VETAGRO SUP

CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2011 - Thèse n°

BIOMETRIE FŒTALE CHEZ LE CHAT APPLIQUEE A LA DETERMINATION DU MOMENT DE LA MISE BAS ET DU POIDS DE NAISSANCE DES CHATONS

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 1er Juillet 2011

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Laure, Claudine, Lucie GATEL

Née le 20 juillet 1985

à Nice

VetAgro Sup

UNIVERSITÉ DE LYON

VETAGRO SUP

CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2011 - Thèse n°

BIOMETRIE FŒTALE CHEZ LE CHAT APPLIQUEE A LA DETERMINATION DU MOMENT DE LA MISE BAS ET DU POIDS DE NAISSANCE DES CHATONS

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 1er Juillet 2011

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Laure, Claudine, Lucie GATEL

Née le 20 juillet 1985

à Nice

VetAgro Sup

UNIVERSITÉ DE LYON

Département et corps enseignant de l'ENVL

Directeur Stéphane MARTINOT

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
ALOGNINOUWA	Théodore	Professeur 1ere cl	Pathologie du bétail
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
ARTOIS	Marc	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BECKER	Claire	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
BELLI	Patrick	Maître de conférences associé	Pathologie morphologique et clinique
BELLUCO	Sara	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences cl normale	Equine
BENOIT	Etienne	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BERNY	Philippe	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
BOULOCHER	Caroline	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
BOURDOISEAU	Gilles	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
BRUYERE	Pierre	Maître de conférences Contractuel	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BUFF	Samuel	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BURONFOSSE	Thierry	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
CACHON	Thibaut	Maître de conférences Contractuel	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CADORE	Jean-Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
CAROZZO	Claude	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CHABANNE	Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CHALVET-MONFRAY	Karine	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
COMMUN	Loic	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
DEMONT	Pierre	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
DESJARDINS PESSON	Isabelle	Maître de conférences Contractuel	Equine
DJELOUADJI	Zorée	Maître de conférences stagiaire	Santé Publique et Vétérinaire
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
FAU	Didier	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
FOURNEL	Corinne	Professeur 1ere cl	Pathologie morphologique et clinique
FRANCK	Michel	Professeur 1ere cl	Gestion des élevages
FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
GANGL	Monika	Maître de conférences Contractuel	Equine
GARNIER	François	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
GENEVOIS	Jean-Pierre	Professeur cl ex	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur 2eme cl	Biologie Fonctionnelle
GONTHIER	Alain	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GRAIN	Françoise	Professeur 2eme cl	Gestion des élevages
GRANCHER	Denis	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
GREZEL	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GUERIN	Pierre	Professeur 2eme cl	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
GUERIN-FAUBLEE	Véronique	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
JUNOT	Stéphane	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
KECK	Gérard	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
KODJO	Angeli	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LACHERETZ	Antoine	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
LAMBERT	Véronique	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
LE-GRAND	Dominique	Maître de conférences hors cl	Pathologie du bétail
LEBLOND	Agnes	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
LEPAGE	Olivier	Professeur 1ere cl	Equine
LOUZIER	Vanessa	Maître de conférences cl normale	Biologie Fonctionnelle
MARCHAL	Thierry	Maître de conférences hors cl	Pathologie morphologique et clinique
MIALET	Sylvie	Inspecteur de la santé publique vétérinaire (ISPV) faisant fonction de MC	Santé Publique et Vétérinaire
MOUNIER	Luc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
PEPIN	Michel	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
PIN	Didier	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
PONCE	Frédérique	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
PORTIER	Karine	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
PROUILLAC	Caroline	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
REMY	Denise	Professeur 2eme cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
ROGER	Thierry	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SABATIER	Philippe	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
SAWAYA	Serge	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SERGENTET	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
THIEBAULT	Jean-Jacques	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
VIGUIER	Eric	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Maître de conférences Contractuel	Pathologie morphologique et clinique
ZENNER	Lionel	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire

Remerciements

A Monsieur le Professeur Michel BERLAND

De la Faculté de Médecine de Lyon
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse
Qu'il reçoive ici l'expression de mes hommages respectueux.

A Monsieur le Docteur Samuel BUFF

Du Campus Vétérinaire de Lyon
Qui nous a fait l'honneur d'encadrer et de soutenir ce travail
Sincères remerciements.

A Madame le Docteur Karine CHALVET-MONFRAY

Du Campus Vétérinaire de Lyon
Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse
Qu'elle trouve ici l'expression de notre respect le plus profond et de notre sincère reconnaissance pour toute son aide.

A Madame le Docteur Delphine RAULT

Notre collaboration a commencé après un repas sous les grandes chaleurs du mois d'août dont on se souviendra longtemps. Tu as sacrifié pour cette étude plus d'une cinquantaine de pauses-déjeuner pour faire les échographies et les radiographies. Tu gardes aussi sur ton bras le souvenir de quelques examens…De ce travail, une amitié sincère et profonde a vu le jour. J'espère qu'elle durera encore longtemps. Merci mon mentor.

A Madame le Docteur Emilie ROSSET

Pour tous ces moments passés dans ton bureau, pour nos fous-rires surtout lors de l'envoi d'E-mails importants, pour le travail que nous avons abattu comme deux bulldozers et en un temps record, pour nos futurs projets (et j'espère qu'ils seront nombreux) et pour notre amitié : merci pour tout.

Velvetina, Begum, Celeste, Eclipse, Jira, Electra, Dorthé, Woody, Athena, Vespera, Camilia, Enigma, Diesel, Diam's, Candy, Duchesse, Baltika, Sahara, Chloe, Dina, Antalaya, Ethemea, Smoky et Dina, ces 24 merveilleuses créatures, et leurs propriétaires qui ont eu la gentillesse de se prêter au jeu avec tant d'entrain et qui m'ont accordée de leur temps : merci beaucoup. J'espère que vous aurez l'occasion d'utiliser les résultats pour de nouvelles gestations.

A Madame ZANNINI qui m'a suivie depuis le début dans cette aventure, pour ces accueils toujours chaleureux lors de mes visites : sincères remerciements.

A Monsieur Eric RAYMOND de Nestle Purina

Merci pour la confiance que vous m'accordée et à votre soutien dans ce beau projet. J'espère de tout cœur que nous arriverons à concrétiser le site internet dédié aux vétérinaires et aux éleveurs pour faire vivre ces formules.

Table des matières

Table des matières 1

Index des abréviations utilisées 3

Index des figures 5

Index des Tableaux 9

Introduction 11

Etude bibliographique 13

I. Généralités autour de la gestation et des chatons 13

A. Durée de gestation 13

B. Nombres de conceptus 15

C. Caractéristiques du chaton à terme 16

1. Poids du chaton 16

2. Longueur des chatons à la naissance 16

II. Diagnostic d'ovulation : point de départ de la gestation 17

A. Modifications du comportement 17

B. Frottis vaginal 17

C. Dosages hormonaux 19

D. Suivi échographique 20

III. Diagnostic de gestation. 23

A. Suspicion clinique 23

1. Palpation 23

2. Silhouette et comportement 23

B. Approche objective 24

1. Endocrinologie 24

a. Progestérone 24

b. Oestradiol 24

c. Relaxine 24

d. Prolactine 25

2. Imagerie médicale 25

a. Radiographie 25

b. Echographie 25

IV. Chronologie de la gestation. 29

A. Apparition des organes fœtaux 29

1. Avec la radiographie 29

2. Avec l'échographie 36

a. Observation de l'embryon 36
b. Observation du fœtus 37
B. Biométrie fœtale 41
1. Dans la première moitié de gestation 41
2. Dans la seconde moitié de gestation 43
Etude expérimentale 49
I. Matériel et méthodes **50**
A. Chattes gestantes 50
B. Radiographie 52
C. Echographie 55
D. Chatons à la naissance 59
E. Analyse statistique 59
II. Prédiction de la mise bas **60**
A. Resultats 60
1. Résultats des examens radiographiques 60
2. Résultats des examens échographiques 62
B. Discussion 63
1. Chattes gestantes 63
2. Examen radiographique 64
3. Examen échographique 64
III. Prédiction du poids **65**
A. Résultats 65
1. Poids à la naissance 65
2. Longueur des chatons à la naissance 66
3. Mesures radiographiques et échographiques 67
4. Modèle prédictif du poids à la naissance 68
B. Discussion 68
1. Poids à la naissance 68
2. Longueur des chatons à la naissance 69
3. Examens échographiques et radiographiques 69
4. Prévision du poids à la naissance 69
Conclusion 71
Annexe 1 73
Annexe 2 : Publications 75
Bibliographie 107

Index des abréviations utilisées

FL : Longueur du fémur

BPD : Diamètre bipariétal

Dg : Durée de gestation

y : Nombre de jours avant la mise bas

Da : Diamètre abdominal

De : Diamètre stomacal

Dia : Diamètre interne de l'ampoule embryonnaire

Dea : Diamètre externe de l'ampoule embryonnaire

AIC : Critère d'Akaike

r : Coefficient de corrélation linéaire

P : Poids de la chatte avant la mise bas

Tp : Taille de la portée

A : Age de la chatte au début de la gestation

J : nombre de jours avant la mise bas

H : Hauteur au garrot

Index des figures

Figure 1 : Moyenne de la durée de gestation en fonction de la race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010). 14

Figure 2 : Nombre moyen de chatons en fonction de la race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010). 15

Figure 3 : Poids moyen des chatons par race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010)..... 16

Figure 4 : Frottis de chatte en œstrus (acidophile) (image du Dr Malandain). 18

Figure 5 : Ovaire droit en anoestrus (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 21

Figure 6 : Ovaire gauche en œstrus. (OV G). Trois follicules sont visibles ainsi que le pôle caudal du rein gauche (REIN) et la corne gauche de l'utérus (UT G) (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 21

Figure 7 : Ovaire après l'ovulation (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 21

Figure 8 : Suivi folliculaire : a-follicule de 2,4 mm le premier jour du suivi (J1), b-le même follicule à J3 de 2,6 mm, c-à J4 à 3,2 mm et à J4 en fin de journée après l'ovulation. (images du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA). 22

Figure 9 : Corne gauche de l'utérus en coupe longitudinale (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 26

Figure 10 : Coupes de l'utérus en partant du pôle caudal de la vessie et en avançant cranialement dans l'abdomen. u-utérus, v-vessie, c-colon. (images du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 26

Figure 11 : Ampoule embryonnaire de 2,1 mm de diamètre 10 jours après l'ovulation (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 27

Figure 12 : Ampoule embryonnaire de 3,4 mm de diamètre à 11 jours après l'ovulation (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 27

Figure 13 : Ampoule embryonnaire de 12,7 cm, 15 jours après l'ovulation et embryon de 5 mm (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 28

Figure 14 : Ampoule embryonnaire et embryon 18 jours après l'ovulation. L'embryon mesure 9,7 mm. Le cœur est visible et des battements peuvent être observés (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA)..... 28

Figure 15 : Radiographie en incidence de face 39 jours avant la mise bas : des ampoules embryonnaires sont visibles (cliché du Dr Rault). 29

Figure 16 : Radiographie en incidence de face 18 jours avant la mise bas. Les ampoules sont visibles ainsi que la minéralisation des 4 fœtus (cliché du Dr Rault). 30

Figure 17 : Radiographie en incidence de profil 8 jours avant la mise bas, quatre crânes sont visibles (cliché du Dr Rault)..... 31

Figure 18 : Ossification des membres pelviens 15 jours avant la mise bas, p-pelvis, fe-fémur, fi-fibula et t-tibia (cliché du Dr Rault). 34

Figure 19 : Ossification des membres antérieurs 13 jours avant la mise bas, h-humérus, r-radus et cubitus, m-métacarpes (cliché du Dr Rault). 34

Figure 20 : Ossification des membres antérieurs 10 jours avant la mise bas, s-scapula, h-humérus, r-radius et cubitus (cliché du Dr Rault). 35

Figure 21 :Ossification du crâne 11 jours avant la mise bas, m-mandibule (cliché du Dr Rault) 35

Figure 22 : Ossification des membres pelviens 1 jour avant la mise bas, p-pelvis, f-fémur, t-tibia et fibula, m-metatarsiens, p-phalange (cliché du Dr Rault). 36

Figure 23 : Chambre de gestation 13 jours après l'ovulation de 5,6 mm de diamètre. L'embryon apparaît comme un point hyperéchogène contre la paroi de l'ampoule (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA). 37

Figure 24 : Images échographiques : a-35 jours avant la mise bas, b-30, c-23, d-7, e-20, f-7 (images du Dr Rault). 38

Figure 25 :Images échographiques : a-26 jours avant la mise bas, b-23 jours, c-d-e-f-7 jours (images du Dr Rault). 39

Figure 26 : Corrélation entre la moyenne des mesures échographiques et du nombre de jours depuis la saillie (d'après de Zambelli *et al*, 2002). 42

Figure 27 : Evolution du diamètre abdominal et biparietal en fonction du nombre de jours avant la mise bas (d'après de Beck *et al*, 1990). 43

Figure 28 : Courbe d'estimation de la durée de gestation en fonction du diamètre bi-pariétal, gastrique et abdominal. x le nombre de jours de gestation, y la longueur en centimètre (d'après Zambelli *et al*, 2006). 45

Figure 29 : Evolution du diamètre bipariétal et du diamètre de la portion postérieure du diencéphalo-télencéphale. x est la longueur en 10^{-1}mm et y le nombre de jours de gestation (d'après Beccaglia et al 2008) 46

Figure 30 : Evolution du diamètre abdominal et du diamètre bipariétal en fonction du nombre de jours de gestation, x la longueur en centimètres et y le nombre de jours de gestation (d'après Davidson *et al*, 2009). 47

Figure 31 : Boite à moustache de la hauteur au garrot, du poids et de l'âge des chattes de l'étude. 51

Figure 32 : Histogramme du nombre de gestation par chatte 52

Figure 33 : Radiographie du marqueur métallique de 5 cm de long 53

Figure 34 : Radiographie de face : le crâne (a) est de profil et le crâne (b) est de face et sera donc mesuré (cliché du Dr Rault). 53

Figure 35 : Radiographie de profil : la flèche (a) présente un fémur correctement aligné et mesurable dans sa longueur, le flèche (b) représente le second fémur de ce fœtus.(cliché du Dr Rault)..... 54

Figure 36 : Radiographie : la minéralisation est suffisante mais le remplissage du colon empêche l'identification des fémurs (cliché du Dr Rault). 54

Figure 37 : Echographie en décubitus dorsal sans sédation des chattes..... 55

Figure 38 : Fémur de 0,72 cm 23 jours avant la mise bas (image du Dr Rault). 56

Figure 39 : Fémur de 1,82 cm, 4 jours avant la mise bas (images du Dr Rault)..... 57

Figure 40 : Diamètre bipariétal de 1,76 cm, 15 jours avant la mise bas (image du Dr Rault). 57

Figure 41 : Tibia et fibula 7 jours avant la mise bas (image du Dr Rault)..... 58

Figure 42 : Histogramme du nombre de chatons par portée. 60

Figure 43 : Représentation graphique des mesures radiographiques de la FL et du DBP (en 10^{-1} mm) en fonction du nombre de jours avant la mise bas..... 61

Figure 44 : Représentation graphique de mesures échographiques de la FL et du DBP (en 10^{-1} mm) en fonction du nombre de jours avant la mise bas..... 62

Figure 45 : Poids des chatons à la naissance suivant les races..... 65

Figure 46 : Boite à moustache du poids des chatons et du logarithme du poids des chatons le jour de la naissance. 66

Index des Tableaux

Tableau 1 : Relation entre la durée de gestation et la longueur tête-croupe obtenue sur des fœtus euthanasiés ex-utéraux (extrait de Boyd, 1971). 32

Tableau 2 : Moment d'apparition des éléments minéralisés en fonction du nombre de jours avant la mise bas (d'apres Haney *et al*, 2003)..... 33

Tableau 3 : Moment d'apparition ou de développement de quelques structures embryonnaires et fœtales en échographie lors de la gestation (d'après Zambelli et al 2002). 40

Tableau 4 : Récapitulatif des données sur les chattes classées par race..... 51

Tableau 5 : Longueur tête croupe des chatons moyenne par race..... 67

Introduction

L'espèce féline prend une place grandissante dans la société actuelle : les chats sont des animaux de petits formats ; ils s'adaptent relativement bien à la vie en appartement, et présentent peu de contraintes d'entretien au quotidien. Le chat est le premier animal de compagnie en France et le nombre de chats inscrits au livre des origines félines (LOOF) ne cesse d'augmenter. En 2010, 25 106 chatons ont été inscrits au LOOF. Les races les plus représentées en France sont le Maine Coon, le Sacré de Birmanie et le Persan. Cet engouement pour les chats de race se traduit par le développement de l'élevage, par l'amélioration des connaissances en reproduction féline et par des innovations techniques. A titre d'illustration, en mars 2011, le congrès européen de reproduction (EVSSAR) portait sur les avancées en reproduction féline.

Les techniques d'élevage étant de plus en plus perfectionnées, les éleveurs sont dans l'attente de conseils et d'un meilleur suivi de la gestation. En parallèle, l'essor de l'imagerie médicale permet de répondre en partie à cette demande. De plus en plus de praticiens s'équipent en matériel échographique et en matériel de radiographie numérique de qualité. Les formations destinées aux vétérinaires se multiplient rendant ces techniques plus accessibles dans une pratique courante.

Le but de cette étude est de créer des modèles de prédiction du moment de la mise bas et du poids des chatons à la naissance. Ces modèles doivent reposer sur des mesures échographiques ou radiographiques de biométrie fœtale réalisables par le vétérinaire, apporter plus de précision afin de planifier la mise bas et permettre à l'éleveur de mieux appréhender celle-ci pour favoriser la survie des chatons. Ainsi dans un premier temps, nous nous intéresserons aux données actuelles en médecine féline concernant la gestation, les chatons à terme, le diagnostic de l'ovulation, la chronologie de la gestation et les modèles de prédiction déjà disponibles. Dans un second temps, nous proposerons une nouvelle approche de prédiction de la mise bas et du poids des chatons à la naissance en se basant sur une nouvelle mesure biométrique obtenue par imagerie médicale et en la comparant aux techniques actuelles.

Etude bibliographique

Cette première partie bibliographique est basée sur les pré-requis anatomiques et physiologiques de l'appareil reproducteur chez la chatte acquis lors de la formation vétérinaire initiale. Cette partie présente plusieurs objectifs afin de mieux appréhender le contexte de l'étude. Le premier est d'énoncer les connaissances actuelles autour de la gestation et du chaton à la naissance. Le second est d'aborder les différentes problématiques autour de la durée de gestation à savoir la détermination de l'ovulation, le diagnostic et la datation de la chronologie de la gestation.

I. Généralités autour de la gestation et des chatons

Dans cette première partie nous aborderons les généralités actuellement disponibles en médecine vétérinaire sur la durée de gestation, le nombre de conceptus par portée, et les caractéristiques du chaton à terme. Nous ne ferons pas de rappels sur l'anatomie de l'appareil génital ni sur la physiologie de la gestation car nous considérons ces données acquises dans la formation vétérinaire.

A. Durée de gestation

La durée de gestation chez la chatte est couramment définie comme étant le nombre de jours qui séparent les premiers coïts de la mise bas. Chez la chienne, la durée de gestation est estimée à partir de l'ovulation. Elle est aisément déterminée à l'aide de frottis vaginaux et de dosages de la progestérone (1). Chez l'homme, la durée de la grossesse est difficile à déterminer. Les médecins se basent sur le dernier cycle ménorrhée et sur la biométrie embryonnaire et fœtale (2).

Dans l'espèce féline, les études ont plus souvent porté sur le chat Européen que sur des chats de race (3-8). Les deux dernières études à s'être intéressées à la durée de gestation dans différentes races de chat sont les études de Sparkers *et al* et Boogaerts *et al* (9,10). Ils ont étudié les races: Sacré de Birmanie, Burmèse, Abyssin, Persan, Maine Coon, Siamois, et Korat.

Dans l'étude de Sparkes *et al* (9), la durée moyenne de gestation est de 65,1 jours, moyenne obtenue sur 1056 portées. 90,2 % des gestations ont une durée comprise entre 63 et 67 jours et 97,1 % des gestations sont comprises entre 61 et 69 jours. L'âge de la chatte n'a pas d'effet significatif sur la durée de gestation ni sur le nombre de chatons.

Dans l'étude de Boogaerts *et al* (10), incluant 406 chattes, la durée moyenne de gestation est de 64,6 jours avec 78,9 % des valeurs comprises entre 63 et 67 jours et 95 % comprises entre 61 et 69 jours.

Les résultats de ces deux études sont illustrés dans la figure 1.

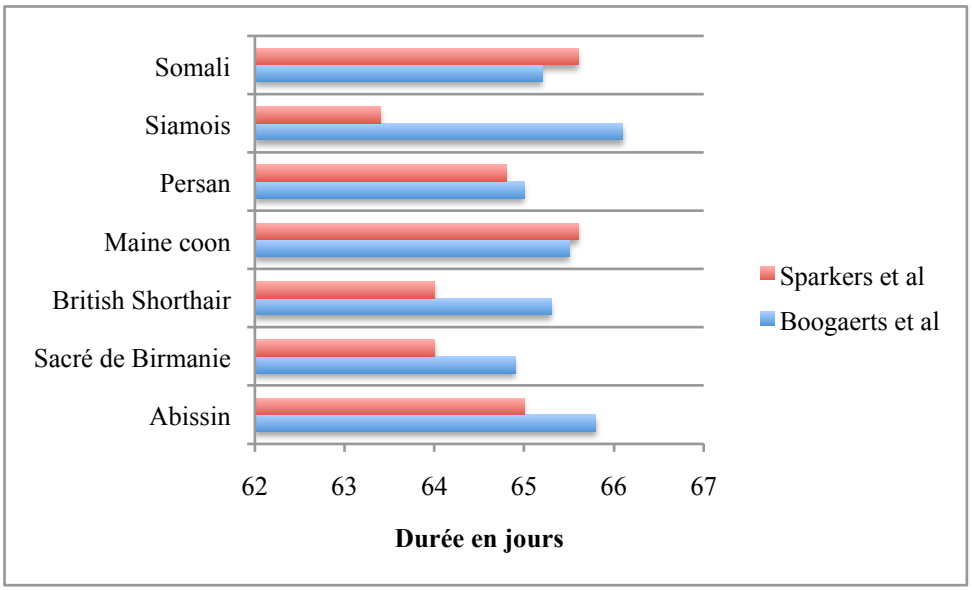


Figure 1 : Moyenne de la durée de gestation en fonction de la race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010).

La taille de la portée et la race sont des facteurs qui influencent la durée de gestation. Il existe une relation significative entre la taille de la portée et la durée de gestation : plus la portée est grande, plus la gestation sera courte (4,9). La race influence significativement la durée de gestation, indépendamment des autres facteurs, avec pour les Siamois, Burmèses, Abyssins et Orientaux des gestations plus longues comparées aux Korats qui ont des gestations plus courtes (66 jours en moyenne contre 63 jours). Les durées moyennes de gestation varient beaucoup suivant les études : elles dépendent du nombre de jours de saillies et du temps de côtoiement. Toutes ces données montrent les limites de l'utilisation de la durée de gestation dans un modèle de prédiction.

B. Nombres de conceptus

Le nombre moyen de chatons par portée est de 4,6 avec des valeurs extrêmes allant de 1 à 13 chatons (9,10). L'ensemble des données de la littérature est relativement en accord avec les valeurs proposées (3,6-8). Il a été montré que les Burmèses, Siamois et associés ont des portées de grande taille alors que les Persans et Sacrés de Birmanie ont des portées plus petites (9) (figure 2). Néanmoins, suivant les études, l'influence des races n'est pas la même. Cela s'explique par des nombres d'individus par race très différents suivants les études.

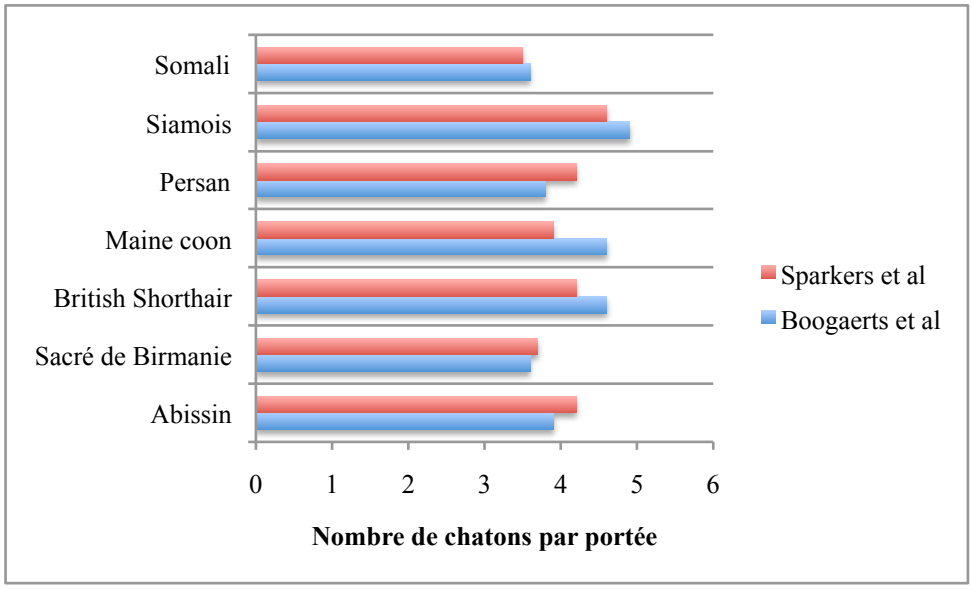


Figure 2 : Nombre moyen de chatons en fonction de la race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010).

C. Caractéristiques du chaton à terme

1. Poids du chaton

Le poids du chaton à la naissance est très important à prendre en compte. En effet une des causes « fading syndrome » (syndrome de dépérissement du chaton) est un faible poids à la naissance (11-15). Le poids moyen dans l'étude de Sparkers et al est de 93,5 g et varie de 30 à 170 g ; dans l'étude de Boogaerts, le poids moyen est de 102 g (9,10). Le poids par race est représenté dans la figure 3. Le poids des chatons vivants augmente avec la longueur de la gestation et diminue avec le nombre de chatons par portée. De plus, dans certaines races, le poids à la naissance est significativement plus important (Sacré de Birmanie, British Shorthair et Main Coon) par rapport à d'autres significativement plus faible (Korat). Toutes ces données restent limitées car à chaque fois le nombre de chats étudiés est très faible, et suivant les pays, les populations de chats de race varient.

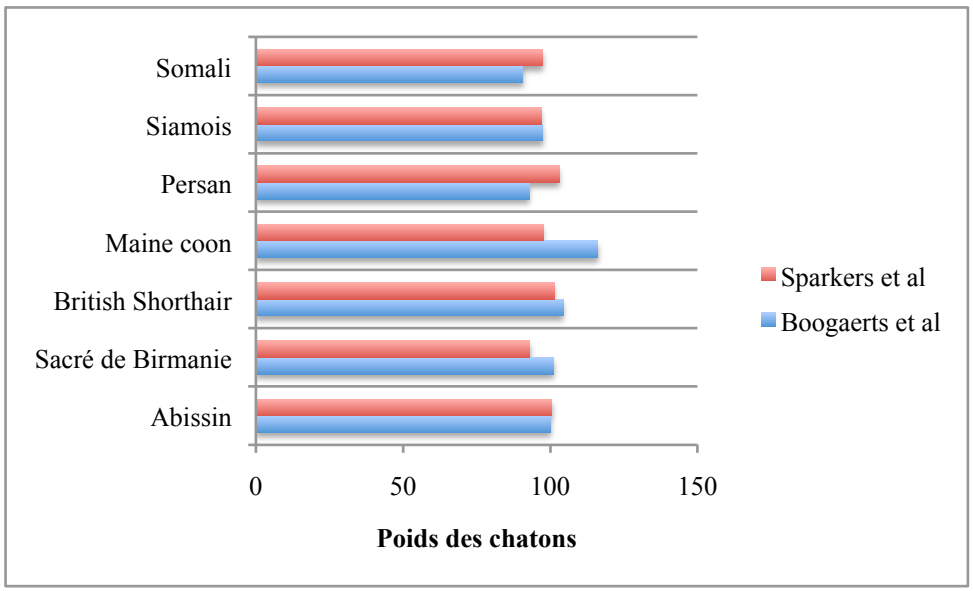


Figure 3 : Poids moyen des chatons par race. (D'après Sparkes *et al*, 2005 et Boogaerts *et al*, 2010).

2. Longueur des chatons à la naissance

Une seule étude mentionne ce paramètre : l'étude de Boyd (16). Elle utilise la longueur tête-croupe. Cette longueur est en moyenne de 14,5 cm à la naissance.

II. Diagnostic d'ovulation : point de départ de la gestation

Une des grandes problématiques en reproduction féline est de connaître précisément le moment de l'ovulation et de parvenir à la mettre en évidence. La chatte est une espèce à ovulation provoquée, mais un seul coït ne permet pas d'atteindre une ovulation systématique. Ainsi il est nécessaire de multiplier le nombre d'accouplements pour obtenir un maximum de chance d'observer une ovulation. Il découle de cette nécessité de multiples coïts une incertitude du moment de l'ovulation, ainsi une imprécision dans la durée de gestation comparée à d'autres espèces. Dans cette partie nous évaluerons les techniques disponibles, leurs avantages et leurs limites.

A. Modifications du comportement

Chez la chatte, on observe des poly-oestrus saisonniers. Le comportement sexuel débute en février et se poursuit jusqu'en août (dans ses extrémités les plus larges). Le comportement de la chatte lors de l'œstrus est caractéristique. Il se traduit par une diminution de l'activité générale, de nombreux miaulements, une chatte qui se frotte beaucoup et se roule sur le dos. Lorsqu'on la touche, elle s'immobilise, dévie la queue et piétine en se mettant en position de lordose. Certaines chattes sont plus démonstratives que d'autres. En absence de coït ou de stimulation, la chatte rentre en diœstrus avant de commencer un nouvel œstrus.

B. Frottis vaginal

Comme chez la chienne (1), il est possible de récupérer des cellules vaginales en introduisant un écouvillon dans le vestibule et dans la partie caudale du vagin (17,18). Pour cela il est utilisé un écouvillon urétral de médecine humaine qui présente un faible diamètre, ce qui évite de stimuler la chatte malencontreusement. L'écouvillon est introduit dorsalement dans le vagin par son extrémité cotonneuse préalablement humidifiée avec du sérum physiologique. Le prélèvement obtenu est ensuite étalé sur une lame et regardé au microscope après une coloration de Harris-Schoor.

Trois phases du cycle sont identifiables chez la chatte :

- l'œstrus : le fond est clair, l'indice de coloration acidophile est supérieur à 85 %, on note la présence de cellules superficielles et superficielles anucléés (figure 4). Des amas cellulaires peuvent être observés
- le diœstrus : le fond est sale, on observe des cellules intermédiaires et des cellules superficielles nucléés, une légère acidophilie et la présence de quelques leucocytes immatures. Quelques cellules basales et parabasales peuvent être observées
- l'anœstrus : le fond est très sale, on note un faible nombre de cellules avec une prédominance des cellules basales et parabasales, quelques cellules intermédiaires et des leucocytes immatures. La basophilie est dominante

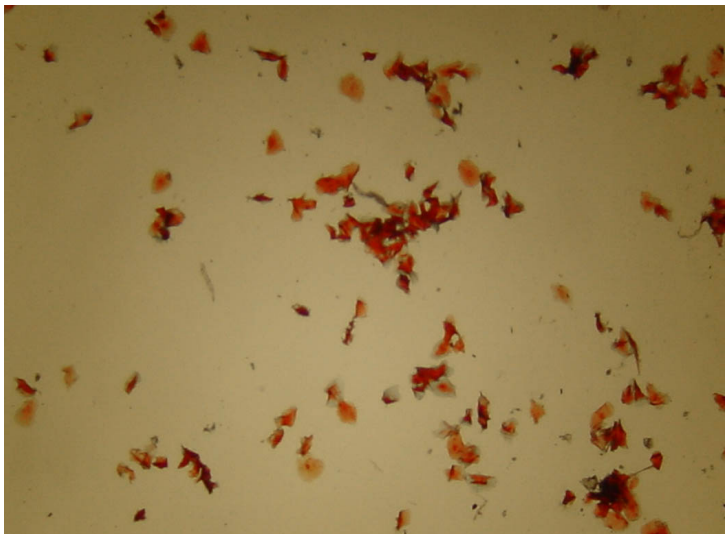


Figure 4 : Frottis de chatte en œstrus (acidophile) (image du Dr Malandain).

Il est impossible chez la chatte de définir le début, le milieu et la fin de l'œstrus à l'aide de frottis. La majorité des cellules sont kératinisées et acidophiles. Les frottis peuvent néanmoins être très intéressants si l'on veut confirmer que des coïts ont bien eu lieu car ils mettront en évidence des spermatozoïdes. Ainsi la cytologie vaginale permet de confirmer l'œstrus (surtout chez les chattes dont le comportement est peu caractéristique).

C. Dosages hormonaux

La croissance folliculaire est sous dépendance œstrogénique lors du pro-œstrus. Les œstrogènes sont produits par les cellules de la granulosa (19).

Chez la chatte, l'ovulation est provoquée par les coïts répétés. En effet, des récepteurs dans la partie antérieure du vagin sont activés lors des coïts ou des stimulations. Il en résulte une libération de GnRH au niveau de l'hypothalamus et une libération de LH par l'hypophyse. Le pic de LH survient entre 10 min et 9 h après le premier coït (20,21). Sa concentration reste dans les valeurs basses le premier jour de l'accouplement et atteint son pic à 48ng/ml à l'ovulation (18,22,23). La concentration reste élevée le jour suivant puis diminue pour être inférieure à 6ng/ml jusqu'à la fin de la gestation. Suivant les chattes, le pic de LH peut apparaître diphasique dans les deux premiers jours après l'accouplement, puis retourne à des valeurs basales même si les accouplements continuent. Les dosages de LH ne sont pas disponibles et nécessiteraient des prises de sang répétées stressantes pour la chatte (et donc néfastes pour l'ovulation).

Suite au pic de LH, on observe un pic d'œstradiol qui atteint des valeurs proches de 164 pmol/l le premier jour de l'accouplement, puis retourne autour de sa valeur basale comprise entre 22 pmol/l et 33 pmol/l les 5 jours suivants (19,24). Les dosages de l'œstradiol chez la chatte ne sont facilement accessibles de nos jours que dans des laboratoires de recherche. La progestérone est sécrétée par le corps jaune au moment de la gestation. Cette hormone favorise la multiplication des glandes endométriales pour faciliter le nidation, réduit l'activité du myomètre et maintient le col de l'utérus fermé. En l'absence de saillie, la concentration en progestérone reste à un niveau basal. On considère que si la progestérone est élevée 3 jours après la saillie, alors l'ovulation a bien eu lieu. La progestérone atteint son pic à vers 16 – 25 jours après l'ovulation. Pour cela il est possible d'utiliser les dosages colorimétriques de la chienne (25).

Le nombre de saillies nécessaires pour obtenir une ovulation est différent suivant les individus. Parfois, un seul coït suffit. Il est néanmoins conseillé de réaliser 4 à 8 saillies (ou stimulations) entre 5 et 20 min d'intervalle pour assurer l'ovulation (26).

Pour conclure, on peut donc dire que les techniques endocrinologiques de suivi de l'ovulation ne sont pas réellement applicables chez la chatte.

D. Suivi échographique

Le suivi folliculaire chez la chatte est pour l'instant une technique peu développée (17,27,28)(29). En effet il est très difficile de reconnaître de si petites structures en échographie (de 1,5 à 4,2 mm de diamètre). Les ovaires se trouvent au pôle caudal des reins (figures 5-7). Les follicules ovariens apparaissent comme des structures sphériques anéchoïques de 1,5mm à 4,2mm (figure 8). Lors du début d'un cycle, de 4 et 9 follicules sont détectés sur une même chatte. Ces follicules augmentent progressivement de diamètre. Le maximum observé est de 4,1mm entre 2 et 6 jours après le début de l'œstrus. Au moins un follicule par chatte atteint un diamètre supérieur à 3 mm au cours de l'œstrus. Si le cycle est anovulatoire, le diamètre des follicules diminue le dernier jour de l'œstrus. Au moment de l'ovulation, les images sphériques anéchoïques des follicules disparaissent et des structures hypoéchogènes peuvent être observées les jours suivants. La relation entre la taille des follicules lors de l'œstrus et le nombre de coïts n'est pas identique suivant les chattes. Lors d'un suivi échographique de l'ovulation, il est conseillé de suivre les follicules une fois par jour.

Figure 5 : Ovaire droit en anoestrus (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

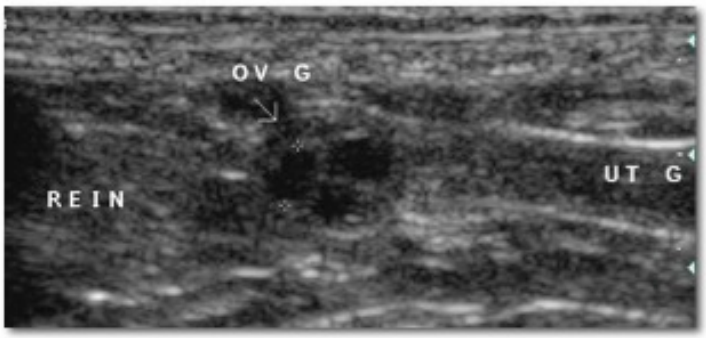


Figure 6 : Ovaire gauche en œstrus. (OV G). Trois follicules sont visibles ainsi que le pôle caudal du rein gauche (REIN) et la corne gauche de l'utérus (UT G) (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

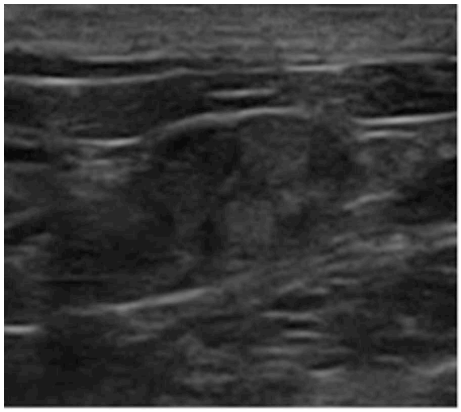


Figure 7 : Ovaire après l'ovulation (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

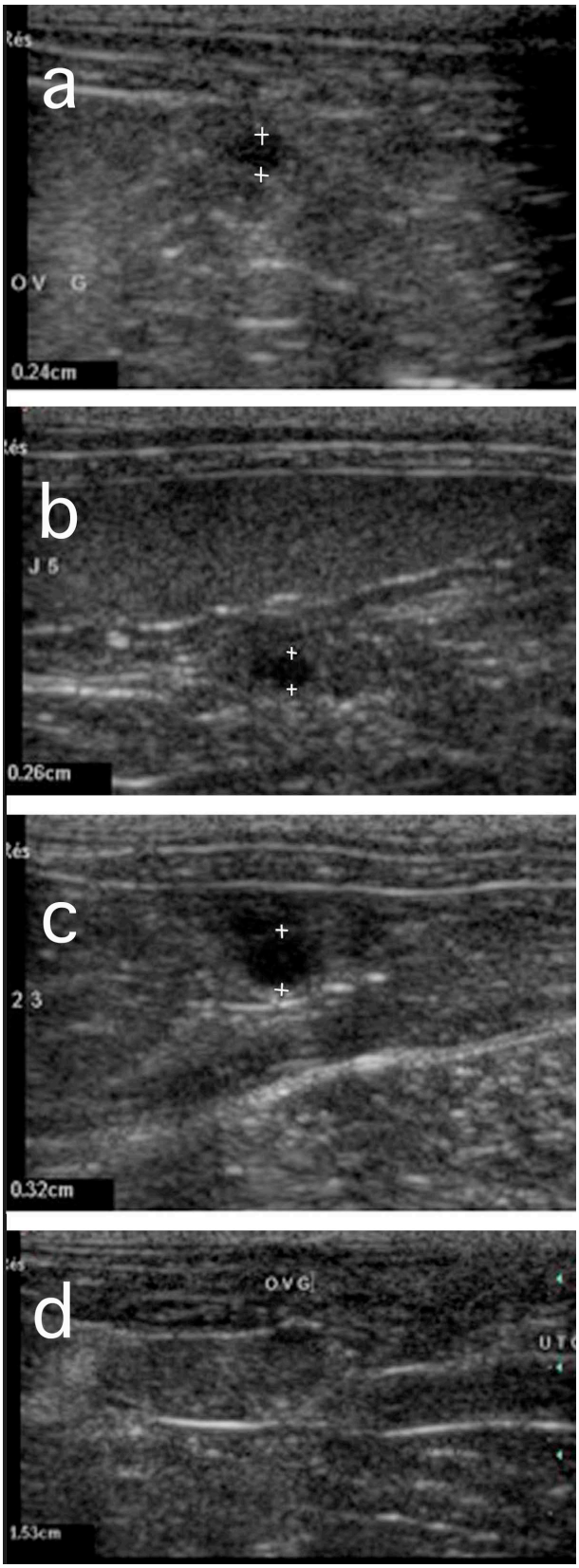


Figure 8 : Suivi folliculaire : a-follicule de 2,4 mm le premier jour du suivi (J1), b-le même follicule à J3 de 2,6 mm, c-à J4 à 3,2 mm et à J4 en fin de journée après l'ovulation. (images du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

III. Diagnostic de gestation.

Dans cette partie, nous aborderons les techniques actuelles à la disposition du vétérinaire pour mettre en évidence une gestation. Nous évoquerons dans un premier temps les éléments cliniques permettant de suspecter et de diagnostiquer une gestation puis les examens complémentaires à disposition. Nous examinerons la pertinence et la faisabilité de ces examens en médecine féline.

A. Suspicion clinique

1. Palpation

La palpation abdominale est la méthode la plus simple à mettre en place et la moins coûteuse. Elle s'effectue de façon aisée entre 21 et 25 jours post coït et permet de sentir les ampoules fœtales dans l'abdomen caudale (30-34). Celles-ci ont un diamètre d'environ 2,5 cm. A partir de 35 jours, les ampoules se juxtaposent et rendent le diagnostic plus difficile pour quelqu'un de non expérimenté. Après 50 jours de gestation, la palpation devient de nouveau aisée car les fœtus sont identifiables et des mouvements peuvent être ressentis. Cette méthode est limitée dans le diagnostic précoce de gestation par :

- la technicité du vétérinaire
- par l'animal lui même (obésité, agressivité, animal à jeun ou pas etc.)

Si la palpation est réalisée délicatement, elle est sans danger pour la poursuite de la gestation.

2. Silhouette et comportement

Plus la gestation progresse et plus des modifications de la silhouette de la chatte vont être observées. On peut ainsi observer une coloration plus rosée des tétines dès 3 semaines, un élargissement de l'abdomen visible dès 4 à 5 semaines puis une augmentation de la taille des mamelles et éventuellement des perles de lait. De plus, le comportement de la chatte change. Elle devient plus câline et cherche à se faire un nid pour préparer la mise bas dans un endroit chaud et calme.

B. Approche objective

1. Endocrinologie

a. Progestérone

Des concentrations en progestérone supérieures à 5,6 nmol/l sont associées à la présence d'un corps jaune alors qu'une concentration inférieure à 0,5 nmol/l est significative d'un cycle folliculaire (35). Lors de la gestation, on observe une diminution de la progestéronémie à partir du 25ième jour vers 15-30 nmol/l. Le diagnostic de gestation à l'aide du dosage de la progestérone ne peut s'effectuer qu'après 30 jours de gestation du fait de l'existence d'une pseudo gestation chez la chatte en absence de fécondation. Le dosage de la progestérone fournit un diagnostic tardif (19).

b. Oestradiol

Lors de la gestation ou de la pseudo-gestation, la concentration en œstradiol reste dans les valeurs basales entre 25 et 70 pmol/l. Chez 50% des chattes, il y a une augmentation significative de la concentration en œstradiol, approximativement une semaine avant la parturition signant une reprise de l'activité folliculaire. Ainsi ce dosage n'est pas utilisé dans le diagnostic de gestation (19).

c. Relaxine

La relaxine est produite uniquement par le placenta fœtal chez la chatte. La relaxine est détectable dès 25 jours de gestation. Elle augmente pour obtenir un plateau à 30-35 jours et diminue dans les 15 derniers jours de gestation. Elle n'est pas retrouvée lors de l'œstrus, lors de la pseudo gestation ni 48 heures après la mise bas. Elle serait donc l'outil de choix dans le diagnostic à l'aide d'une technique de dosage par immunofluorescence sur sérum ou urine. C'est une technique fiable mais qui permet un diagnostic tardif.

d. Prolactine

En ce qui concerne la prolactine, elle augmente à partir de 35 jours de gestation chez la chatte. Le plateau est atteint à environ 50 jours et augmente encore juste avant la mise bas vers 40 ng/ml. La prolactine retrouve sa concentration basale une à deux semaines après la mise bas. Elle permet un diagnostic tardif.

2. Imagerie médicale

a. Radiographie

Les ampoules embryonnaires sont visibles de façon précoce entre 17 et 21 jours de gestation (30). On peut visualiser sur les clichés des sphères de 1,2 à 2,5 cm de diamètre. La minéralisation du squelette est plus précoce chez le chat par rapport au chien et est détectable dès 35 jours de gestation. Le diagnostic est plus difficile entre 21 et 35 jours, car les ampoules sont adjacentes. Le diagnostic est aussi difficile lorsque les chattes ne sont pas à jeun.

L'examen radiographique est le plus fiable pour dénombrer les fœtus car il donne une vue d'ensemble de l'abdomen à un instant donné. La méthode la plus sûre pour le dénombrement des fœtus est de compter les crânes. Il est intéressant de réaliser une incidence de profil et une incidence de face pour limiter la gêne occasionnée par la superposition des fœtus et par l'image du côlon. En revanche, il n'est réalisable qu'à partir du moment où les fœtus ont commencé leur ossification, soit à partir de 35 jours de gestation (16,36).

b. Echographie

Le signe le plus précoce de gestation en échographie est une hyperplasie utérine qui se présente aussi chez une femelle non gravide en diœstrus. Il est donc important d'identifier l'utérus et d'arriver à le suivre en échographie (figure 9 et 10).

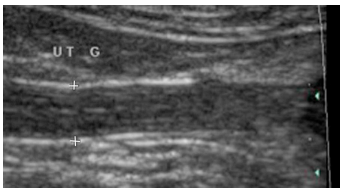


Figure 9 : Corne gauche de l'utérus en coupe longitudinale (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

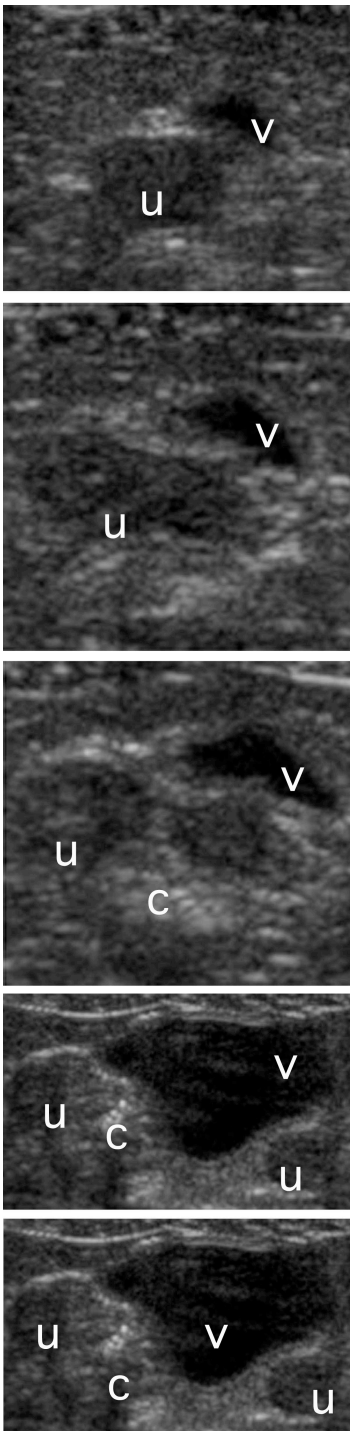


Figure 10 : Coupes de l'utérus en partant du pôle caudal de la vessie et en avançant cranialement dans l'abdomen. u-utérus, v-vessie, c-colon. (images du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

L'ampoule embryonnaire est visible dès le 10ième jour après la saillie et apparaît comme une petite structure circulaire anéchogène (30) (figure 11 et 12).

.

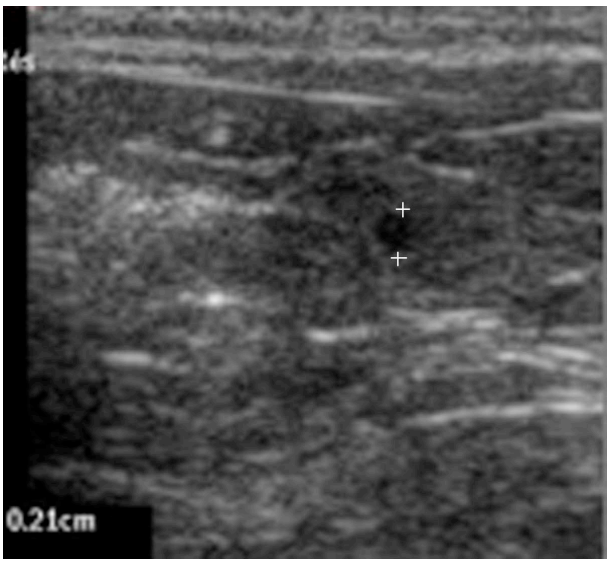


Figure 11 : Ampoule embryonnaire de 2,1 mm de diamètre 10 jours après l'ovulation (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

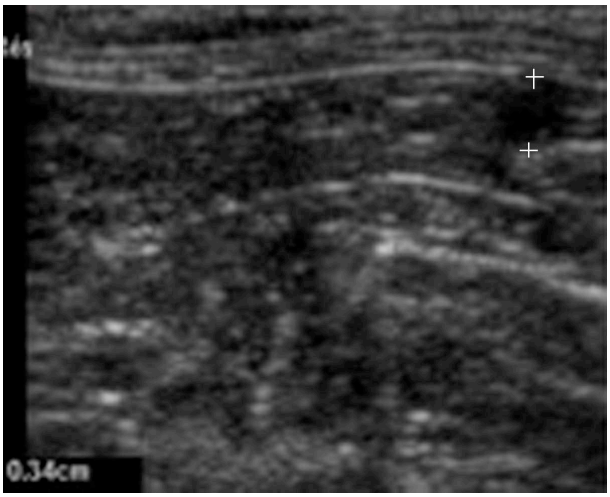


Figure 12 : Ampoule embryonnaire de 3,4 mm de diamètre à 11 jours après l'ovulation (image du Dr Rault et l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

Le diagnostic devient de plus en plus facile à partir de 15 jours avec l'augmentation de la taille de l'ampoule et de l'embryon (figure 13). Les battements cardiaques sont visibles dès 16 jours de gestation (30) (figure 14).

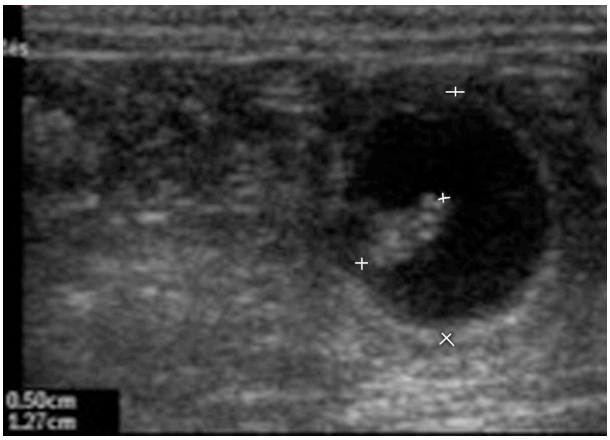


Figure 13 : Ampoule embryonnaire de 12,7 cm, 15 jours après l'ovulation et embryon de 5 mm (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

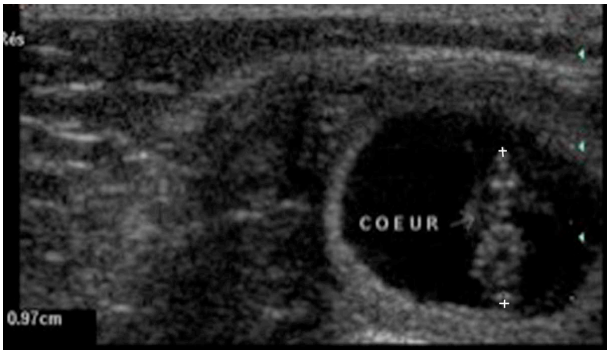


Figure 14 : Ampoule embryonnaire et embryon 18 jours après l'ovulation. L'embryon mesure 9,7 mm. Le cœur est visible et des battements peuvent être observés (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

IV. Chronologie de la gestation.

Dans cette partie, nous aborderons les méthodes disponibles en médecine féline pour dater un embryon ou un fœtus à l'aide de la radiographie et de l'échographie. Nous exposerons ensuite les modèles disponibles pour dater le moment de la mise bas à l'aide de l'échographie.

A. Apparition des organes fœtaux

1. Avec la radiographie

Dans l'étude de Boyd, 1971 (16), 33 chattes gestantes ont été euthanasiées, radiographiées (en vue de face et profil) puis autopsiées pour extraire les fœtus. Les fœtus ont été ensuite mesurés de la tête à la croupe puis radiographiés (en vue de face et profil). Les gestations sont datées à partir du coït. Les résultats de l'étude sont les suivants :

-Entre 25 et 30 jours de gestation : l'utérus est légèrement élargi et prend une position plus craniale dans l'abdomen (figure 15). Les mandibules, les maxillaires, les côtes, le radius, l'humérus et l'ulna ont pu être mis en évidence sur les fœtus radiographiés ex utero dès 34 jours de gestation. En revanche aucune ossification n'est visible sur les radiographies abdominales de la mère.

Figure 15 : Radiographie en incidence de face 39 jours avant la mise bas : des ampoules embryonnaires sont visibles (cliché du Dr Rault).

-Entre 36 et 45 jours de gestation : la minéralisation des fœtus est visible sur les radiographies abdominales des chattes (figure 16). Les os mandibulaires, frontaux, maxillaires et pariétaux sont visibles. Le squelette appendiculaire est visible ainsi que les corps vertébraux desquels partent les côtes. À 41 jours de gestation, la différenciation radius et ulna est possible.

Figure 16 : Radiographie en incidence de face 18 jours avant la mise bas. Les ampoules sont visibles ainsi que la minéralisation des 4 fœtus (cliché du Dr Rault).

-Entre 46 et 55 jours de gestation (figure 17) : Les éléments minéralisés des fœtus sont de plus en plus visibles et augmentent de taille. À 49 jours, les métacarpiens et métatarsiens sont observés. À 52 jours on peut voir les phalanges et le sternum. À 53 jours, le dessin de la bulle tympanique est visible.

Figure 17 : Radiographie en incidence de profil 8 jours avant la mise bas, quatre crânes sont visibles (cliché du Dr Rault).

-De 56 jours à la mise bas : les dents et le tibia sont les derniers éléments minéralisés à apparaître.

L'auteur propose aussi de mesurer la longueur tête croupe des fœtus sur la radiographie pour dater la gestation (tableau 1). En revanche il ne donne pas la méthode à utiliser pour réaliser cette mesure.

Longueur tête-croupe	Estimation de la durée de gestation depuis le coït
19	25
26	28
31	30
31	30
35	31
43	34
58	38
75	41
83	43
84	44
85	44
86	45
88	46
94	47
94	47
95	48
101	49
102	50
102	50
106	52
106	52
109	53
109	53
110	53
110	53
113	54
115	54
120	56
122	56
125	57
130	58
136	60
145	Mise bas

Tableau 1 : Relation entre la durée de gestation et la longueur tête-croupe obtenue sur des fœtus euthanasiés ex-utéraux (extrait de Boyd, 1971).

Dans l'étude de Haney *et al*, 2003 (37), les auteurs proposent de dater l'apparition des éléments minéralisés du squelette fœtal à l'aide de la radiographie. Pour cela, les auteurs ont radiographié 17 chattes gestantes à la fréquence de 3 radiographies par semaine jusqu'à la mise bas en commençant une semaine après le diagnostic de gestation par palpation. Des radiographies de profil droit ont été réalisées à chaque fois sur des chattes non sédatées. Les radiographies ont ensuite été lues en aveugle par deux radiologues. Les résultats ont été reportés dans le tableau suivant (tableau 2) et illustrés avec des clichés radiographiques (figures 19-22) :

Structure	**Jour moyen d'apparition**	**Intervalle autour de la moyenne**
Minéralisation	26	25-29
Colonne vertébrale	24	22-27
Crâne	22	21-27
Côte	22	20-25
Scapula	20	17-24
Humérus	20	20-24
Fémur	21	19-23
Radius	19	15-22
Tibia	19	15-21
Ulna	17	5-21
Pelvis	19	8-20
Fibula	13	0-17
Métacarpe et métatarse	15	8-16
Phalange	8	3-14
Calcaneus	6	0-11
Dents	6	0-10

Tableau 2 : Moment d'apparition des éléments minéralisés en fonction du nombre de jours avant la mise bas (d'apres Haney *et al*, 2003).

Les données ont ensuite été vérifiées sur 32 chattes gestantes afin d'évaluer la précision de la datation. L'intervalle de prédiction calculé est de 3 jours dans 75 % des chattes et de 7 jours au maximum. Les auteurs ont constaté que certains éléments sont plus précis dans leur apparition que d'autres (humérus et fémur versus ulna, fibula et les os du bassin)

La radiographie permet enfin d'observer les morts fœtales, les momifications, et les causes d'éventuelles dystocies.

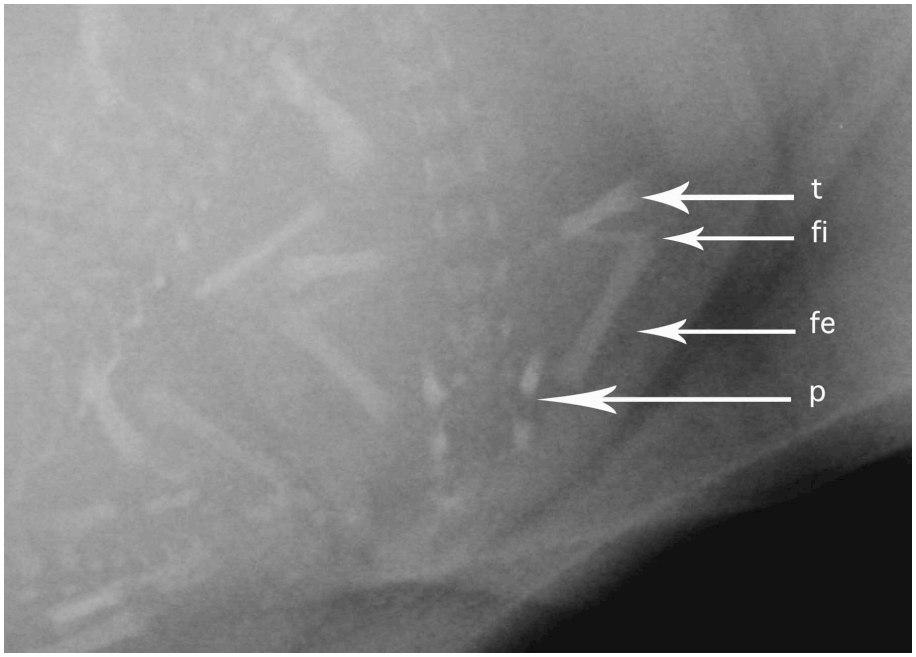


Figure 18 : Ossification des membres pelviens 15 jours avant la mise bas, p-pelvis, fe-fémur, fi-fibula et t-tibia (cliché du Dr Rault).

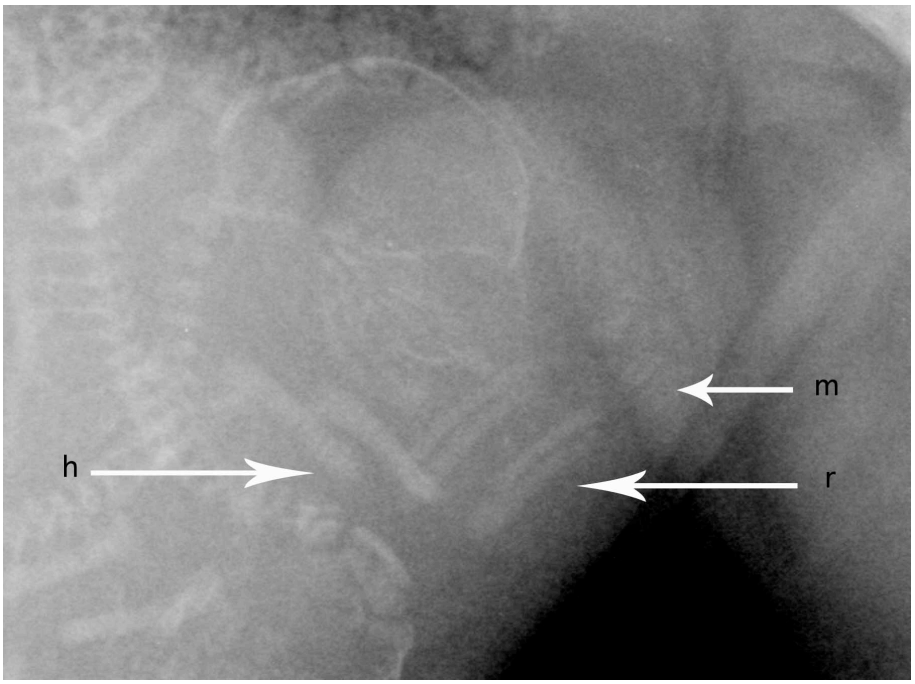


Figure 19 : Ossification des membres antérieurs 13 jours avant la mise bas, h-humérus, r-radus et cubitus, m-métacarpes (cliché du Dr Rault).

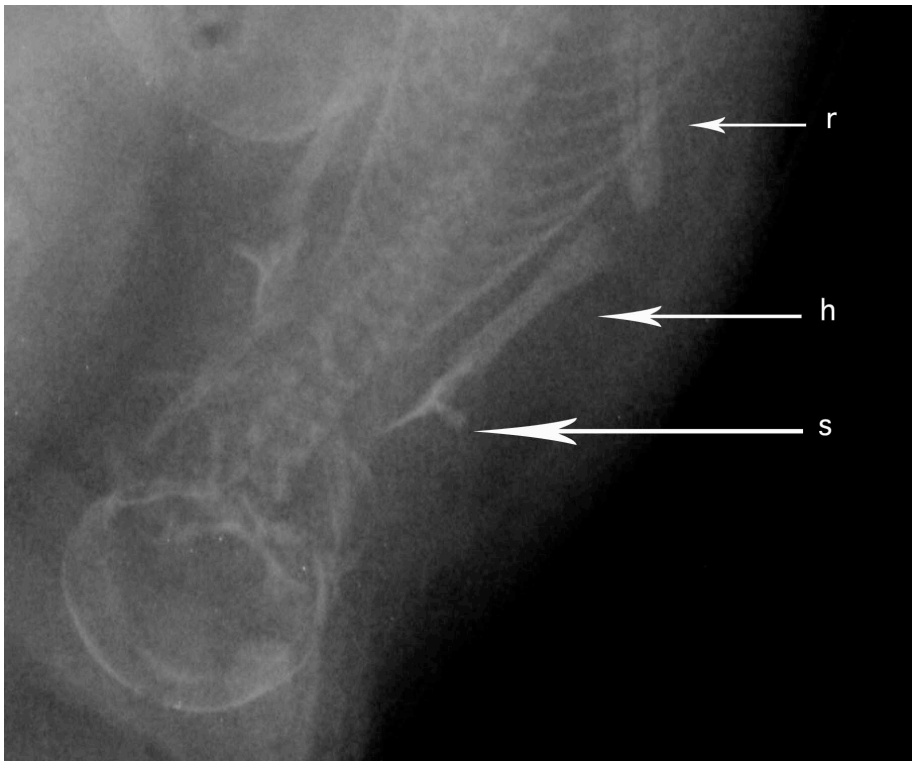


Figure 20 : Ossification des membres antérieurs 10 jours avant la mise bas, s-scapula, h-humérus, r-radius et cubitus (cliché du Dr Rault).

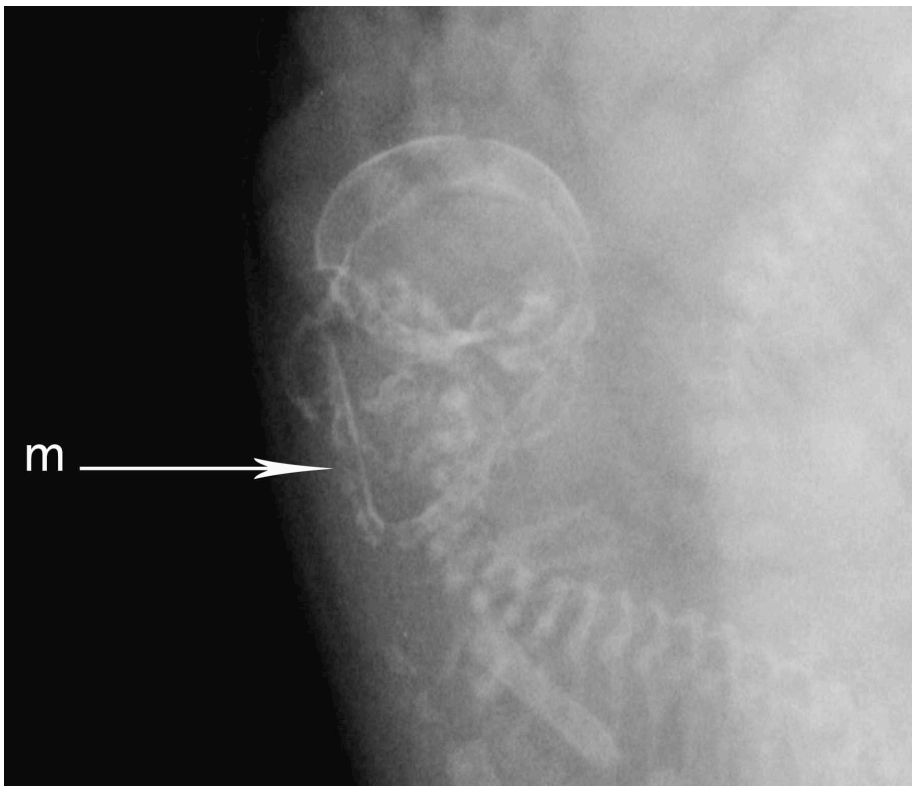


Figure 21 :Ossification du crâne 11 jours avant la mise bas, m-mandibule (cliché du Dr Rault)

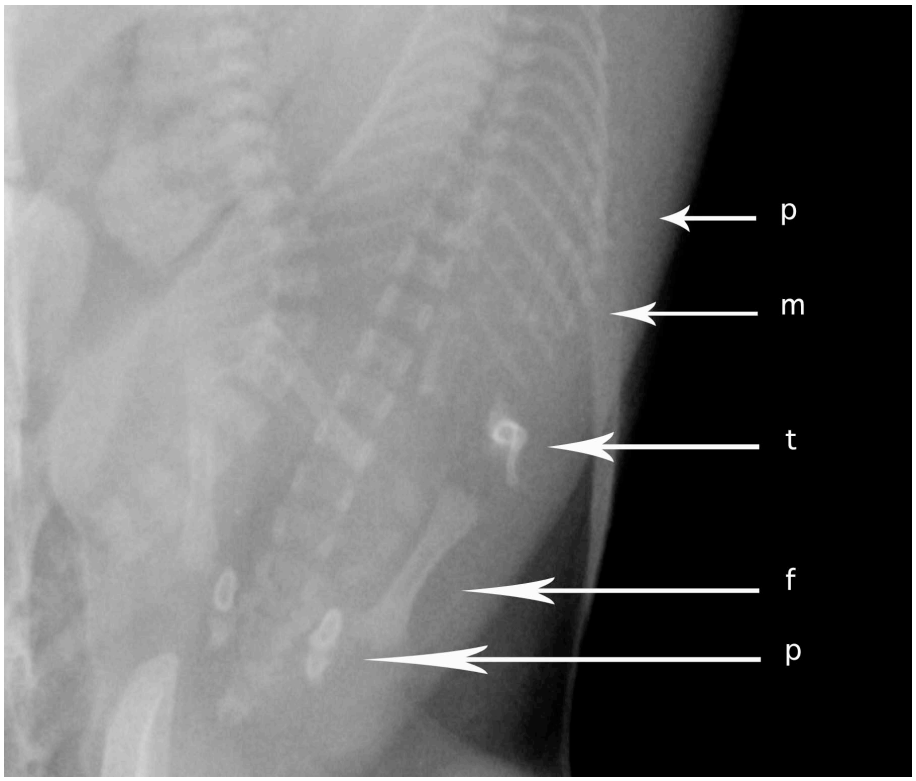


Figure 22 : Ossification des membres pelviens 1 jour avant la mise bas, p-pelvis, f-fémur, t-tibia et fibula, m-metatarsiens, p-phalange (cliché du Dr Rault).

2. Avec l'échographie

a. Observation de l'embryon

Les données sont issues des études de Zambelli et al (30,38). L'ampoule embryonnaire est visible dès le 10ième jour après la saillie. À 10 jours, le diamètre de l'ampoule mesure 6,9 mm et atteint à 35,7 mm à 30 jours. Dans le même temps, on constate le passage de la forme sphérique à la forme dite en « citron » de l'ampoule du fait de l'allongement de l'embryon. À 16 jours de gestation, le développement du placenta est suffisant pour permettre sa reconnaissance : il est matérialisé par deux lignes hyperéchogènes séparées d'une ligne hypoéchogène. Cette stratification est visible tout au long de la gestation. À partir du 25ième jour, on distingue la zone d'implantation du placenta. Le placenta occupe toute la surface de l'ampoule embryonnaire à l'exception des deux pôles.

L'embryon est détecté à partir du 14ième jour comme un épaississement de la paroi de l'ampoule (figure 23). Il apparaît séparé à partir du 17ième jour et prend sa forme caractéristique. Au 20ième jour il est au milieu de l'ampoule et au 22ième jour il se trouve à l'opposé de la paroi placentaire. L'activité cardiaque est mise en évidence dès le 16ième jour ce qui permet de confirmer la viabilité du fœtus.

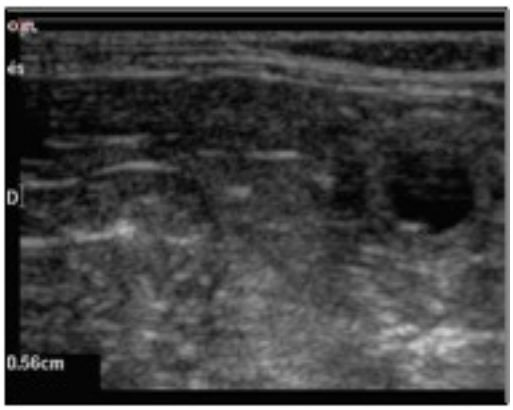


Figure 23 : Chambre de gestation 13 jours après l'ovulation de 5,6 mm de diamètre. L'embryon apparaît comme un point hyperéchogène contre la paroi de l'ampoule (image du Dr Rault et de l'Unité Fonctionnelle de Radiologie de l'ENVA).

b. Observation du fœtus

Les données sont issues des études de Zambelli et al (30,38). Le développement du fœtus commence à partir du 30ième jour permettant la visualisation des organes. Entre le 29ième et le 30ième jour, on peut identifier la vessie du fœtus qui est située caudalement dans l'abdomen près de l'ombilic, ainsi que l'estomac et le foie. Au 49ième jour, l'estomac semble se déplacer caudalement par rapport au foie. Les reins sont visibles pour la première fois à partir du 39ième jour. Il est possible de distinguer la corticale de la médulla à partir du 50ième jour. Les anses intestinales sont difficilement visibles avant le 40ième jour à cause de la place occupée par le foie. A partir du 50ième jour il est possible de reconnaître la stratification de la paroi intestinale ; l'œil se distingue à partir du 35ième jour, le cristallin ne sera visible qu'à partir du 50ième jour.

Les cavités cardiaques apparaissent dès le 50ième jour et les vaisseaux ombilicaux dès le 42ième jour.

Ces données sont illustrées par les figures 24 et 25 et résumées dans le tableau 3.

L'échographie permet aussi d'apprécier les mouvements du fœtus. Celui-ci exerce des mouvements de flexion et d'extension des membres, des pieds, de la tête et du cou. Ils sont visibles dès le 33ième jour.

Le sexage est possible et peut être réalisé aisément entre le 38ième et le 43ième jour et devient plus difficile par la suite du fait de l'augmentation de la taille du fœtus et de la position de la queue coiffant la région périnéale (39).

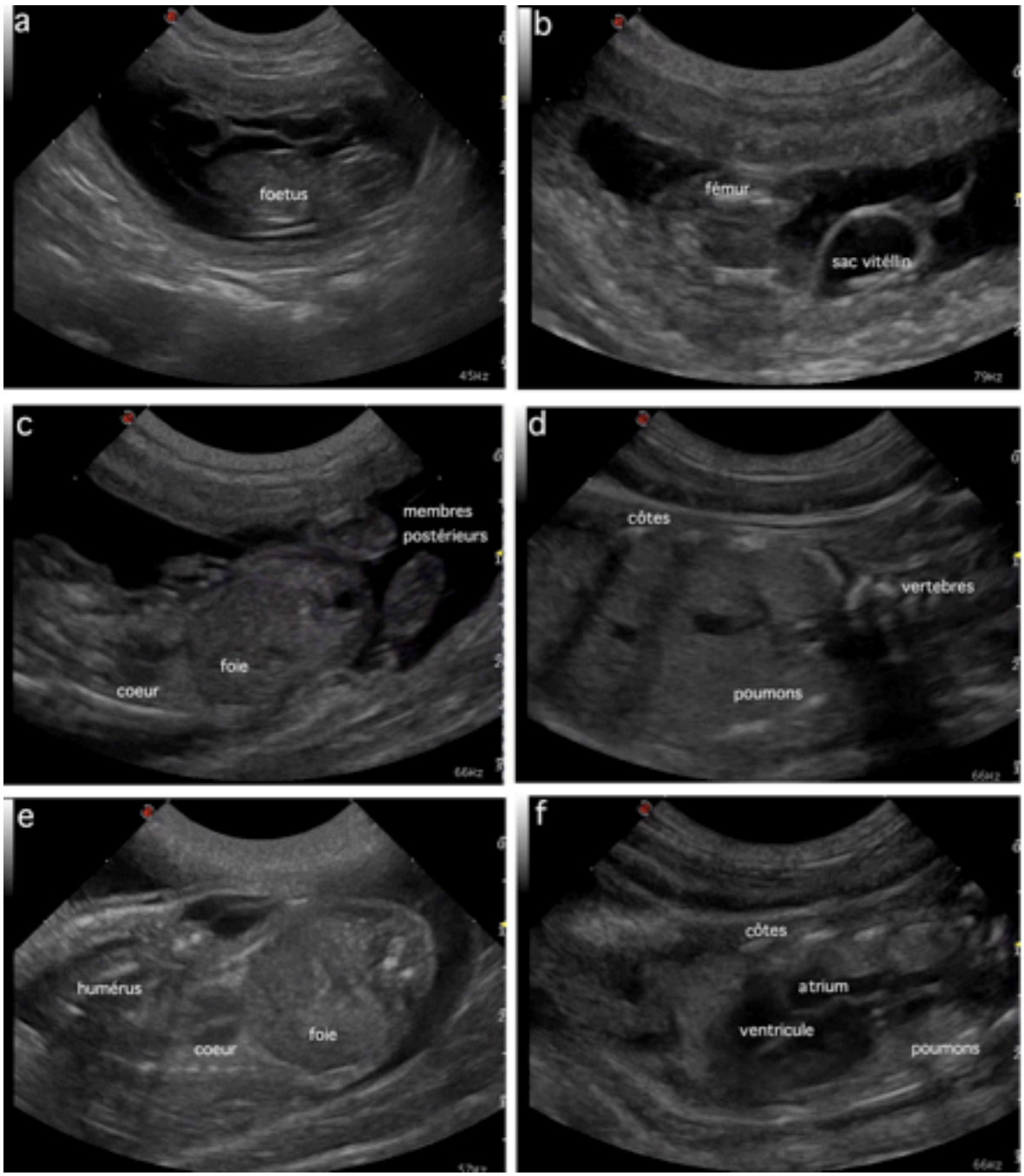


Figure 24 : Images échographiques : a-35 jours avant la mise bas, b-30, c-23, d-7, e-20, f-7 (images du Dr Rault).

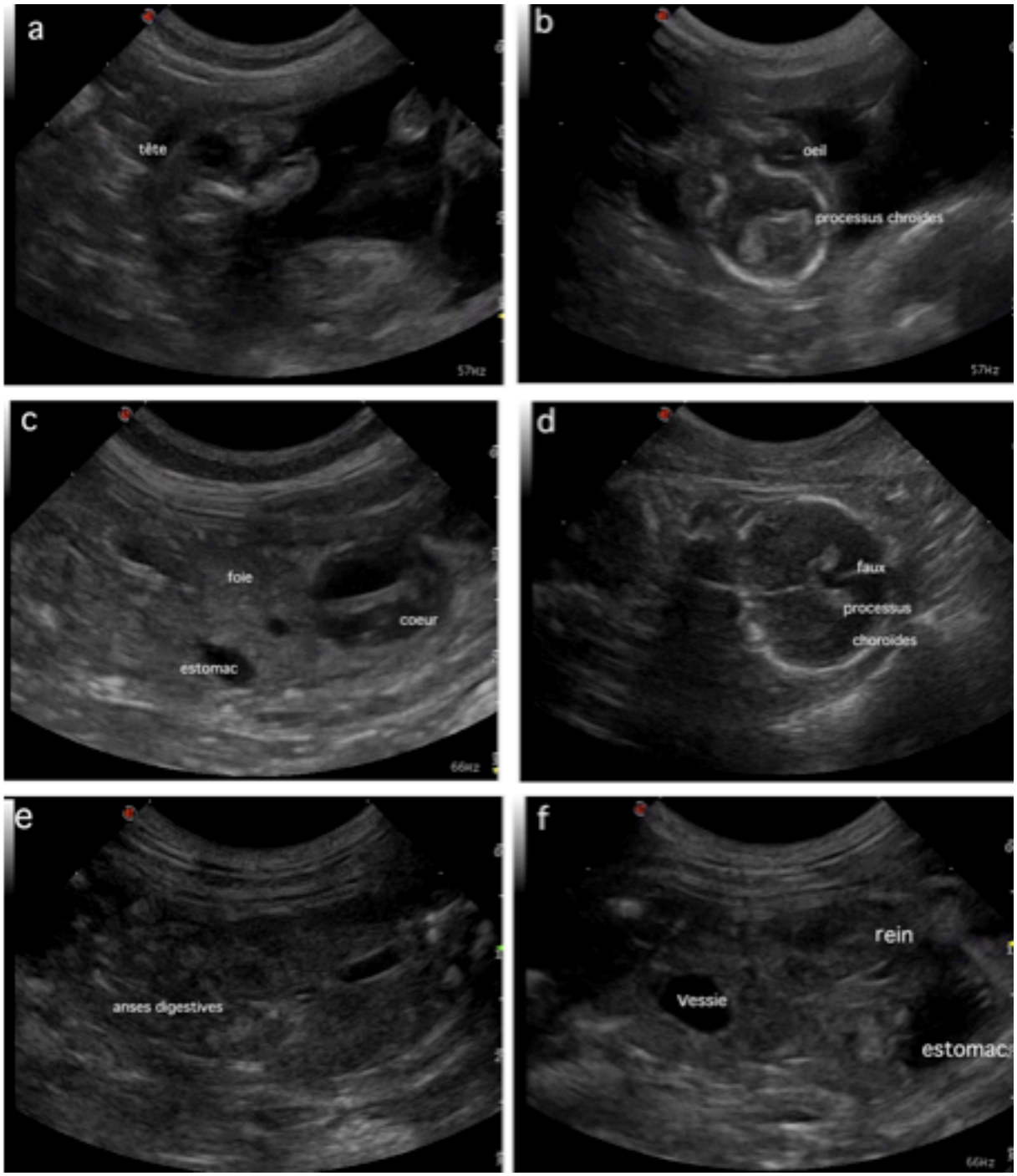


Figure 25 :Images échographiques : a-26 jours avant la mise bas, b-23 jours, c-d-e-f-7 jours (images du Dr Rault).

	Nombre de jours après l'accouplement	Intervalle
Chambre de gestation		
Forme sphérique	10	10-11
Forme citron	20	19-21
Paroi utérine		
Hyperéchogénicité de l'endomètre	4	3-5
Stratification du placenta	16	15-17
Placenta zonnaire	25	24-26
Position de l'embryon		
Embryon contre la chambre de gestation	14	13-16
Protubérance de l'embryon dans la chambre de gestation	16	15-17
Embryon séparé de la paroi de la chambre de gestation	17	16-18
Embryon au centre de la chambre de gestation	20	19-21
Annexe fœtale		
Sac vitellin	10	10-11
Allantoïde	18	17-19
Egalité des volumes entre le sac vitellin et allantoïde	20	19-21
Amnios	20	20-21
Egalité des volumes de l'amnios et de l'allantoïde	25	24-25
Forme tubulaire du sac vitellin en coupe longitudinale	25	25-27
Embryon et fœtus		
Battements cardiaques	16-17	16-18
Forme en C	18	17-19
Bourgeons des membres antérieurs	18	17-19
Forme définitive	26	24-27
Tube sagittal dorsal	30	26-30
Zone anéchogène au niveau de la tête	30	26-30
Estomac ponctiforme	30	29-30
Vessie ponctiforme	29-30	29-32
Hyperéchogénicité des poumons par rapport au foie	30	29-32
Cordon ombilical	30	39-32
Hyperéchogénicité du squelette	30	30-33
Mouvements du fœtus	30	30-34

Tableau 3 : Moment d'apparition ou de développement de quelques structures embryonnaires et fœtales en échographie lors de la gestation (d'après Zambelli et al 2002).

B. Biométrie fœtale

1. Dans la première moitié de gestation

L'ampoule embryonnaire est visible à partir du 10ième jour de gestation ce qui rend possible des mesures précoces. Dans l'étude de Zambelli 2002 (40), 12 gestations de chattes européennes âgées de 2 à 5 ans ont été suivies. La date de l'ovulation n'était pas connue. L'examen échographique a été réalisé à l'aide d'une sonde de 10 MHz. Lors de chaque expérimentation, au moins un foetus était mesuré de chaque côté de l'abdomen de la chatte. La moyenne a ensuite été calculée. Les mesures concernaient le diamètre interne et externe de l'ampoule embryonnaire et la longueur de l'embryon. Pour confirmer la fiabilité de leurs mesures, des ovario-hystérectomies ont été réalisées à J 10, 14, 16, 17, 18, 22 et 25 et à 30 jours. Cela a permis de montrer une corrélation positive entre les mesures échographiques et les mesures réelles sur l'embryon. Ils ont ensuite pu déterminer une corrélation significative entre la taille du fœtus (*Tf*) et le nombre de jours de gestation, le diamètre externe de l'ampoule (*Dea*) et le nombre de jours de gestation et enfin le diamètre interne de l'ampoule (*Dia*) et le nombre de jours de gestation. Les formules obtenues pour dater la durée de gestation (*Dg*) ainsi que le cœfficient de corrélation de Spearman (qui permet d'étudier l'existence d'une relation entre deux variables de distributions asymétriques) sont les suivantes :

$$Dg = 2{,}0087 \times Tf - 31{,}43,\ r2 = 0{,}985$$
$$Dg = 1{,}602 \times Dea - 12{,}13,\ r2 = 0{,}9683$$
$$Dg = 1{,}368 \times Dia - 11{,}566,\ r2 = 0{,}9451$$

La figure 26 est la représentation graphique de ces formules.

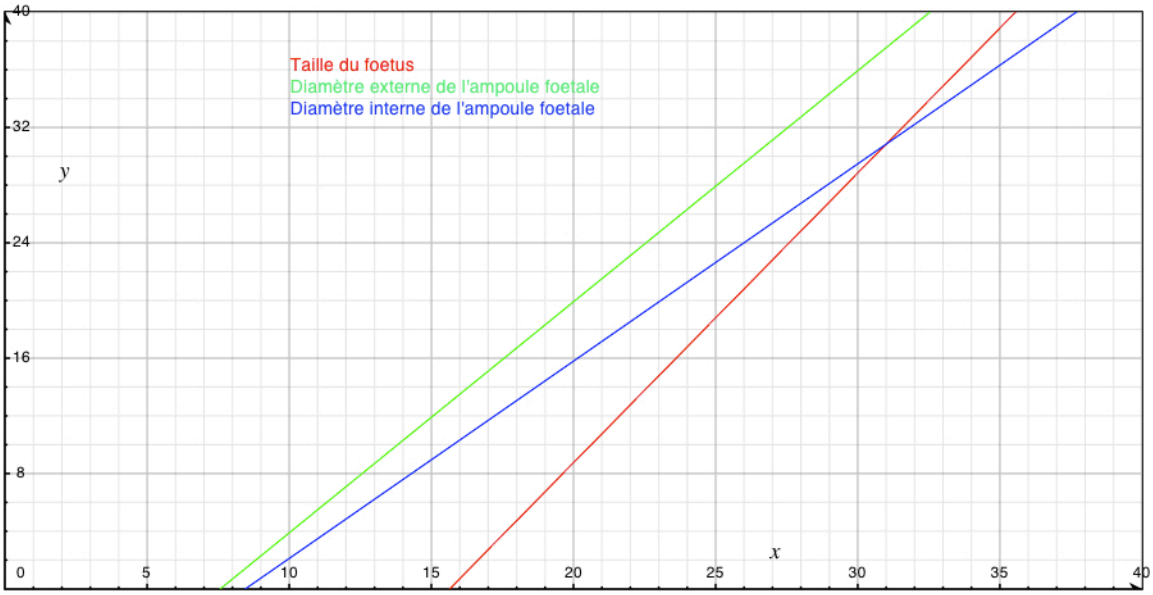


Figure 26 : Corrélation entre la moyenne des mesures échographiques et du nombre de jours depuis la saillie (d'après de Zambelli *et al*, 2002).

La limite rencontrée dans la mesure de l'embryon réside dans le bon alignement de celui-ci. Pour que la mesure soit correcte, il faut à la fois voir le point le plus rostral de la tête et la queue. Cela est plus aisé à partir du 17ième jour. En ce qui concerne le diamètre de l'ampoule, comme sa forme peut-être sphérique ou ovoïde, les auteurs ont choisi de prendre le plus petit diamètre. Aucune étude ne valide en revanche ce modèle basé sur un faible nombre de cas.

2. Dans la seconde moitié de gestation

En 1990, Beck *et al* (36), ont essayé de déterminer l'âge de gestation en se basant sur des mesures échographiques du diamètre bipariétal fœtal (BPD) et du diamètre du corps (DC). Huit gestations sur des chattes européennes (dont 4 vue deux fois) ont été suivies à l'aide d'une sonde de 5 MHz dans les 15 derniers jours de gestation. Lors de chaque échographie, une seule série d'images est sélectionnée (la meilleure) par chatte sans prendre en compte le nombre de fœtus présents. Le fœtus le plus facile à échographier est mesuré. Les mesures du diamètre du corps et de la tête sont faites sur l'échographe. Le BPD est la coupe transverse du crâne et passant par la faux. Le diamètre du corps est obtenu en regard de l'estomac et du foie. Pour chaque gestation entre trois et huit mesures sont réalisées. Les auteurs ont montré que lorsque le diamètre de la tête augmente de 1 cm, la chatte est 24,6 jours plus proche de la mise bas. Le diamètre du corps augmente plus vite que le diamètre de la tête. Ils obtiennent les relations suivantes entre le nombre de jours avant la mise bas (y) et le BPD et le DC (figure 27) :

$$y = 43{,}5 - 10{,}9 \times DC$$

$$y = 61{,}2 - 24{,}6 \times BPD$$

La figure 27 est la représentation graphique de ces formules.

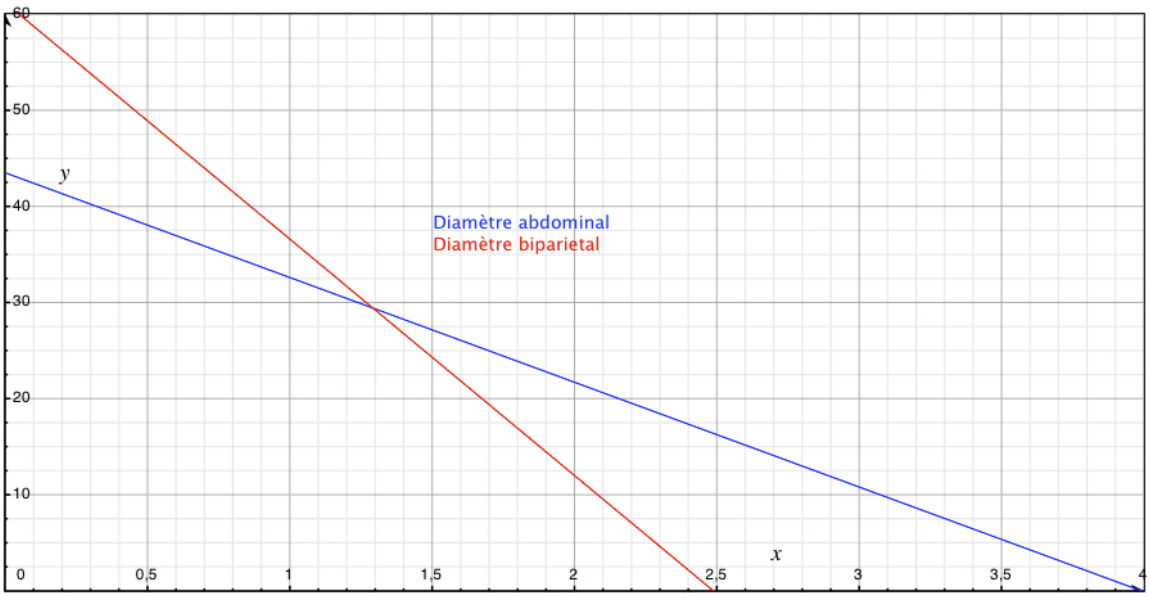


Figure 27 : Evolution du diamètre abdominal et biparietal en fonction du nombre de jours avant la mise bas (d'après de Beck *et al*, 1990).

Dans l'étude, les durées de gestation variaient de 51 à 83 jours à partir du coït. Les observations entre le DC et le BPD sont très inter-dépendantes. En comparant la durée de gestation et la prédiction obtenue, les auteurs obtiennent une précision de plus ou moins 2 jours. En revanche, on ne sait pas quel est le pourcentage de cette précision. Dans cette étude, la tête n'est pas visualisée avant 38 jours de gestation. L'échantillonnage des cas ne permet pas d'apprécier l'effet de la taille de la portée. L'étude ne permet pas non plus d'évaluer l'effet race car le nombre de cas n'est pas suffisant.

Dans l'étude de Zambelli *et al* de 2004 (39), 8 chattes gestantes ont été suivies. Elles étaient âgées de 2 à 5 ans. La durée de gestation est établie à partir de l'accouplement. Des mesures échographiques ont été réalisées : le diamètre abdominal (Da) et bipariétal (BPD) ainsi que sur le diamètre de l'estomac (De). Le Da est mesuré sur des images ou l'estomac est visible et le BPD est mesuré sur des sections transversales de la tête. Les échographies se sont déroulées aux jours 30, 35, 45, 50 et 60 et un fœtus est mesuré de chaque côté de l'abdomen. La moyenne des deux mesures est calculée. Les auteurs ont recherché des relations linéaires, paraboliques et exponentielles entre les mesures et la durée de gestation. Les formules obtenues ont été comparées à l'aide d'un coefficient de régression dont l'obtention n'est pas précisée. Le coefficient de régression est plus grand pour les régressions paraboliques et exponentielles par rapport aux régressions linéaires. Les équations obtenues avec la régression exponentielle en fonction de la durée de gestation (Dg) sont les suivantes (figure 28) :

$$Da = 0{,}405565 \times \exp(0{,}0372141 \times Dg)$$

$$DBP = 0{,}483873 \times \exp(0{,}02756 \times Dg)$$

$$De = 0{,}115113 \times \exp(0{,}0388901 \times Dg)$$

La figure 28 est la représentation graphique de ces formules.

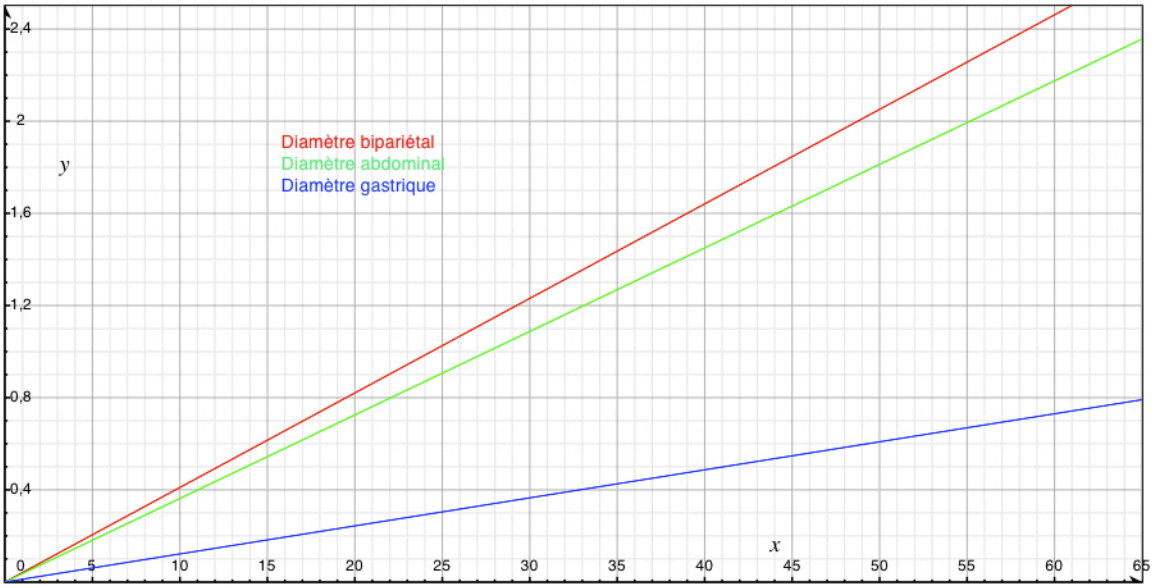


Figure 28 : Courbe d'estimation de la durée de gestation en fonction du diamètre bi-pariétal, gastrique et abdominal. x le nombre de jours de gestation, y la longueur en centimètre (d'après Zambelli *et al*, 2006).

Les auteurs n'ont pas évalué si la taille de la portée et le poids à la naissance pouvaient avoir une influence sur les mesures et la durée de gestation.

Dans l'étude de Beccaglia et al 2008 (41,42), les auteurs ont proposé de prédire le moment de la mise bas en mesurant par échographie le diamètre de la portion caudale du diencéphalo-télencephale (DPTV) comme cela est fait chez le chien (43), et de comparer les résultats obtenus en mesurant le diamètre bi-pariétal. L'étude a porté sur sept chats (3 Norvégiens et 4 Européens). Les échographies sont réalisées 25 jours après l'accouplement et sont répétées une fois par semaine jusqu'au moment de la mise bas à l'aide d'une sonde de 7,5MHz. Une relation linéaire est trouvée entre le DPTV et la durée de gestation (Dg) comme cela a précédemment été observée pour le DBP (36,39). Une régression linéaire simple est proposée. Les formules obtenues ont été testées sur 13 chattes pour le DPTV et sur 14 pour le DBP. Ainsi des intervalles de prédictions sont obtenus. Les formules sont les suivantes :

- $BP = 23{,}39 + 0{,}47 \times Dg$, avec $r^2=0{,}99$,

et une précision de plus ou moins 1 jours dans 64,3% des cas

- $DPTV = 10{,}74 + 0{,}22 \times Dg$, avec $r^2=0{,}81$,

et une précision de plus ou moins 1 jours dans 80,5% des cas

La figure 29 est la représentation graphique de ces formules.

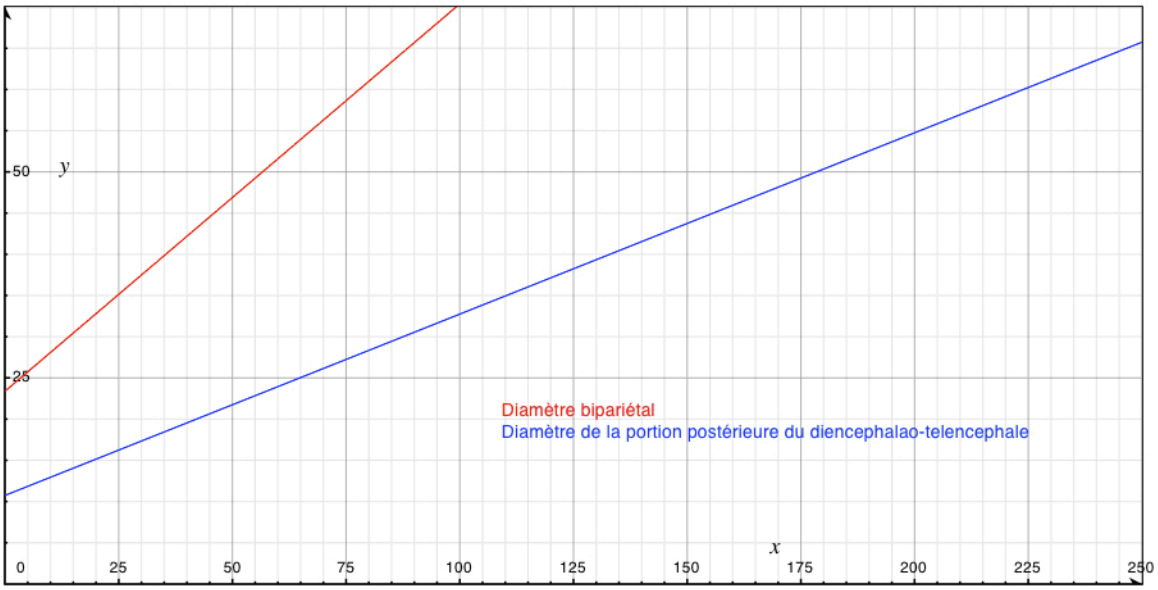


Figure 29 : Evolution du diamètre bipariétal et du diamètre de la portion postérieure du diencéphalo-télencéphale. x est la longueur en 10^{-1}mm et y le nombre de jours de gestation (d'après Beccaglia et al 2008)

Les auteurs ont conclu chez le chat comme chez le chien, que la précision est plus grande pour le DBP comparée au DPTV même s'il n'existe pas de différence significative entre ces deux modèles. Il faut noter que cette étude porte sur un faible nombre de cas pour l'obtention des formules de prédiction. De plus, même si des chattes de race ont été utilisées, l'effet de la race sur la prédiction n'a pas été recherché.

Enfin dans l'étude de Davidson *et al*, 2009 (33), les auteurs proposent les équations suivantes chez la chatte adaptées de l'étude de Beck et al (36), avec une précision de plus ou moins 2 jours :

$$Dg = 25 \times DBP + 3$$

$$Dg = 11 \times BD + 21$$

La figure 30 est la représentation graphique de ces formules.

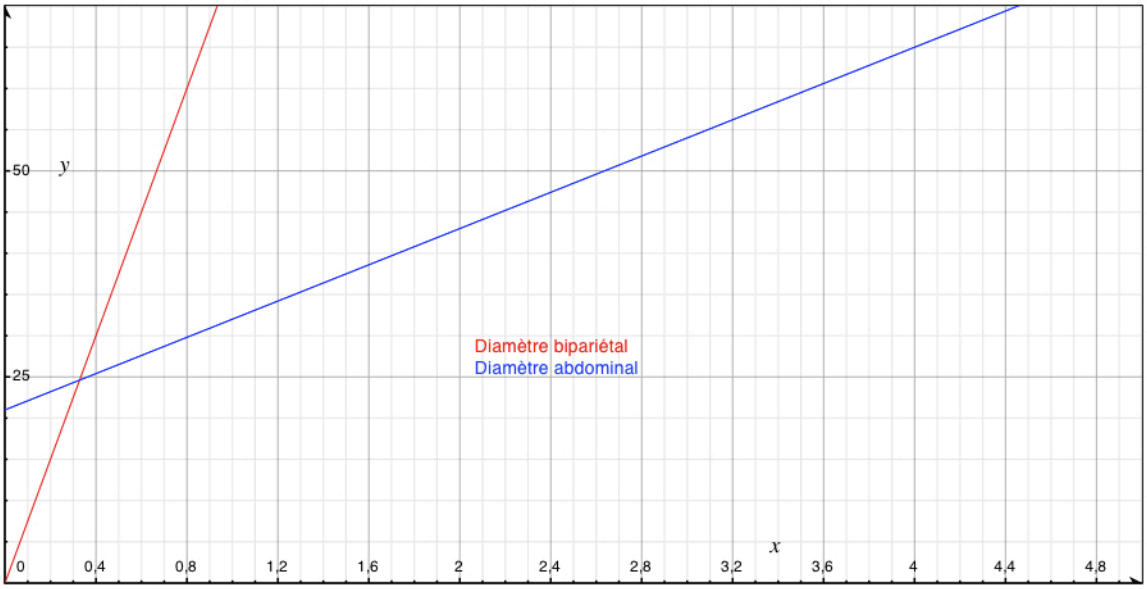


Figure 30 : Evolution du diamètre abdominal et du diamètre bipariétal en fonction du nombre de jours de gestation, x la longueur en centimètres et y le nombre de jours de gestation (d'après Davidson *et al*, 2009).

Ces équations sont utilisables pour des gestations de plus de 40 jours. Les auteurs proposent de convertir la Dg en nombre de jours avant la mise bas (J) par la formule suivante :

$$Dg = 61 - J$$

Or nous avons vu précédemment que la durée de gestation chez la chatte présente de grandes variations. Ces extrapolations de l'étude de Beck et al sont donc scientifiquement fausses et à ne pas utiliser.

Comme exposé lors de la partie bibliographique, la prédiction de la mise bas dans l'espèce féline est peu développée. Le vétérinaire a le choix entre l'observation de la minéralisation en radiographie (deux études font références), la visualisation de l'organogenèse en échographie (deux études font références), et l'utilisation de formules de prédiction à l'aide de la biométrie fœtale (un modèle dans la première moitié de gestation et 3 pour la seconde moitié de gestation). Une seule étude (42) définit un intervalle de prédiction autour de la date attendue en utilisant des formules. De plus, toutes ces études ont été réalisées sur un faible nombre de cas. Elles ont aussi été appliquées sur des animaux similaires à ceux utilisés pour la création des modèles. Concernant le poids du chaton à la naissance, la littérature est quasiment dépourvue d'informations. Quelques études anciennes ont abordé ce sujet, mais leurs utilisations pratiques restent limitées et aucune étude ne prédit le poids du chaton à la naissance.

Etude expérimentale

L'étude expérimentale est une étude prédictive du poids de naissance du chaton et de la mise bas chez le chat. Les objectifs sont ainsi doubles : la création d'un modèle de prédiction du moment de la mise bas chez la chatte et la création d'un modèle de prédiction du poids moyen du chaton en bonne condition générale à la naissance. Pour cela l'étude a été réalisée sur 11 chattes de races différentes. L'échographie et la radiographie ont été utilisées afin de réaliser des mesures de biométrie fœtales. Les structures étudiées spécifiquement étaient le crâne par le diamètre bipariétal (BDP) et le fémur par sa longueur (LF). Cette dernière mesure est ici étudiée pour la première fois dans l'espèce féline. L'influence de plusieurs facteurs pouvant modifier le moment de la mise bas et le poids du chaton ont été aussi étudiés. Dans l'étude, les facteurs de gestations choisis sont le rang de gestation et la taille de la portée. Les facteurs maternels sélectionnés sont le poids de la chatte avant la gestation, la hauteur au garrot et l'âge de la chatte en début de gestation. L'analyse statistique des prédictions a été réalisée en utilisant de modèles multi-variés.

Nous tenons à souligner que cette étude a été réalisée avec la participation active de sept éleveurs qui se sont prêtés au jeu et à la collaboration constante du Docteur Delphine Rault (diplômée ECVDI) du centre AZURVET.

I. Matériel et méthodes

A. Chattes gestantes

Pour la réalisation de l'étude, des éleveurs ont été sélectionnés. Les chattes étaient toutes en bonne santé, avec un état d'embonpoint normal. Les chattes ont été saillies directement chez les éleveurs, puis la gestation s'est déroulée chez eux.

Des chattes ont été exclues des l'études pour les motifs suivants: avortements et naissance de chatons malformés (fente palatine, malformation osseuse et éventration ont été les motifs de rejets observés).

Vingt quatre chattes ont été finalement incluses sur une période d'un an et demi : huit Norvégiens, cinq chats de race Maine Coon, deux Bengals, deux Orientaux, un York Chocolate, un British Shorthair, un Chaussie, un Siberian, un Burmèse, un Sacré de Birmanie un Chartreux et un Van Cat.

Pour chaque chatte, il a été systématiquement noté le poids avant la gestation, la hauteur au garrot et le rang de la portée. Tous ces paramètres ont été par la suite considérés comme des facteurs maternels. Les poids obtenus variaient de 2,7 kg à 5,8 kg (moyenne de 4,1 kg et écart type de 0,8 kg). La hauteur au garrot variait de 23 à 35 cm (moyenne de 28,4 cm et écart type de 3,2 cm). L'âge variait de 0,7 à 6,0 ans (moyenne de 2,7 ans et écart type de un an et demi). Il y avait avant le début de l'étude 12 chattes primipares, 6 chattes ayant eu une seule portée, trois chattes ayant eu 2 portées et trois chattes ayant déjà eu 3 portées. Ainsi la moyenne du rang de gestation était de 1,8 portées avec un écart type de 1,1 (figures 31 et 32). Les données par race sont résumées dans le tableau 4.

Race	Nombre de chatte	Nombre de chatons par portée	Hauteur au garrot	Poids	Rang de gestation	Age
York Chocolat	1	4	27,5	4,8	2	4
Orientale	2	5	23,5	3,15	2,5	1,85
British	1	5	28	3,7	3	2,5
Norvégien	8	3,1	31,6	4,1	1,5	2,9
Chaussie	1	4	29	3,5	2	5
Maine coon	5	3,6	31,9	5	1,2	2,4
Bengal	2	5	26	3,2	2	2
Chartreux	1	4	27	3,8	3	2,5
Sibérien	1	7	27	3,5	1	1
Sacré de Birmanie	1	4	27	3,3	3	2,8
Turc de Van	1	3	28,5	4,33	4	5

Tableau 4 : Récapitulatif des données sur les chattes classées par race

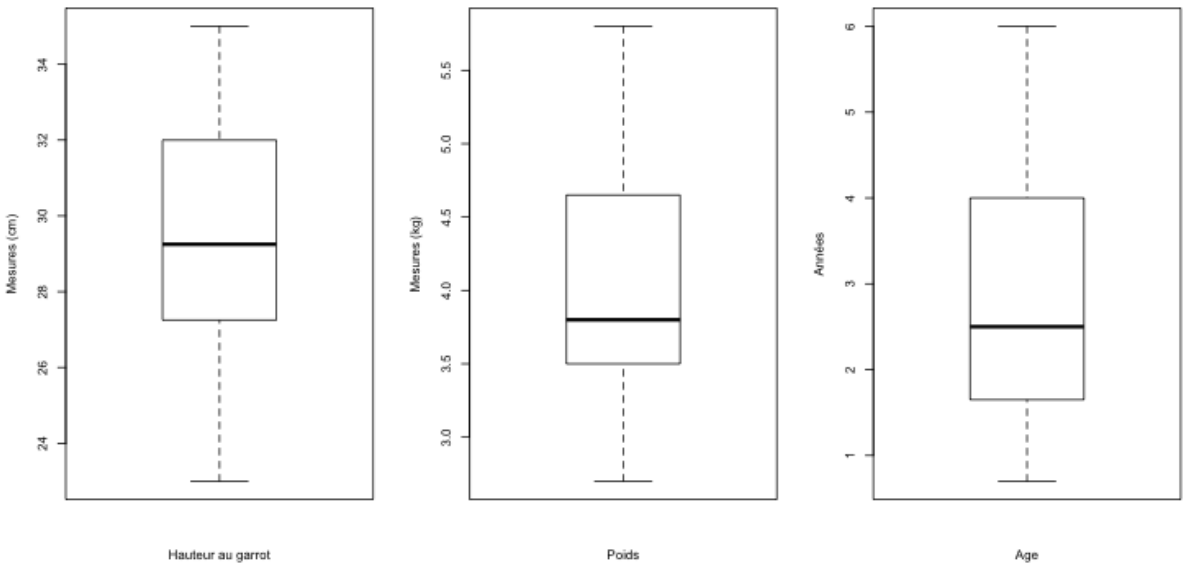


Figure 31 : Boite à moustache de la hauteur au garrot, du poids et de l'âge des chattes de l'étude.

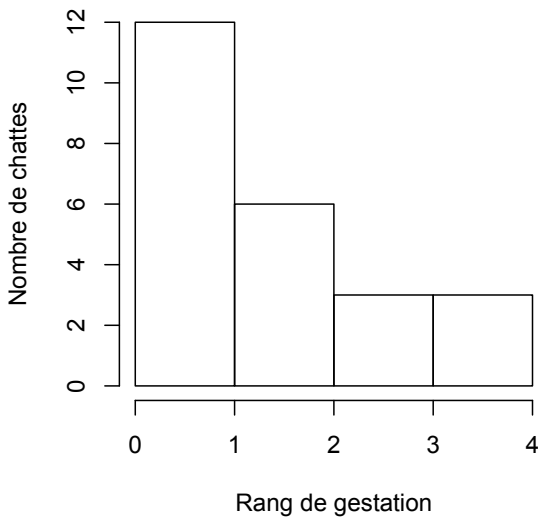


Figure 32 : Histogramme du nombre de gestation par chatte

Pour la réalisation de l'étude, les éleveurs ont conduit leurs chattes une, deux ou trois fois au centre d'Imagerie AZURVET. Les visites se faisaient à l'écart des autres animaux pour limiter le stress des chattes et diminuer les éventuels risques infectieux. Le matériel utilisé était nettoyé puis désinfecté à l'alcool.

Les dates des visites et la date de la mise bas ont été conservées afin de calculer à postériori le nombre de jours entre chaque visite et la mise bas. Les techniques de saillie étant différentes suivant les éleveurs, la durée de la gestation à partir du coït n'a pas été retenue et intégrée dans l'étude. En effet, la durée de mise à la saillie variait de 1 à 3 jours suivant les éleveurs.

B. Radiographie

Lors de chaque visite, une radiographie de face (incidence ventro-dorsale) et une radiographie de profil (incidence latérale droite) ont été réalisées. Toutes les radiographies ont été faites en incidence directe. Les constantes choisies étaient toujours les mêmes quelque soit le format de la chatte (65 mA, 200 kV et 0,02 ms) Un marqueur métallique rectiligne de 5 cm de long était posé directement sur l'écran (figure 33). Pour la contention des chattes, la radiologue vétérinaire (Dr. Rault) était assistée d'une auxiliaire vétérinaire. Une développeuse numérique permettait de stocker les radiographies en fichier DICOM et de les exploiter avec le logiciel Osirix (World's fastest DICOM viewer, Pixmeo Sarl, version 3.8.1).

Sur chaque radiographie, la minéralisation osseuse, le nombre de fœtus, la mesure des fémurs et des diamètres bipariétaux ont été évalués. Concernant les mesures de la LF et du DBP, elles étaient considérées correctes si les fémurs étaient allongés au maximum et les crânes présentaient une projection symétrique transversale ou dorsale (figure 34-36). Afin d'avoir une minéralisation suffisante dès la première visite, les radiographies étaient effectuées dans la deuxième moitié de gestation.

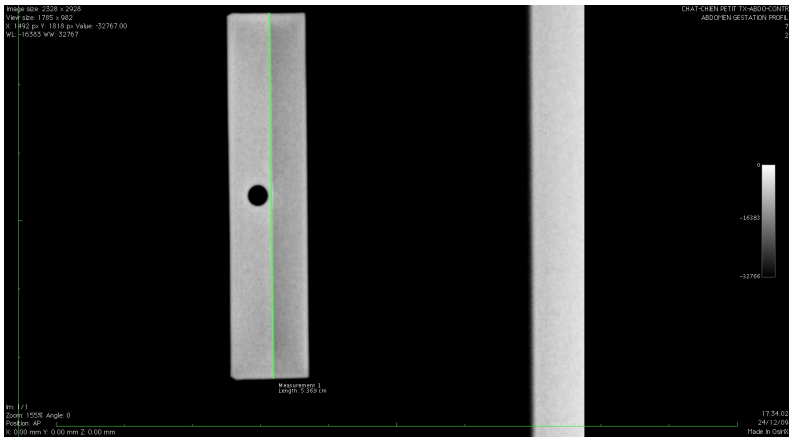


Figure 33 : Radiographie du marqueur métallique de 5 cm de long

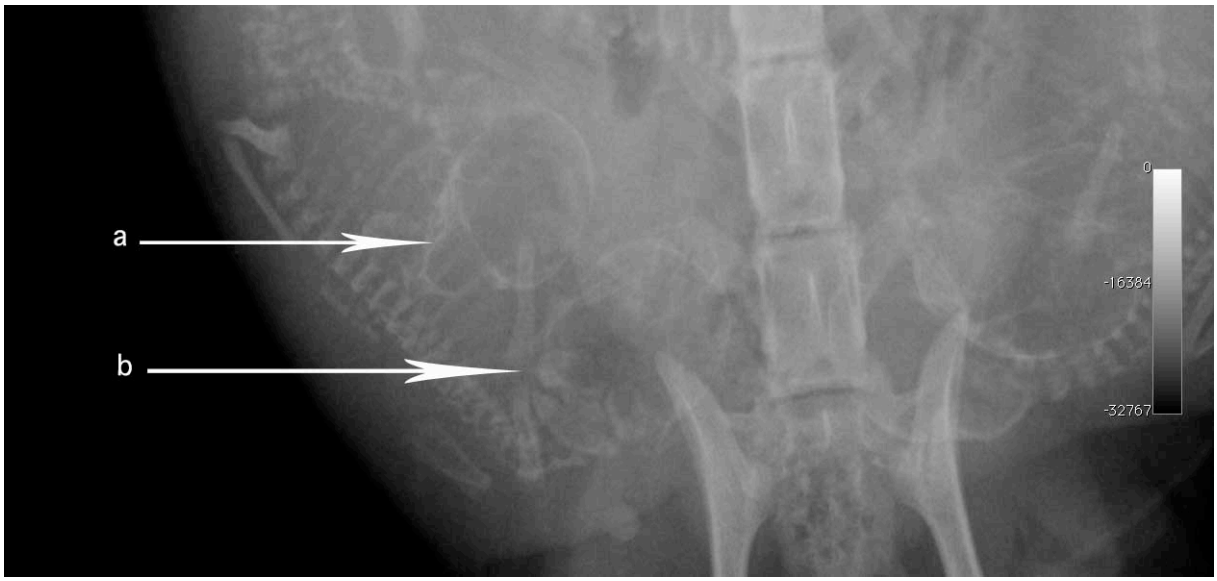


Figure 34 : Radiographie de face : le crâne (a) est de profil et le crâne (b) est de face et sera donc mesuré (cliché du Dr Rault).

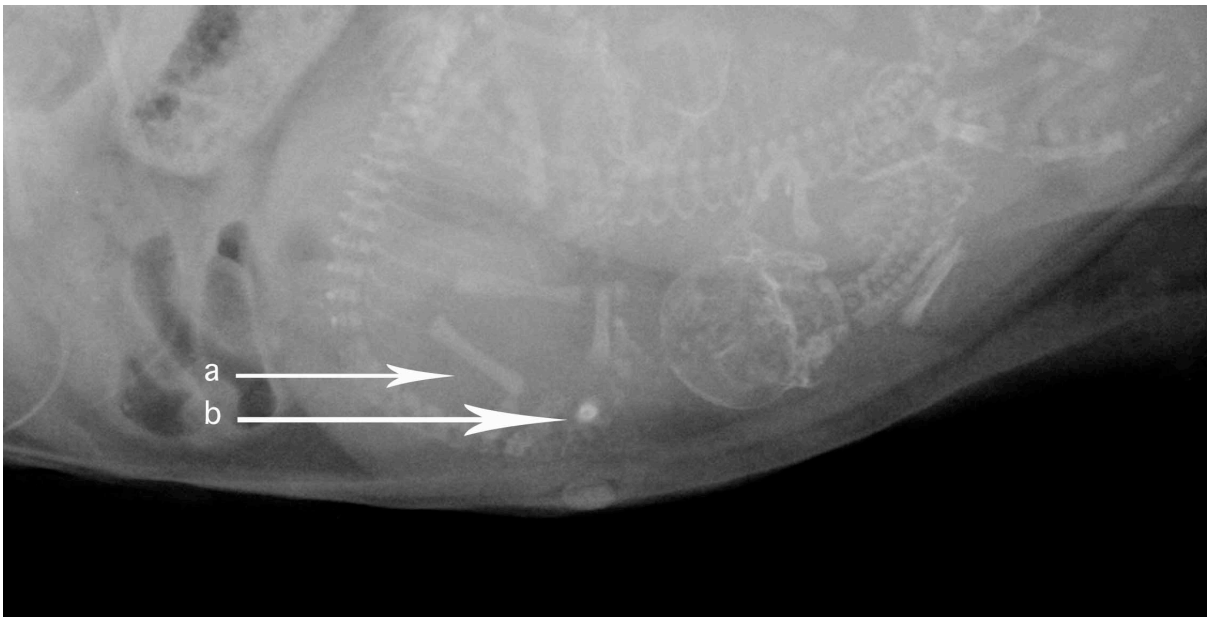


Figure 35 : Radiographie de profil : la flèche (a) présente un fémur correctement aligné et mesurable dans sa longueur, le flèche (b) représente le second fémur de ce fœtus.(cliché du Dr Rault).

Figure 36 : Radiographie : la minéralisation est suffisante mais le remplissage du colon empêche l'identification des fémurs (cliché du Dr Rault).

C. Echographie

Tous les examens échographiques ont été réalisés par le même radiologue (Dr. Rault), dans la seconde moitié de la gestation, les échographies se déroulant après les radiographies. Les chattes étaient placées en décubitus dorsal (figure 37). Les chattes étaient presque toutes tondues, surtout en fin de gestation. Tous les examens ont été réalisés sur chattes vigiles. L'échographe utilisé pour ces mesures était un Mylab 60 (ESAOTE) avec une sonde micro convexe de 3 à 9 MHz en haute résolution optimisant alors l'utilisation des fréquences hautes.

Figure 37 : Echographie en décubitus dorsal sans sédation des chattes.

Lors de l'examen, la viabilité des fœtus était systématiquement évaluée. Sur chaque fœtus, il était mesuré le DBP et la LF (figure 38-40). Pour cela, la sonde a été positionnée le plus proche possible de la tête ou du fémur. Les coupes recherchées étaient pour le crâne une coupe transversale ou dorsale en région des plexus choroïdes et pour le fémur une coupe longitudinale (le fémur étant aligné le plus perpendiculairement possible au faisceau ultrasonore). La LF est la distance entre les deux extrémités des diaphyses (44). Le DBP est la distance entre les os pariétaux du crâne. Toutes les mesures ont été réalisées sur des images figées.

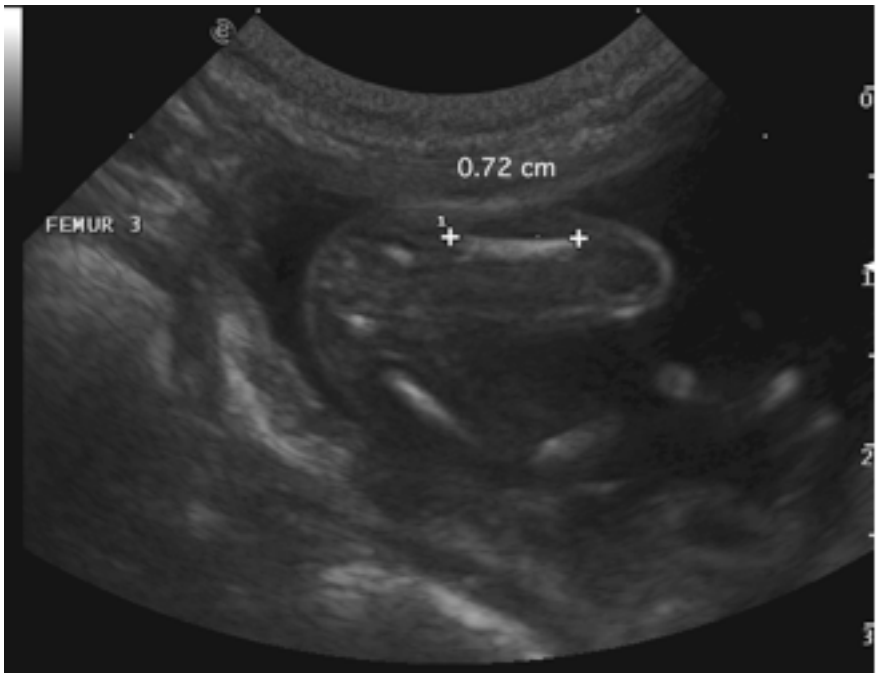


Figure 38 : Fémur de 0,72 cm 23 jours avant la mise bas (image du Dr Rault).

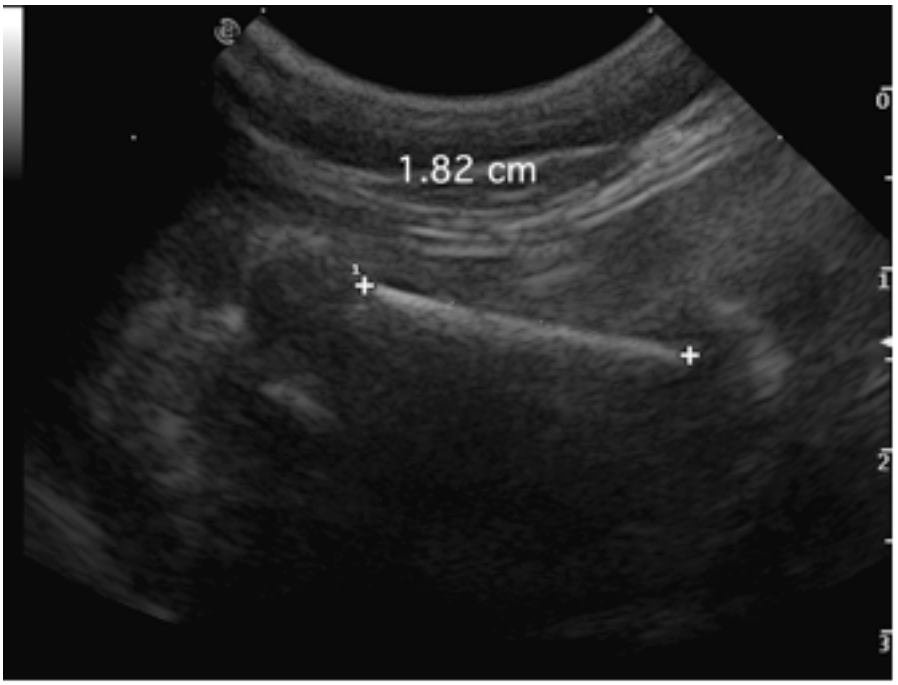


Figure 39 : Fémur de 1,82 cm, 4 jours avant la mise bas (images du Dr Rault).

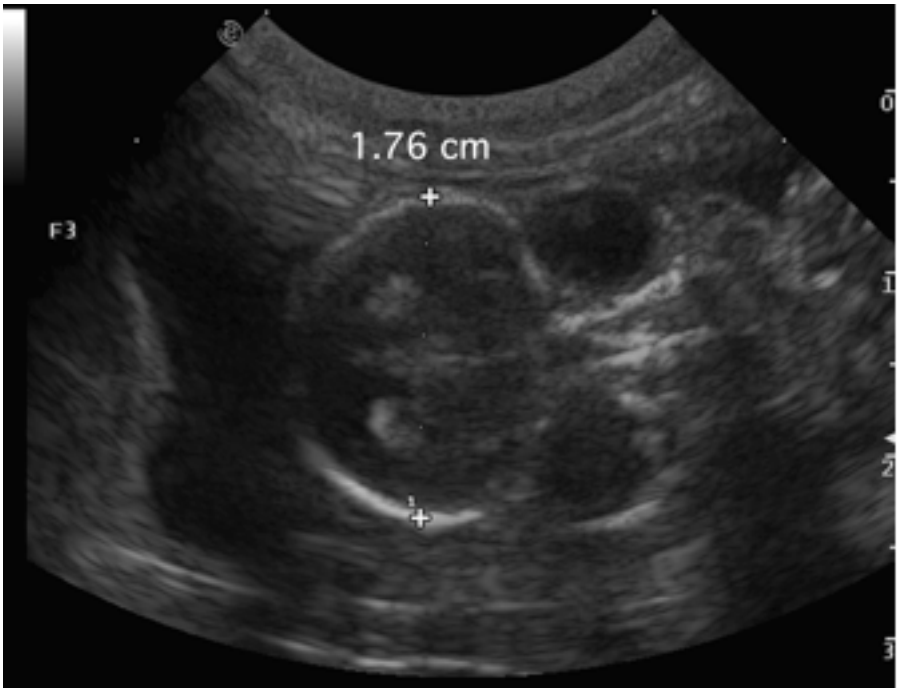


Figure 40 : Diamètre bipariétal de 1,76 cm, 15 jours avant la mise bas (image du Dr Rault).

Afin d'éviter des erreurs d'identification osseuse lors de la mesure du fémur, le bassin devait être systématiquement identifié ainsi que le tibia et la fibula (représentés par deux lignes hyper échogènes) (figure 41).

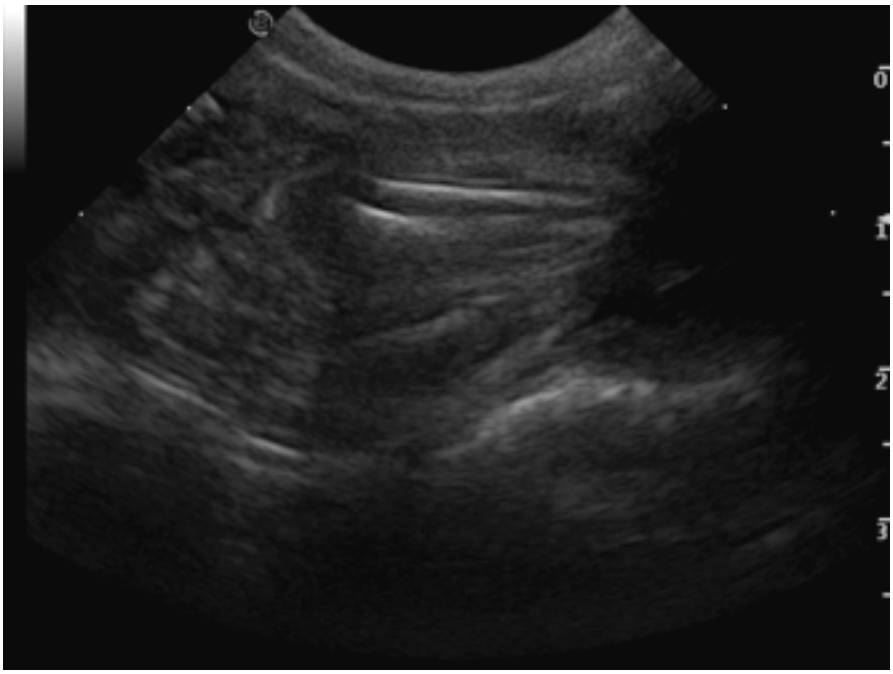


Figure 41 : Tibia et fibula 7 jours avant la mise bas (image du Dr Rault)

D. Chatons à la naissance

Tous les chatons ont été pesés dans les 12h après la naissance. Pour cela, ils ont été placés sur des balances de cuisine d'une précision de 1 g.

Pour la plus part, ils ont été mesurés du bout du nez à la base de la queue pour connaitre la longueur de la tête à la croupe.

E. Analyse statistique

Une matrice ergonomique a été créée pour permettre une utilisation optimale des données. Le tableau s'est construit par ligne, avec une ligne par fœtus et en colonne le nombre de jours avant la mise bas, les mesures de la LF et du BDP, le nom de la chatte, sa race, son âge, son poids, sa hauteur au garrot et le nombre de chatons dans la portée (Annexe 1).

Les distributions du poids de naissance et du logarithme du poids de naissance ont été étudiées à l'aide de Box plot, Q-Q plot et d'un test de la normalité de Shapiro Wilk. Des régressions linéaires multi-variées ont été utilisées pour évaluer l'effet de la race, de l'âge, du poids et de la hauteur au garrot de la chatte, du rang de gestation et de la taille de la portée, sur le poids de naissance des chatons.

Enfin, les modèles de prédiction ont été établis à l'aide de régressions linéaires. Des régressions linéaires simples ont été utilisées pour les modèles se basant sur la radiographie. Des modèles linéaires multi-variés ont été choisis dans les autres cas à l'aide des fonctions glm ou lmer du logiciel R (45). Le choix de ces modèles a été fait à l'aide d'une part du coefficient de corrélation linéaire (r) et d'autre part, par l'évaluation du critère d'Akaike (AIC).

Il a été aussi calculé des intervalles de prédiction à 70%. Cette valeur a été choisie en par rapport aux données de la littératures. Depuis, cette valeur nous a semblé acceptable d'un point de vue clinique mais reste un choix personnel.

II. Prédiction de la mise bas

Cette première étude a pour objectif d'établir un modèle de prédiction du moment de la mise-bas chez la chatte en utilisant des mesures radiographiques et échographiques des fémurs et des diamètres bipariétaux. Les effets éventuels du poids, de l'âge et de la hauteur au garrot ainsi que la taille de la portée et du rang de gestation seront étudiés.

A. Resultats

1. Résultats des examens radiographiques

Le nombre de fœtus comptés à l'aide des deux incidences radiographiques étaient le même que celui observé à la naissance. Ainsi le nombre moyen de chatons par portée était de 3,9 avec un écart type de 1,8 (figure 42).

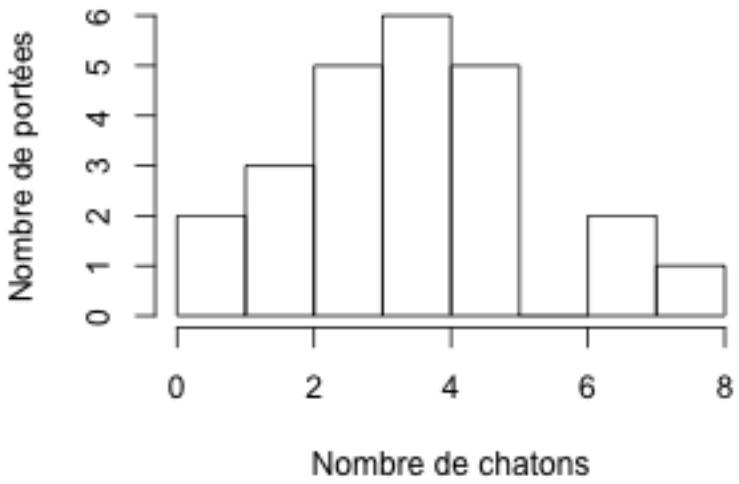


Figure 42 : Histogramme du nombre de chatons par portée.

Sur le nombre total de fémurs et de crânes observés à la radiographie, un faible nombre présentait une orientation satisfaisante des crânes et fémurs. Ainsi 12 % des BDP et 22% des fémurs ont pu être mesurés.

Un modèle linéaire simple a été choisi pour objectiver la relation entre le nombre de jours avant la mise bas et les mesures biométriques radiographiques. L'équation affine proposée pour prédire le nombre de jours restant avant la mise bas ($y1$) en fonction de la LF est :

$$y1 = 27{,}621 - 0{,}132 \times LF$$

$$r = 0{,}84.$$

L'équation affine proposée pour prédire le nombre de jours restant avant la mise bas ($y2$) en fonction du DBP est :

$$y2 = 52{,}154 - 0{,}204 \times DBP$$

$$r = 0{,}77$$

Des intervalles de prédiction à 70 % sont respectivement $y1 \pm 4{,}6$ jours et $y2 \pm 3{,}3$ jours. La figure 43 présente l'ensemble des valeurs et les droites des régréssions obtenues.

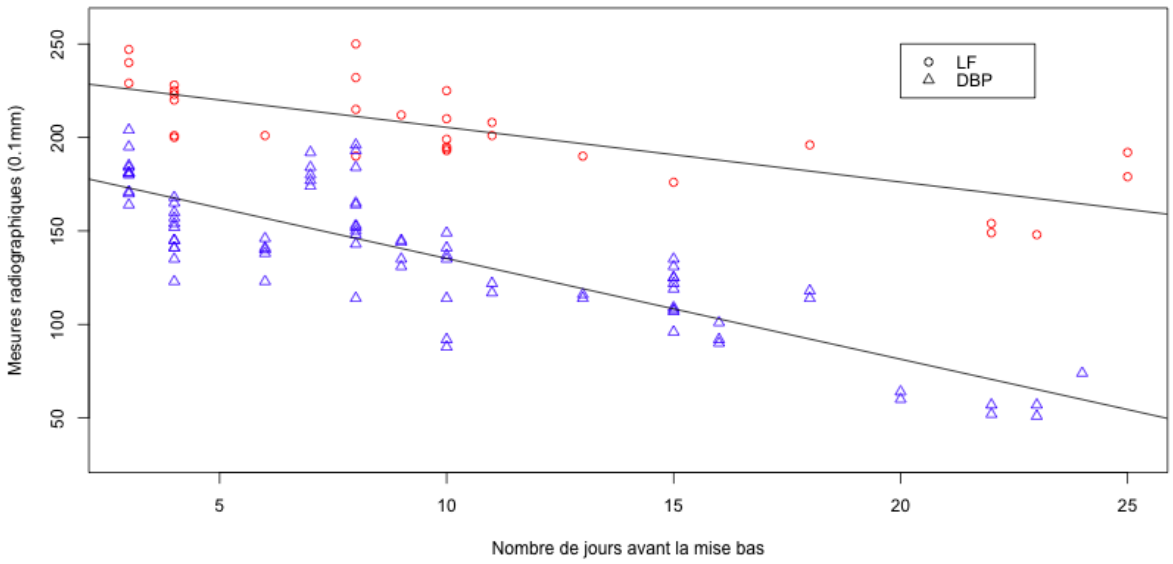


Figure 43 : Représentation graphique des mesures radiographiques de la FL et du DBP (en 10^{-1} mm) en fonction du nombre de jours avant la mise bas.

2. Résultats des examens échographiques

Le DBP et la LF augmentent linéairement plus on se rapproche de la mise bas. Il a été décidé de travailler avec un modèle linéaire multi-varié à effet mixte car le nombre de données était suffisant et qu'une chatte donnée portait un ou plusieurs fœtus. Ce modèle a permis de considérer chaque fœtus comme un individu en s'affranchissant de leur lien de parenté à une même chatte. Ainsi, au lieu de travailler avec des moyennes de la LF et du DBP sur une même portée, on augmente le nombre de mesures en considérant tous les fœtus observés (figure 44). Le BDP et la LF ont une relation linéaire similaire avec le nombre de jours avant la mise bas. Néanmoins, l'AIC est plus faible pour la régression avec la LF. Pas à pas il a été rajouté des paramètres aux régressions linéaires jusqu'à obtenir le meilleur modèle.

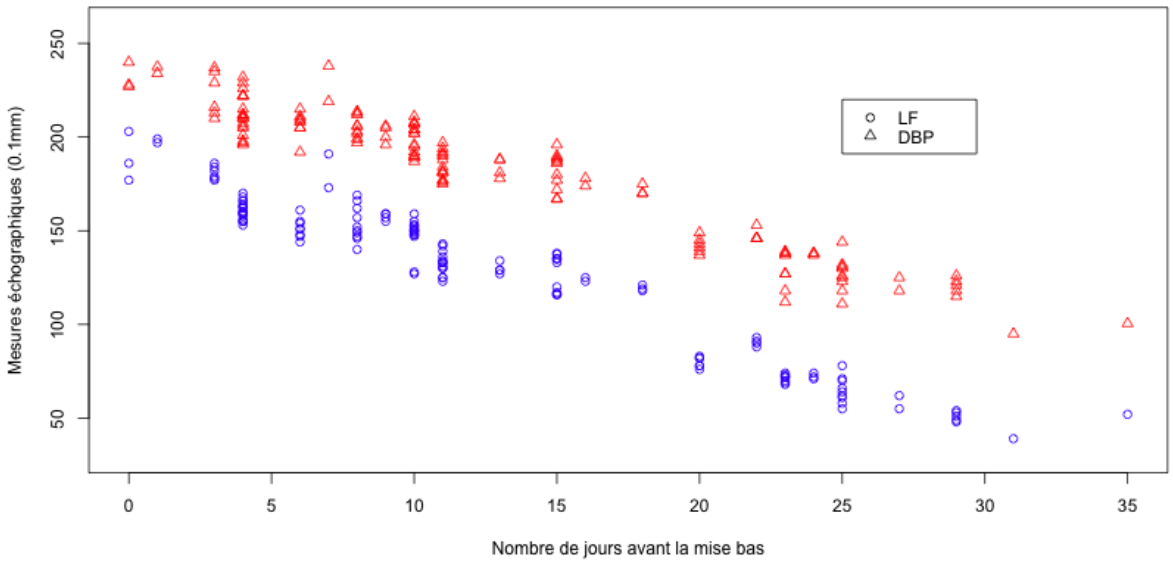


Figure 44 : Représentation graphique de mesures échographiques de la FL et du DBP (en 10^{-1} mm) en fonction du nombre de jours avant la mise bas.

Ainsi le modèle final choisi contenait la LF, le poids de la chatte avant la gestation (P), la taille de la portée (Tp) et l'âge de la chatte (A). Tous ces paramètres sont significatifs ($p<0,01$). L'équation obtenue est :

$$Y = 37,864 - 0,193 \times LF + 1,227 \times P - 0,615 \times Tp - 0,832 \times A$$

L'intervalle de prédiction à 70 % obtenu est $Y \pm 1,6$ jours.

Donc, le nombre de jours avant la mise bas augmente avec le poids de la chatte avant la gestation ($p<0,01$). Plus la mesure du fémur est grande, plus la mise bas est proche ($p<0,01$).

A taille de fémur égale, la chatte ayant la plus grande portée sera plus proche de la mise bas ($p<0,01$). A taille de fémur égale, la chatte la plus âgée sera plus proche de la mise bas ($p<0,01$).

B. Discussion

1. Chattes gestantes

Comme nous l'avons vu dans la première partie, les durées de gestations varient en fonction des races (9). Cette observation est aussi faite chez la chienne (9) et chez l'homme (46). C'est pourquoi l'étude a été réalisée sur 24 chattes de 11 races différentes, afin d'évaluer l'influence de ce paramètre dans un modèle de prédiction. Aucun effet race n'a été observé en raison du faible nombre d'individus dans chaque race étudiée. Toutefois, l'étude a évalué le gabarit (ou format) des chattes par l'intermédiaire du poids et de la hauteur au garrot. L'influence du format de la chatte n'avait jamais été évaluée auparavant. Chez le chien, il a été étudié qualitativement à l'aide de trois catégories subjectives du format des chiens (petit, moyen ou grand) (47-49). Dans cette étude, nous avons choisi d'utiliser des paramètres quantitatifs pour décrire le format des chattes (poids et hauteur au garrot). Notre étude a montré que le nombre de jours avant la mise bas augmente pour une chatte dont le poids avant la gestation est plus importante qu'une autre ($p<0,01$). Ainsi le format de la chatte, via le poids de la chatte, semble influencer le nombre de jours avant la mise bas, puisque toutes les chattes avaient une note d'état corporel normale. Chez l'homme, l'obésité augmente la durée de la grossesse (46,50), mais notre étude ne comportait pas de chattes en excès ou insuffisance pondérale.

Plus une chatte est âgée, plus le nombre de jours avant la mise bas est court comparé à une autre chatte pour une même LF. Cependant, il n'y a pas de relation significative entre l'âge des chattes et la durée de la gestation dans l'étude de Sparkers *et al*, 2006 (9). Toutefois, il est difficile de comparer les résultats entre les deux études: ils ont évalué la durée de la gestation du coït au moment de la mise bas, alors que nous avons évalué le temps restant avant la mise bas à partir de l'examen.

Dans notre étude, le temps avant la mise bas est plus court lorsque la taille de la portée est plus grande, tandis que dans l'étude précédente (9), il n'y avait pas de relation significative entre la taille de la portée et la durée de gestation chez les chattes.

2. Examen radiographique

La radiographie est indispensable afin de compter le nombre de fœtus (31,32,34,37), mais manque de fiabilité pour prédire le moment de la mise bas. Les intervalles de prédiction obtenus à partir des modèles développés dans notre étude sont en effet peu applicables en pratique. La sous-estimation et la sur-évaluation des mesures pourraient être expliquées par la position oblique du fœtus sur la plupart des radiographies.

3. Examen échographique

L'étude a confirmé que le DBP présente une relation linéaire avec le nombre de jours avant la parturition chez la chatte, comme cela a été observé dans d'autres publications (30,41,42). Les mesures de la LF sont utilisées en humaine, afin de prédire la date de l'accouchement (51). Toutefois, la LF n'a jamais été évaluée chez la chatte. L'étude a montré que les LF évoluent linéairement avec le nombre de jours avant la mise bas.

Le choix du modèle utilisé se justifie à la vue de l'importance de l'effet aléatoire des chattes (plusieurs fœtus pour une même chatte). En revanche, cet effet n'avait jamais été étudié lors des études précédentes ce qui rend la comparaison entre ces études impossible (30,42). Nous avons choisi d'utiliser ce modèle afin d'inclure chaque fœtus comme un individu distinct pour augmenter la taille de l'échantillon final.

L'association de la mesure échographique de la LF, du poids, de l'âge de la chatte et du nombre de fœtus, a fourni un modèle de prédiction du moment de la mise bas dans la seconde moitié de la gestation.

Le DBP ne peut être ajouté dans la formule car il est lié à la LF pour un même fœtus. Chez l'homme, les régressions combinent plusieurs paramètres biométriques fœtaux, comme par exemple le DBP, la LF et la circonférence abdominale (52,53), mais n'incluent pas les facteurs maternels. Il convient également de noter que les études sur l'homme sont basées sur des populations plus importantes et, par conséquent, utilisent des analyses statistiques différentes qui permettent d'inclure plusieurs paramètres biométriques.

III. Prédiction du poids

L'objectif de cette étude prospective était d'évaluer la relation entre le poids de naissance des chatons et les facteurs biométriques des fœtus et de la chatte au cours de la gestation. Des modèles de prédiction ont été établis à partir d'une part des mesures échographiques de la longueur du fémur (LF) et du diamètre bipariétal (DBP), et d'autre part des facteurs de gestation et des facteurs maternels.

A. Résultats

1. Poids à la naissance

Le poids moyen à la naissance était de 103,6 g, variant de 65,0 à 165,0 g. Le poids moyen de naissance est représenté en fonction des races dans la figure 45.

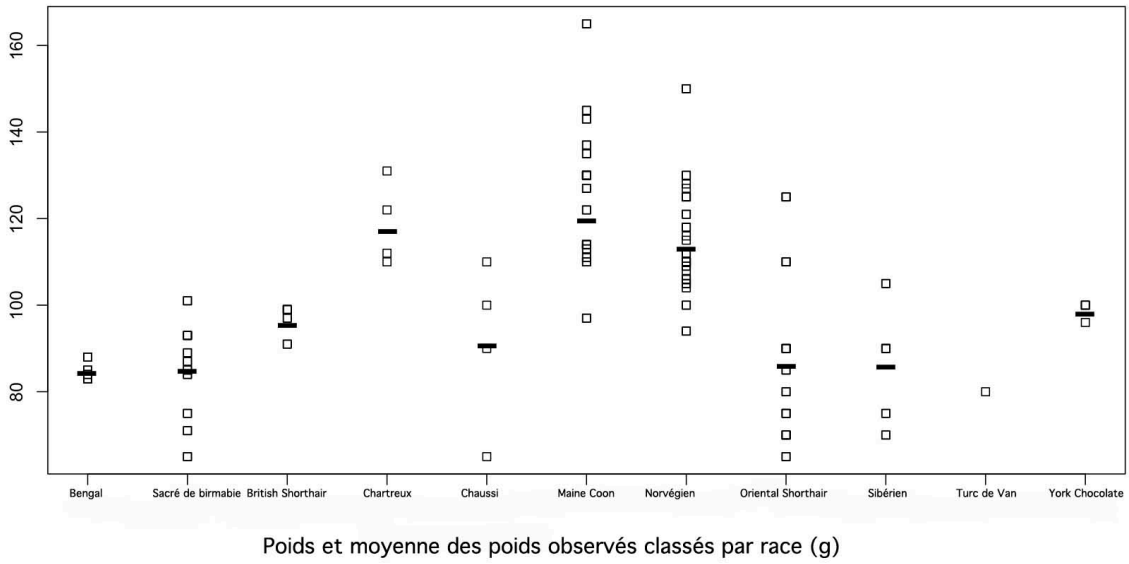


Figure 45 : Poids des chatons à la naissance suivant les races.

Le poids de naissance était significativement plus élevé pour les Norvégien, Maine Coon et Chartreux par rapport aux autres races. Le logarithme du poids à la naissance présente une distribution normale alors que le poids à la naissance n'en présente pas (figure 46).

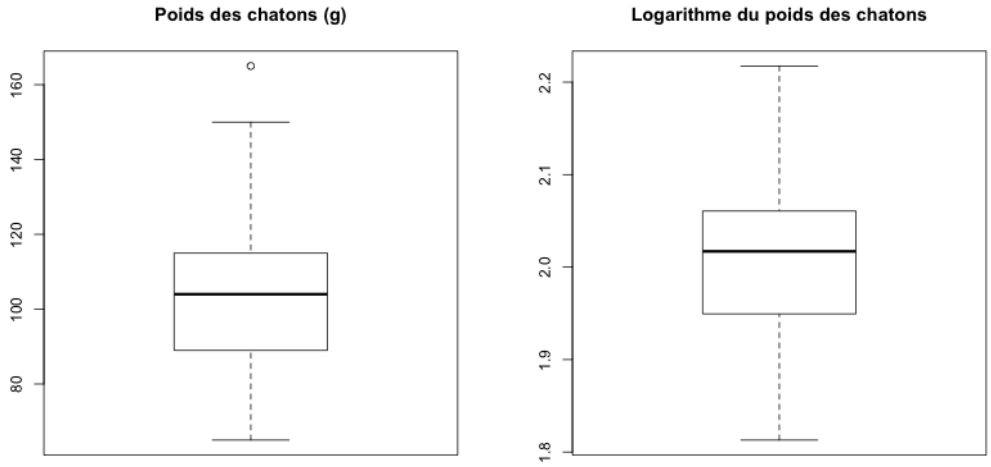


Figure 46 : Boite à moustache du poids des chatons et du logarithme du poids des chatons le jour de la naissance.

Aucune corrélation n'a été observée entre le poids à la naissance et l'âge de la chatte. Des corrélations significatives ont été notées entre le poids à la naissance et la taille de la portée et entre le poids à la naissance et le rang de la gestation. En effet, le poids à la naissance est inversement proportionnel au rang de la gestation et à la taille de la portée. De la même manière, le poids à la naissance augmente avec le poids et la hauteur au garrot de la chatte. L'influence du sexe du chaton sur le poids de naissance n'a pas été étudiée.

2. Longueur des chatons à la naissance

La moyenne de la longueur tête-croupe était de 13,8 cm. Quatre vingt chatons ont pu être mesurés. Le plus grand chaton mesurait 18 cm (un chaton de race Norvégien, unique) et le plus petit mesurait 10,5 cm (un chaton de race norvégienne, avec 5 chatons dans la portée). Les données sont classées en fonction des races dans le tableau 5.

Race	Longueur tête-croupe moyenne des chatons (cm)	Nombre de chatons mesurés
York chocolate	12,9	3
0rientaux	15,7	10
British	12,2	5
Chaussie	13,1	4
Norvégien	13,6	18
Maine coon	14,6	16
Bengale	13,3	10
Chartreux	14,6	4
Sacré de Birmanie	11,7	4
Sibérien	12,6	5

Tableau 5 : Longueur tête croupe des chatons moyenne par race.

Aucune différence significative n'est observée entre les différentes races.

3. Mesures radiographiques et échographiques

Le nombre de fœtus observés en radiographie et le nombre de chatons obtenus sont identiques.

La moyenne de la LF et la moyenne du DBP ont été calculées sur l'ensemble des fœtus examinés pour une même chatte. Une régression linéaire multi-variée a été utilisée pour montrer la relation entre le poids de naissance, la biométrie fœtale et le temps restant avant la mise bas. Il existe une relation significative entre ces trois paramètres. Le meilleur AIC a été obtenu avec la LF.

Le logarithme du poids à la naissance du chaton est corrélé au nombre de jours avant la mise bas (*J*) et à la moyenne des LF. Le poids estimé (*P*) est déterminé en utilisant la formule :

$$\log (P) = 1{,}458 + 0{,}015 \times J + 0{,}028 \times LF$$

L'intervalle de prédiction à 95% est P ± 4,6 g.

4. Modèle prédictif du poids à la naissance

Une autre relation significative a été observée entre le poids de naissance, la hauteur au garrot (H), la taille de la portée (Tp), et l'âge de la chatte (A). Le poids estimé (P) peut aussi être déterminé en utilisant la formule suivante :

$$\log (P) = 1{,}717 + 0{,}015 \times H - 0{,}019 \times Tp - 0{,}020 \times A$$

L'intervalle de prédiction à 95% est P ± 3,9 g.

B. Discussion

Prédire le poids attendu à la naissance d'un chaton pourrait aider à l'identification précoce d'une maigreur anormale et ainsi à la mise en place rapide et donc efficace de mesures de réanimation. Ainsi, si le poids observé est très différent du poids attendu, des mesures spécifiques de réanimation pourront être appliquées plus rapidement et de façon plus ciblées.

1. Poids à la naissance

Dans notre étude, le poids à la naissance semble similaire aux descriptions précédentes (14,46,54). Le poids de naissance était significativement plus élevé pour les Norvégien, les chats Maine Coon et Chartreux par rapport aux autres races. Ce résultat s'explique aisément par la grande taille des Norvégiens et des chats Maine Coon. Il reste surprenant pour les Chartreux du fait de leur format moyen. Cette observation porte sur une seule chatte : il serait intéressant d'augmenter cet effectif pour pouvoir confirmer.

Aucune corrélation n'a été observée entre le poids à la naissance et l'âge de la chatte alors que cela avait déjà été observé chez les chats (9), les chevaux (55) et chez l'homme (56).

Le poids à la naissance augmente lorsque le poids de la chatte et la hauteur au garrot augmentent, probablement en raison de facteurs génétiques tels que ceux décrits chez la femme (56).

L'influence du sexe du fœtus sur la prédiction n'a pas été étudié bien que cela fut possible (57). En effet, il ne nous était pas envisageable de relier un fœtus à un chaton de façon certaine alors que cela peut être fait chez l'homme pour les grossesses non gémellaires (56,57).

Le rang de la portée est directement corrélé avec le poids de naissance. Plus le rang de la portée est élevé et plus les chatons sont susceptibles d'être petits. Chez l'homme, l'augmentation du poids à la naissance de l'enfant augmente avec le nombre de grossesses (56).

2. Longueur des chatons à la naissance

La longueur des chatons à la naissance était difficile à mesurer. En effet les chatons bougent beaucoup même dans les 24 premières heures. Certaines chattes étaient trop agressives pour laisser le temps aux éleveurs de réaliser les mesures. Seulement 65 % des chatons ont pu être mesurés.

La moyenne obtenue sur l'étude est proche de celle proposé par l'étude de Boyed. En revanche, les extrêmes varient de plus ou moins 4 cm. Ainsi la longueur du chaton à la naissance ne permet pas de renseigner sur une éventuelle prématurité de l'animal. Enfin aucune différence significative n'est observée entre les races certainement du fait du faible nombre de chatons par race.

3. Examens échographiques et radiographiques

Un examen radiographique a été effectué à chaque visite afin de connaître la taille de la portée avant l'échographie. En effet, la taille de la portée peut être prédite avec plus de précision en radiographie (93% de précision) par rapport à l'échographie (36% de précision) (36).

4. Prévision du poids à la naissance

Pour estimer le poids de naissance, la LF est plus précise que le DBP. Nous n'avons pu combiner la LF et le BDP dans un seul modèle pour prédire le poids de naissance en raison de corrélations trop importantes entre ces deux paramètres dans notre étude. Pour ces raisons, un modèle utilisant uniquement la LF a été proposé (voir § C.1.b.). Il a été construit sur la connaissance rétrospective du nombre de jours avant la mise bas. En effet le nombre de jours de gestation en fonction du coït ou de l'ovulation n'était pas connu (30,40,41,57,58). Ainsi ce modèle n'est pas utilisable en pratique car nécessite de connaître le nombre de jour avant la mise bas.

Il pourrait être intéressant en travaillant à partir de la durée de gestation en réalisant des suivis échographiques de l'ovulation (18) ou en augmentant la précision de la biométrie fœtale en fonction du temps.

Le deuxième modèle que nous proposons est aussi précis que le précédent (3,9 g contre 4,6 g concernant l'intervalle de prédiction), même s'il utilise les facteurs de gestation et les facteurs maternels (voir § C.1.c). Cependant, ce modèle reste un modèle prédictif et nécessite d'être validé par une autre étude à plus grande échelle. Chez l'homme, les facteurs maternels et paternels, l'environnement, les facteurs physiologiques, les facteurs pathologiques et les complications de la grossesse sont connus pour influencer le poids à la naissance de l'enfant (56). Tous ces paramètres peuvent également modifier la gestation chez la chatte et le poids à la naissance du fœtus.

Conclusion

L'évaluation biométrique du chaton a fait l'objet d'un nombre réduit d'étude ces dernières années. Pourtant, comme dans de nombreuses autres espèces, l'imagerie médicale permettrait d'évaluer le bon déroulement de la gestation, notamment au travers de l'appréciation du développement fœtal, et de dater un certain nombre d'étapes critiques, en particulier la date de la mise-bas. Notre travail a donc consisté à étudier les modèles de prédiction de la mise bas et du poids de naissance des chatons. Pour cela, nous avons réalisé des examens d'imagerie médicale sur des chattes de race et une analyse statistique multi-variée.

Nous avons confirmé que la radiographie est indispensable pour déterminer le nombre de chatons par portée, mais que les mesures biométriques radiographiques ne peuvent être utilisées dans un modèle de prédiction. Par contre, la mesure échographique du fémur foetal s'est avérée particulièrement intéressante. L'intégration de cette mesure dans une formule de prédiction du moment de la mise bas est en effet plus précise que les méthodes actuelles utilisant le diamètre bipariétal. La longueur du fémur peut aussi être utilisée pour prédire le poids de naissance, à condition de dater précisément le stade de gestation.

L'analyse statistique multi-variée a permis de mettre en évidence l'importance des facteurs maternels (poids, hauteur au garrot, et âge de la chatte) et de gestation (taille de la portée et rang de gestation) sur le moment de la mise bas et le poids des chatons à la naissance. Ainsi la mise bas peut être prédite à l'aide de la longueur des fémurs, du poids de la chatte, du nombre de chatons par portée, et de l'âge de la chatte. Le poids de naissance peut être prédit à l'aide de la hauteur au garrot, de la taille de la portée et de l'âge de la chatte.

Notre étude constitue une première approche de la prédiction de la mise bas et du poids de naissance chez les chattes de race. Cette étude doit néanmoins être validée par une seconde étude pour confirmer ces modèles sur un plus grand nombre d'individus par race. Il serait intéressant d'associer le suivi de l'ovulation afin de prédire l'aide de la durée de gestation à partir de l'ovulation.

Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Dr S. BUFF

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Par délégation
Pr F. Grain - DEVE
VetAgro Sup
Campus Vétérinaire

Le Président de la thèse
Vu et permis d'imprimer
Lyon, le 21 JUIN 2011

Professeur M. BERLAND

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F.N GILLY

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Annexe 1

Extrait du tableau utilisé pour l'analyse statistique.

Nombre de jours	LF	DBP	Nom de la chatte	Race	Nombre de chatons	Hauteur au garrot	Poids	Rang de la portee	Age
20	78	149	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
20	78	145	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
20	83	143	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
20	76	141	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
20	82	139	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
20	82	137	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
6	148	208	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
6	144	211	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
6	151	205	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
6	151	192	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
6	155	210	begum	Orientaux	7	23	3,2	4	3
25	62	125	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
25	64	123	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
25	58	118	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
25	55	126	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
25	61	111	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
4	155	210	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
4	162	212	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
4	155	207,5	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
4	155	210	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
4	164	212	celeste	British	5	28	3,7	3	2,5
24	71	138	eclipse	Norvégien	4	28	3,2	1	1
24	72	138	eclipse	Norvégien	4	28	3,2	1	1
24	74	137	eclipse	Norvégien	4	28	3,2	1	1
9	157	205	eclipse	Norvégien	4	28	3,2	1	1

9	155	196	eclipse	Norvégien	4	28	3,2	1	1
6	154	209	Jira	Chaussie	4	29	3,5	2	5
6	161	215	Jira	Chaussie	4	29	3,5	2	5
6	147	205	Jira	Chaussie	4	29	3,5	2	5
31	39	95	woody	Maine coon	2	32,5	5,1	2	4
4	159	232	woody	Maine coon	2	32,5	5,1	2	4
4	156	226	woody	Maine coon	2	32,5	5,1	2	4
8	147	203	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
8	146	202	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
8	150	199	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
8	140	197	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
8	149	199	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
15	116	167	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
15	117	167	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
15	120	180	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
15	116	177	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
15	116	172	diesel	Bengal	5	24	2,7	2	2
4	160	201	sahara	Sibérien	7	27	3,5	1	1
4	166	215	sahara	Sibérien	7	27	3,5	1	1
4	160	205	sahara	Sibérien	7	27	3,5	1	1
4	160	196	sahara	Sibérien	7	27	3,5	1	1
4	159	197	sahara	Sibérien	7	27	3,5	1	1

Annexe 2 : Publications

Articles :

- Relationship between ultrasonographic and radiographic fetal biometry, maternal and pregnancy-related factors, and time to parturition in queens.
- Relations between kittens' birth weight and fetal biometry, pregnancies and queens' factors.

Résumés pour des presentations orales:

- Accurate prediction of the timing for parturition and of the kittens' birth weight. Theriogenology Milwaukee , USA, Août 2011.
- Relationship between ultrasonographic and radiographic fetal biometry, maternal and pregnancy-related factors, and time to parturition in queen. EVDI, Londres, Septembre 2011.
- Nouveau modèle de prédiction de la mise bas chez le Chat. AFVAC AFVAF Congres National, Lyon, Décembre 2011.

Résumés pour des presentation poster.

- Accurate prediction of the Onset of Parturition in the Cat. EVSAR Milan, Mars 2011.
- Prediction of the timing for parturition and of the kittens birth weight at term. ESDAR Turquie, Aout 2011.

Gatel L., Rault D., Chalvet-Monfray K., Buff S., Relationship between ultrasonographic and radiographic fetal biometry, maternal and pregnancy-related factors, and time to parturition in queens.

Conflict of interest statement

None of the authors have a financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence or bias the content of the paper.

Abstract

The aim of the present study was to create a model to predict more precisely the timing of the onset of parturition in queens using radiographic and ultrasonographic measurements of fetal femoral length (FL) and biparietal diameter (BPD). The effects of litter size, weight and age of the queen on the accuracy of the prediction were also investigated.

A prospective study was performed in 24 purebred queens of 11 different breeds, in normal body condition. Pregnant queens with aborted or malformed fetuses were excluded from the study. Ultrasonographic and radiographic examinations were performed without sedation, during the second half of pregnancy, once, twice or three times in each queen. Ultrasonographic measurements were performed on each fetus; the maximal FL and the transversal BPD were recorded. Digital radiographs were obtained and reviewed to determine the litter size and to measure the FL and the BPD. Radiography is essential to count the number of fetuses but is not accurate to predict the time to parturition. A prediction model of parturition time was established, using the FL measured by ultrasound, maternal parameters (weight (W) and age (A)) and litter size (LS): $Y = 37.864 - 0.193 \times FL + 1.227 \times W - 0.615 \times LS - 0.832 \times A$. Models using the FL provided a more accurate prediction of the onset of parturition than models using BPD. Time to parturition significantly increased with the weight of the queen before mating ($p<0.01$). Time to parturition was shorter when the femur was longer ($p<0.01$), the litter size larger and when the queen was older ($p<0.01$).

Keywords: cat, parturition, ultrasonography, radiology, femur length, biparietal diameter

Introduction

In Cats, ultrasonography is a more accurate method for pregnancy diagnosis than palpation and radiography. It allows to follow up ovulation and permits early pregnancy diagnosis at 10 days after mating [1-3]. The method used most commonly to evaluate the stage of pregnancy in queens involves recognizing ultrasonographic features of fetal organogenesis and extrafetal structures [2]. Similarly, tables based on the radiographic appearance of fetal bones have been compiled in cats: the femur should become visible between 19 and 23 days before parturition [2,4].

In queens, several studies have showed correlations between the age of the conceptus and ultrasonographic measurements during the first 30 days of pregnancy [5,6]. These studies have used the diameter of the gestational sac and the crown-rump length of the embryo. During the second half of pregnancy [1,6,5], correlations have been observed between parturition time and the diameter of the fetal abdomen, the biparietal diameter (BPD) of the fetal skull, the diameter of the fetal stomach, and that of the diencephalon-telencephalic vesicle, respectively. The BPD has been shown to be the most accurate method to predict parturition time. No

correlation has to date been established between BPD and factors related to the mother (maternal factors) or to the pregnancy (gestational factors) in cats.

In dogs, prediction formulas using BPD have also been designed including, but these vary depending on the animal's size: small, medium or large [7-9]. In this species, litter size also affects the length of gestation [10-12]. Furthermore, in other species (human, horse, hyena and llama) [13-16], the femur length (FL) has been used for prediction with a good accuracy. To our knowledge, the femur length has not been evaluated as a prediction factor in the cat.

The aim of the current study was to establish a model in queens to predict more accurately the onset of parturition using radiographic or ultrasonograhic measurements of FL and BPD. The effects of litter size and pregnancy rank (gestational factors), and weight, wither height and age of the queen (maternal factors) on the prediction model were also evaluated.

Materials and Methods

Queens

Purebred, healthy and pregnant queens in good body condition were enrolled in this study. Pregnant queens with aborted or malformed fetuses were excluded from the study. Twenty four healthy, pregnant queens were finally used, including eight Norwegian Forest, five Maine Coon, two Bengal, two Oriental shorthair, one York chocolate, one British shorthair, one Chausie, one Chartreux, one Siberian, one Birman and one Van Cat. Their weight before pregnancy ranged from 2.7 to 5.8 kg with a mean of 4.1kg (standard deviation, sd = 0.8 kg), and their age ranged from 0.7 to 6.0 years with a mean of 2.7 years (sd = 1.5 years). Before the study, 12 queens were nulliparous; six queens had given birth to one litter, three to two and three to three litters respectively. The mean pregnancy rank was 1.8 (sd = 1.1). Queen wither height was also measured, and ranged from 23 to 35 cm with a mean of 28.4 cm (sd = 3.2 cm). The queens included in this study gave birth to their kittens without any veterinary assistance.

Radiographic measurements

Lateral and ventro-dorsal computed radiographs were obtained to determine the litter size. On each radiograph, measurements of maximal FL and symmetrical BPD were obtained whenever possible (figure 1). To identify mineralized femurs and skulls, the examinations were performed during the second half of pregnancy, starting at a maximum of 35 days prior to parturition, and repeated once, twice, or three times in each queen until parturition. A direct technique without grid was used to reduce the distance between the queen and the imaging plate. A 5 cm, metallic marker was added over each radiographic plate in order to calibrate the measurement. Only the longest visible femur, and a symmetrical (transverse or frontal) image of the skull, were selected and added to the data.

Ultrasonographic examination

All ultrasonographic examinations were performed by the same radiologist during the second half of pregnancy (starting 35 days before parturition), and repeated once, twice, or three times in each queen until parturition. The cats were scanned in dorsal recumbency, without

sedation. The measurements were performed using a micro-convex transducer[1]. For each fetus, the maximal FL and the transverse BPD were measured from frozen images and recorded (Figures 2, 3 and 4). The probe was positioned as close and perpendicular as possible to one femur of the fetus. The FL was measured from the proximal to the distal aspects of the diaphysis [17]. The BPD measurement was estimated as the widest distance between the parietal bones at the level of the choroid plexus in a symmetrical section image of the head.

Statistical analysis

The prediction of parturition time was investigated using a linear model. There was a linear relationship between fetal biometric parameters (obtained ultrasonographically or radiographically) and time to parturition. Linear mixed-effect model was used in order to increase the accuracy of the prediction and to take into account the effect linked to the queens: individual maternal and gestational parameters were entered as fixed effects and the 24 queens were entered as random effects. This enabled us to consider as distinct individuals all the fetuses of the same litter, despite their being related, thus increasing the sample size. For each analysis, the Akaike information criterion (AIC) of the model was performed to choose the next variable to add to the model. First, regressions were done between the fetal birth weight and one of the eight parameters aforementioned. Among these regressions, the one with the smallest AIC was selected. Then, one by one, the seven remaining parameters were added the regression selected previously. Again, the regression obtained with the best AIK was retained. This procedure was repeated until we obtained the combination ofparameters giving the smallest AIC.The model was checked testing the normalities of residual, and the linear correlation coefficient (r) was estimated. All analyses were performed using R Package, version 2.5.1 [18]. Logistic regression with random effects was performed using the lme4 package version 0.99875-9 of R Package. According to clinical relevance and current literature (REF), the prediction intervals were calculated for a 70% rather than a 95% probability.

Results

Radiographic examination

The number of fetuses observed at the time of radiographic examination was the same as that observed after parturition in all cases. The mean litter size was 3.9 kittens (sd = 1.8).

Only a small number of BPD and FL measurements were retained (12% and 22%, respectively) because of inappropriate orientation of the skulls on the remaining radiographs.

Regarding the plot of radiographic measurements in relation to time prior to parturition, a simple linear model was chosen (figure 5). A first model was evaluated, using correlation between FL measurements and time to parturition ($y1$). The formula was $y1 = 27.621 - 0.132 \times FL$ with r = 0.84. A second model was assessed using correlation between BPD measurements and time to parturition ($y2$). The formula was $y2 = 52.154 - 0.204 \times BPD$ with r = 0.77. The predicted intervals at 70% were $y1 \pm 4.6$ days and $y2 \pm 3.3$ days.

---

[1] ESAOTE MyLab 60 Genova ITALY

Ultrasonographic examination

BPD and FL increased linearly during pregnancy according to the plot of BPD and FL in relation to the number of days prior to parturition (figure 6). A linear mixed-effects model was used to estimate the time to parturition using fetal biometric parameters obtained ultrasonographically, maternal parameters and gestational parameters. The linear mixed-effects model showed that the queen random effects were significant. The results were similar for BPD and FL but the AIC obtained with FL was smaller than with BPD. The best multiple linear regression (lowest AIC) included the femur length (*FL*), the weight of the queen before pregnancy (*W*), the litter size (*LS*) and the age of the queen (*A*). All these parameters were significant (p<0,01). The formula to predict the number of days to parturition (*Y*) was: $Y = 37.864 - 0.193 \times FL + 1.227 \times W - 0.615 \times LS - 0.832 \times A$. The 70% prediction interval was $Y \pm 1.6$ days.

The time to parturition was increased with the weight of the queen before mating ($p<0.01$). The longer the femur, the larger the litter size, and the older the queen, the shorter the time to parturition ($p<0.01$). No correlation between the time to parturition and the breed or wither height could be showed.

Discussion

Animal

In queens, the breed has an influence on gestational length [19] as observed in Man [20]. That is why the study was performed on 24 queens of 11 different breeds, in order to evaluate the influence of this parameter in a prediction model. No effect of breed was observed because of the small number of individuals in each breed group included in this study. However, the study evaluated the dimensions of the queens through the inclusion of the weight and wither height. The influence of the size of the animal has not been evaluated in cats. In dogs it has been studied qualitatively using subjective size ranges (small, medium or large) [7-9]. In this study we elected to use quantitative parameters. Our study showed that the time to parturition increased with the weight of the queen before mating. This suggests an influence of size on gestational length in cats, since of the queens were in normal body condition. In humans, obesity and height both increase the duration of gestation [21,22] but this study did not include over or underweight animals.

Time to parturition was shorter when the queen was older, whereas there was no significant relationship between the queens' age and the gestation length in another study [19]. However, it is difficult to compare the results between the two studies : Sparkers et al. (2006) evaluated the length of gestation from coitus to parturition, whereas we did not fix the onset of parturition and only evaluated the time to parturition.

In our study, the time prior to parturition was shorter when the litter size was larger, while in the previous study [19] there was no significant relationship between litter size and gestation length in cats.

Radiographic examination

Radiography is essential to count the number of fetuses [23] but it is not accurate to predict the time to parturition. The predictive intervals obtained made the models developed in our study little applicable in practice. The underestimation and overevaluation of the measurements could be explained by the oblique position of the fetuses on most radiographs. It is impossible to control the positioning of the fetuses.

Ultrasonographic examination

The study confirmed that BPD had a linear relationship with the number of days prior to parturition in cats, as has been observed in other publications [2,24,25]. FL measurements are used in human fetuses in order to predict the time to parturition [26]. However, it had never been evaluated in cats. The study showed that FL also had a linear relationship with the number of days to parturition.

The queen random effects were significant in our study, even if they have not been studied before [2,25]. We chose to use this model in order to include each fetus as a distinct individual, in order to increase the size of the sample.

Combining ultrasonographic measurement of the fetal femur length, the queen's weight and age, and the number of fetuses, provided a model of prediction of the onset of parturition in the second half of pregnancy.

The BPD could not be added to the formula because it is linked to FL in the same fetus. In humans, regressions combine several fetal biometric parameters including BPD, FL and abdominal circumference [15,16], but they do not include maternal or gestational factors. It should also be noted that human studies are based on larger populations and as a result use different statistical analyses.

Conclusion

This study shows that models using the FL measured by ultrasonography provide a more accurate prediction of the onset of parturition than models using BPD in queens. Moreover, this single measurement is undoubtedly easier to obtain than the use of fetal features to determine the timing of pregnancy. In this study, the weight and height of the animals were used to quantitatively assess the dimensions of the queens. A larger population of cats should now be investigated to allow for discrimination between the specific effects of breed and female size. Further investigations may also allow quantification of the effects of oversize, obesity or illness.

Acknowledgements

The authors wish to thank Eddy Cauvin and Emilie Rosset for their help in the preparation of the manuscript.

Figures

Figure 1: Abdominal computed lateral radiographic view during the pregnancy of a queen.

The radiographic examination was performed 4 days before parturition and revealed three fetal skeletons. Measurements of FL and BPD were obtained (1.65 cm, 2.25 cm, respectively).

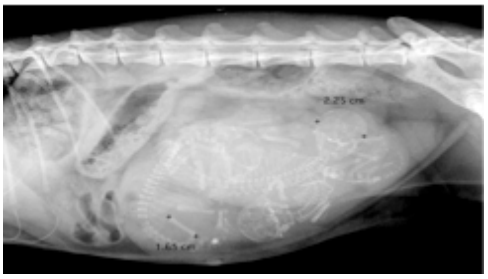


Figure 2: Ultrasonographic measurement of a feline fetus during pregnancy.

Measurements of femur length (FL) were obtained 23 days before parturition at 7.2 mm.

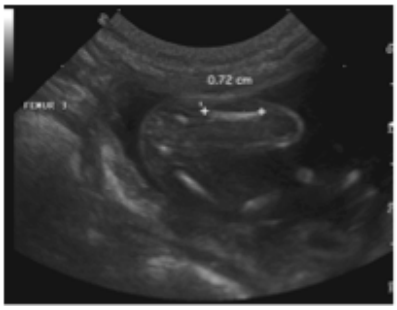


Figure 3: Ultrasonographic measurement of a feline fetus during pregnancy.

Measurements of femur length (FL) were obtained 4 days before parturition at 18.2 mm.

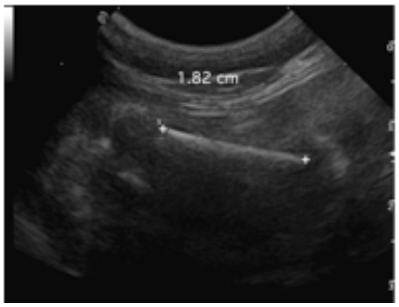


Figure 4: Ultrasonographic measurement of a feline fetus during pregnancy.

The measurement 15 days before parturition was 17.6 mm.

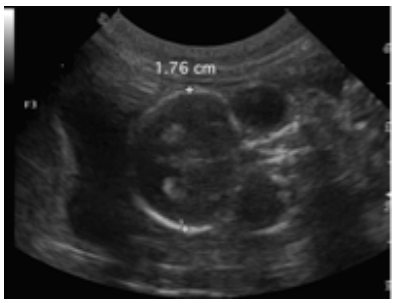


Figure 5: Plot of radiographic measurements, BPD (Δ) and FL (o), in relation to the number of days prior to parturition. Each point represents a fetus, with the corresponding regression line.

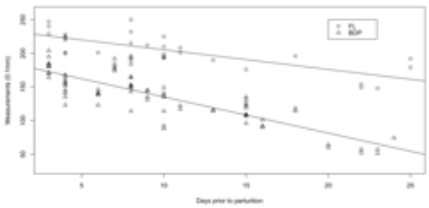
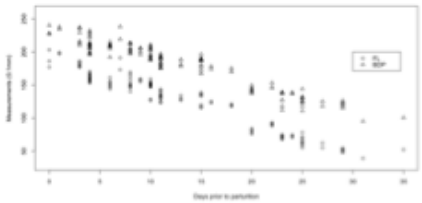


Figure 6: Plot of ultrasonographic measurements in relation to the number of days prior to parturition.

Each point represented a fetus. BPD (Δ) and FL (o)



References

1. Davidson AP, Baker TW. Reproductive ultrasound of the bitch and queen. Top Companion Anim Med. 2009;24(2):55-63.

2. Zambelli D, Prati F. Ultrasonography for pregnancy diagnosis and evaluation in queens. Theriogenology. 2006;66(1):135-44.

3. Zambelli D, Caneppele B, Bassi S, Paladini C. Ultrasound aspects of fetal and extrafetal structures in pregnant cats. J Feline Med Surg. 2002;4(2):95-106.

4. Boyd JS. The radiographic identification of the various stages of pregnancy in the domestic cat. J Small Anim Pract. 1971;12(9):501-6.

5. Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Bassi S. Correlation between the age of the conceptus and various ultrasonographic measurements during the first 30 days of pregnancy in domestic cats (Felis catus). Theriogenology. 2002;57(8):1981-7.

6. Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Paladini C. Correlation between fetal age and ultrasonographic measurements during the second half of pregnancy in domestic cats (Felis catus). Theriogenology. 2004;62(8):1430-7.

7. Lopate C. Estimation of gestational age and assessment of canine fetal maturation using radiology and ultrasonography: a review. Theriogenology. 2008;70(3):397-402.

8. Son CH, Jeong KA, Kim JH, Park IC, Kim SH, Lee CS. Establishment of the prediction table of parturition day with ultrasonography in small pet dogs. J Vet Med Sci. 2001;63(7):715-21.

9. Luvoni GC, Grioni A. Determination of gestational age in medium and small size bitches using ultrasonographic fetal measurements. J Small Anim Pract. 2000;41(7):292-4.

10. Beccaglia M, Luvoni GC. Comparison of the accuracy of two ultrasonographic measurements in predicting the parturition date in the bitch. J Small Anim Pract. 2006;47(11):670-3.

11. Kutzler MA, Yeager AE, Mohammed HO, Meyers-Wallen VN. Accuracy of canine parturition date prediction using fetal measurements obtained by ultrasonography. Theriogenology. 2003;60(7):1309-17.

12. Seki M, Watanabe N, Ishii K, Kinoshita Y-ichi, Aihara T, Takeiri S, et al. Influence of parity and litter size on gestation length in beagle dogs. Can J Vet Res. 2010;74(1):78-80.

13. Gazitúa FJ, Corradini P, Ferrando G, Raggi LA, Parraguez VH. Prediction of gestational age by ultrasonic fetometry in llamas (Lama glama) and alpacas (Lama pacos). Anim Reprod Sci. 2001;66(1-2):81-92.

14. Place NJ, Weldele ML, Wahaj SA. Ultrasonic measurements of second and third trimester fetuses to predict gestational age and date of parturition in captive and wild spotted hyenas Crocuta crocuta. Theriogenology. 2002;58(5):1047-55.

15. Salomon LJ, Duyme M, Crequat J, Brodaty G, Talmant C, Fries N, et al. French fetal biometry: reference equations and comparison with other charts. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006;28(2):193-8.

16. Leung TN, Pang MW, Daljit SS, Leung TY, Poon CF, Wong SM, et al. Fetal biometry in ethnic Chinese: biparietal diameter, head circumference, abdominal circumference and femur length. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008;31(3):321-7.

17. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome premier. Ostéologie. Laboratoire d'anatomie Ecole Nationale Vétarinaire Lyon. 1966; 45-73.

18. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing; 2008.

19. Sparkes AH, Rogers K, Henley WE, Gunn-Moore DA, May JM, Gruffydd-Jones TJ, et al. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. J Feline Med Surg. 2006;8(3):145-57.

20. Freman MG, Graves WL, Thompson RL. Indigent Negro and Caucasian birth weight-gestational age tables. Pediatrics. 1970;46(1):9-15.

21. Arrowsmith S, Wray S, Quenby S. Maternal obesity and labour complications following induction of labour in prolonged pregnancy. BJOG. 2011;:doi: 10.1111/j.1471-0528.2010.02889.x.

22. Denison F, Price J, Graham C, Wild S, Liston W. Maternal obesity, length of gestation, risk of postdates pregnancy and spontaneous onset of labour at term. BJOG. 2008;115(6):720-5.

23. Toal RL, Walker MA, Henry GA. A comparaison of real-time ultrasound, palpation and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. Vet Radiol. 1986;27(4):102-8.

24. Beccaglia M, Anastasi P, Grimaldi E, Rota A, Faustini M, Luvoni GC. Accuracy of the prediction of parturition date through ultrasonographic measurement of fetal parameters in the queen. Vet Res Commun. 2008;32 Suppl 1:99-101.

25. Beccaglia M, Faustini M, Luvoni GC. Ultrasonographic study of deep portion of diencephalo-telencephalic vesicle for the determination of gestational age of the canine foetus. Reprod Domest Anim. 2008;43(3):367-70.

26. Geirsson RT. Ultrasound instead of last menstrual period as the basis of gestational age assignment. Ultrasound Obstet Gynecol. 1991;1(3):212-9.

Abbreviation footnote: AIC, Akaike information criteria; BPD, biparietal diameter; FL, femur length

Abstract

The goal of this study was to evaluate the relation between kittens' birth weights and biometrical factors from the kittens and the mother. We used ultrasonographic measurements of femur length (FL) or fetal biparietal diameter (BPD), pregnancies, and maternal factors to obtain a model of prediction. For this purpose, linear mixed-effects models were used because of random effects (several fetuses for one queen and a few paired measurements) and fixed effects (litter size, pregnancy rank, weight, wither height and age of the queen). This study was performed in 24 purebred queens with normal pregnancies and normal body conditions. Queens were scanned in the second half of pregnancy, using a micro-convex probe. They gave birth to 140 healthy kittens whose mean birth weight was 104 g (ranged 65 to 165 g). No correlation between the birth weight and the age of the queen, as a maternal factor alone, was observed. But the birth weight was found to be inversely proportional to the pregnancy rank and the litter size. Moreover, birth weight increases when the weight and wither height of queen increased. BPD and FL increased linearly during pregnancy so a model was used to estimate mean birth weight. Using this model, we found a correlation between mean birth weights and an association of parameters: maternal factors (wither height and age), and litter size.

Keywords:

Kitten; Birth weight; Prediction; Ultrasonography; Femur length.

Introduction

In most species, the birth weight has always been an important factor for the survival prognosis of newborns. A low birth weight is correlated with severity of diseases in many species (cats [1], dogs [2], sheep [3], pigs [4] or humans [5,6]). Birth weight for normal kittens is reported as 100 ± 10 g [7,8]. In the survey of 477 kittens, 59% of those with low birth weight (< 90 g) did not survive, whereas 68% of kittens with normal birth weight survived to weaning [1]. Despite improvement in veterinary medicine, neonatal mortality in kittens from birth to weaning age has not decreased, with reported neonatal mortality rates ranging from 8% to 30% [9-13]. Neonatal pathologies and loss of a newborn purebred kitten can represent major economic issues for breeders. The owners do not know most of the time which weight should have any kitten at birth… Knowing fetal birth weight could help in detecting problems during pregnancy (when all kittens of a same litter have a low birth weight). If it is determined that it is feasible to raise small kittens, then an intensive postnatal management plan would need to be instituted.

Assessment of fetal growth and birth weight by ultrasonography is a well-established procedure in humans and ovines and mainly uses femur length [14,15] and biparietal diameter [14-16]. To our knowledge, similar parameters were not used in cats to predict the birth weight of the kittens. Moreover, in human, maternal factors such as height and weight before pregnancy are positively correlated with term fetal weight [17]. In the cat, a correlation between the birth weight and the breed size was described [18]. Thus, we decided to investigate the relation between the kittens' birth weight and some easily measurable biometrical factors from the kittens and the mother. The aim of our research was to study relationships between fetal biometry, maternal factors and birth weight of purebred domestic and healthy cat kittens. The correlations obtained between the parameters permit us to predict the birth weight.

1. Materials and Methods

1.1 Animals

Purebred, healthy and pregnant queens with normal body conditions were enrolled in this study. Pregnant queens with aborted fetuses or malformed fetuses were excluded from the study. Finally, 24 healthy pregnant queens were used, including eight Norwegian forest, five Maine Coon, two Bengal, two Oriental shorthair, one York chocolate, one British shorthair, one Chausie, one Chartreux, one Siberian, one Birman and one Van Cat. Their weights before pregnancy ranged from 2.7 to 5.8 kg, and their ages ranged from 0.7 to 6.0 years. Weight and wither height of all queens recruited were similar to those of adults in the same breed. The youngest queen used was an oriental shorthair cat. This breed reaches puberty at 4-7 months approximately. At the beginning of the study, 12 queens were nulliparous; six queens, three queens and three queens had already given birth to one, two and three litters, respectively. Wither heights were also measured, and ranged from 23 to 35 cm (Table 1). The queens gave birth to their kittens without any veterinary assistance. All the kittens were weighed within the four hours after birth.

1.2 Radiographic and ultrasonographic measurements

Lateral and ventrodorsal computed radiographs (Figure 1) were taken before each sonographic examination to determine the number of kittens expected.

Ultrasonographic examination was performed with a micro-convex probe (Esaote, MyLab 60, 9-3 MHz in resolution mode). All ultrasonographic exams were performed by the same radiologist (ECVDI Diplomate). Cats were scanned in dorsal recumbency without sedation. Two factors were measured: biparietal diameter (BPD) and femur length (FL). Femoral measurements were performed using a sagittal view of the femur. The FL was measured from the proximal to the distal metaphysis (Figures 2a and 2b). The BPD measurement was estimated as the widest distance between the parietal bones at the level of the choroid plexus in a symmetrical head transverse section image (Figures 2c and 2d). Ultrasonographic examinations were performed in the second half of pregnancy, (retrospectively from 35 days before parturition), and repeated once, twice, or three times on each queen until parturition. 140 measurements were realized in the study for each parameter (LF and BPD). The image for each parameter was printed on hard copy, and each value was reported.

1.3 Statistical analysis

The distributions of birth weight and logarithm birth weight were analyzed with Shapiro Wilk normality Test. Multiple linear regressions were used to investigate any potentially significant relationship between observed birth weight and each of the following factors: breed, age, litter size, pregnancy rank, weight and wither height of queen. The same method was used for logarithm birth weight.

Multiple linear regressions were used to find a predictive model between birth weight and the following factors: FL and BPD, days prior to parturition, litter size, pregnancy rank, age, weight and wither height of queen. Akaike information criteria (AIC) were used to choose the best model. First, regressions were done between the fetal birth weight and one of the eight parameters aforementioned. Among these regressions, the one with the smallest AIC was selected. Then, one by one, the seven remaining parameters were added the regression selected previously. Again, the regression obtained with the best AIK was retained. This procedure was repeated until we obtained the combination of parameters giving the smallest AIC. All analyses were performed using the R statistical software package (version 2.5.1) [19]. Linear mixed model was performed using the lme4 package (version 0.99875-9) of R [19].

Results

1.4 Weights at birth

The database consisted of 140 kittens from 24 queens. The mean birth weight for all the litters in the database was 103.6 g. The mean birth weight for each breed of cats is reported in Figure 3. Birth weight was significantly higher in the Norwegian forest, Maine Coon and Chartreux compared to other breeds. The logarithm of the birth weights was normally distributed (Figure 4) and was used for the following regression analysis. No correlation was observed between birth weight and age of queen. However, significant correlations were noted between birth weight and litter size and between birth weight and pregnancy rank. Indeed, birth weight was found to be inversely proportional to pregnancy rank and litter size. Similarly, birth weight increases if the weight and wither height of queen increase. The influence of kitten gender was not studied.

1.5 Radiographic and ultrasonographic measurements

The number of fetuses observed at the time of parturition was the same as estimated during the radiographic examinations.

Mean FL and mean BPD was obtained for each queen and for each ultrasonographic examination. There was a significant relationship between birth weight, ultrasonographic fetal biometry and time before parturition. The best AIC was obtained with FL.

The logarithm kitten birth weight was correlated to the number of days prior to parturition ($x1$) and to the mean FL per queen ($x2$). The estimated weight ($w1$) was determined using the formula $\log(w1) = 1.458 + 0.015 \times x1 + 0.028 \times x2$. The 95% predictive interval obtained was $w1 \pm 4.6$ g.

3.3. Birth weight predictive model

Another significant relation was found between birth weights, wither height ($x3$) of the queen, litter size ($x4$), and age of the queen ($x5$). The estimated weight ($w2$) was determined using $\log(w2) = 1.717 + 0.015 \times x3 - 0.019 \times x4 - 0.020 \times x5$. The 95% predictive interval obtained was $w2 \pm 3.9$ g.

2. **Discussion**

Various studies also report kitten mortality rates in pedigreed cats. It is obvious that the neonatal and nursing periods are most precarious in a kitten's life. According to Lawler, the highest mortality rate in kitten occurs in the few days following birth [1]. Causes of death in that study included congenital defects, maternal trauma and cannibalism, and bacterial infection. Low birth weight and single kitten litters were both linked to higher kitten mortality rates. In another study, Root [20] reported a kitten mortality rate of 29.1% (including stillbirths) by eight weeks of age. Common causes of mortality (other than stillbirths) in these studies were infectious diseases, congenital defects, maternal trauma, and premature birth. However, in a large number of cases, a cause of death was never determined.

2.1 Weights at birth

In our study, birth weights were similar to previous descriptions from the literature [7,8]. Significant differences were observed between the birth weights from three breeds: Norwegian forest, Maine coon, and Chartreux, and the mean birth weights observed for all other kittens. This result can easily be explained by the great size of the Norwegian forest and the Maine coon. These results were not expected for the Chartreux, and would require further investigations enrolling a larger population of queens per breed. However, it is interesting to note that a difference is observed in the mean birth weights from human babies born to mothers of different ethnic groups [21].

No correlation was observed between birth weight and age of queen, which is in agreement with previous observations in cats [18], horses, [22] and humans [17].

Birth weight increased when the weight and wither height of queen increased, probably because of genetic factors as described in women [17].

Fetal gender determination was not performed in our study although it is possible to do so (but is enable) [23]. Indeed, we could not link one ultrasonographic observed fetus to any delivered kitten as this can be only done in non-multiple pregnancies in equine [24], bovine [25] or in human [17,26]. There is no difference between males and females in our study. Indeed, statistical analysis would have been less strong with two groups of kitten in each breed. With a larger population of cats, this would have been possible.

Pregnancy rank was directly correlated with birth weight. The greater the queen pregnancy rank, the smaller the kitten is likely to be. In humans, increasing maternal parity increases birth weight of neonate [17].

4.2. Ultrasonographic and radiographic examinations

A radiographic examination was performed at each visit to ensure that no fetus was overlooked during the ultrasonograhic measurements. Indeed, litter size can be more

accurately predicted radiographically (93% accurate) than ultrasonographically (36% accurate) [27].

BPD measurements (data not shown) were the same as those observed in others publications in cats [23,28-31]. For 25 years, FL measurements have been used in human fetuses to predict birth weight [14,15,32]; however, it has not been reported previously in cats. In Zambelli studies, abdominal, biparietal and gastric fetal diameters were measured [23,31]. They found a significant correlation between these data and performed a linear, parabolic and exponential regression analysis. They obtained the gestational age as a function of abdominal, biparietal and gastric fetal diameters. Beck [28] correlated head diameter and body diameter with time to parturition. His aim was to identify a marker to predict parturition [28]. Beccaglia [29] measured with ultrasonography the caudal part of diencephalo-telencephalus diameter, as described in the bitch, to predict the duration of pregnancy. All these studies used ultrasonographic measurements but did not try to predict birth weight.

4.3. Birth weight prediction

Estimating fetal weight at term helps to determine management of the end of pregnancy. Fetuses too small or too large for a given gestational age must be identified *in utero* if obstetricians are to provide close monitoring and plan their delivery to reduce perinatal risks.

To predict birth weight, FL was more accurate than BPD. We were also unable to combine FL and BDP in a single model to predict birth weight because of too-important correlations between these two parameters in our study. For these reasons, a model using only FL was proposed (see § Materials and method). This model was related to the retrospective number of days prior to parturition. In our study, the number of days is known as it is a retrospective study. In a prospective study, this number will be combined with many parameters (number of kitten, breed, pregnancy rank…) and may be variable. With actual models that estimate the length of pregnancy or the number of days prior to parturition [23,28-31,33,34], the formula cannot be used because of lack of accuracy (superior to a single day).

The second model we suggest is as accurate as the previous one (3.9 g *vs.* 4.6 g), even if it only used pregnancy pattern parameters and maternal factors (see § 3.3). However, this model still remains a predictive model and requires to be challenged in further studies. In human practice, maternal factors, paternal factors, environment influences, physiologic factors, pathologic factors and complications of the pregnancy are known to influence fetal birth weight [17]. All these parameters could also influence the gestation period and fetal birth weight in cats.

Conflict of interest statement

None of the authors have a financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence or bias the content of the article.

Figure legends:

Table 1. Detailed data for our 24 purebred cats

* : mean values when n > 1

Breed	Age of puberty (months)	Number of queens (n)	Number of kitten per litter	Weither height (cm)	Weight (kg)	Mean pregnancy rank	Age (years)
Bengal	7-12	2	5	26*	3.2*	2	2
Birman	9-12	1	4	27	3.3	3	2.8
British Shorthair	9-12	1	5	28	3.7	3	2.5
Chartreux	9-12	1	4	27	3.8	3	2.5
Chausie Cat	7-12	1	4	29	3.5	2	5
Maine Coon	9-12	5*	3.6*	31.9*	5*	1.2*	2.4*
Norwegian Forest	5-10	8*	3.1*	31.6*	4.1*	1.5*	2.9*
Oriental Shorthair	4-7	2*	5*	23.5*	3.1*	2.5*	1.8*
Siberian	9-11	1	7	27	3.5	1	1
Van Cat	9-12	1	3	28.5	4.3	4	5
York Chocolate	9-12	1	4	27.5	4.8	2	4

Figure 1. Ultrasonographic measurement of a kitten fetus during pregnancy.

Femur length at 27 days (a) and at 4 days (b) before parturition was 7.2 mm and 18.2 mm, respectively.
Fetal biparietal diameter (BPD) at 29 days (c) and at 15 days (d) before parturition was 11.8 mm and 17.6 mm, respectively.

Figure 2. Right abdominal lateral radiograph during the pregnancy of a queen. The radiographic examination was realized 10 days before parturition and revealed three fetuses by skeletal count.

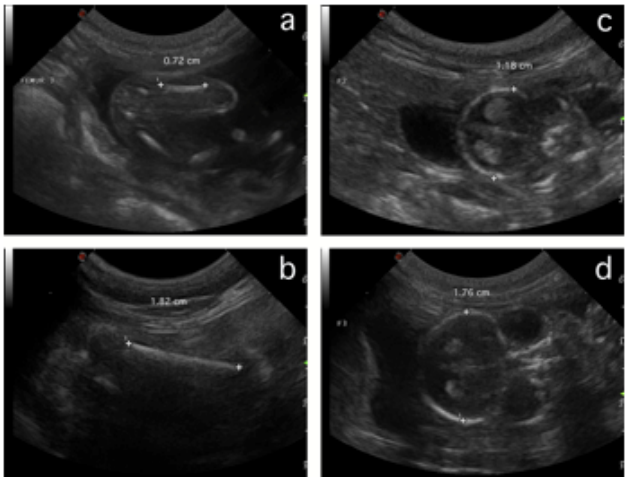


Figure 3: Weights and mean weights of kittens observed at birth per breed.

For each kitten, the birth weight observed is presented as a □.

For each breed, the mean birth weight observed is presented as a ▬

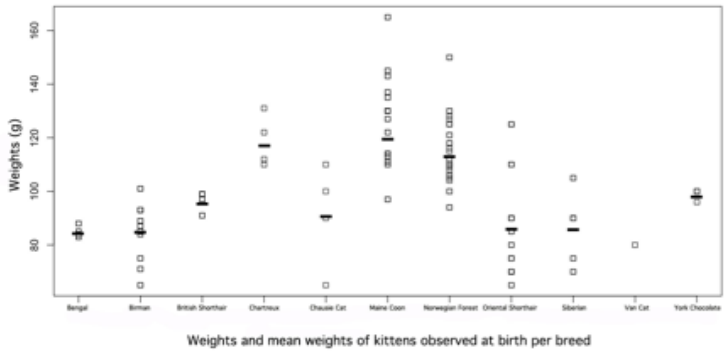
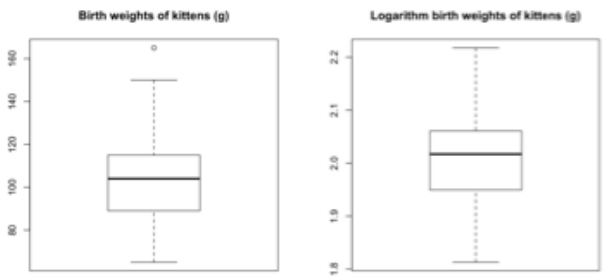


Figure 4: Left: Boxplot of birth weights for all kittens at birth.

Right: Boxplot of logarithm birth weights for all kittens at birth.



References:

[1] Lawler FL, Monti KL. Morbidity and mortality in nenonatal kittens. Am J Vet Res 1984;45:1455-9.

[2] Wilsman NJ, Van Sickle DC. Weight change patterns as a basis for predicting survival of newborn pointer pups. J Am Vet Med Assoc 1973;163:971-5.

[3] Binns SH, Cox IJ, Rizvi S, Green LE. Risk factors for lamb mortality on UK sheep farms. Prev Vet Med 2002;52:287-303.

[4] Fangman TJ, Amass SF. Post partum care of the sow and neonates. In: Large Animal Theriogenology, 2nd Ed, Youngquist RS, Threlfall WR (Ed.),Saunders Elsevier, 2007, pp. 784-8.

[5] Smith-Bindman R, Chu PW, Ecker J, Feldstein VA, Filly RA, Bacchetti P. Adverse birth outcomes in relation to prenatal sonographic measurements of fetal size. J Ultrasound Med 2003;22:357-8.

[6] Hack KE, Derks JB, Elias SG, Franx A, Roos EJ, Voerman SK, et al. Increased perinatal mortality and morbidity in monochorionic versus dichorionic twin pregnancies: clinical implications of a large Dutch cohort study. BJOG 2007;115:58-67.

[7] Mosier J. The puppy from birth to six weeks. Vet Clin North Am Small Anim Pract 1978;8:79-100.

[8] Lawler DF. Neonatal and pediatric care of the puppy and kitten. Theriogenology 2008;70:384-92.

[9] Prescott CW. Reproduction patterns in the domestic cat. Aust Vet J 1973;64:197-200.

[10] Addie D, Toth S. Feline coronavirus is not a major cause of neonatal kitten mortality. Fel Pract 1993;21:13-8.

[11] Scott F, Geissinger C. Kitten mortality survey. Fel Pract 1978;8:31-4.

[12] Povey RC. Reproduction in the pedigree female cat. A survey of breeders. Can Vet J 1978;19:207-13.

[13] Jemmett J, Evans J. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. J Sm Anim Pract 1977;18:31-7.

[14] Leung TN, Pang MW, Daljit SS, Leung TY, Poon CF, Wong SM, et al. Fetal biometry in ethnic Chinese: biparietal diameter, head circumference, abdominal circumference and femur length. J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol 2008;31:321-7.

[15] Smith-Bindman R, Chu PW, Ecker JL, Feldstein VA, Filly RA, Bacchetti P. US evaluation of fetal growth: prediction of neonatal outcomes. Radiology 2002;223:153-61.

[16] Barbera A, Jones OW, Zerbe GO, Hobbins JC, Battaglia FC, Meschia G. Ultrasonographic assessment of fetal growth: comparison between human and ovine fetus. Am J Obstet Gynecol 1995;173:1765-9.

[17] Nahum GG. Estimation of fetal weight. http://emedicinemedscapecom/article/262865-overview 2010;1-48.

[18] Sparkes AH, Rogers K, Henley WE, Gunn-Moore DA, May JM, Gruffydd-Jones TJ, et al. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. J Feline Med Surg 1995;8:145-57.

[19] R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2008.

[20] Root MV, Johnston SD, Olson PN. Estrous length, pregnancy rate, gestation and parturition lengths, litter size, and juvenile mortality in the domestic cat. J Am Anim Hosp Assoc 1995;31:429-33.

[21] Freman MG, Graves WL, Thompson RL. Indigent negro and Caucasian birth weight gestational age tables. Pediatrics 1970;46:9-15.

[22] Elliott C, Morton J, Chopin J. Factors affecting foal birth weight in Thoroughbred horses. Theriogenology 2009;71:683-9.

[23] Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Paladini C. Correlation between fetal age and ultrasonographic measurements during the second half of pregnancy in domestic cats (*Felis catus*). Theriogenology 2004;62:1430-7.

[24] Whitwell KE, Jeffcott LB. Morphological studies on the fetal membranes of the normal singleton foal at birth. Res Vet Sci 1975;19:44.

[25] Christmas RA, Colloton J. Ultrasound determination of fetal gender. In: Large animal theriogenology, 2nd Ed, Youngquist RS, Threlfall WR (Ed.)2007, pp. 303-7.

[26] Zhang J, Sundaram R, Sun W, Troendle J. Fetal growth and timing of parturition in humans. Am J Epidemiol 2008;168:946-51.

[27] Toal RL, Michael MS, Walker A, Henry GA. A comparaison of real-time ultrasound, palpation and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. Vet Radiol Ultrasound 1986;27:102-8.

[28] Beck KA, Baldwin CJ, Bosu WT. Ultrasound prediction of parturition in queen. Vet Radiol Ultrasound 1990;31:32-5.

[29] Beccaglia M, Anastasi P, Grimaldi E, Rota A, Faustini M, Luvoni GC. Accuracy of the prediction of parturition date through ultrasonographic measurement of fetal parameters in the queen. Vet Res Commun 2008;32:99-101.

[30] Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Bassi S. Correlation between the age of the conceptus and various ultrasonographic measurements during the first 30 days of pregnancy in domestic cats (*Felis catus*). Theriogenology 2002;57:1981-7.

[31] Zambelli D, Prati F. Ultrasonography for pregnancy diagnosis and evaluation in queens. Theriogenology 2006;66:135-44.

[32] Hadlock FP, Harrist RB, Carpenter RJ, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements: a prospective study. Am J Obstet Gynecol 1985;151:333-7.

[33] Gatel L, Chalvet-Monfrey K, Buff S, Rault D. Accurate prediction of the onset of parturition in the cat. 14th EVSSAR Congress: Advances in Feline Reproduction, Milan, Italy, 2011.

[34] Günzel-Apel AR, Heinze B, Schäfer D. Gestational age estimation. In: Diagnostic ultrasonography of the dog and cat, Poulsen-Nautrup C, Tobias R, Cartee RE (Ed.),Manson Publishing, 2000, pp. 304-7.

Accurate prediction of the timing for parturition and of the kittens' birth weight

Email de confirmation :

March 17, 2011

Dear Dr. Gatel,

I am happy to inform you that the abstract that you entered for the competitive category was accepted for presentation at the Therio Annual Conference in Milwaukee, Wisconsin. Your abstract will be presented in the Small Animal session which will be on Thursday August 11, 2011 from 10:30 am – 12:30 pm in the Wright Ballroom A. Please check the program schedule at the conference for your exact time.

Please keep in mind that the presentations will be ten (10) minutes in length with an additional five (5) minutes for questions.

If you have any further questions please feel free to contact Roberta Norris (Roberta@franzmgt.com) at the Therio Office. You may also phone the Therio Office at (334) 395-4666; we will be more than happy to help you. In addition, Drs. Michelle Kutzler, (Michelle.Kutzler@oregonstate.edu), or Maria Ferrer (mferrer@vet.k-state.edu) Moderators of the Small Animal Abstract Session will be happy to answer any questions you may have.

PLEASE REPLY TO THIS E-MAIL TO CONFIRM RECEIPT OF THIS LETTER, AND TO LET ME KNOW IF YOU WILL BE ABLE TO PRESENT.

Sincerely,

Roberta Norris

Roberta Norris Director of Meetings / Membership Society for Theriogenology P.O. Box 3007 Montgomery, AL 36109 E-mail: Roberta@franzmgt.com Phone #: 334/395-4666 Fax #: 334/270-3399

Résumé :

L. Gatel[1*], DN. Rault[2*], K. Chalvet-Monfray[1], S. Buff[1]
VetAgro Sup, Veterinary Campus, Université de Lyon, France
AZURVET, Referal Center in Diagnostic Imaging and Neurology, Cagnes sur Mer, France
[*] Equally contributed to the study. eMail. l.gatel@vet-lyon.fr

The aim of the present study was to predict more precisely the onset of parturition using ultrasonographic measurements of the femur, compared to the biparietal diameter, and to predict the kitten's birth weight. For this purpose, mixed-effects models were used based on the following parameters: the litter size, the weight, the wither height, and the age of the queen.

A prospective study was performed in 24 purebred queens from 11 different breeds. Aborted parturitions and malformed foetus were excluded from the study. Cats were scanned by an ECVDI Diplomate in dorsal recumbency and without sedation, from 35 days before parturition

to the day of term. The measurements were performed once, twice or three times on each queen, using a micro-convex probe (Mylab 60, 8-12 MHz, Esaote, France). For each foetus, the maximal femur length and the transversal biparietal diameter were measured. Lateral and ventrodorsal digital radiographs were realized to determine the litter size. The parturition time and the kitten's birth weight were estimated using linear mixed-effects models on R (R statistical analysis software, version 2.10.1, free access) because of random effects (several foetuses for one queen and a few paired measurements) and fixed effects (litter size, weight, wither height and age).

The best linear regression of the parturition time was $y = 37.864 - 0.193\times x_1 + 1.227\times x_2 - 0.615\times x_3 - 0.832\times x_4$. The variables were the waiting time (y) the femur length (x_1), the weight of the queen before pregnancy (x_2), the litter size (x_3) and the age of the queen (x_4). The 70% prediction level was $y \pm 1.6$ days. The best predicted level was obtained using the femur length as compared to the biparietal diameter. All the fixed effects were significant. The duration of the gestation is increased with the weight of the queen before mating ($P<0.01$). The onset of the parturition is sooner when the femur is longer, and when the queen is older ($P<0.01$). The femur length at birth was $x_6 = 193.44 + 6.43\times x_2 - 3.03\times x_3 - 4.16\times x_4$. The kitten's birth weight was correlated to the previously calculated femur length at birth (x_6) and the wither height (x_5). The estimated weight (w) was determined using the following formula: $\log(w) = 0.692 + 0.011\times x_5 + 0.005\times x_6$

Ultrasonographic measurement of the foetal femur length in relation to the queen's weight and age, and the number of foetuses, allowed the accurate prediction the onset of parturition in cats after 40 days of gestation. Although the random effects were important to consider, they could be reduced by adding more pregnant females, thus increasing the power of the study. Moreover, by predicting the kitten's weight at birth, this model is informative for their prognosis for survival, especially while improving the accuracy on the pregnancy time.

Keywords: Queen, Parturition, Prediction, Ultrasonography, Femur length

Short abstract:

The two-fold goals of this prospective study was to predict both the parturition time using ultrasonographic measurements of the femur compared to the biparietal diameter and the kittens birth weight. For this purpose, predictions were estimated using linear mixed-effects models on R software. This study was performed in 24 purebred queens with normal pregnancy. Cats were scanned from 35 days before parturition to the day of term, using a micro-convex probe. The best linear regression of the parturition time was $y = 37.864 - 0.193\times x_1 + 1.227\times x_2 - 0.615\times x_3 - 0.832\times x_4$. The variables were the femur length (x_1), the weight of the queen before pregnancy (x_2), the litter size (x_3) and the age of the queen (x_4). The 70% prediction level was $y \pm 1.6$ days. The kitten's birth weight was correlated to the calculated femur length at birth (x_6) and the wither height (x_5). The estimated weight (w) was determined using: $\log(w) = 0.692 + 0.011\times x_5 + 0.005\times x_6$. The best predicted level was obtained using femur length as compared to biparietal diameter. The duration of the gestation was increased with the weight of the queen before mating ($P<0.01$). The onset of the parturition was sooner when the femur was longer, and when the queen was older ($P<0.01$). The prediction of kittens' weight at birth would require a better accuracy on the pregnancy time.

Relationship between ultrasonographic and radiographic fetal biometry, maternal and pregnancy related-factors, and time to parturition in queen

Email de confirmation:

Dear author,

I am pleased to inform you that your abstract "RELATIONSHIP BETWEEN ULTRASONOGRAPHIC AND RADIOGRAPHIC FETAL BIOMETRY, MATERNAL AND PREGNANCY-RELATED FACTORS, AND TIME TO PARTURITION IN QUEEN" is accepted for an oral presentation at the EVDI meeting 2011 in London.

Sincerely,

Susanne Stieger-Vanegas, DVM, PhD, DipECVDI

Chair of the scientific committee

EVDI conference London

College of Veterinary Medicine

Oregon State University

Corvallis, OR 97331

Résumé:

L. Gatel[1*], DN. Rault[2*], K. Chalvet-Monfray[1.3], S. Buff[1]

[1]Université de Lyon, VetAgro-Sup – Campus Vétérinaire de Lyon,1 Av Bourgelat F 69280 Marcy L'Etoile. [2]AZURVET, Referal Center in Veterinary Diagnostic Imaging and Neurology. Hippodrome, 2 Boulevard Kennedy F 06800 Cagnes-sur-Mer, FRANCE. [3] INRA, UR 346 Epidémiologie Animale, F-63122 Saint-Genès-Champanelle.[*] Equally contributed to the study

Purpose: The aim of this study was to create a model to predict more accurately the timing of the onset of parturition in queens, using radiographic and ultrasonographic measurements of fetal femoral length (FL) and biparietal diameter (BPD). The effects of litter size, weight and age of the queen on the accuracy of the prediction were also investigated. To our knowledge, the femoral length, maternal and pregnancy-related parameters have not been evaluated as prediction factors in cats.

Materials and Methods: A prospective study was performed in 24 purebred queens of 11 different breeds, in normal body condition. Pregnant queens with aborted or malformed fetuses were excluded from the study. Ultrasonographic and radiographic examinations were performed without sedation, during the second half of pregnancy, once to three times in each queen. Ultrasonographic measurements were performed on each fetus using a micro-convex transducer; the maximal FL and the transversal BPD were recorded. Digital radiographs were

obtained and reviewed to determine the litter size and to measure the FL and the BPD. The parturition time was estimated using linear mixed-effects models on R Package, version 2.5.1.

Results: The best multiple linear regression included ultrasonographic measurement of the femoral length (FL), the weight of the queen before pregnancy (W), the litter size (LS) and the age of the queen (A). All these parameters were significant ($p<0,01$). The formula to predict the number of days to parturition (Y) was: $Y = 37.864 - 0.193 \times FL + 1.227 \times W - 0.615 \times LS - 0.832 \times A$. The 70% prediction interval was $Y \pm 1.6$ days. Models using the FL provided a more accurate prediction of the onset of parturition than models using BPD. Time to parturition significantly increased with the weight of the queen before mating ($p<0.01$). Time to parturition was shorter when the femur was longer ($p<0.01$), the litter size larger and when the queen was older ($p<0.01$). No correlation was found between time to parturition and breed or wither height.

Discussion / Conclusion: Radiography is essential to count the number of fetuses but it is not accurate to predict the time to parturition. Combining ultrasonographic measurement of the fetal femoral length, the queen's weight and age, and the number of fetuses, provided a model of prediction of the onset of parturition in the second half of pregnancy. This study shows that models using the FL provide a more accurate prediction of the onset of parturition than previous models using BPD in queens. A larger population of cats should now be investigated to allow for discrimination between the specific effects of breed and female size. Further investigations may also allow quantification of the effects of oversize, obesity or illness.

Nouveau modèle de prédiction de la mise bas chez le Chat.

Email de confirmation :

Chere **Laure Gatel**,

J'ai le plaisir de vous annoncer que votre communication "Nouveau modèle de prédiction de la mise bas chez le chat" a été retenue par le Comité Scientifique comme communication orale dans un des 6 modules "Courtes Communications" lors du Congrès AFVAC-AVEF-SNVEL Lyon 2011. Vous recevrez prochainement le dossier renfermant les instructions précises concernant votre présentation.

Je me permets de vous rappeler que les prestations accordées pour une telle présentation sont les suivantes : Tout auteur dont le résumé de la communication (orale ou affichée) aura été accepté bénéficiera d'un tarif préférentiel lors de l'inscription équivalant à une réduction de 30%. Les frais de déplacement et d'hébergement ne sont pas pris en charge par le comité d'organisation du Congrès.

Au nom du Comité Scientifique AFVAC, je vous adresse nos félicitations et me réjouis de vous rencontrer à Lyon. Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Marie-Christine Cadiergues, présidente du Comité Scientifique AFVAC Lyon 2011.

Résumé :

Introduction
Les données actuelles déterminent le moment du part chez la chatte, soit indirectement à partir d'une datation de la gestation en suivant l'évolution de structures embryonnaires puis fœtales, soit directement à partir des mesures des diamètres bipariétal et abdominal par échographie[1,2,3,4]. Toutefois, la variabilité des résultats reste importante dans cette espèce et aucune publication ne propose de réelle étude statistique. Cette étude avait plusieurs objectifs. Le premier était de proposer un nouveau modèle de prédiction de la mise bas chez la chatte en utilisant la mesure par échographie et radiographie de la longueur du fémur fœtal. Le second était de comparer ce modèle à celui obtenu à partir des mesures du diamètre bipariétal plus communément utilisé. Enfin, le troisième consistait à évaluer, ce qui n'avaient jamais été rapporté à notre connaissance, l'influence de facteurs maternels sur le déterminisme du part.

Matériel et Méthodes
L'étude a été réalisée sur 24 chattes de race (11 races différentes, 1 à 8 individus par race) pesant de 2,7 à 5,8 kg, et âgées de 0,7 à 6 ans. Le nombre de chatons par portée variait de 1 à 8, avec 12 femelles primipares. Toutes les chattes présentaient un bon état général, un état d'embonpoint normal, leur poids étant mesuré avant la gestation.
Les gestations présentant des avortements et des fœtus malformés furent écartées de l'étude. Les examens radiographiques et échographiques ont été effectués par le même opérateur, spécialiste en imagerie médicale vétérinaire.
Des radiographies numériques, de face et de profil ont été réalisées pour déterminer la taille de la portée et pour mesurer la longueur maximale des fémurs et les diamètres bipariétaux. Les données ont été analysées à l'aide de régressions linéaires simples.
Les chattes ont été échographiées en décubitus dorsal, sans sédation, pendant la seconde

moitié de gestation pour permettre l'identification des fémurs calcifiés. Les mesures ont été effectuées une, deux ou trois fois sur chaque chatte, pendant cette période, en utilisant une sonde micro-convexe (Esaote, 3-9 MHz). Pour chaque fœtus, la longueur maximale du fémur et le diamètre bipariétal transversal ont été mesurés à partir d'images fixes et ont été enregistrés. La date de mise bas a été estimée à l'aide d'un modèle linéaire multivarié. Les paramètres étudiés chez les chattes étaient l'âge, le poids et la hauteur au garrot. Le modèle multivarié a été choisi du fait de l'importance de l'effet aléatoire induit par la chatte.

Résultats

Les modèles étudiés à partir des mesures radiographiques étaient significativement différents de modèles linéaires. En revanche le nombre de fœtus comptés à la radiographie était le même que la taille réelle de la portée.

Le modèle proposant la plus fine estimation utilisait la longueur du fémur par échographie (x_1), le poids de la chatte avant gestation (x_2), la taille de la portée (x_3) et l'âge de la chatte (x_4). Une formule mathématique se basant sur ces paramètres a été alors proposée : $y = 37{,}864 - 0{,}193 \times x_1 + 1{,}227 \times x_2 - 0{,}615 \times x_3 - 0{,}832 \times x_4$. L'intervalle de prédiction à 70% était y= ± 1,6 jours. Tous les paramètres utilisés dans la formule étaient significatifs. Ainsi, plus la longueur du fémur était grande, plus la mise bas était proche ($p < 0{,}01$). A taille de fémur égale, une chatte plus jeune et de poids plus important avait une mise bas plus précoce ($p<0{,}01$).

Discussion

La radiographie est indispensable pour compter le nombre de fœtus, mais n'est pas assez précise pour prédire la mise bas. Dans notre étude, la mesure échographique de la longueur du fémur, en relation avec le poids et l'âge de la chatte ainsi que la taille de la portée, permet de prédire la mise bas chez les chats après 40 jours de gestation. Les effets aléatoires sont très importants à prendre en compte mais pourraient être réduits en augmentant le nombre de cas. Le modèle utilisant la longueur du fémur donne une prévision plus précise du début de mise bas que le modèle utilisant le diamètre bipariétal.

Cette étude permet enfin de souligner l'influence, sur la date de la mise bas, de certains paramètres maternels. Toutefois dans cette étude, le paramètre poids des chattes était connu avant la gestation et les chattes sélectionnées présentaient un état d'embonpoint normal. Les auteurs supposent alors que ce facteur est en relation avec le gabarit du chat. D'autres études seraient utiles pour valider l'influence de ce facteur chez les chattes en surcharge pondérale. D'autres paramètres pourraient être également évalués comme l'effet de la race, la biométrie du mâle, l'état de santé de la chatte par exemple.

Références

(1) Zambelli et al., Theriogenology 2002; 57(8):1981-7. (2) Zambelli et al., Theriogenology 2004; 62(8):1430-7. (3) Davidson et al., Top Companion Anim Med 2009; 24(2):55-63. (4) Beccaglia et al., Vet. Res. Commun 2008; 32 Suppl 1:S99-101.

Accurate prediction of the Onset of Parturition in the Cat

Email de confirmation:

Dear Laure,

I am happy to inform you that your abstract 'Accurate prediction of the onset of parturition in the cat' (by Gatel et al.) has been evaluated by 2 reviewers of the Scientific Committee and can be accepted for a Poster Presentation on the upcoming 14th EVSSAR Congress in Milano (Italy; March 11th, 2011). No corrections are necessary. More information concerning poster presentation can be found at http://www.evssar.org/ (Abstracts Manuscripts).

Looking forward to meet you in Milano.

Best regards,

Tom Rijsselaere

Résumé:

L. Gatel[1*], DN. Rault[2*], K. Chalvet-Monfray[1], S. Buff[1]
VetAgro Sup, Veterinary Campus, Université de Lyon, France
AZURVET, Referal Center in Diagnostic Imaging and Neurology, Cagnes sur Mer, France
[*] Equally contributed to the study. eMail. l.gatel@vet-lyon.fr

Introduction. Several studies indicate correlations between the age of the conceptus and ultrasonographic measurements during the first 30 days of queen pregnancy [1] (using the diameter of the gestational sac and the crown-rump length of the embryo) and during the second half of pregnancy [2, 3] (using the diameter of the foetal abdomen, the biparietal diameter of the foetal skull and the diameter of the foetal stomach). Other studies [3, 4] predict parturition timing by using the bi-parietal diameter and the deep portion of diencephalo-telencephalic vesicle but the interval of prediction isn't precise enough. The aim of the present study is to predict more precisely the onset of parturition timing using new radiographic and ultrasonograhic measurements. The effects of the litter size, the weight and the age the queen on the accuracy of the prediction were also investigated.

Material and Methods. A prospective study was performed in 24 purebred queens (11 different breeds, 1 to 8 individuals per breed) weighting from 2.7 to 5.8 kg, and aged from 0.7 to 6 years. Litter sizes were from 1 to 8 kittens, with 12 first-rank pregnancies. Aborted parturitions and malformed foetus were excluded from the study. Ultrasonographic and radiographic exams were performed by an ECVDI Diplomate. Cats were scanned in dorsal recumbency, without sedation, from 35 days before parturition to the day of term. The measurements were performed once, twice or three times on each queen, using a micro-convex probe (Esaote, 8-12 MHz). For each foetus, the maximal length of the femur and the transversal biparietal diameter were measured from fixed images and were recorded. Lateral and ventrodorsal digital radiographs were realized to determine the litter size and to measure the maximal femur length and the biparietal diameter. The parturition time was estimated using linear mixed-effects models (with the length of the femur or the biparietal diameter, and

the individual parameters of the queens as fixed effect and the queens as a random effect). The linear mixed model was chosen because of random effects (several foetuses for one queen and a few paired measurements) and fixed effects.

Results. Concerning ultrasonographic measurements, parameters selected for the best linear regression were the femur length (x_1), the weight of the queen before pregnancy (x_2), the litter size (x_3) and the age of the queen (x_4). The formula to predict the number of days before parturition was: $y = 37.864 - 0.193 \times x_1 + 1.227 \times x_2 - 0.615 \times x_3 - 0.832 \times x_4$. The 70% prediction level was $y \pm 1.6$ days. All the fixed effects were significant. Concerning radiographic measurements, a simple linear model was chosen: the adjusted R-squared obtained with femur length or biparietal diameter were significantly different from 1. The duration of the gestation was increased with the weight of the queen before mating ($p<0.01$). The onset of the parturition was shorter when the femur was longer, and when the queen was older ($p<0.01$).

Conclusion. Radiography is essential to count the number of foetuses but is not accurate to predict parturition. Ultrasonographic measurement of the foetal femur length in relation to the queen's weight and age, and the number of foetuses allows predicting the onset of parturition in cats after 40 days of gestation. The random effects are very important to consider, but they could be reduced by adding more pregnant females to the study with a higher power of the study; this would allow adding new parameters in the regression. This study confirms that models using the length of the femur give a more precise prediction of the onset of parturition than models using biparietal diameter; furthermore, it is easier to measure the length of the femur than the biparietal diameter.

References. (1) Zambelli et al., Theriogenology 2002; 57(8):1981-7. (2) Zambelli et al., Theriogenology 2004; 62(8):1430-7. (3) Davidson et al., Top Companion Anim Med 2009; 24(2):55-63. (4) Beccaglia et al., Vet. Res. Commun 2008; 32 Suppl 1:S99-101.

Accurate prediction of the onset of parturition in the cat

L. Gatel[1,*], DN. Rault[2,*], K. Chalvet-Monfray[1], S. Buff[1]

[1] Université de Lyon, VetAgro Sup - Campus Vétérinaire de Lyon
1 Avenue Bourgelat, 69280 Marcy l'Etoile, France

[2] AzurVet, Referal Center in Diagnostic Imaging and Neurology
Hippodrome - 2 Bd Kennedy, 06800 Cagnes sur Mer, France

** Both authors contributed equally to this work*

eMail: l.gatel@vetagro-sup.fr / azurvet@orange.fr / cerrec@vetagro-sup.fr

Objective

This prospective study was conducted to define a model used to predict more precisely the onset of parturition timing in the cat. The model was computed using radiographic and ultrasonograhic measurements. The effects of the litter size, the weight and the age the queen on the accuracy of the prediction were also investigated.

n=24 purebred queens

Queens with aborted parturition and malformed fetuses were excluded from the study

- 11 different breeds
- 1 to 8 individuals per breed
- 12 first-rank pregnancies
- weight from 2.7 to 5.8 kg
- age from 0.7 to 6.0 years

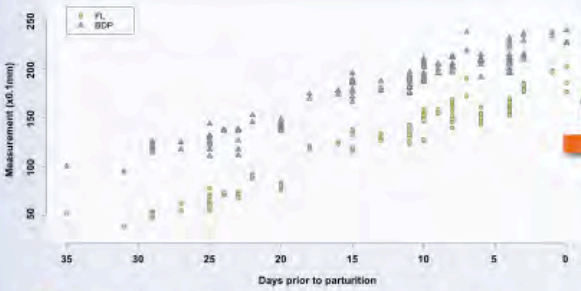
Multiple examinations

Radiographic examination
➡ litter size, femur lenght and biparietal diameter

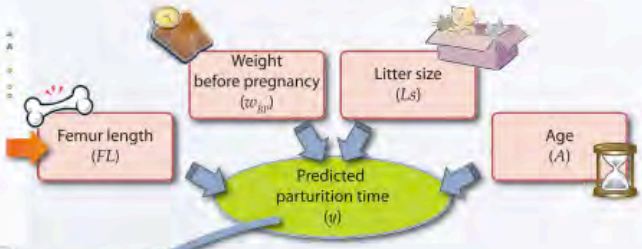
Ultrasound examination
➡ femur lenght and biparietal diameter

4 kittens, FL & BPD	FL = 7.2 mm	BPD = 17.5 mm	FL = 18.1 mm
(8 days before parturition)	*(23 days before parturition)*	*(15 days before parturition)*	*(7 days before parturition)*

Results



Linear relation between BPD or FL (measures obtained during ultrasonographic examination) and number of days before parturition *(R software v. 2.5.1 and lme4 package were used to compute results)*



Linear mixed-effects model

$$y = 37.864 - 0.193 \times FL + 1.227 \times w_{BP} - 0.615 \times Ls - 0.832 \times A$$

70% prediction level
$y \pm 1.6$ days

Radiographic
70% prediction intervals:
BPD ➡ $y \pm 4.6$ days
FL ➡ $y \pm 3.3$ days

▲ queen weight ➡ ▲days before parturition
▲ queen age ➡ ▼days before parturition
▲ litter size ➡ ▼days before parturition

Better prediction with FL than with BPD

Discussion

Radiography was essential to **count the number of fetuses** but was not enough accurate in predicting parturition. Ultrasonographic measurement of the **foetal femur lenght**, in relation to queen's weight, queen's age and the number of foetuses, allowed an **accurate prediction of the onset of parturition** in cats after 40 days of gestation.

Prediction of the timing for parturition and of the kittens birth weight at term

Email de confirmation

Dear colleague,

I am happy to inform you that your abstract(s) has been accepted for the poster presentation at the ESDAR conference in Antalya. Please visit the ESDAR web site www.esdar.org and follow the link to the conference preview. Here you will find the poster abstract list that can be downloaded. Each abstract has a number, which will also be indicated at the poster boards. The poster size should not be larger than 1,20x0,90m (height x width). All posters should be presented during the whole conference period (Friday and Saturday).

Have a nice summer time and see you in Antalya.

Prof. Dr. Detlef Rath

ESDAR Programme Secretary

Institute of Farm Animal Genetics

Friedrich-Loeffler-Institut

Federal Institute of Animal Health

Hoeltystr. 10

31535 Neustadt-Mariensee

Germany

Phone: +49 5034 871 144/188

FAX: +49 5034 871 101

Email: esdar@tzv.fal.de

www.esdar.org

Résumé

L. Gatel[1*], DN. Rault[2*], K. Chalvet-Monfray[1], S. Buff[1] [1]VetAgro Sup - Veterinary Campus, Université de Lyon, France [2]AzurVet, Referal Center in Diagnostic Imaging and Neurology, Cagnes sur Mer, France [*] Equally contributed to the study. eMail. l.gatel@vet-lyon.fr

The aim of this study was to predict both the accurate onset of parturition, using ultrasonographic measurements of the femur, and the kitten's birth weight. For this purpose, a prospective study was performed in 24 purebred queens with normal pregnancy.

Cats were scanned from 35 days before parturition to the day of term, using a micro-convex probe (8-12 MHz). Lateral and ventrodorsal radiographs were used to determine the litter size. For each foetus, the maximal femur length and the transversal biparietal diameter were measured. The parturition time and the kitten's birth weight were estimated using linear

mixed-effects models on R software because of random effects (several foetuses for one queen and a few paired measurements) and fixed effects (litter size, weight, wither height and age).

The best linear regression of the parturition time was $y = 37.864 - 0.193 \times x_1 + 1.227 \times x_2 - 0.615 \times x_3 - 0.832 \times x_4$. The variables were the femur length (x_1), the weight of the queen before pregnancy (x_2), the litter size (x_3) and the age of the queen (x_4). The 70% prediction level was $y \pm 1.6$ days. The kitten's birth weight was correlated to the calculated femur length at birth (x_6) and the wither height (x_5). The estimated weight (w) was determined using the following formula: $\log(w) = 0.692 + 0.011 \times x_5 + 0.005 \times x_6$.The best predicted level was obtained using femur length as compared to biparietal diameter. The duration of the gestation was increased with the weight of the queen before mating ($P<0.01$). The onset of the parturition was sooner when the femur was longer, and when the queen was older ($P<0.01$). By predicting the kitten's weight at birth, the model is also informative for their prognosis for life.

Bibliographie

1. England G, Concannon P. Determination of the optimal breeding time in the bitch: basic consideration. Recent Advences in Small Animal Reproduction. International Veterinary Information Service. 2002;

2. Mittendorf R, Williams MA, Berkey CS, Lieberman E, Monson RR. Predictors of human gestational length. Am J Obstet Gynecol. 1993;168(2):480-4.

3. Prescott CW. Reproduction patterns in the domestic cat. Aust Vet J. 1973;49(3):126-9.

4. Olson PN, Husted PW, Allen TA, Nett TM. Reproductive endocrinology and physiology of the bitch and queen. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1984;14(4):927-46.

5. Tsutsui T, Stabenfeldt G. Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat. J Reprod Fertil Suppl. 1993;(47):29-35.

6. Gerrits PO, Huisman T, Knol BW. [Characteristics of pedigree cat breeding in the Netherlands: breeds, population increase and litter size]. Tijdschr Diergeneeskd. 1999;124(5):145-8.

7. Johnston SD, Root Kustritz MV, Olson PNS. Feline pregnancy. Canine and feline theriogenology. Chapitre 27. W.B. Saunders Compagny. 2001;:414-36.

8. Povey RC. Reproduction in the pedigree female cat. A survey of breeders. Can Vet J. 1978;19(8):207-13.

9. Sparkes AH, Rogers K, Henley WE, Gunn-Moore DA, May JM, Gruffydd-Jones TJ, et al. A questionnaire-based study of gestation, parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in the UK. J Feline Med Surg. 2006;8(3):145-57.

10. Boogaerts C, Stenkiste A, Grellet A, Casseleux G, Fontbonne A, Bossé P, et al. A questionnaire-based study of gestation parturition and neonatal mortality in pedigree breeding cats in France. EVSSAR. 2010.

11. Hoskins J. Fading puppy and kitten syndromes. Feline Pract. 1993;21(5):19-22.

12. Macintire DK. Pediatric intensive care. Vet Clin North Am Small Anim. Pract. 1999;29(4):971-88.

13. Lawler DF. Wasting syndromes of young cats. Small animal reproduction pediatrics. Ralston Purina Co. 1991;5:52-68.

14. Lawler DF. Neonatal and pediatric care of the puppy and kitten. Theriogenology. 2008;70(3):384-92.

15. Lawler F, Monti K. Morbidity and mortality in neonatal kittens. Am J Vet Res. 1984;45:1455-9.

16. Boyd JS. The radiographic identification of the various stages of pregnancy in the domestic cat. J Small Anim Pract. 1971;12(9):501-6.

17. Malandain E, Rault D, Froment E, Fontbonne A, Begon D, Chastant S. Follow up of Follicular Growth Queens During Non Ovulatory Estral Phases in Queens by Ultrasonography and Vaginal Cytology. Third European EVSSAR Congress, Liege. 2002;

18. Baudon. Induction et suivi échographique de l'ovulation chez la chatte et insemination artificielle en semence fraiche: étude expérimentale sur 12 cas. Thèse Vétérinaire. Ecole Nationnale Vétérianire d'Alfort. 2003. 153p. 2003;

19. Verhage HG, Beamer NB, Brenner RM. Plasma levels of estradiol and progesterone in the cat during polyestrus, pregnancy and pseudopregnancy. Biol. Reprod. 1976 juin;14(5):579-585.

20. Wildt DE, Seager SW, Chakraborty PK. Effect of copulatory stimuli on incidence of ovulation and on serum luteinizing hormone in the cat. Endocrinology. 1980 oct;107(4):1212-1217.

21. Concannon P, Hodgson B, Lein D. Reflex LH release in estrous cats following single and multiple copulations. Biol. Reprod. 1980;23(1):111-7.

22. Banks DH, Stabenfeldt G. Luteinizing hormone release in the cat in response to coitus on consecutive days of estrus. Biol Reprod. 1982;26(4):603-11.

23. Shille VM, Munro C, Farmer SW, Papkoff H, Stabenfeldt GH. Ovarian and endocrine responses in the cat after coitus. J Reprod Fertil. 1983;69(1):29-39.

24. Shille VM, Lundström KE, Stabenfeldt GH. Follicular function in the domestic cat as determined by estradiol-17 beta concentrations in plasma: relation to estrous behavior and cornification of exfoliated vaginal epithelium. Biol Reprod. 1979;21(4):953-63.

25. Hammer J. Use of a semi-quantitative canine progesterone test kit in the domestic cat. J Am Anim Hosp Assoc. 1994;30:50-53.

26. Feldman E, Nelson R. Canine and feline endocrinology and reproduction. Feline reproduction. Saunders. 2003;785.

27. Günzel-Apel AR, Kawauchi R, Nautrup CP, Hedrich HJ. [Sonographic presentation of the physiologic ovarian function in the anovulatory and pseudopregnant cycle of the cat]. Tierarztl Prax Ausg K Klientiere Heimtiere. 1998;26(4):275-83.

28. Malandain E, Rault D, Chastant S, Begon D, Baudon S. Follow-up of estrus and gestation by ultrasongraphy in queen. 15e Eurocongres FECAVA, Lille, 2009.

29. Froment E. Contribution à l'étude du cycle oestral chez la chatte: suivi échographique, colpocytologique et endocrinien. Thèse Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. 2002.

30. Zambelli D, Prati F. Ultrasonography for pregnancy diagnosis and evaluation in queens. Theriogenology. 2006;66(1):135-44.

31. Lenard ZM, Hopper BJ, Lester NV, Richardson JL, Robertson ID. Accuracy of prediction of canine litter size and gestational age with ultrasound. Aust Vet J. 2007;85(6):222-5.

32. Toal RL, Walker MA, Henry GA. A comparaison of real-time ultrasound, palpation and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. Vet Radiol. 1986;27(4):102-8.

33. Davidson AP, Baker TW. Reproductive ultrasound of the bitch and queen. Top Companion Anim Med. 2009;24(2):55-63.

34. Whitaker S, Weadows R. Canine and feline pregnancy diagnois. Dans: Comparative reproductive biology. Heide Schatten, Gheorghe M. Constantinescu; p. 344-348.

35. Lawler DF, Evans RH, Reimers TJ, Colby ED, Monti KL. Histopathologic features, environmental factors, and serum estrogen, progesterone, and prolactin values associated with ovarian phase and inflammatory uterine disease in cats. Am J Vet Res. 1991;52(10):1747-53.

36. Beck KA, Baldwin CJ, Bosu WTK. Ultrasound prediction of parturition in queen. Vet Radiol Ultrasound. 1990;31(1):32-5.

37. Haney DR, Levy JK, Newell SM, Graham JP, Gorman SP. Use of fetal skeletal mineralization for prediction of parturition date in cats. J Am Vet Med Assoc. 2003;223(11):1614-6.

38. Zambelli D, Caneppele B, Bassi S, Paladini C. Ultrasound aspects of fetal and extrafetal structures in pregnant cats. J Feline Med Surg. 2002;4(2):95-106.

39. Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Paladini C. Correlation between fetal age and ultrasonographic measurements during the second half of pregnancy in domestic cats (*Felis catus*). Theriogenology. 2004;62(8):1430-7.

40. Zambelli D, Castagnetti C, Belluzzi S, Bassi S. Correlation between the age of the conceptus and various ultrasonographic measurements during the first 30 days of pregnancy in domestic cats (*Felis catus*). Theriogenology. 2002;57(8):1981-7.

41. Beccaglia M, Anastasi P, Grimaldi E, Rota A, Faustini M, Luvoni GC. Accuracy of the prediction of parturition date through ultrasonographic measurement of fetal parameters in the queen. Vet Res Commun. 2008;32 Suppl 1:99-101.

42. Beccaglia M, Faustini M, Luvoni GC. Ultrasonographic study of deep portion of diencephalo-telencephalic vesicle for the determination of gestational age of the canine foetus. Reprod Domest Anim. 2008;43(3):367-70.

43. Beccaglia M, Luvoni GC. Comparison of the accuracy of two ultrasonographic measurements in predicting the parturition date in the bitch. J Small Anim Pract. 2006;47(11):670-3.

44. Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome premier. Ostéologie. Laboratoire d'anatomie Ecole Nationale Vétarinaire Lyon. 1966; 45-73.

45. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing; 2008.

46. Freman MG, Graves WL, Thompson RL. Indigent Negro and Caucasian birth weight-gestational age tables. Pediatrics. 1970;46(1):9-15.

47. Luvoni GC, Grioni A. Determination of gestational age in medium and small size bitches using ultrasonographic fetal measurements. J Small Anim Pract. 2000;41(7):292-4.

48. Son CH, Jeong KA, Kim JH, Park IC, Kim SH, Lee CS. Establishment of the prediction table of parturition day with ultrasonography in small pet dogs. J Vet Med Sci. 2001;63(7):715-21.

49. Lopate C. Estimation of gestational age and assessment of canine fetal maturation using radiology and ultrasonography: a review. Theriogenology. 2008;70(3):397-402.

50. Arrowsmith S, Wray S, Quenby S. Maternal obesity and labour complications following induction of labour in prolonged pregnancy. BJOG. 2011;:doi: 10.1111/j.1471-0528.2010.02889.x.

51. Geirsson RT. Ultrasound instead of last menstrual period as the basis of gestational age assignment. Ultrasound Obstet Gynecol. 1991;1(3):212-9.

52. Salomon LJ, Duyme M, Crequat J, Brodaty G, Talmant C, Fries N, et al. French fetal biometry: reference equations and comparison with other charts. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006;28(2):193-8.

53. Leung TN, Pang MW, Daljit SS, Leung TY, Poon CF, Wong SM, et al. Fetal biometry in ethnic Chinese: biparietal diameter, head circumference, abdominal circumference and femur length. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008;31(3):321-7.

54. Mosier JE. The puppy from birth to six weeks. Vet Clin North Am. 1978;8(1):79-100.

55. Elliott C, Morton J, Chopin J. Factors affecting foal birth weight in Thoroughbred horses. Theriogenology. 2009;71(4):683-9.

56. Nahum GG. Estimation of Fetal Weight [Internet]. 2010 48;Available from: http://emedicine.medscape.com/article/262865-overview

57. Zhang J, Sundaram R, Sun W, Troendle J. Fetal growth and timing of parturition in humans. Am J Epidemiol. 2008;168(8):946-51.

58. Hadlock FP, Deter RL, Harrist RB, Park SK. Estimating fetal age: computer-assisted analysis of multiple fetal growth parameters. Radiology. 1984;152(2):497 -501.

GATEL Laure

BIOMETRIE FŒTALE CHEZ LE CHAT APPLIQUEE A LA DETERMINATION DU MOMENT DE LA MISE BAS ET DU POIDS DE NAISSANCE DES CHATONS

Thèse Vétérinaire : Lyon*, le vendredi 1 Juillet 2011*

RESUME :

Cette étude prospective portait sur la reproduction féline et plus précisément la gestation et la mise bas et avait plusieurs objectifs. Nous avons proposé un nouveau modèle de prédiction de la mise bas chez la chatte en utilisant les mesures échographiques et radiographiques de la longueur du fémur fœtal. Nous avons comparé ce modèle à ceux présents dans la littérature et utilisant les mesures du diamètre bipariétal. Nous avons aussi cherché à évaluer l'influence des paramètres biométriques de la chatte, de son caractère primipare ou multipare et de la taille de la portée sur le déterminisme de la mise bas. Enfin nous avons créé un modèle de prédiction du poids de naissance du chaton.

Pour cela l'étude a été réalisée sur 24 chattes de race. Les gestations présentant des avortements et des fœtus malformés ont été écartées. Des radiographies numériques ont été réalisées pour déterminer la taille de la portée et pour mesurer la longueur maximale des fémurs et des diamètres bipariétaux. Les chattes ont été échographiées afin de mesurer pour chaque fœtus, la longueur maximale du fémur et le diamètre bipariétal transversal. Tous les chatons ont été pesés à la naissance.

Ce travail de recherche nous a permis de montrer que la radiographie est indispensable pour compter le nombre de fœtus, mais qu'elle n'est pas assez précise pour prédire la mise bas. La mesure échographique de la longueur du fémur en relation avec le poids et l'âge de la chatte ainsi que la taille de la portée nous a permis de prédire la mise bas chez les chats après 40 jours de gestation. Nous avons aussi observé que le poids à la naissance dépend d'une part de la hauteur au garrot, de la taille de la portée et de l'âge de la chatte et d'autre part de la longueur du fémur et du nombre de jours avant la mise bas. Notre étude confirme que les modèles utilisant la longueur du fémur donnent une prévision plus précise du début de mise bas que les modèles utilisant le diamètre bipariétal. Cette étude permet enfin de souligner que la gestation et le poids à la naissance dépendent de nombreux paramètres.

MOTS CLES :

Chatte, Gestation, Echographie, Radiographie, Prédiction, Mise bas, Poids de naissance

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur Berland Michel
1er Assesseur :	Monsieur Buff Samuel
2ème Assesseur :	Madame Chalvet-Monfray Karine
Membre invité :	Madame Rault Delphine

DATE DE SOUTENANCE :

Vendredi 1 juillet 2011

ADRESSE DE L'AUTEUR :

230 bis chemin de Terron, 06200 Nice