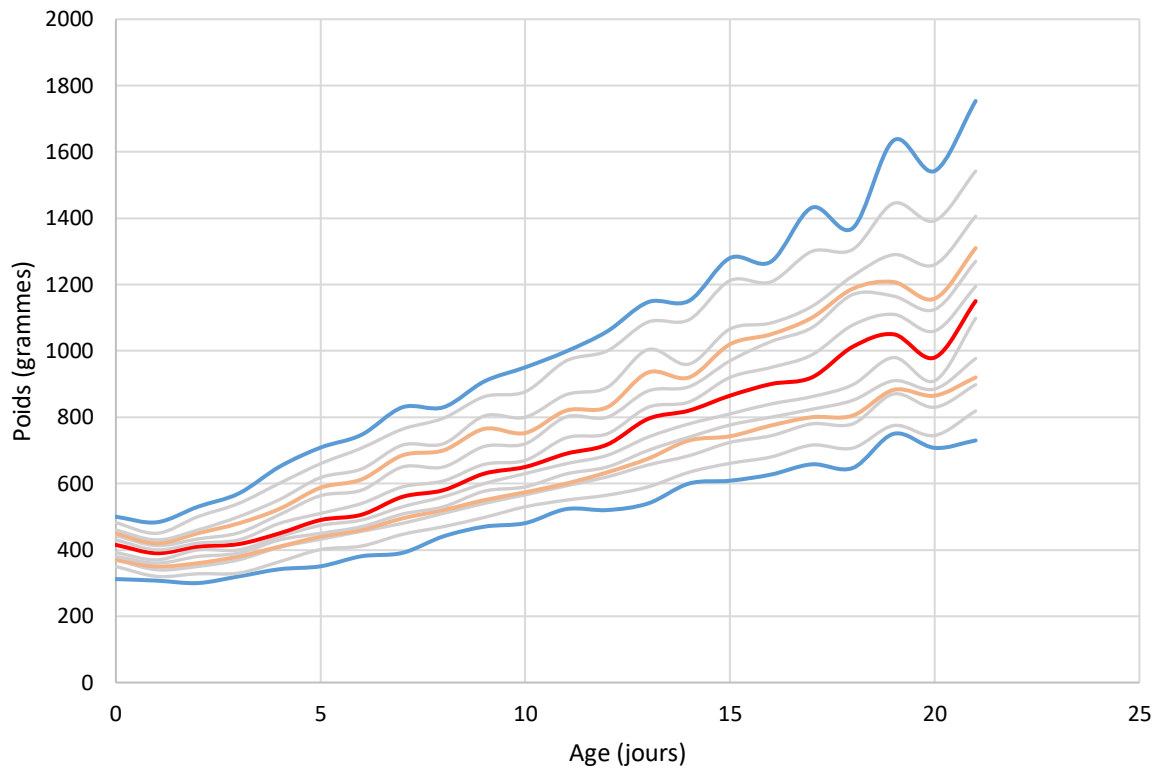
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 7 jours



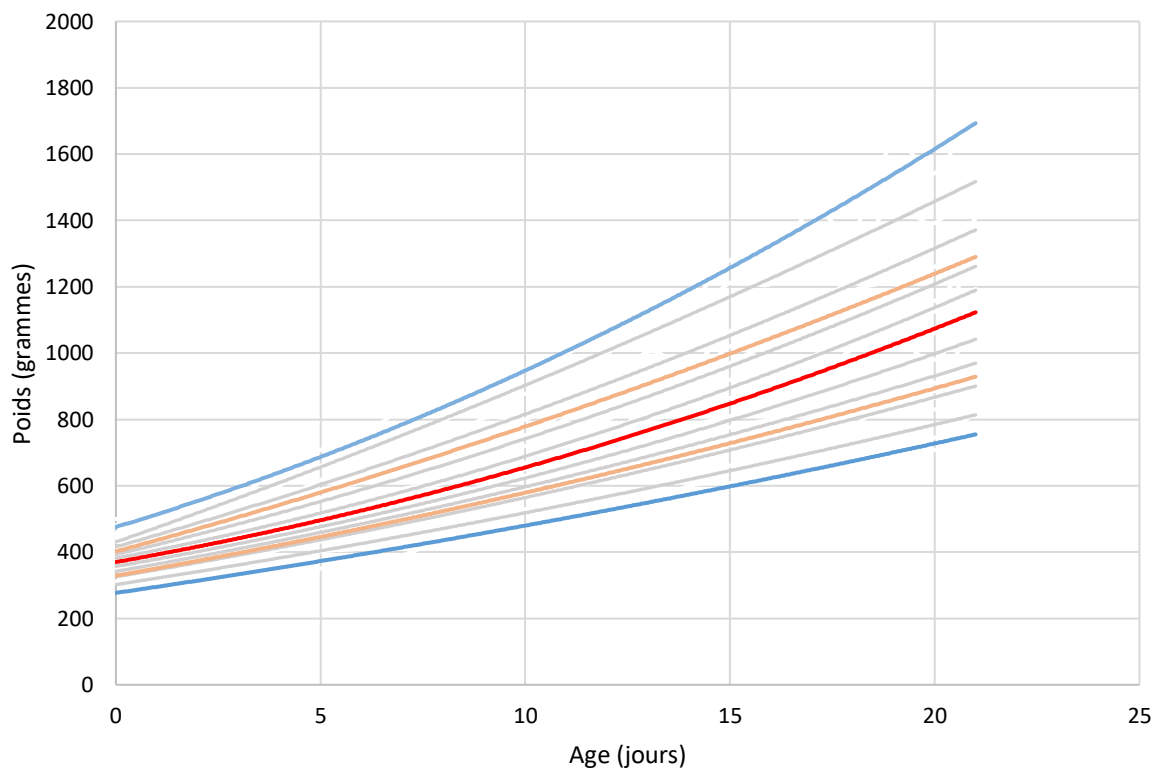
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 7 jours



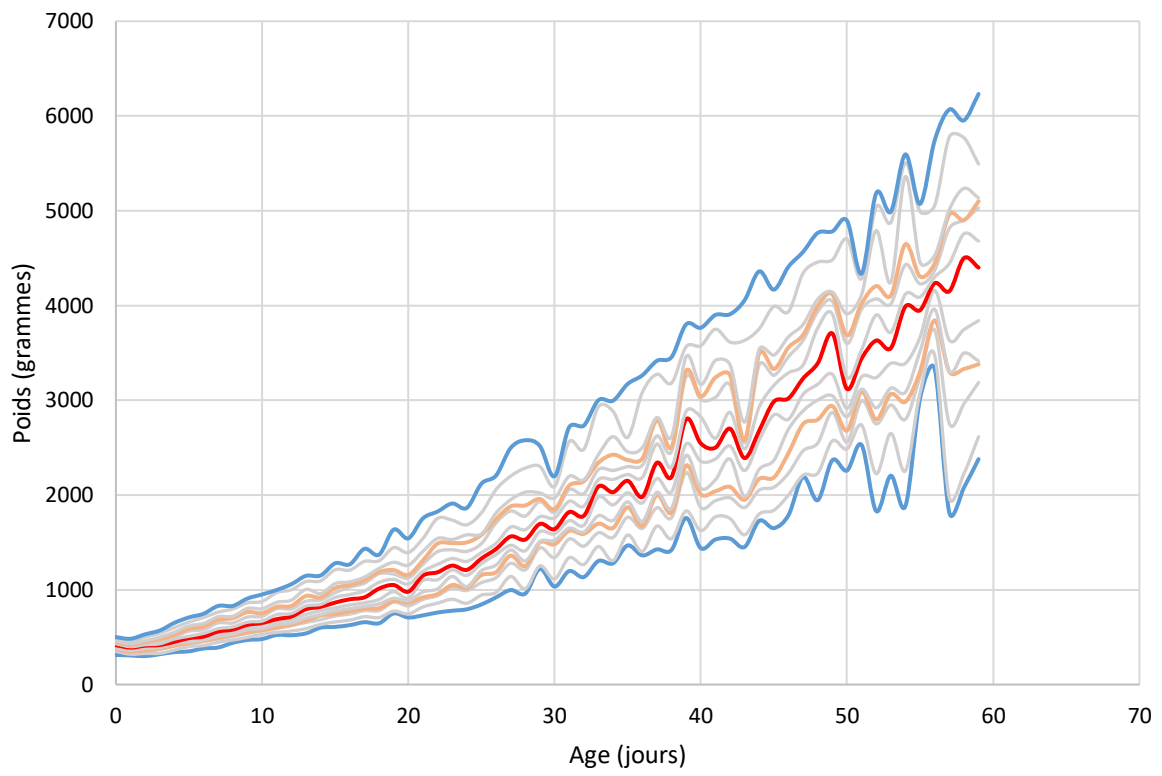
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 21 jours



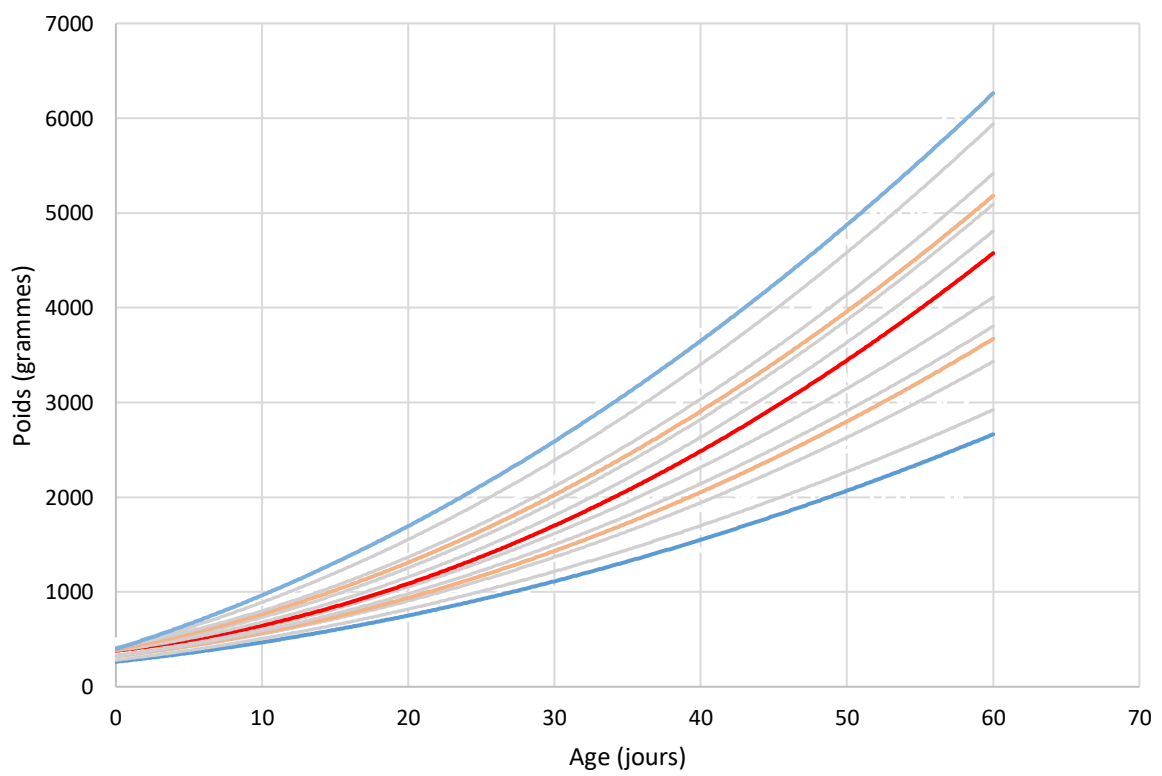
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 21 jours



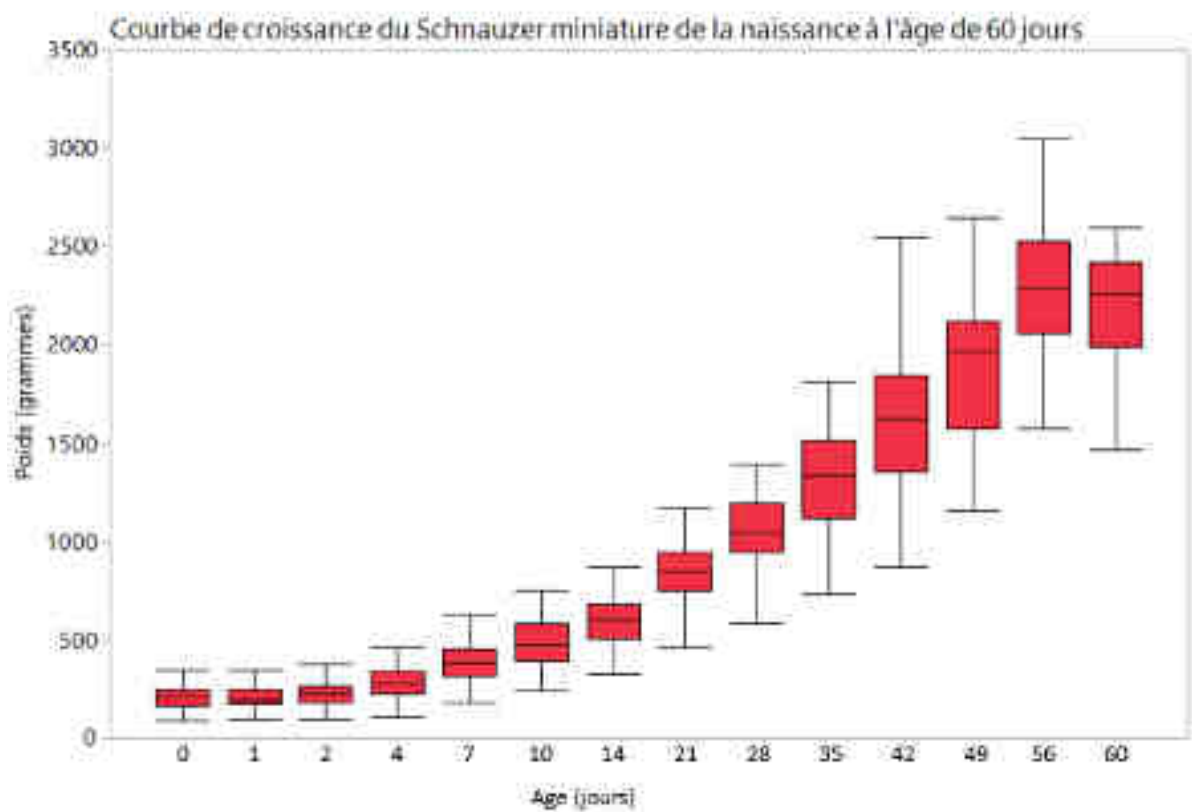
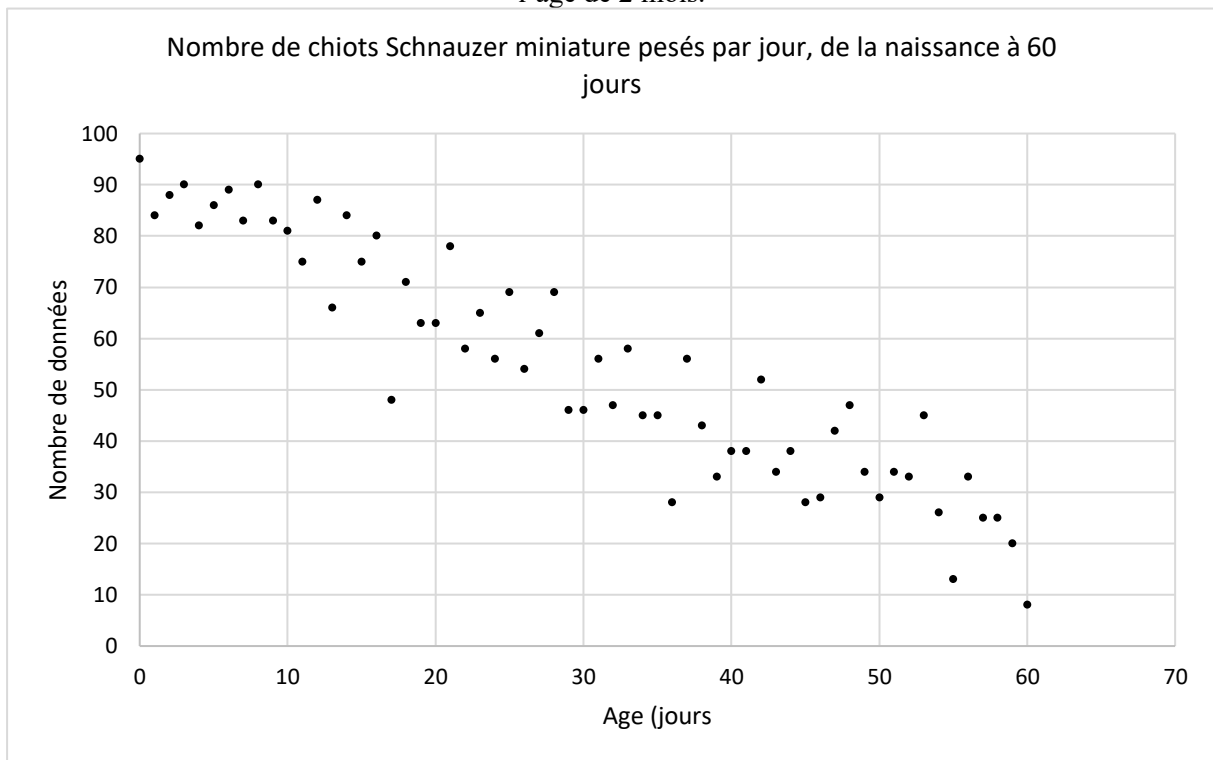
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 2 mois

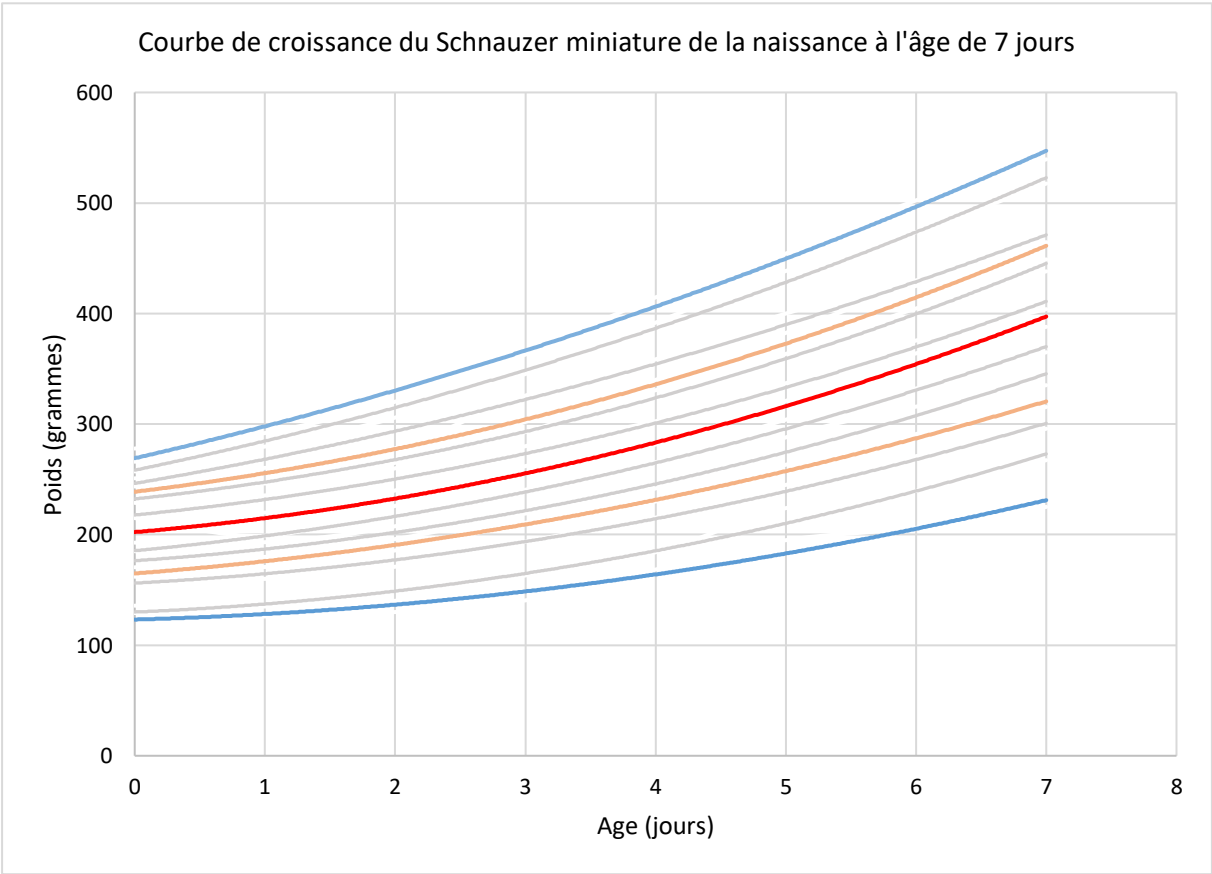
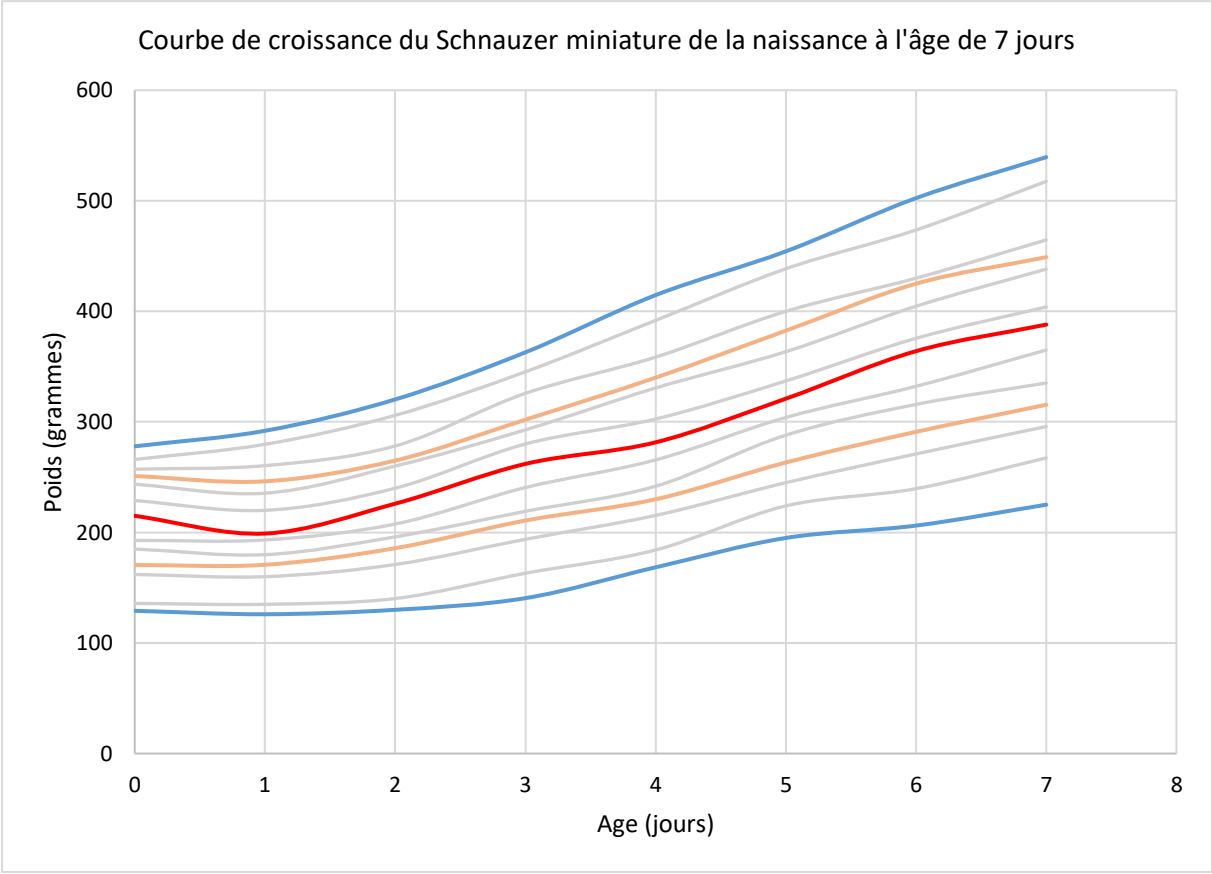


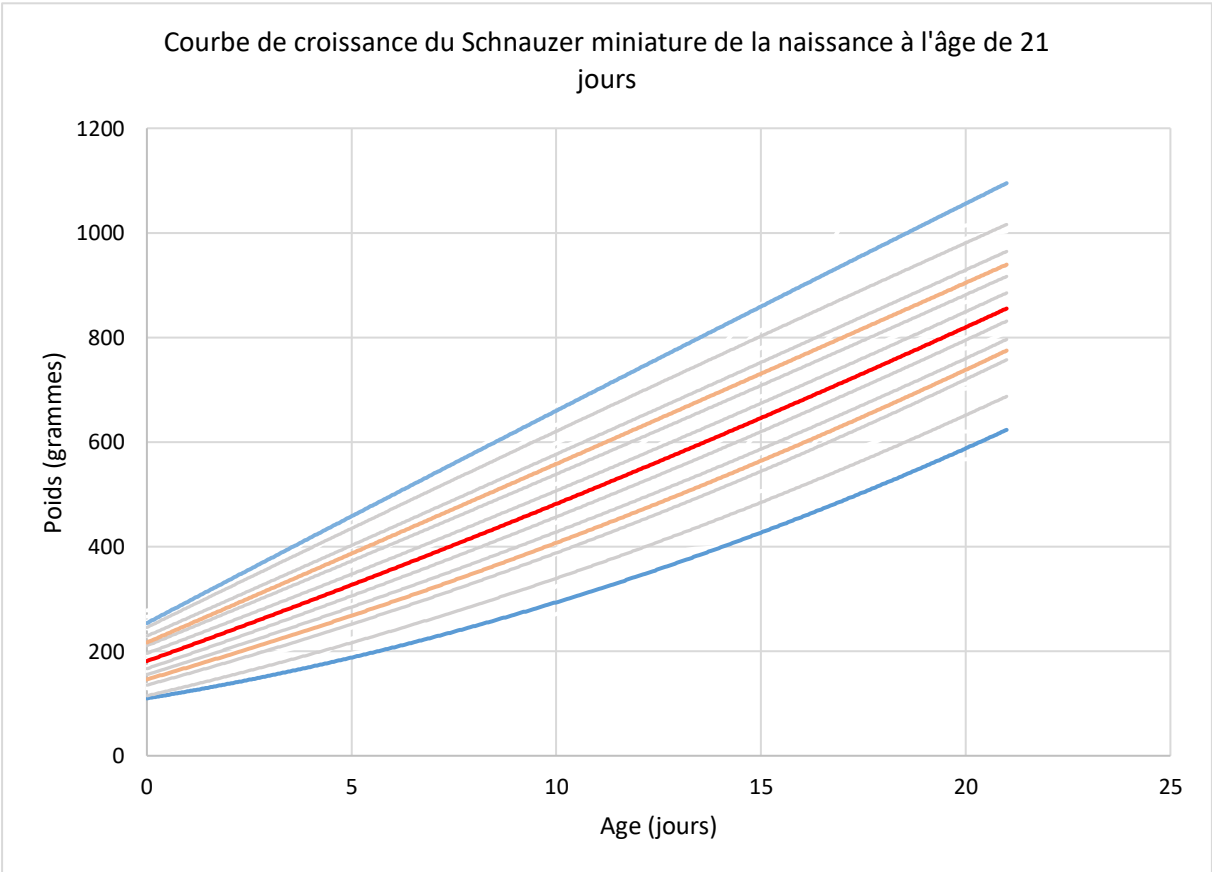
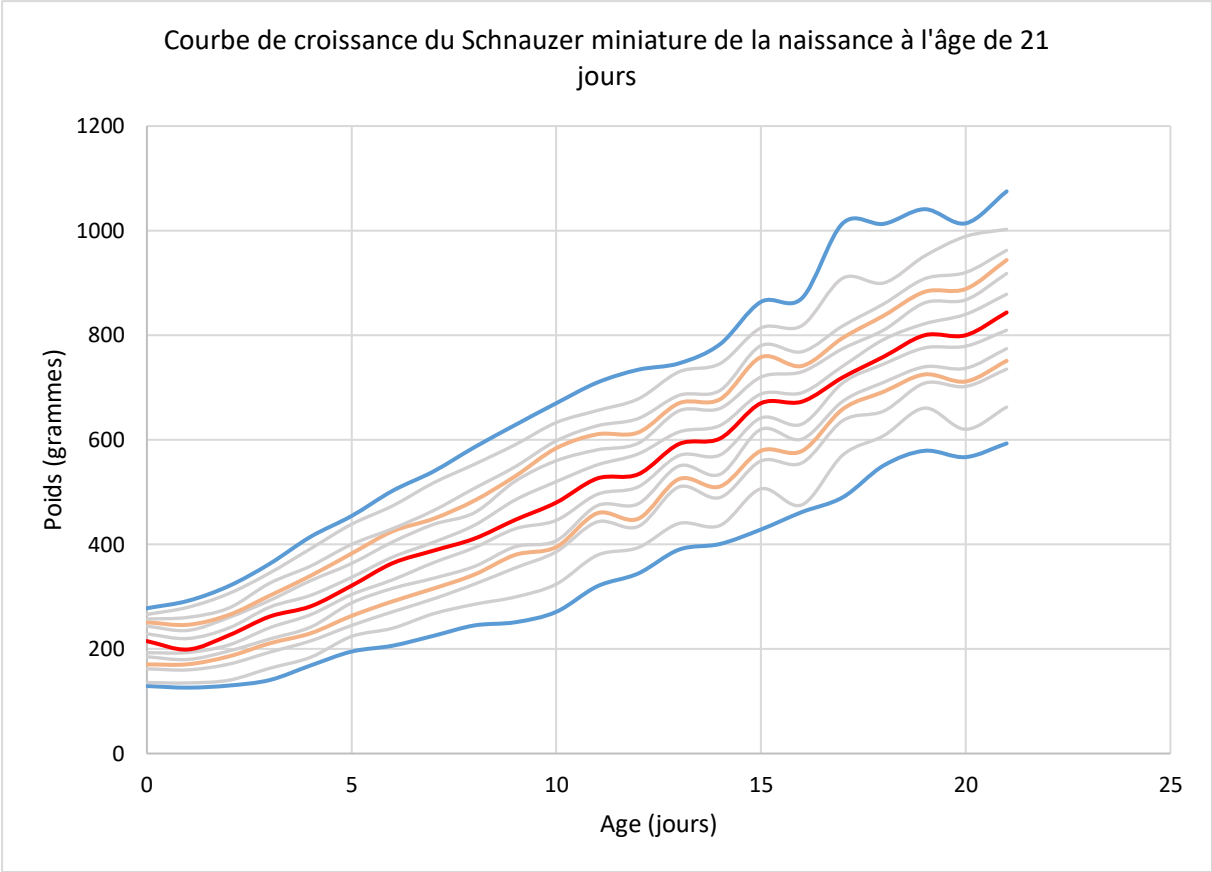
Courbe de croissance du Rottweiler de la naissance à l'âge de 2 mois

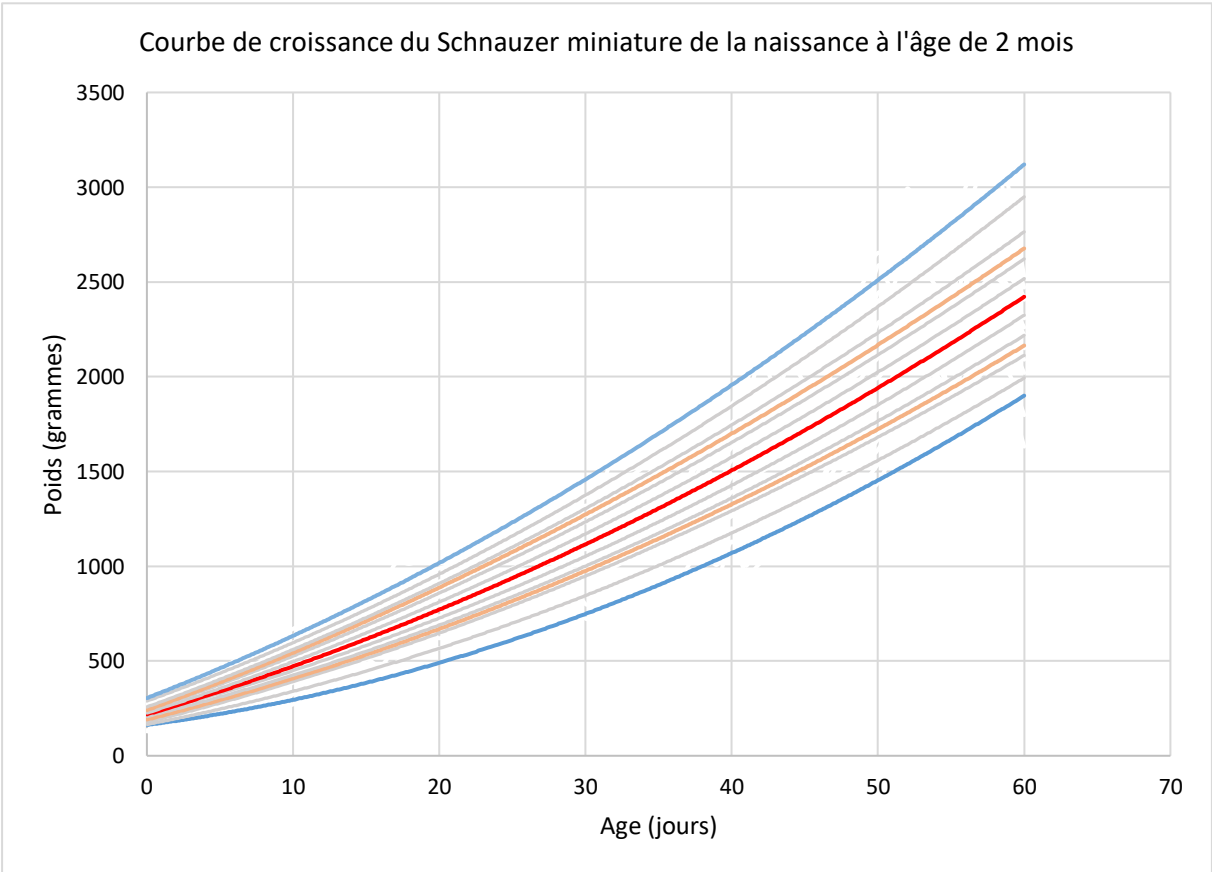
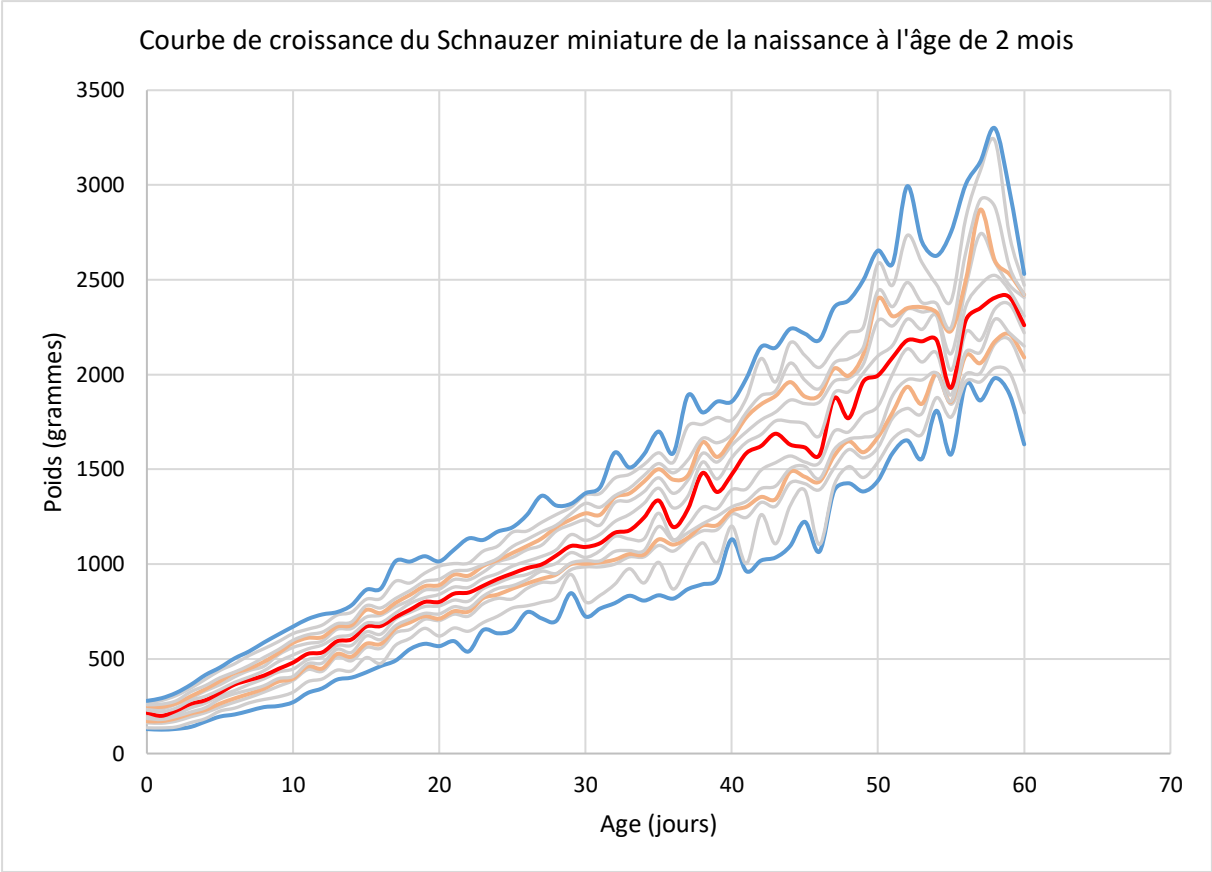


Annexe 21 : Schnauzer miniature : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

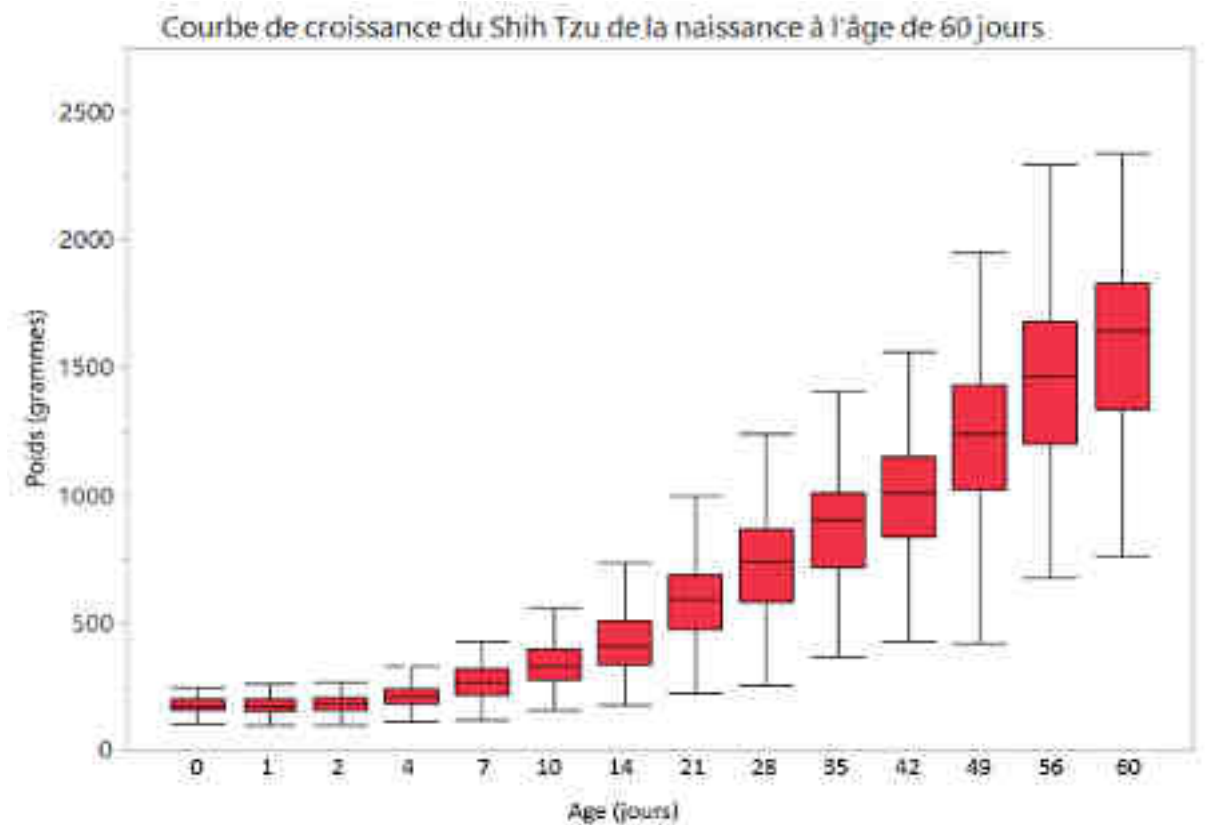
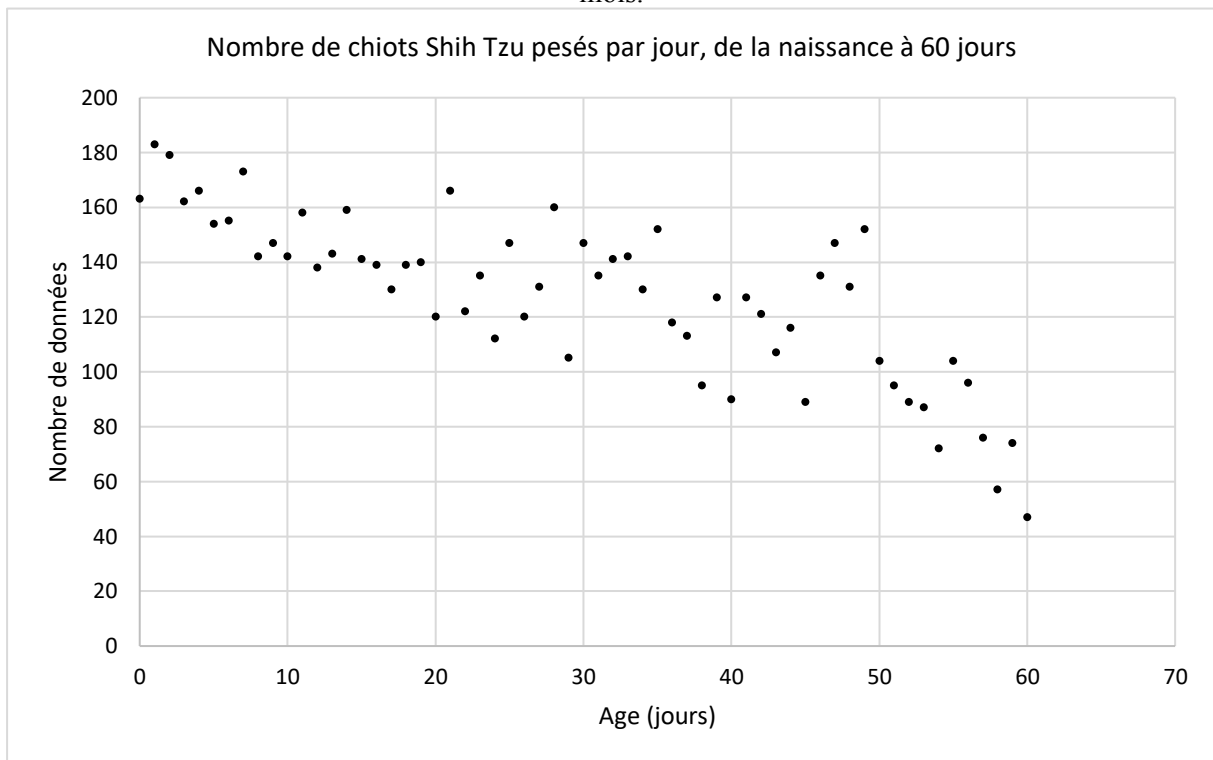






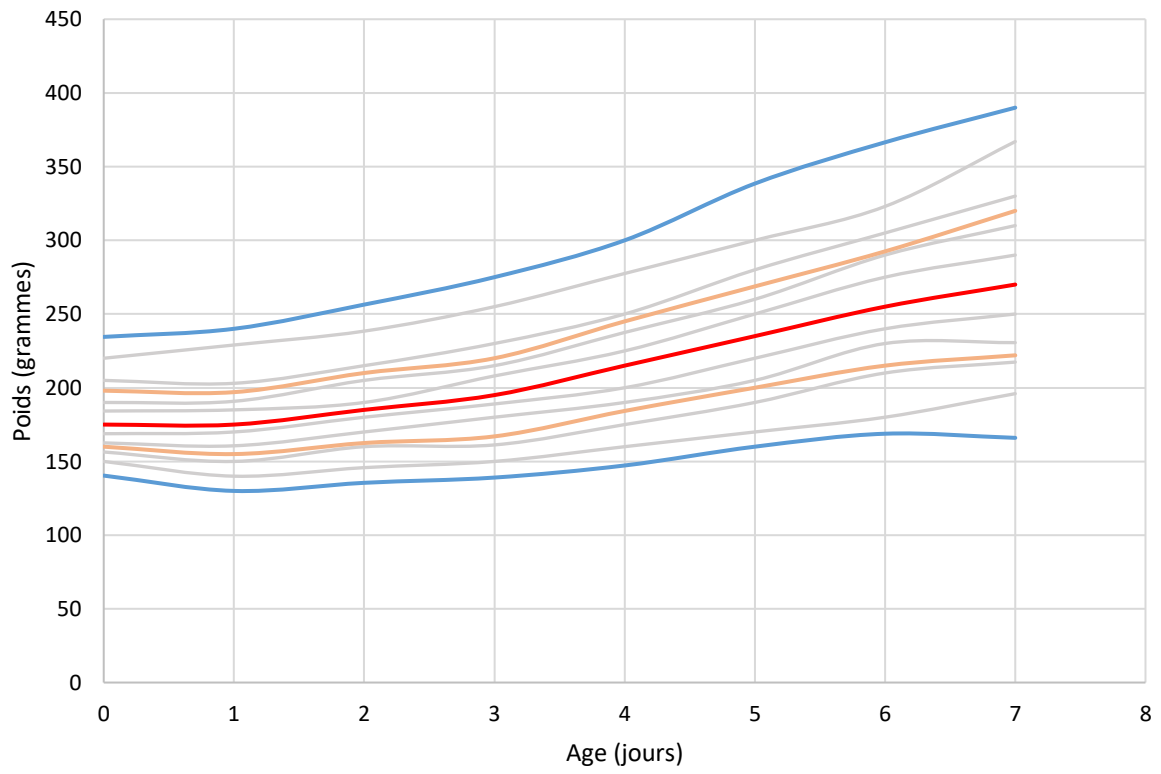


Annexe 22 : Shih Tzu : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

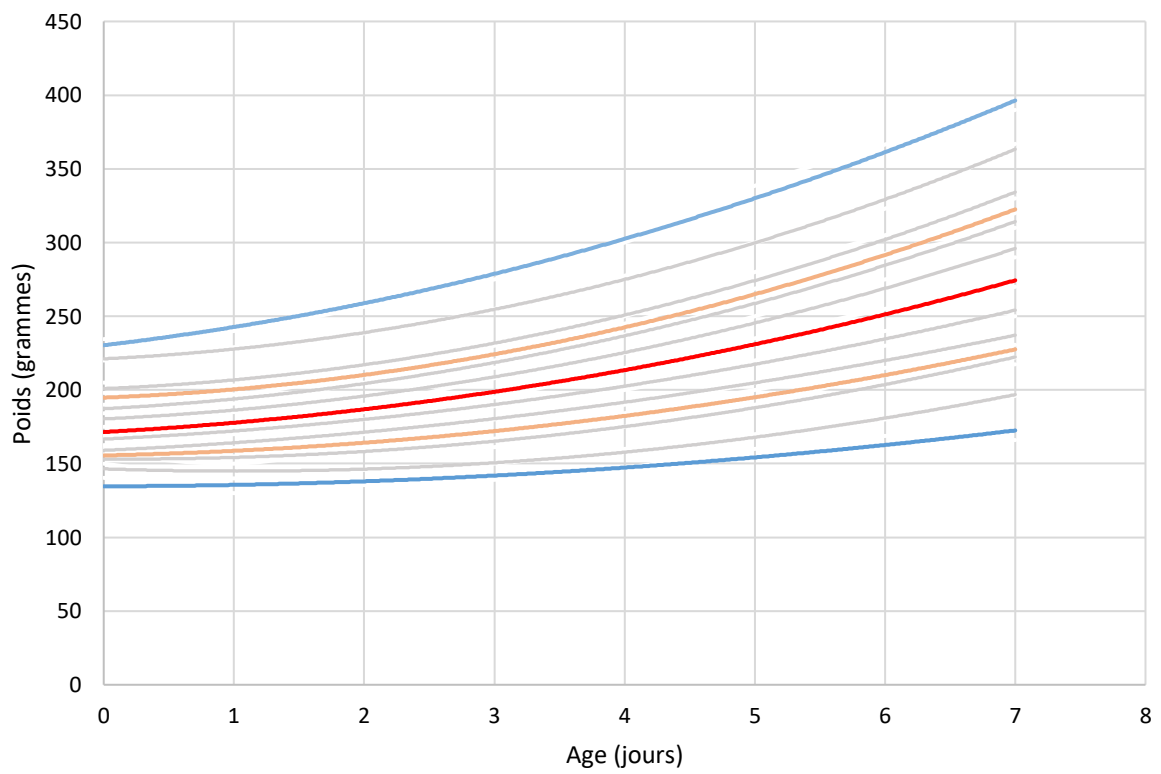




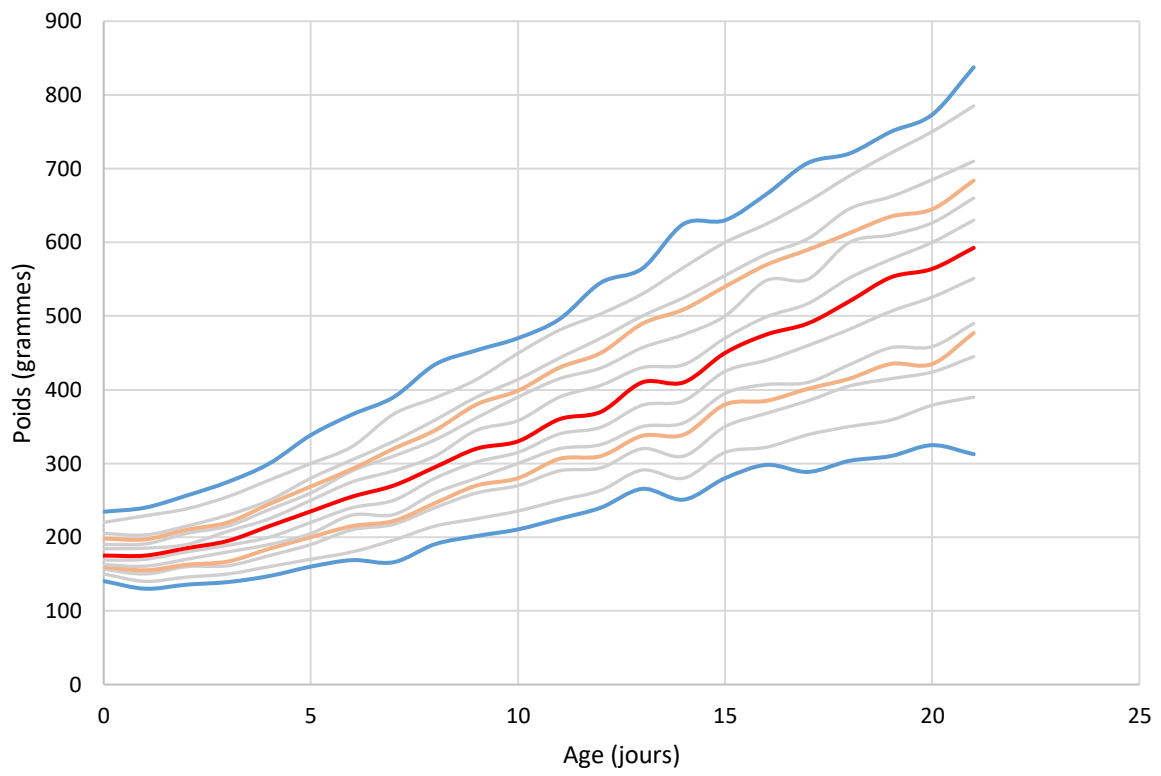
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 7 jours



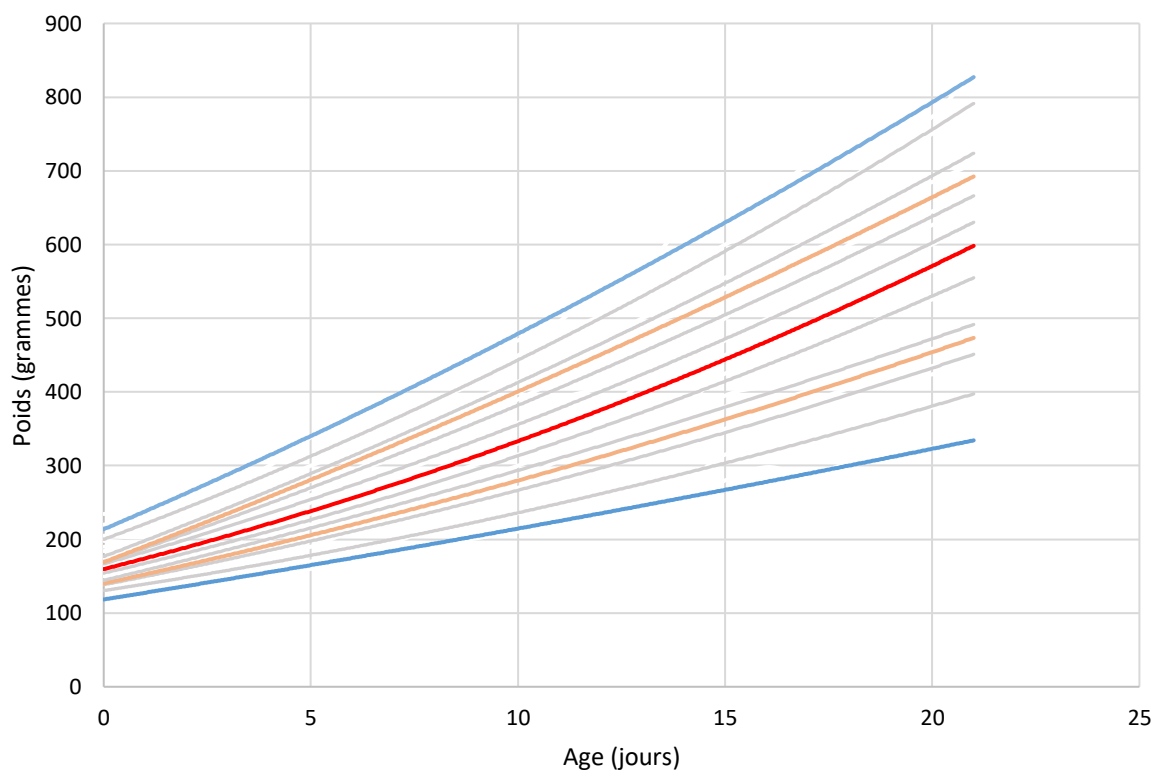
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 7 jours



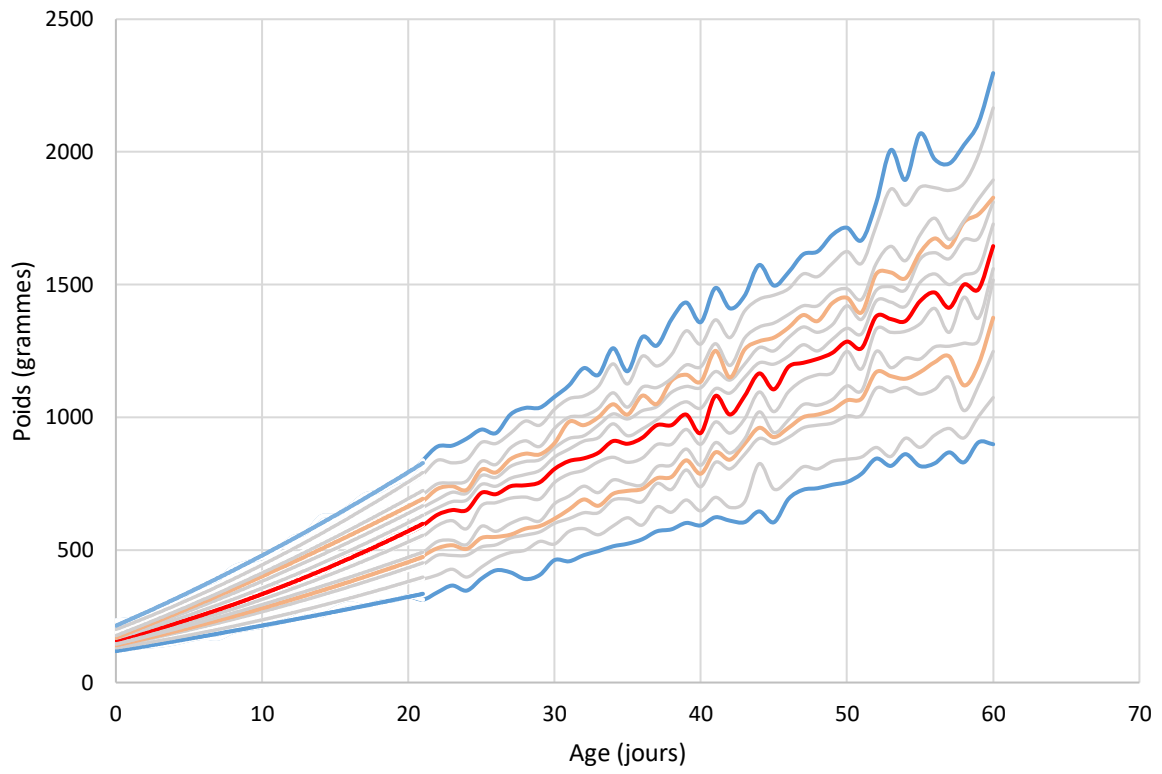
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 21 jours



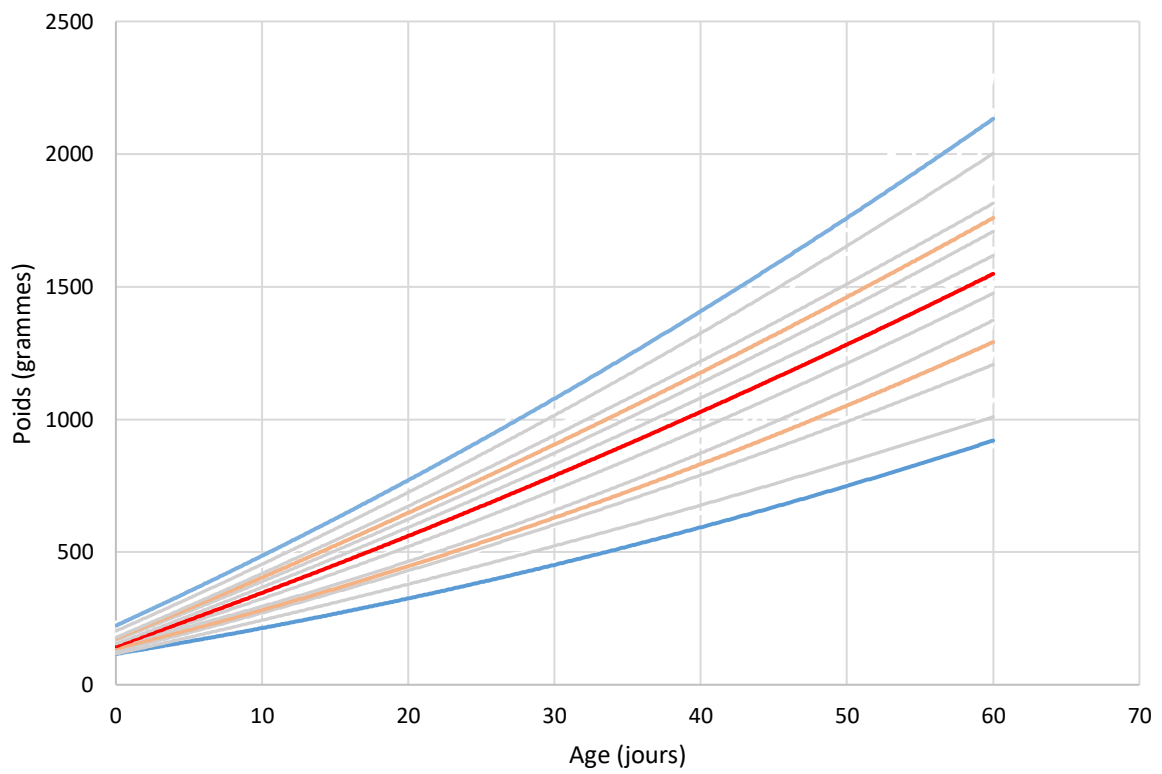
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 21 jours



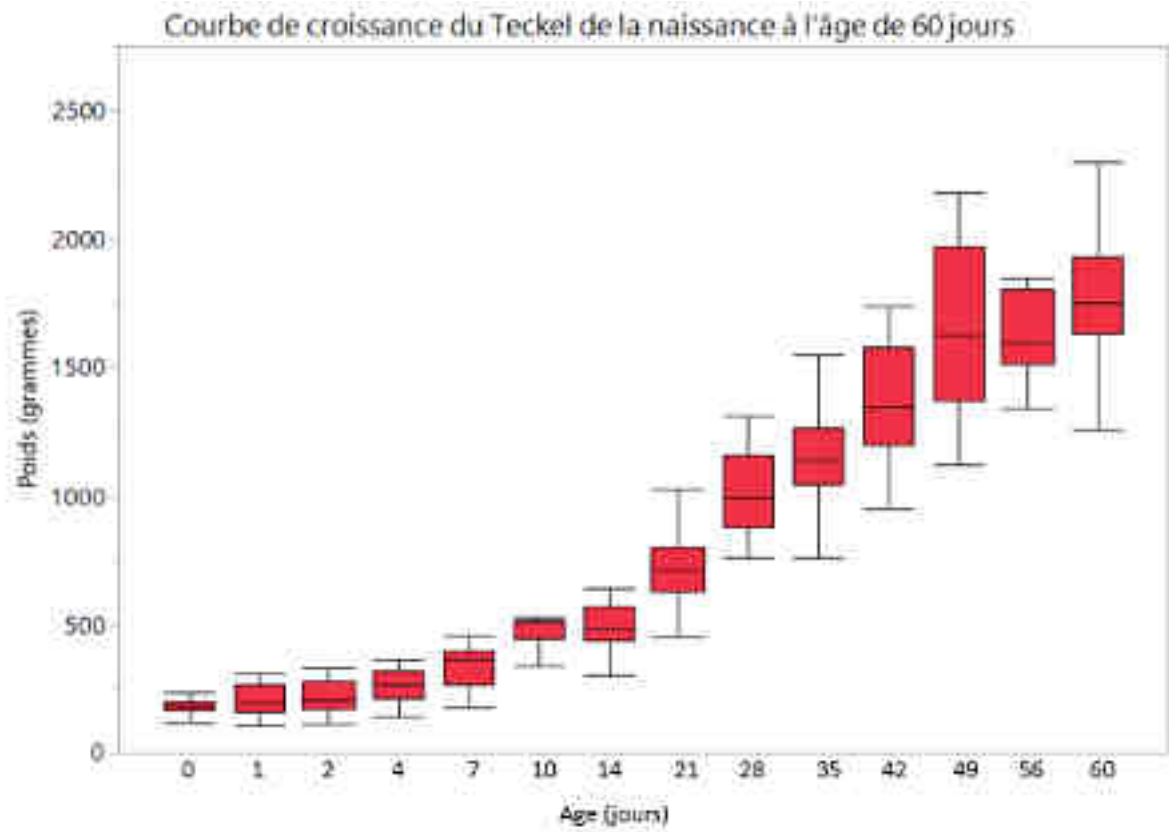
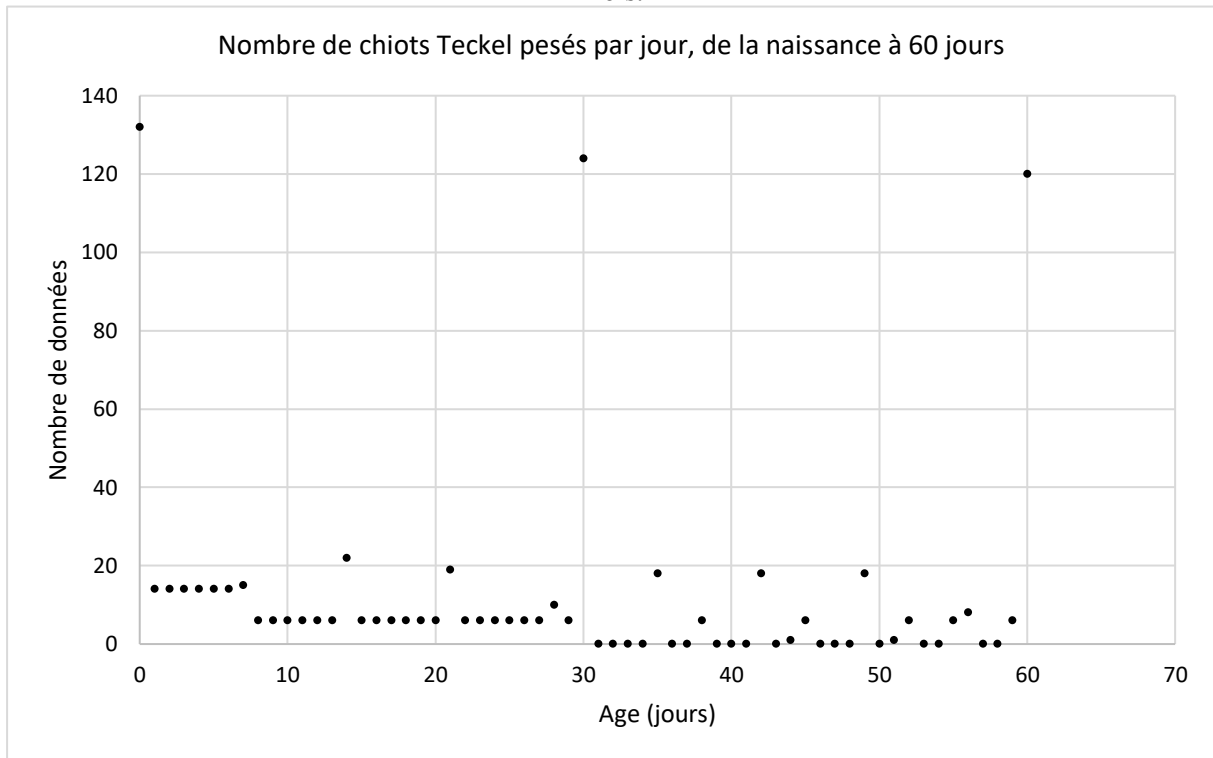
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 21 jours



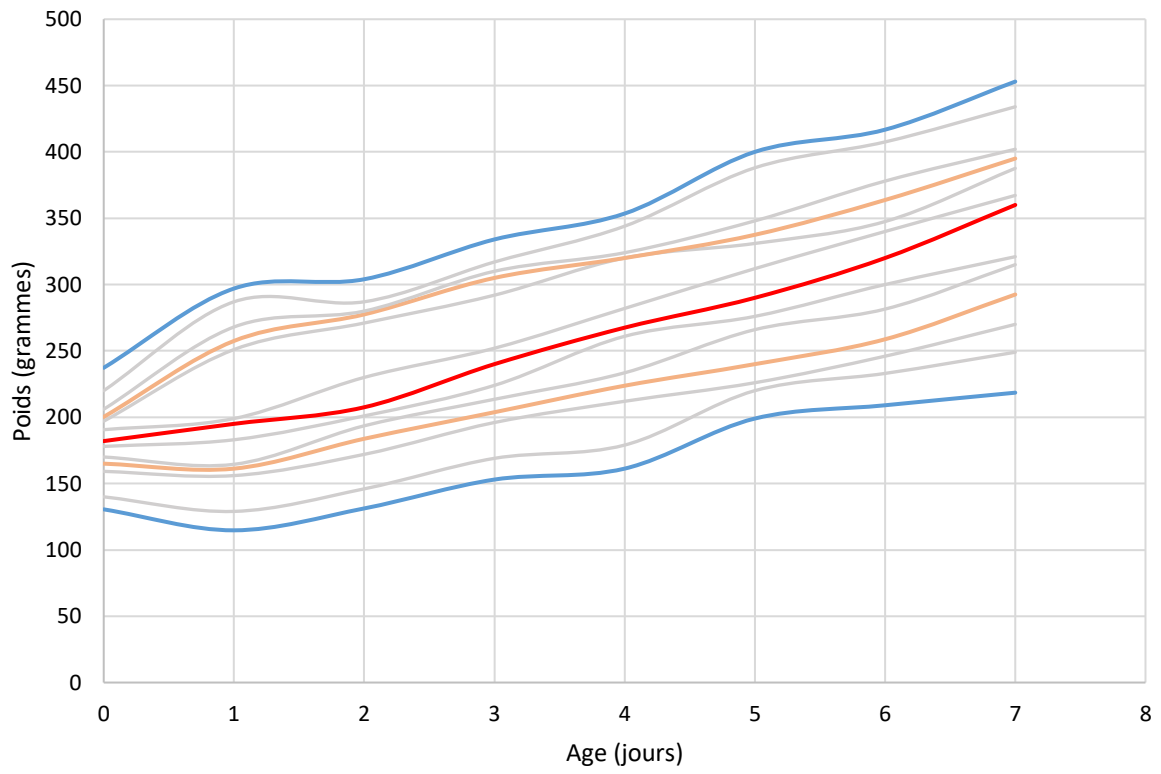
Courbe de croissance du Shih Tzu de la naissance à l'âge de 2 mois



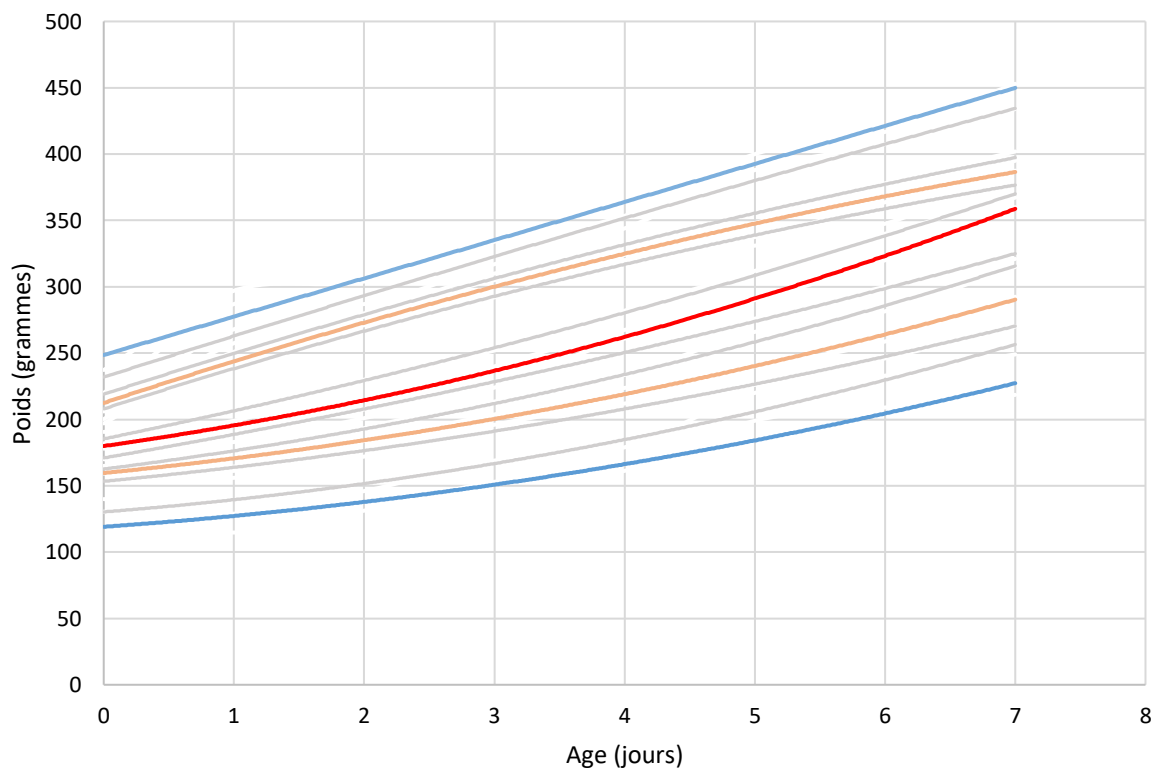
Annexe 23 : Teckel : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



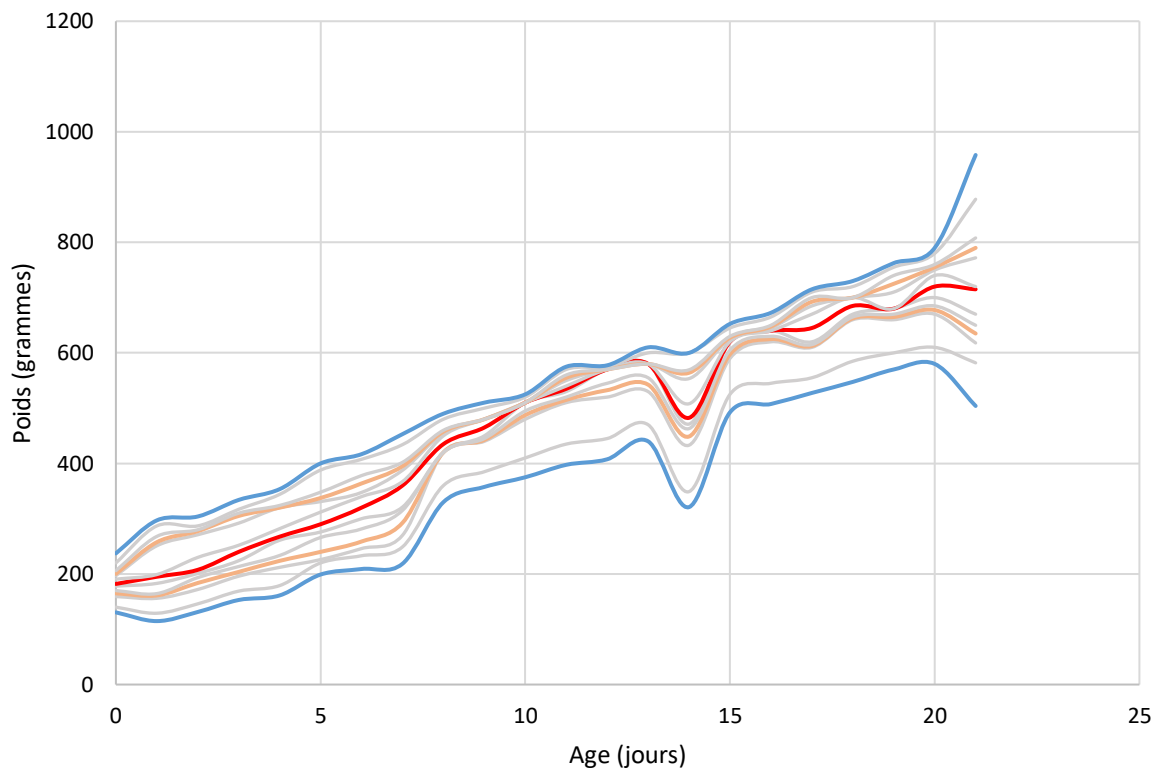
Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 7 jours



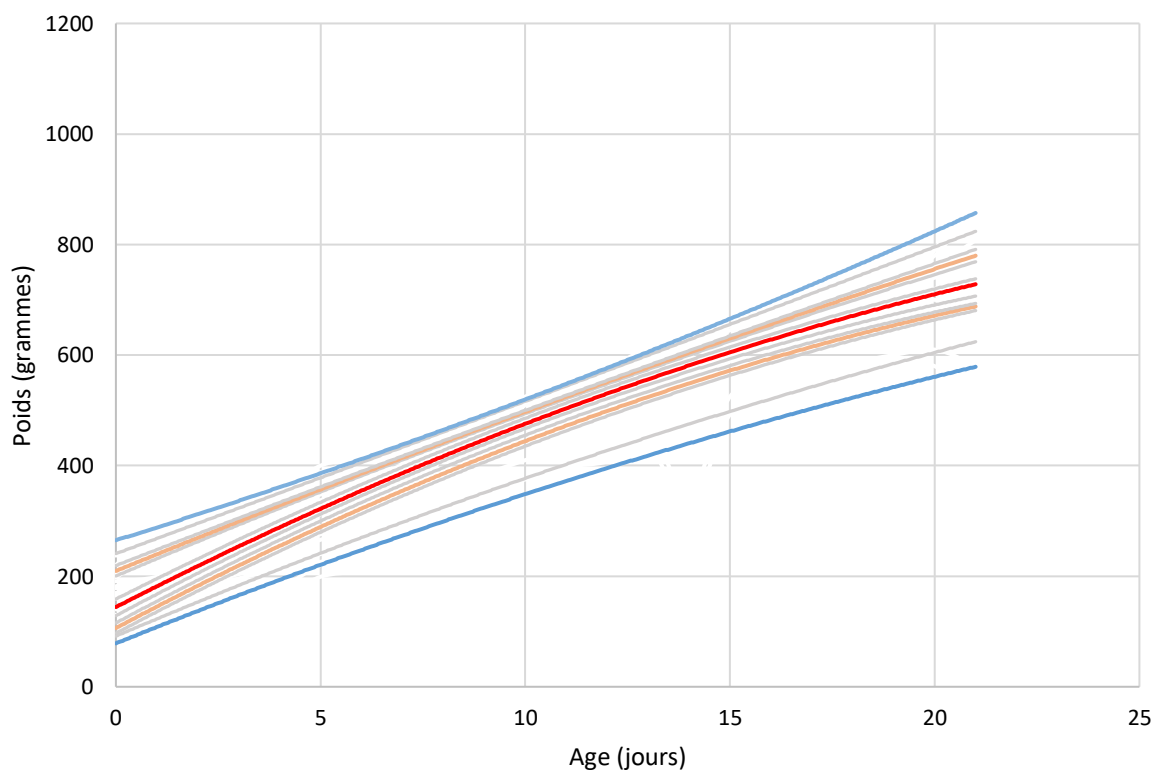
Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 7 jours



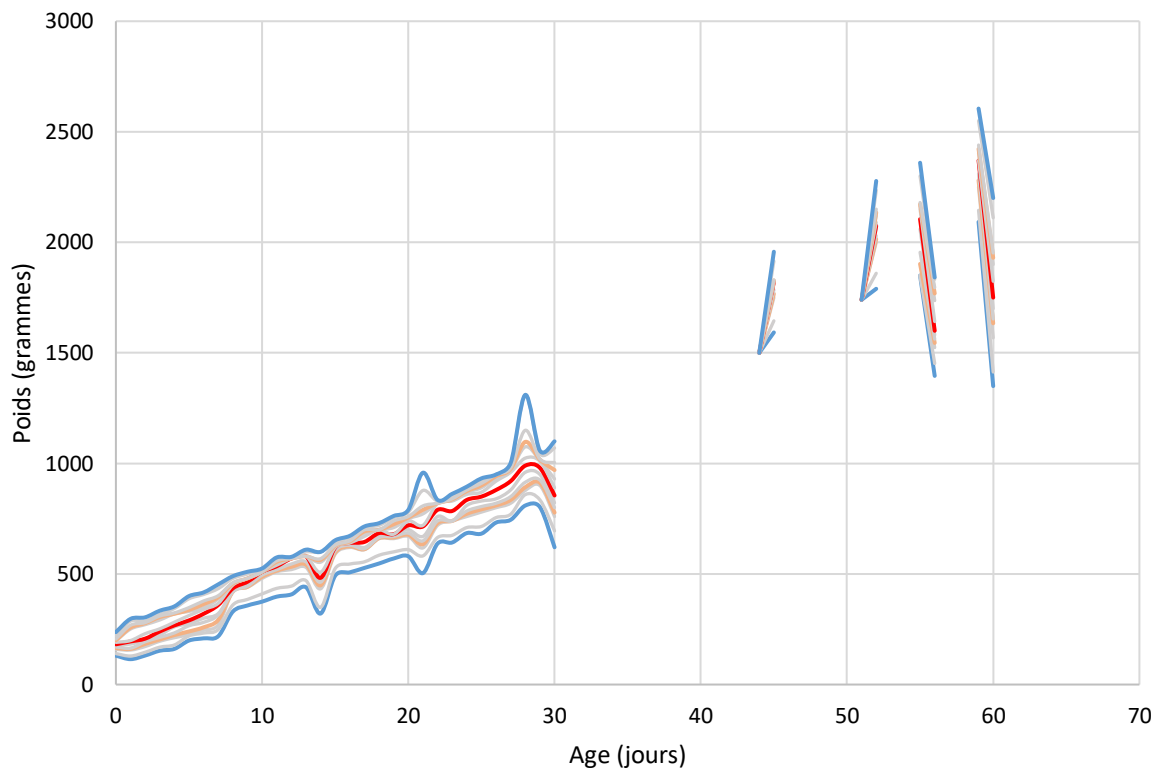
Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 21 jours



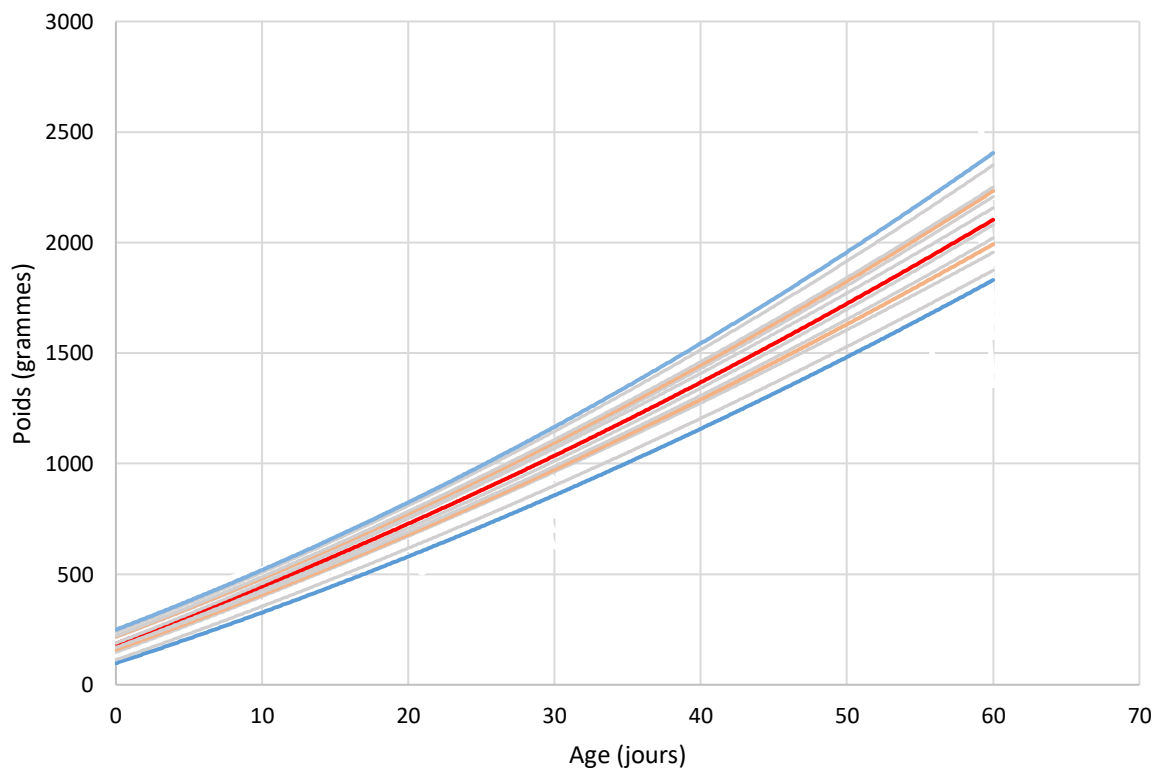
Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 21 jours



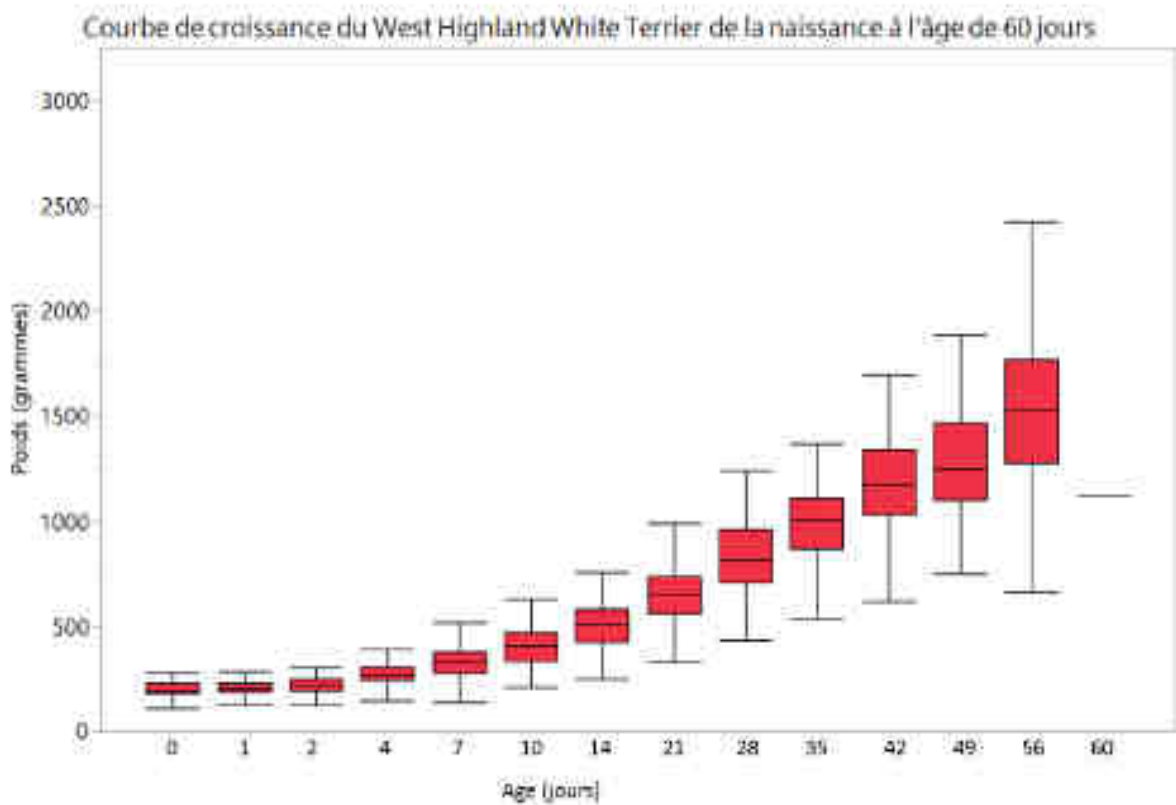
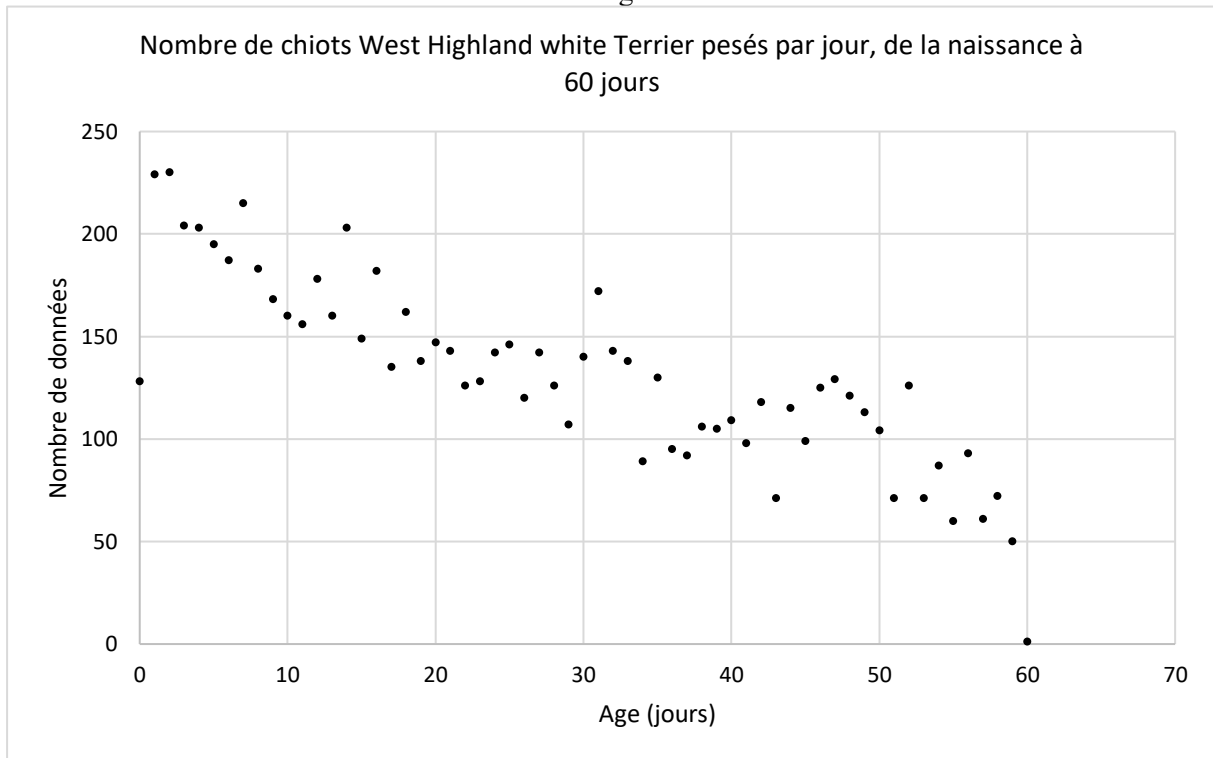
Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 2 mois



Courbe de croissance du Teckel de la naissance à l'âge de 2 mois

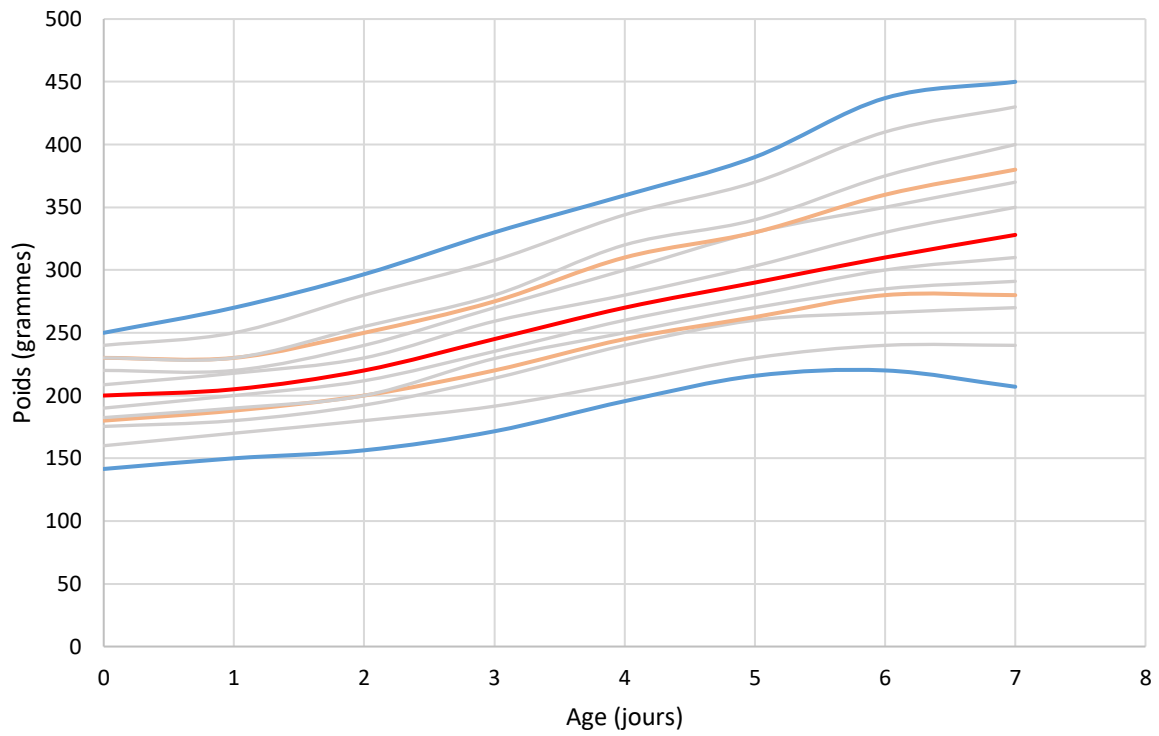


Annexe 24 : West Highland White Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.

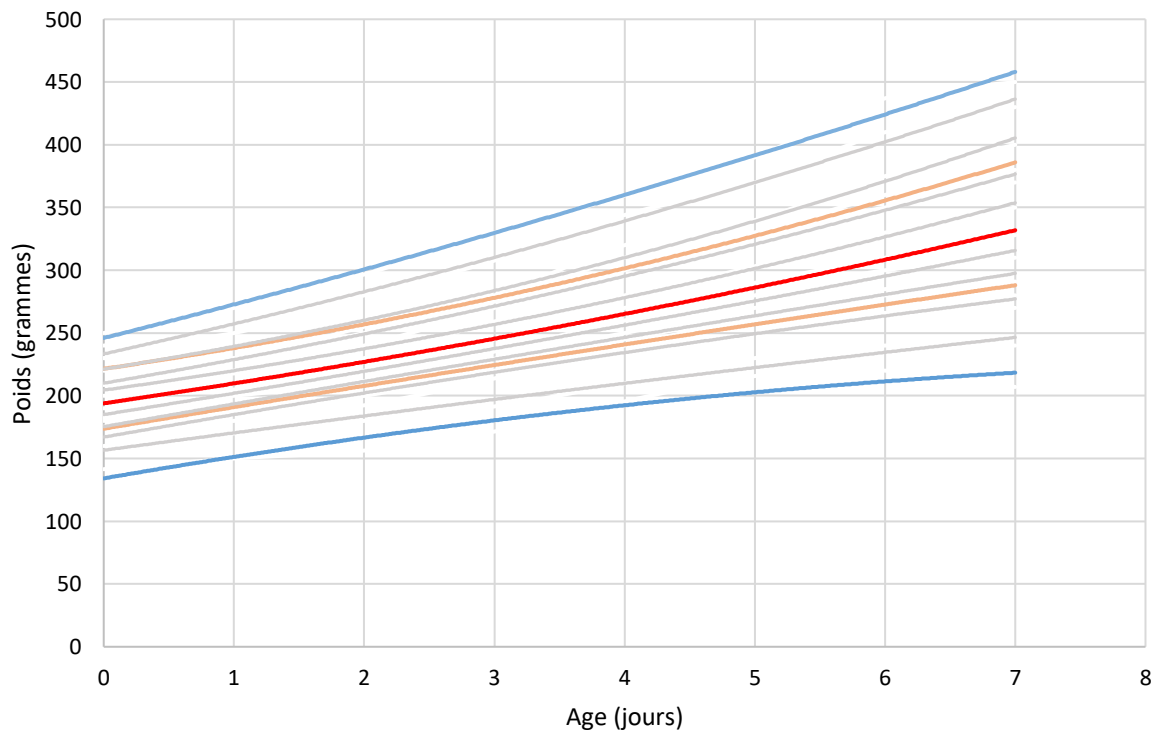




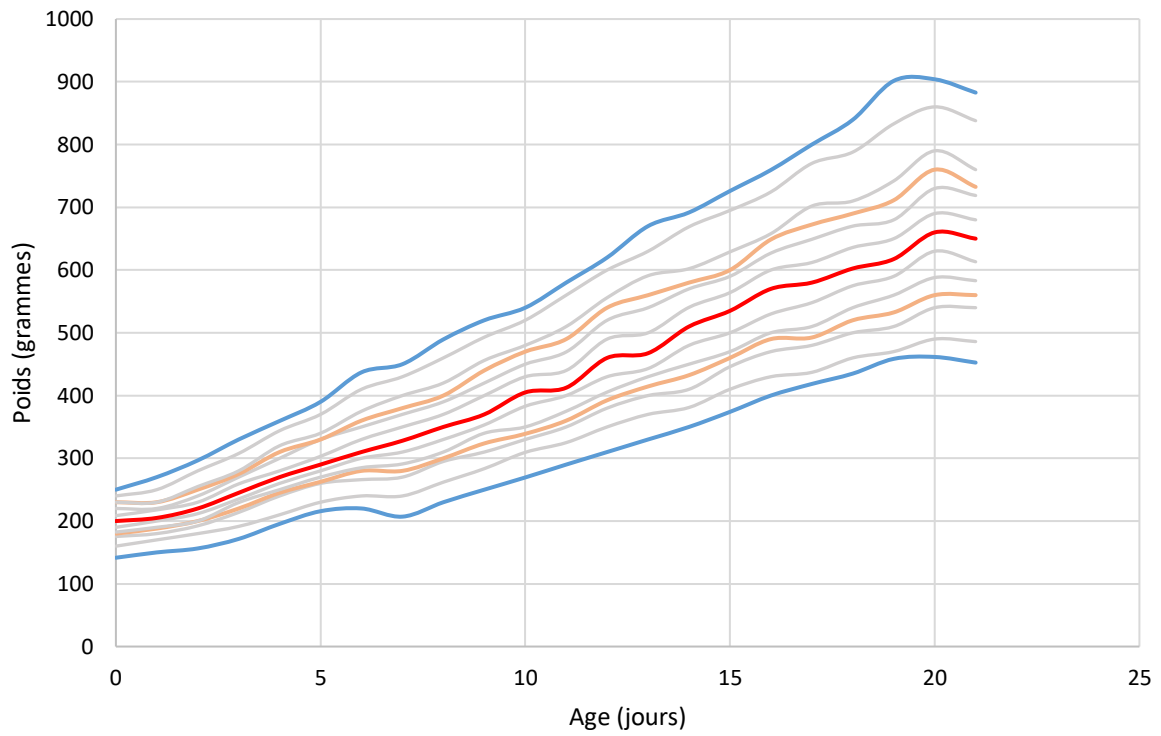
Courbe de croissance du West Highland White Terrier de la naissance à l'âge de 7 jours



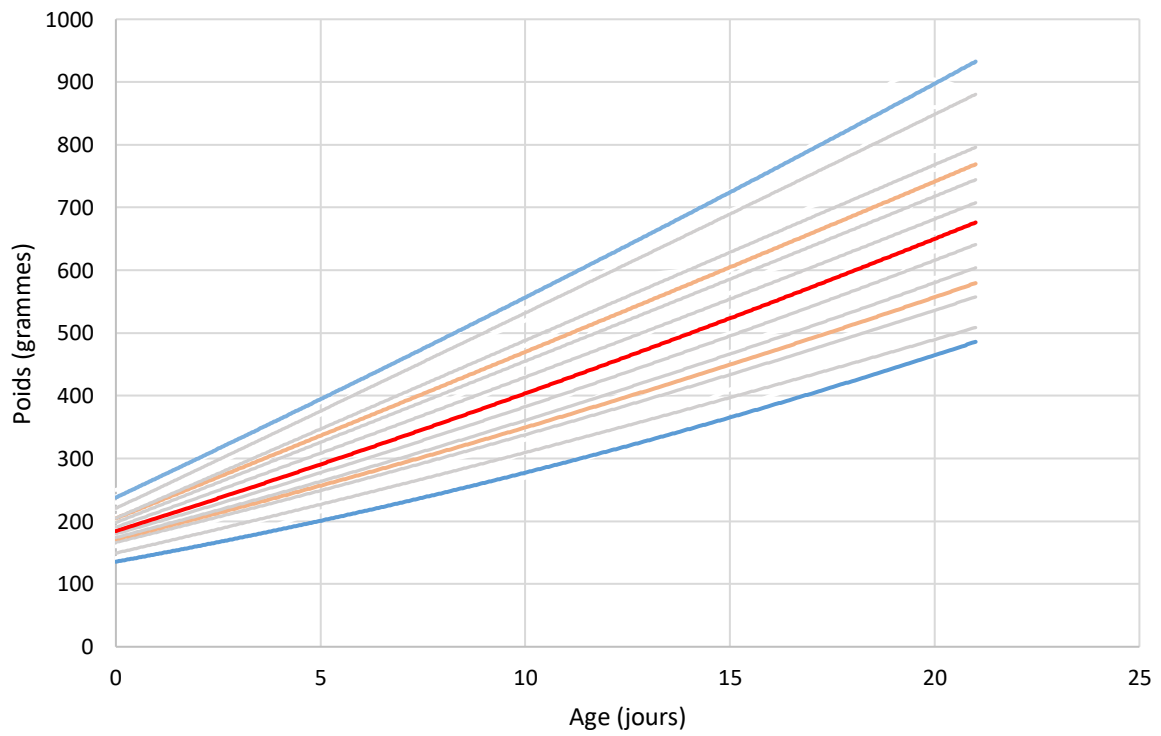
Courbe de croissance du West Highland White Terrier de la naissance à l'âge de 7 jours

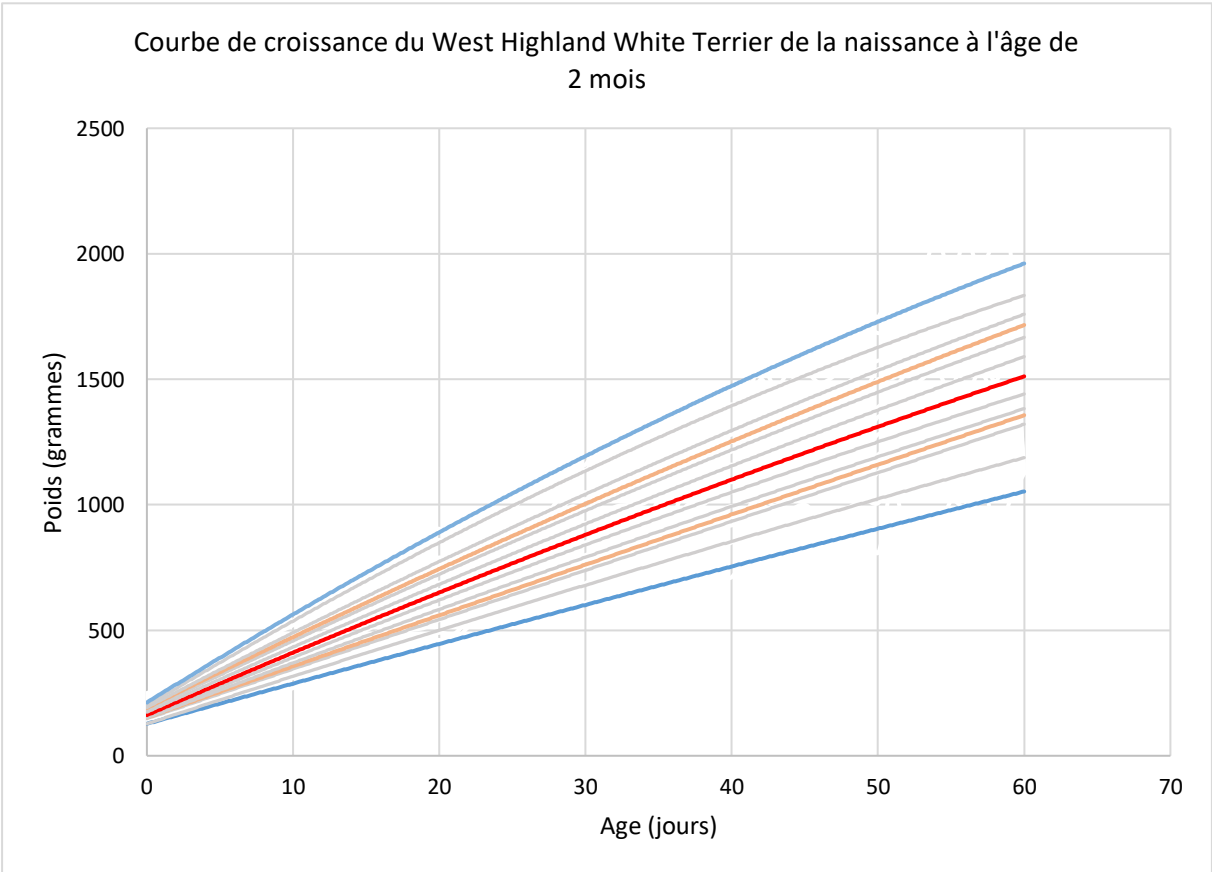
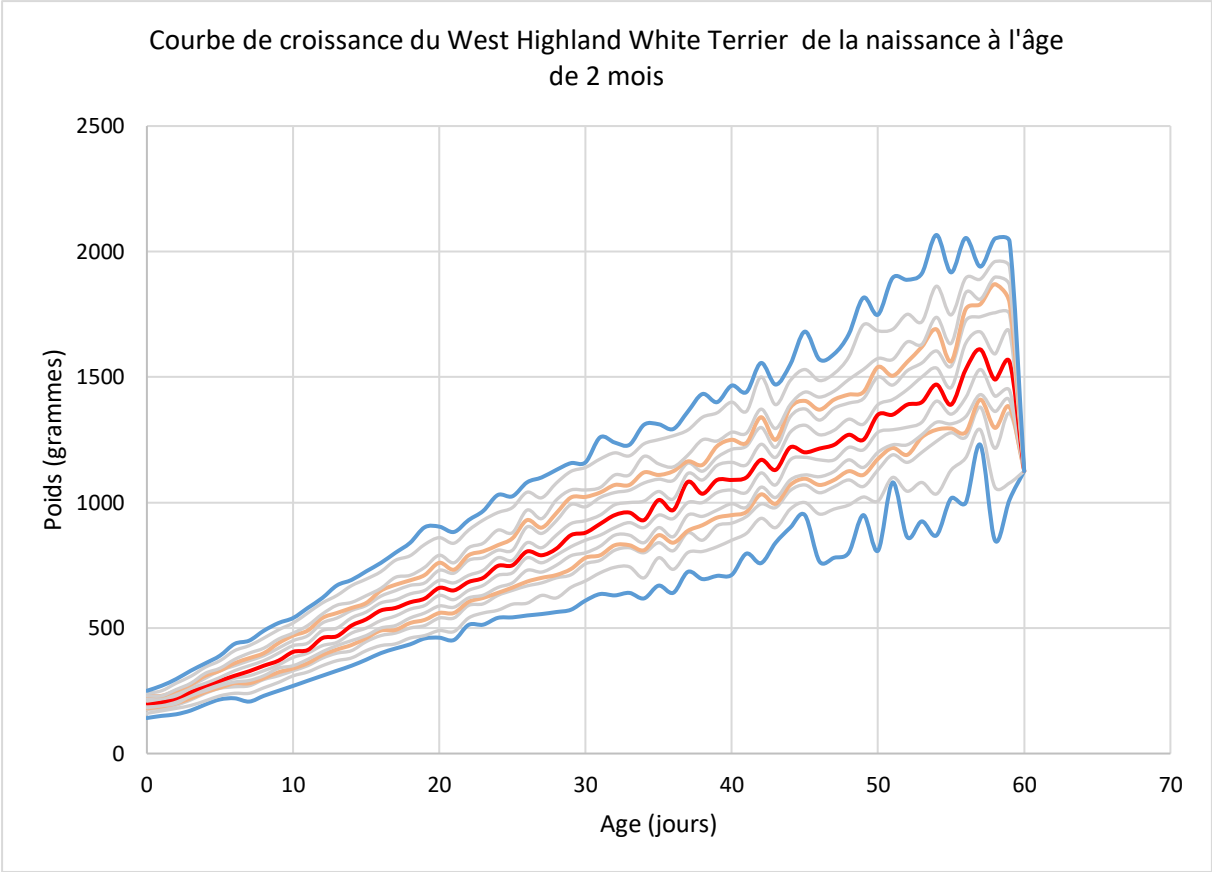


Courbe de croissance du West Highland White Terrier de la naissance à l'âge de 21 jours

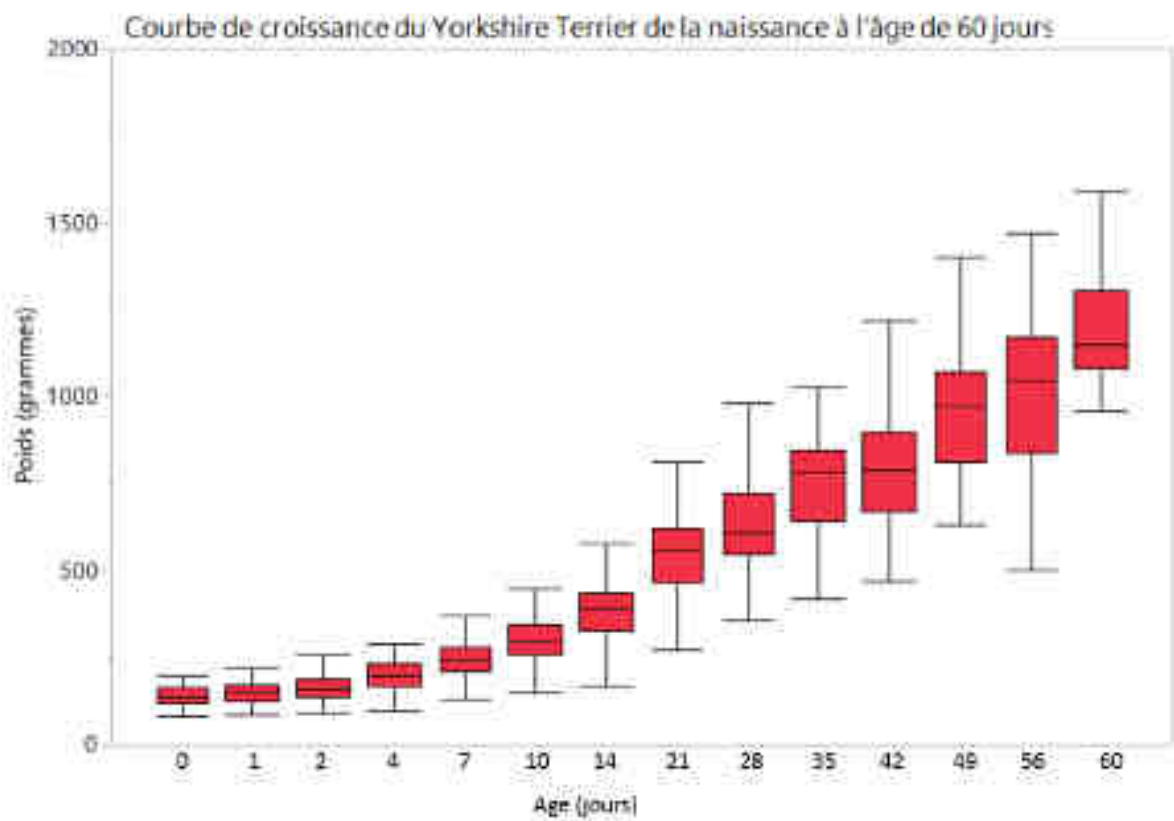
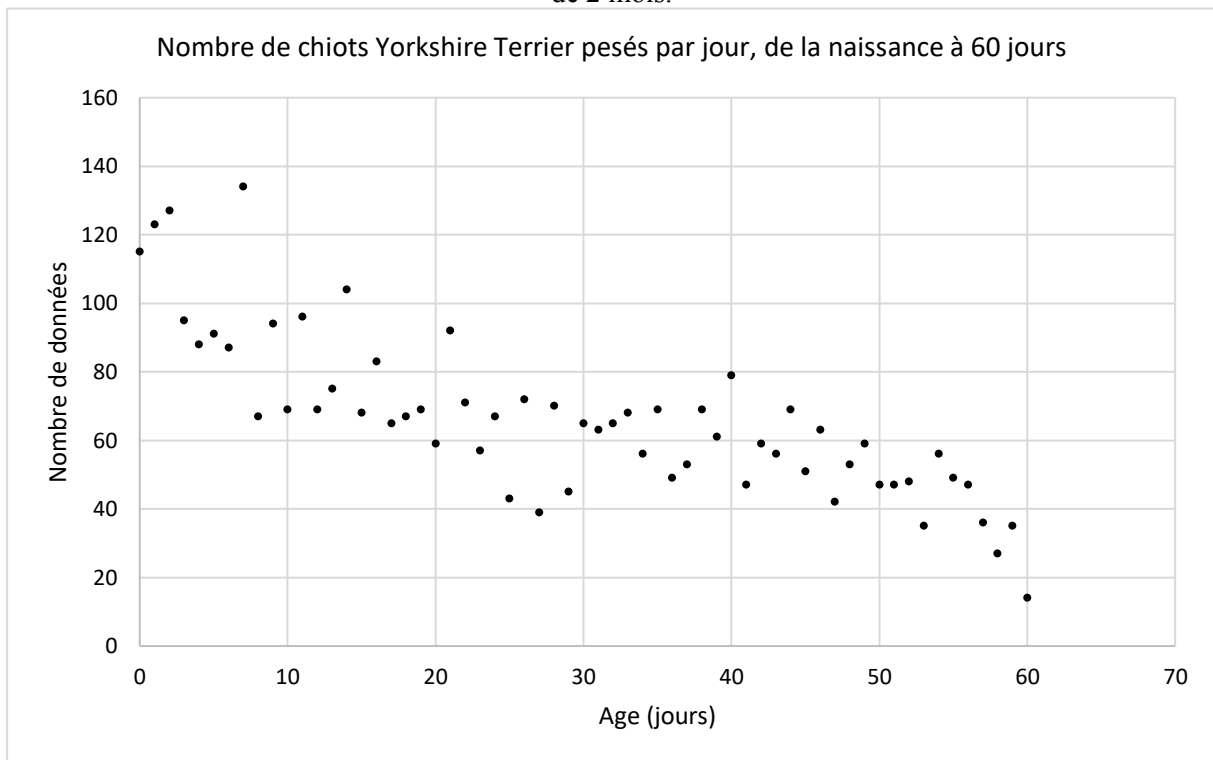


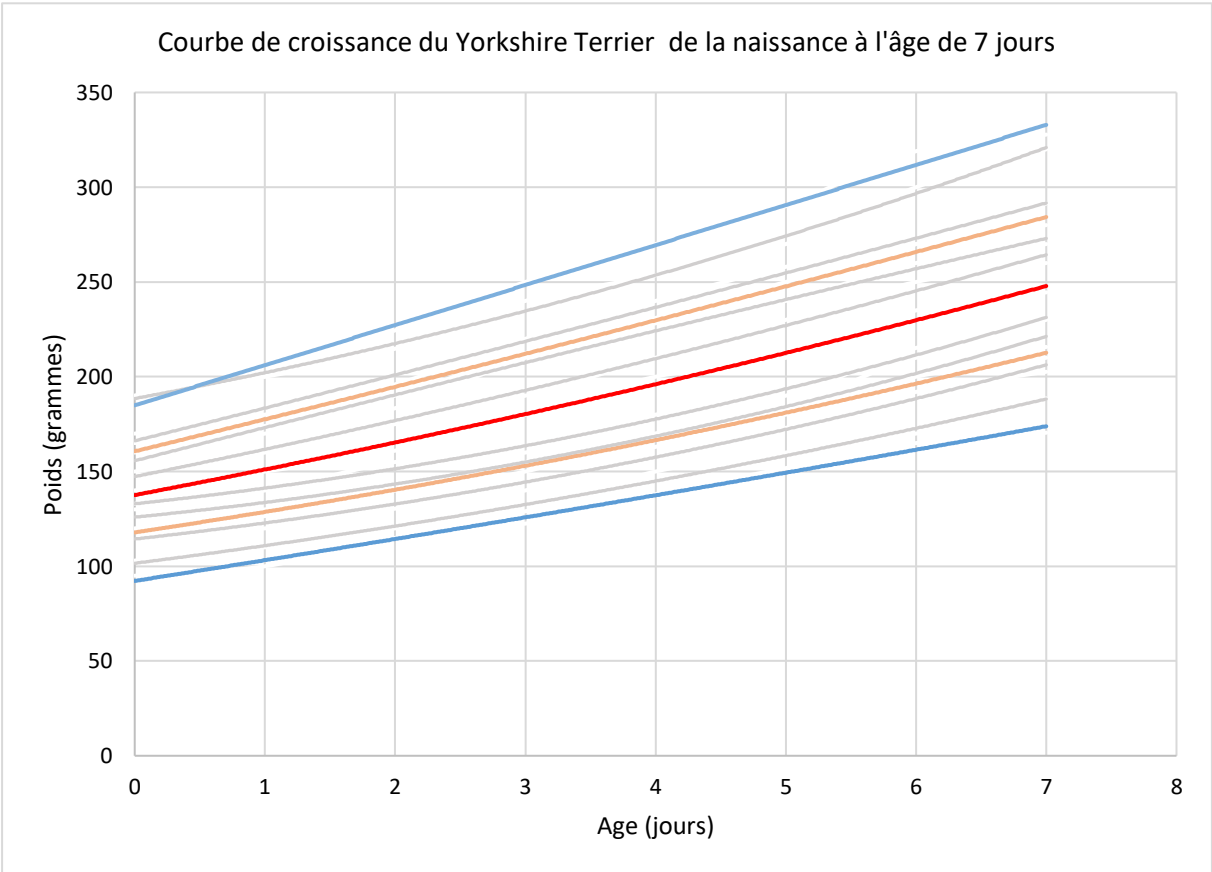
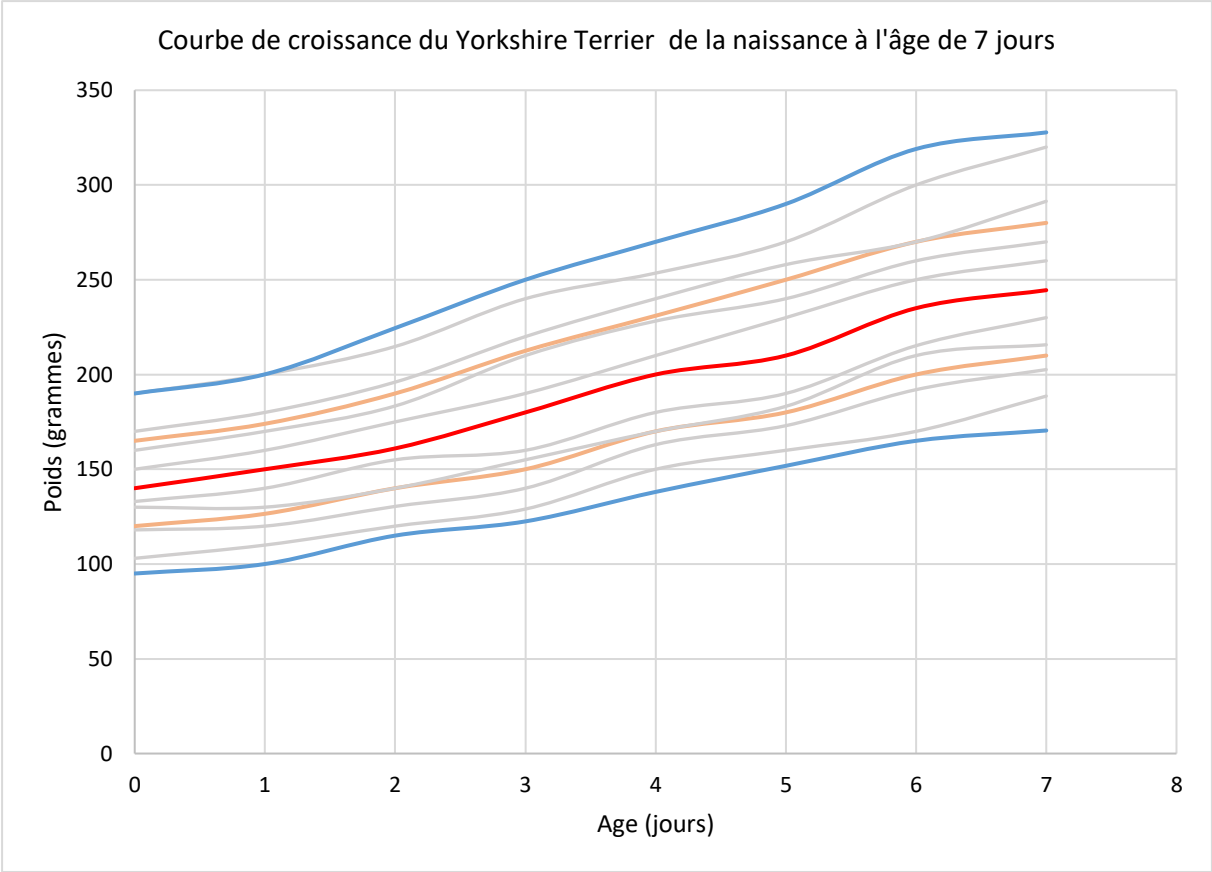
Courbe de croissance du West Highland White Terrier de la naissance à l'âge de 21 jours

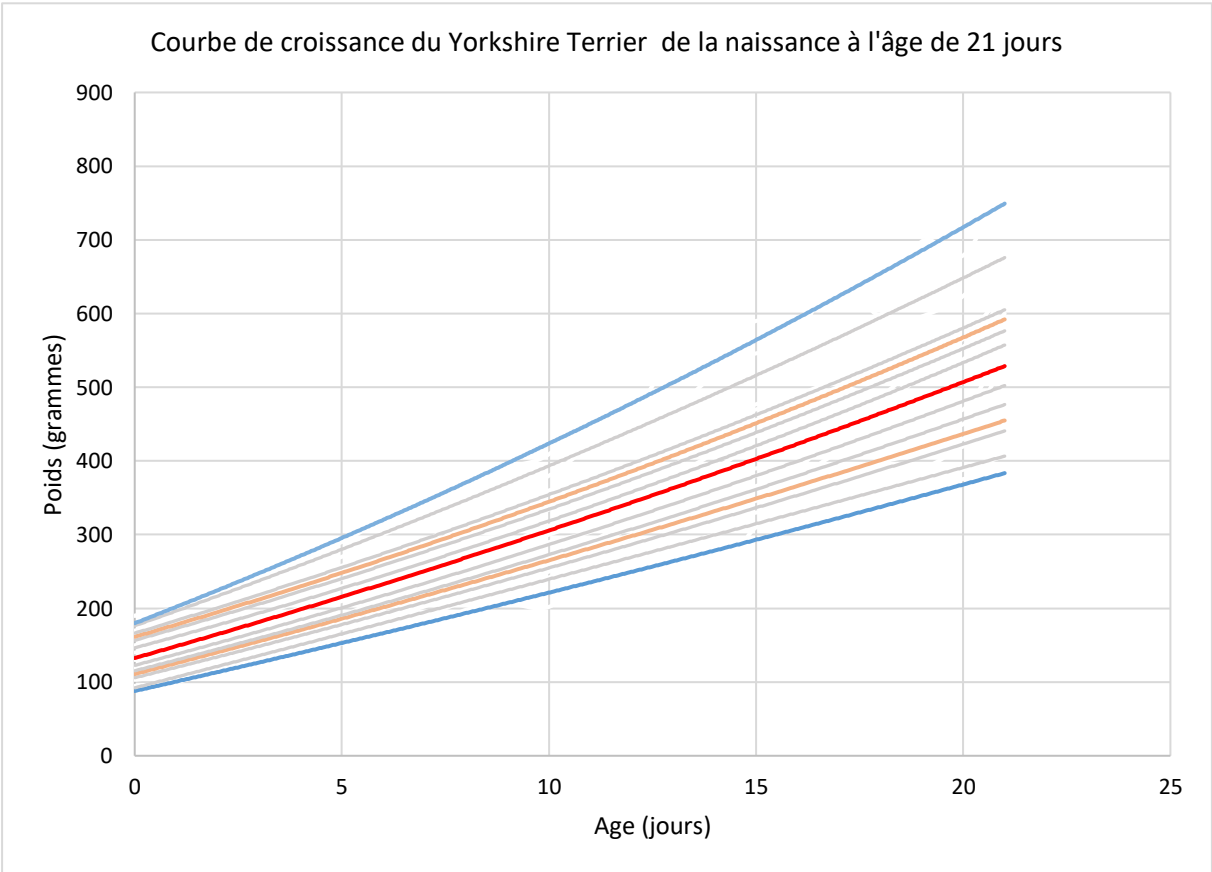
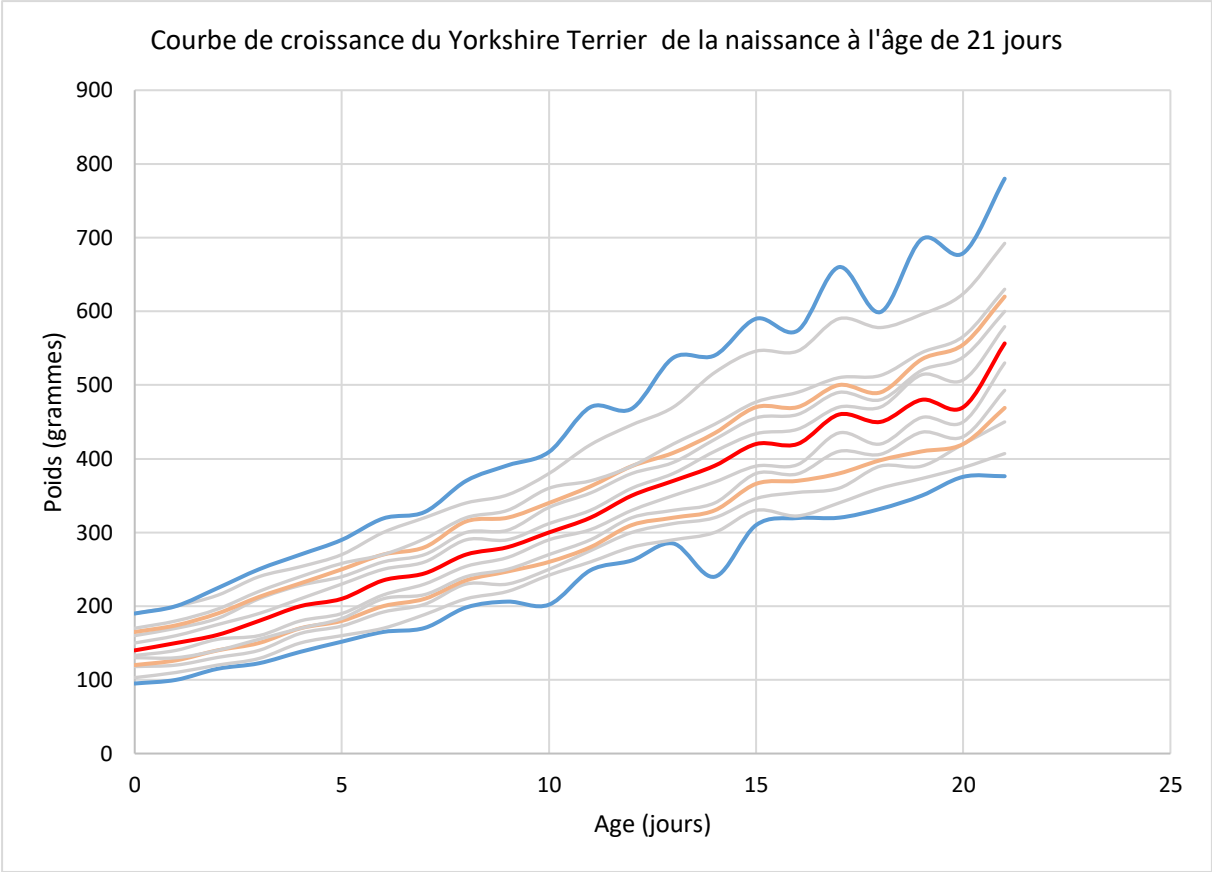




Annexe 25 : Yorkshire Terrier : étapes de construction, et courbes de croissance de la naissance à l'âge de 2 mois.



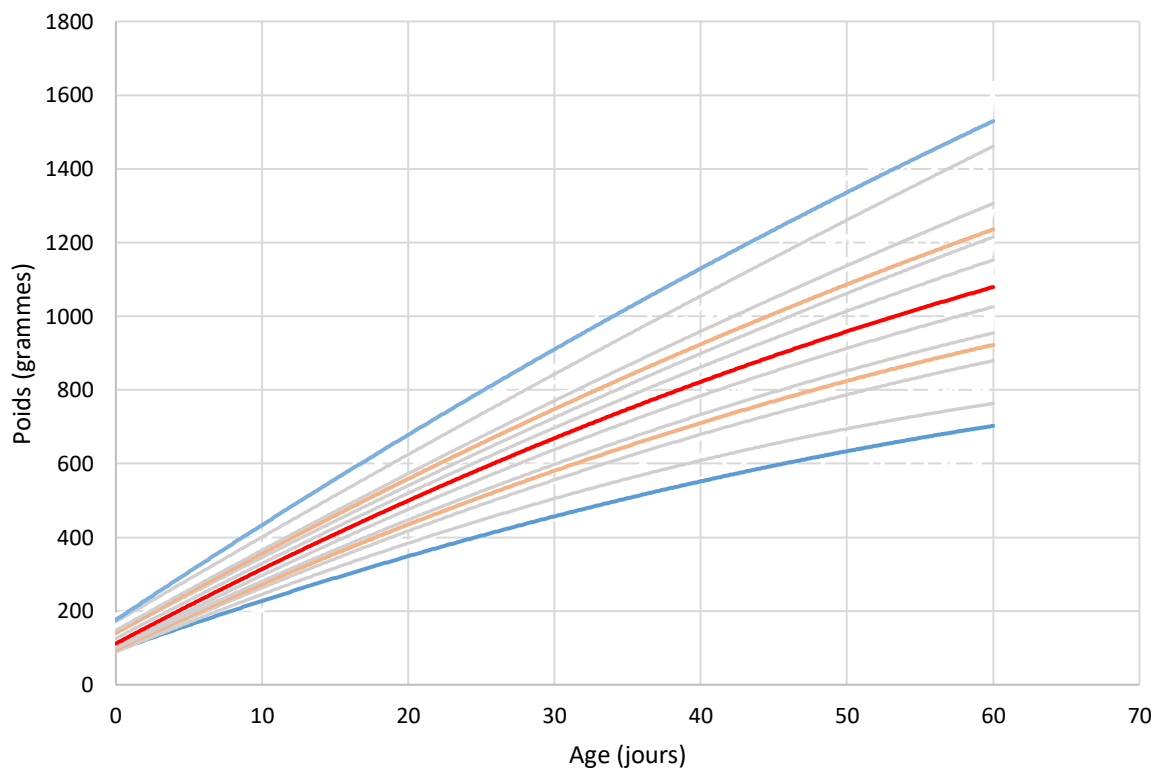




Courbe de croissance du Yorkshire Terrier de la naissance à l'âge de 2 mois



Courbe de croissance du Yorkshire Terrier de la naissance à l'âge de 2 mois







LECARPENTIER Manon  
MARTINEZ Clara

**Titre** : La croissance du chiot de race entre 0 et 2 mois : établissement de courbes de croissance de référence par race.

**Résumé** : Le taux de mortalité avant le sevrage dans l'espèce canine est très élevé. Pour espérer diminuer cette mortalité en élevage, il est nécessaire de mieux comprendre la croissance du chiot, et les mécanismes pouvant l'affecter. Cependant, peu d'études concernant la croissance et la mortalité du chiot sont disponibles à l'heure actuelle. Cette étude a donc pour but de caractériser le poids de naissance physiologique, ainsi que la croissance physiologique de la naissance à l'âge de deux mois du chiot de race, ainsi que les paramètres pouvant y exercer une influence. La réalisation de courbes de croissance par race sur cette période constitue le dernier objectif de cette étude. Pour cela, les données de poids de 6744 chiots, issus de 65 élevages français et étrangers, ont été récoltées auprès des éleveurs. Les données issues des chiots vivants à deux mois ont été séparées en deux bases de données : étude du poids de naissance et étude de la croissance, et analysées. Il en ressort que le poids de naissance du chiot est influencé par la race, l'élevage et la portée considérée, la taille de la portée et, pour certaines races, le sexe. Des références de poids de naissance par race, sexe et taille de portée ont pu être établies pour 19 races. De même, le taux de croissance, étudié sur quatre périodes (0-2 jours, 2-7 jours, 7-21 jours et 21-56 jours), est dépendant de la race, de la taille de la portée, du sexe, du poids de naissance, et de la croissance précoce (0-2 jours) du chiot. Des références de taux de croissance par race sur six périodes ont été déterminées pour 19 races. Enfin, les courbes de croissance de 0 à 60 jours pour ces 19 races ont été tracées, et montrent des allures de croissance variables selon la race considérée.

**Mots-clés** : Chiot ; Elevage ; Croissance ; Poids de naissance ; Courbe de croissance ; Race ; Mortalité

**Title** : Purebred puppy growth from birth to the age of two months: creating breed reference growth curves

**Abstract** : Dog mortality rate before weaning is very high. Trying to lower this mortality in breeding facilities require a better understanding of the puppy growth, and what can affect it. However, few studies are currently available regarding the puppy growth and mortality. This study aims to characterize the purebred puppy physiological birth weight and growth from birth to the age of two months, along with factors that can influence it. The creation of breed-specific growth curves covering this period is the last purpose of this study. Weighing data from 6744 puppies born in 65 French and international breeding facilities were gathered. Data from the puppies still alive at the age of two months were divided in two databases : birth weight study and growth study, and analyzed. It results from it that puppy birth weight is correlated with breed, breeding facility, litter, litter size, and for few breeds, sex. Reference birth weight for each breed, sex and litter size are exposed for 19 breeds. Likewise, growth rate has been studied for four periods (0-2 days, 2-7 days, 7-21 days and 21-56 days) and appears to be correlated with breed, litter size, sex, birth weight and early puppy growth (0-2 days). Reference growth rates are exposed for each period and for 19 breeds. Eventually, growth curves from 0 to 60 days for these 19 breeds have been drawn, and reveal different growth pattern according to the breed.

**Key words** : Puppy ; Breeder ; Growth ; Birth weight ; Growth curve ; Breed ; Mortality