



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 20127

To cite this version :

Aguer, Fanny. *Température rectale avant la mise bas : facteurs de variation et prévision du moment de la mise bas*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2017, 79 p.

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

TEMPÉRATURE RECTALE AVANT LA MISE BAS : FACTEURS DE VARIATION ET PRÉVISION DU MOMENT DE LA MISE BAS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

AGUER Fanny

Née, le 25 novembre 1992 à NOGENT/MARNE (94)

Directeur de thèse : Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD

JURY

PRESIDENT :

M. Jean PARINAUD

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSEESSEURS :

Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD

Mme Véronique GAYRARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Répartition des Enseignants-Chercheurs par Département.

Mise à jour : 03/11/2017

DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN

ELEVAGE ET PRODUITS/SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRAIRE	SCIENCES BIOLOGIQUES ET FONCTIONNELLES	SCIENCES CLINIQUES DES ANIMAUX DE COMPAGNIE, DE SPORT ET DE LOISIRS
<p>Responsable : M. SANS</p> <p><u>ALIMENTATION ANIMALE :</u> M. ENJALBERT Francis, PR Mme PRIYMENKO Nathalie, MC Mme MEYNADIER Annabelle, MC</p> <p><u>EPIDEMIOLOGIE :</u> Mathilde PAUL, MC</p> <p><u>PARASITOLOGIE-ZOOLOGIE :</u> M. FRANC Michel, PR M. JACQUIET Philippe, PR M. LIENARD Emmanuel, MC Mme BOUHSIRA Emilie, MC</p> <p><u>HYGIÈNE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS :</u> M. BRUGERE Hubert, PR M. BAILLY Jean-Denis, PR Mme BIBBAL Delphine, MC Mme COSTES Laura, AERC Mme DAVID Laure, MCC</p> <p><u>PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION :</u> M. BERTHELOT Xavier, PR M. BERGONIER Dominique, MC Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, PR Mme HAGEN-PICARD Nicole, PR M. NOUVEL Laurent-Xavier, MC Mme MILA Hanna, MC</p> <p><u>PATHOLOGIE DES RUMINANTS :</u> M. SCHELCHER François, PR M. FOUCRAS Gilles, PR M. CORBIÈRE Fabien, MC M. MAILLARD Renaud, PR M. MEYER Gilles, PR</p> <p><u>PRODUCTION ET PATHOLOGIE AVIAIRE ET PORCINE :</u> Mme WARET-SZKUTA Agnès, MC M. JOUGLAR Jean-Yves, MC M. GUERIN Jean-Luc, PR M. LE LOC'H Guillaume, MC</p> <p><u>PRODUCTIONS ANIMALES AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE ÉCONOMIE :</u> M. DUCOS Alain, PR M. SANS Pierre, PR M. RABOISSON Didier, MC</p>	<p>Responsable : Mme GAYRARD</p> <p><u>ANATOMIE :</u> M. MOGICATO Giovanni, MC M. LIGNEREUX Yves, PR Mme DEVIERS Alexandra, MC</p> <p><u>ANATOMIE PATHOLOGIQUE - HISTOLOGIE :</u> M. DELVERDIER Maxence, PR Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, PR Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, PR Mme LACROUX Caroline, PR M. GAIDE Nicolas, AERC</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, MC</p> <p><u>MICROBIOLOGIE – IMMUNOLOGIE - MALADIES INFECTIEUSES :</u> M. MILON Alain, PR M. BERTAGNOLI Stéphane, PR M. VOLMER Romain, MC Mme BOULLIER Séverine, MC Mme DANIELS Héléne, MC</p> <p><u>BIOSTATISTIQUES :</u> M. CONCORDET Didier, PR M. LYAZRHI Faouzi, MC</p> <p><u>PHARMACIE-TOXICOLOGIE :</u> M. PETIT Claude, PR Mme CLAUW Martine, PR M. GUERRE Philippe, PR M. JAEG Philippe, MC</p> <p><u>PHYSIOLOGIE –PHARMACOLOGIE THERAPEUTIQUE :</u> M. BOUSQUET-MELOU Alain, PR Mme GAYRARD-TROY Véronique, PR Mme FERRAN Aude, MC M. LEFEBVRE Hervé, PR</p> <p><u>BIOCHIMIE :</u> Mme BENNIS-BRET Lydie, MC</p> <p><u>ANGLAIS :</u> M. SEVERAC Benoît, PLPA Mme MICHAUD Françoise, PCEA</p>	<p>Responsable : Mme CADIERGUES</p> <p><u>ANESTHESIOLOGIE</u> M. VERWAERDE Patrick, MC</p> <p><u>CHIRURGIE :</u> M. AUTEFAGE André, PR M. ASIMUS Erik, MC M. MATHON Didier, MC Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, MC Mme PALIERNE Sophie, MC</p> <p><u>MEDECINE INTERNE :</u> Mme DIQUELOU Armelle, MC M. DOSSIN Olivier, MC Mme LAVOUE Rachel, MC Mme GAILLARD-THOMAS Elodie, MCC</p> <p><u>OPHTALMOLOGIE :</u> M. DOUET Jean-Yves, MC</p> <p><u>DERMATOLOGIE :</u> Mme CADIERGUES Marie-Christine, PR</p> <p><u>IMAGERIE MEDICALE</u> M. CONCHOU Fabrice, MC</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE. :</u> Mme TRUMEL Catherine, PR</p> <p><u>PATHOLOGIE DES EQUIDES :</u> M. CUEVAS RAMOS Gabriel, MC Mme LALLEMAND Elodie, AERC</p>

Remerciements

Au président de jury,

À Monsieur le Professeur Jean Parinaud

Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Médecine de la Reproduction

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse.

Hommage respectueux.

Au jury de thèse,

À Madame le Docteur Sylvie Chastant-Maillard

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie de la reproduction

Pour m'avoir confié ce sujet et avoir accepté la direction de ma thèse.

Pour son soutien et sa disponibilité.

Sincères remerciements.

À Madame le Docteur Véronique GAYRARD

Professeur de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Physiologie

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Sincères remerciements.

Au Docteur Aurélien Grellet, Ingénieur de Recherches, NéoCare

Pour son aide précieuse, ses conseils et sa disponibilité.

Au CESECAH,

pour leur accueil et pour m'avoir permis d'utiliser leurs données.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ANNEXES	10
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX	13
LISTE DES ABRÉVIATIONS	14
INTRODUCTION	15
PARTIE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	16
A. À partir d'évènements du périœstrus	16
1. <i>Date de saillie</i>	16
2. <i>Premier jour de diœstrus cytologique</i>	16
3. <i>Dosages hormonaux autour de l'ovulation</i>	17
a. Estimation de la date du pic de LH	17
b. Progestéronémie	18
4. <i>Comparaison des trois méthodes précédentes</i>	19
5. <i>Détection de l'ovulation par échographie</i>	19
B. Pendant la gestation : utilisation de l'imagerie médicale	20
1. <i>Radiographie abdominale</i>	20
2. <i>Apparition de structures fœtales à l'échographie</i>	22
3. <i>Mesures de structures fœtales à l'échographie</i>	22
a. En début de gestation : avant 25 jours avant la mise bas	24
i. Diamètre interne de la cavité chorionique (ICC)	24
ii. Diamètre extérieur de l'utérus, épaisseur et longueur du placenta	25
b. Fin de la gestation : dans les 25 jours avant la mise bas	25
i. Longueur tête-périnée (CRL)	25
ii. Diamètre de la tête fœtale (HD) et diamètre bipariétal (BPD)	26
iii. Diamètre du corps (BD)	26
iv. Diamètre du cœur fœtal (DC)	27
v. Le diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique (DVT)	27
vi. Mesures de l'œil du fœtus : le prochain paramètre d'intérêt ?	28
C. Autour de la mise bas	29
1. <i>Signes cliniques</i>	29
a. Observation du comportement	29
b. Début de la lactation	29
c. Température	29
d. Indicateurs du début de la mise bas	30

2.	<i>Dosages hormonaux</i>	30
a.	Progesterone	31
b.	Prolactine	34
c.	Cortisol.....	34
3.	<i>Monitoring fœtal en période péripartum</i>	34
a.	Activité utérine	34
b.	Fréquence cardiaque fœtale et flux de l'artère fœtale	35
4.	<i>Analyse du liquide amniotique</i>	36
PARTIE II : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE		38
A.	Matériels et méthodes	38
1.	<i>Élevage</i>	38
2.	<i>Mise à la reproduction</i>	38
3.	<i>Préparation de la mise bas</i>	39
a.	Environnement et soins en maternité	39
b.	Suivi de température	40
4.	<i>Collecte et saisie des données</i>	40
5.	<i>Analyse statistique</i>	43
a.	Étude descriptive	43
b.	Analyse des données et tests statistiques	43
i.	Facteurs de variation de la température rectale avant la mise bas	43
•	Choix des variables intégrées dans le modèle.....	44
•	Vérification des conditions d'application du modèle	47
ii.	Courbes ROC.....	48
B.	Résultats	52
1.	<i>Description des données</i>	52
a.	Chiennes et mises bas.....	52
b.	Répartition des mises bas dans le temps.....	52
c.	Chiots et mortalité.....	53
d.	Température rectale avant la mise bas	54
2.	<i>Facteurs de variation de la température avant la mise bas</i>	54
a.	Résultats globaux.....	54
b.	Résultats par variable	57
i.	Moment de la journée	57
ii.	Âge à la mise bas	58
iii.	Taille de portée.....	58
iv.	Période de mesure.....	59
v.	Différences statistiques et différences cliniques.....	60
3.	<i>Prédiction de la mise bas par les chutes de température</i>	61

C. Discussion	62
1. <i>Points positifs et négatifs du protocole</i>	62
2. <i>Température avant la mise bas</i>	62
a. Adéquation avec la littérature	62
i. Facteurs environnementaux	62
ii. Chute de température avant la mise bas	63
3. <i>Prédiction du moment de la mise bas</i>	64
CONCLUSION	67
BIBLIOGRAPHIE	69
ANNEXES	74

LISTE DES ANNEXES

<i>Annexe 1 : Extrait de la base de données "Mise bas"</i>	74
<i>Annexe 2 : Extrait de la base de données "Température".</i>	75
<i>Annexe 3 : Fiche de déroulement de la mise bas.</i>	76
<i>Annexe 4 : Écarts entre les moyennes des températures rectales avant la mise bas chez la chienne dans les différentes catégories d'âge à la mise bas et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.</i>	77
<i>Annexe 5 : Écarts entre les températures rectales avant la mise bas chez la chienne pour les différentes tailles de portée et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.</i>	78
<i>Annexe 6 : Écarts entre les moyennes des températures rectales avant la mise bas chez la chienne pour les différentes périodes de mesure et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.</i>	79

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1</i> : Évolution des concentrations en LH et en progestérone dans le sang avant et après le pic de LH chez la chienne.....	17
<i>Figure 2</i> : Aspect des ovaires avant, pendant et après l'ovulation.	20
<i>Figure 3</i> : Radiographie abdominale d'une chienne gestante.	21
<i>Figure 4</i> : Mesure du diamètre interne de la cavité chorionique d'un fœtus chez une chienne Jack Russel Terrier gestante.....	24
<i>Figure 5</i> : Coupes transverse (b) et longitudinale (c) de l'utérus d'une chienne gestante : mesure du diamètre externe de l'utérus (OUD), de l'épaisseur de placenta (PT) et de la longueur du placenta (PL).	25
<i>Figure 6</i> : Mesure de la longueur tête-périnée sur un fœtus.	25
<i>Figure 7</i> : Coupe longitudinale de la tête d'un fœtus et représentation schématique de la mesure du diamètre bipariétal.	26
<i>Figure 8</i> : Coupe transversale d'un fœtus au niveau du foie et de l'estomac : mesure du diamètre du corps.....	26
<i>Figure 9</i> : Image échographique de la tête d'un fœtus : mesure du diamètre bipariétal (BPD) et du diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique (DVT).....	27
<i>Figure 10</i> : Échographie de l'œil d'un fœtus.	28
<i>Figure 11</i> : Évolution de la concentration sanguine maternelle en progestérone, cortisol et prolactine chez la chienne autour de la mise bas.....	31
<i>Figure 12</i> : Tocodynamomètre en place sur deux chiennes avant la mise bas.	35
<i>Figure 13</i> : Fréquence cardiaque du fœtus et détresse fœtale.	35
<i>Figure 14</i> : Protocole de mise à la reproduction des chiennes.....	39
<i>Figure 15</i> : Boxe de maternité.	40
<i>Figure 16</i> : Exemple de courbe de température.....	41
<i>Figure 17</i> : Bilan de la sélection des données	42
<i>Figure 18</i> : Pourcentage de mises bas par année.	43
<i>Figure 19</i> : Âge à la mise bas selon la parité.	44
<i>Figure 20</i> : Poids de portée selon la taille de portée.	45
<i>Figure 21</i> : Température rectale avant la mise bas selon l'année de mise bas.	46
<i>Figure 22</i> : Variables incluses dans le modèle linéaire mixte.	46
<i>Figure 23</i> : Répartition des résidus du modèle : vérification graphique de l'absence d'hétéroscédasticité.....	47
<i>Figure 24</i> : Histogramme de fréquence des résidus : vérification graphique de la normalité des résidus	47

<i>Figure 25</i> : Exemple de courbes ROC. La courbe C correspond à un test de meilleures capacités diagnostiques que celui associé à la courbe A.....	48
<i>Figure 26</i> : Scénario 1 : prise de température à un rythme d'une fois par jour.....	50
<i>Figure 27</i> : Scénario 2 : mesure biquotidienne de la température la matin (MA) et le soir (S).	50
<i>Figure 28</i> : Scénario 3 : mesure de la température trois fois par jour, matin (MA), midi (MI) et soir (S).	51
<i>Figure 29</i> : Nombre de mises bas étudiées par chienne.	52
<i>Figure 30</i> : Répartition des mises bas selon les saisons.	52
<i>Figure 31</i> : Répartition des mises bas selon l'heure de début de la mise bas.....	53
<i>Figure 32</i> : Mortalité périnatale des chiots de la naissance à 21 jours.	53
<i>Figure 33</i> : Répartition des mises bas selon la taille de portée.....	54
<i>Figure 34</i> : Évolution de la température rectale avant la mise bas par période de 2 heures.	55
<i>Figure 35</i> : Évolution de la température rectale avant la mise bas par période de 12 heures.	56
<i>Figure 36</i> : Températures rectales avant la mise bas selon le moment de la journée (moyenne ± écart type).	57
<i>Figure 37</i> : Températures rectales avant la mise bas selon l'âge à la mise bas chez la chienne (moyenne ± écart type).	58
<i>Figure 38</i> : Températures rectales avant la mise bas selon la taille de portée (moyenne ± écart type).	59
<i>Figure 39</i> : Températures rectales avant la mise bas selon la période de mesure (moyenne ± écart type).	59
<i>Figure 40</i> : Valeur prédictive de la prise de température (une mesure par jour) selon le moment de la mesure (matin, midi ou soir).	61
<i>Figure 41</i> : Pourcentage de mises bas pour lesquelles une chute de température de x°C a été observée dans les 24h avant la mise bas.	65

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Durée de gestation dans l'espèce canine à partir d'une valeur de progestéronémie autour de l'ovulation. Revue de la littérature.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 2 : Chronologie de la visualisation de différentes structures par radiographie chez la chienne gestante par rapport au pic de LH et à la mise bas.</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 3 : Délai entre l'apparition de différentes structures fœtales et extra-fœtales et la mise bas.</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 4 : Prévion du moment de la mise bas par différentes mesures échographiques de structures fœtales et extra-fœtales. Revue de la littérature</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 5 : Chute de progestéronémie avant la mise bas. Revue de la littérature.</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 6 : Caractéristiques des tests "chute de progestéronémie sous une valeur seuil" pour prédire la mise bas dans les 96, 48, 24 ou 12 heures suivantes. Résultats de l'étude de De Cramer (2017).</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 7 : Données collectées et leurs sources.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 8 : Calcul de la sensibilité et de la spécificité.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 9 : Variables explicatives de l'étude de la température rectale de la chienne avant la mise bas et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 10 : Écarts entre les moyennes des températures rectale des chiennes avant la mise bas aux différents moments de la journée et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte. ...</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 11 : Bilan des effect size dans l'étude des facteurs de variation de la température avant la mise bas.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 12 : Bilan des résultats des courbes ROC pour la prédiction de la mise bas dans les 24 heures suivantes.</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 13 : Chute de température avant la mise bas. Revue de la littérature.</i>	<i>64</i>

LISTE DES ABREVIATIONS

- ΔT°** : Différence de température
- AUC** : Aire sous la courbe (Area Under the Curve)
- BD** : Diamètre du corps fœtal (Body Diameter)
- BPD** : Diamètre bipariétal (Biparietal Diameter)
- CESECAH** : Centre d'Étude, de Sélection et d'Élevage pour Chiens Guides d'Aveugle et autres Handicapés
- CLIA** : Dosage par chemiluminescence (Chemiluminescent immunoassay)
- CRL** : Longueur tête-périnée (Crown-Rump Length)
- DC** : Diamètre du cœur fœtal
- DVT** : Diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique
- EIA** : Enzyme immunoassay
- EMEA** : Episodes of Myometrial Electrical Activity
- ES** : *Effect size*
- ET** : Écart type
- EDV** : End Diastolic Velocity
- FP** : Faux positif
- FN** : Faux négatif
- HD** : Diamètre de la tête fœtale (Head Diameter)
- ICC** : Diamètre interne de la cavité chorionique (inner chorionic cavity)
- LH** : Hormone lutéinisante
- MA, MI, S** : Moments des prises de température (matin, midi, soir)
- MB** : Mise bas
- ODD** : Diamètre externe de l'utérus (outer uterine diameter)
- P** : Prévalence des évènements positifs
- PL** : Longueur du placenta zonaire (Placental Length)
- PSV** : Peak Systolic Velocity
- PT** : Épaisseur du placenta (Placental Thickness)
- RI** : Resistive index
- RIA** : Dosage radioimmunologique (Radio Immunoassay)
- ROC** : Receiver Operating Characteristic
- Se** : Sensibilité
- SE** : Erreur standard
- Sp** : Spécificité
- S_{pooled}** : Écart type de deux groupes de données combinés
- T1v** : Valeur de la 1^{ère} température avant la mise bas (°C)
- T1m** : Moment de la journée de la 1^{ère} température avant la mise bas (MA, MI, S)
- T1h** : Délai entre l'heure de naissance du 1^{er} chiot et la 1^{ère} mesure de température avant la mise bas
- VPP** : Valeur Prédicative Positive
- VPN** : Valeur Prédicative Négative
- VP** : Vrai Positif
- VN** : Vrai Négatif

INTRODUCTION

Chez les particuliers comme les professionnels, la mortalité périnatale est souvent mal supportée par les propriétaires de chiennes reproductrices. Que ce soit pour des raisons financières ou émotionnelles, les propriétaires espèrent un déroulement de mise bas sans problème et une mortalité minimale. Les éleveurs souhaitent en effet obtenir un maximum de chiots ainsi qu'une chienne qui garde un bon état général pour qu'elle puisse s'occuper des chiots et reproduire à nouveau.

C'est pourquoi de nombreuses études s'intéressent à la mortalité périnatale et aux solutions possibles pour la faire diminuer. En effet la mortalité périnatale est d'environ 20% en élevage, et plus de 40% de ces morts sont des morts nés (Chastant-Maillard *et al.*, 2017). Des mesures pour diminuer cette mortalité peuvent donc être apportées au moment de la mise bas, comme lors de la croissance des chiots.

Connaître avec précision le moment de la mise bas peut être intéressant pour diminuer la mortalité. Tout d'abord cette information permet une présence humaine et donc une assistance lors de la mise bas. Cette surveillance est nécessaire pour détecter les signes de dystocie et agir si besoin. La mère peut aussi être assistée (ouverture des enveloppes fœtales, libération des voies aériennes supérieures, séchage des chiots) et les chiots réanimés si besoin. Inversement, connaître avec précision et certitude le moment de la mise bas permet de limiter le temps de présence auprès de la chienne avant la mise bas. Ceci permet de réduire les coûts chez les professionnels, sans prendre le risque de ne pas être présent lors de la mise bas. Enfin, de la même manière, s'il a été décidé d'une surveillance de la mise bas chez un vétérinaire, connaître avec précision et certitude le moment de la mise bas permet de limiter le temps de surveillance par le vétérinaire et donc les frais associés.

Cette information est aussi cruciale pour le diagnostic d'une inertie primaire complète. Dans ce type de dystocie, le stade 2 de la parturition ne commence pas, et dans certains cas les signes du stade 1 sont discrets. Le dépassement de la date prévue de mise bas est donc le seul élément de diagnostic de cette dystocie (Freville, 2005).

Si le propriétaire le souhaite ou dans le cas d'une gestation à risque, il peut être décidé de réaliser une césarienne programmée, c'est-à-dire sans attendre le début de la mise bas naturelle. Dans ce cas, il est très important que les fœtus soient matures au moment de la césarienne. Connaître le moment prévu de la mise bas naturelle permet de réaliser cette césarienne au bon moment : lorsque les fœtus sont matures et avant que la mise bas naturelle se déclenche. La précision de cette information est alors cruciale pour le vétérinaire qui prend la décision de cette intervention.

Le suivi de la température rectale est classiquement proposé comme moyen de prévision du moment de la mise bas chez la chienne. De nombreuses études décrivent en effet une chute de température avant la mise bas, mais les facteurs de variation de cette température ont été peu étudiés. De plus, si cette chute a souvent été décrite, les caractéristiques de cette chute en tant que prédicteur du moment de la mise bas n'ont jamais été évaluées. Après une revue bibliographique des différents moyens décrits dans la littérature pour prévoir la mise bas, de l'ovulation jusqu'au jours précédents, ce manuscrit présente une étude expérimentale explorant l'intérêt prédictif de l'évolution de la température rectale chez la chienne.

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans cette partie les différentes méthodes de prévision du moment de la mise bas sont présentées. Cette prévision peut être faite à partir d'informations collectées à différents moments de la gestation, avant même la saillie jusqu'aux derniers jours de gestation. La précision, la facilité de réalisation et l'intérêt de ces différentes méthodes sont variables.

A. À partir d'évènements du périœstrus

1. Date de saillie

La durée de gestation calculée à partir de la date de saillie est très variable (Michel *et al.*, 2011). La durée de gestation ainsi calculée peut s'étendre de 57 à 72 jours (Concannon *et al.*, 1983). Cette variabilité peut s'expliquer par la variabilité du délai entre le début de l'œstrus (et donc la date de saillie) et la fécondation (De Cramer, 2017) qui s'explique elle-même par quatre facteurs (Concannon, 1986) :

- La variabilité du délai entre le début de l'œstrus et l'ovulation.
- Le délai de maturation de l'oocyte après l'ovulation : chez la chienne l'oocyte ne peut être fécondé juste après son expulsion, il doit d'abord subir une maturation qui dure 2 à 3 jours.
- La durée de vie de l'oocyte. Il peut être fécondé pendant 2-3 jours de survie après sa maturation.
- La durée de vie des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles, qui est de 6 à 7 jours. La saillie fécondante peut donc avoir lieu entre 5 jours avant et 5 jours après l'ovulation (Concannon, 1986).

La date de saillie n'est donc pas assez précise pour être utilisée comme outil de prévision de la date de mise bas.

2. Premier jour de diœstrus cytologique

Pour prédire la date de mise bas par le premier jour de diœstrus, il faut réaliser un frottis vaginal par jour après la saillie. Le premier jour de diœstrus cytologique est défini comme le premier jour où le nombre de cellules superficielles diminue d'au moins 20% (Johnston *et al.* 2001).

La durée de gestation à partir de ce jour est très similaire dans les études de Holst et Phemister (1974) ($56,88 \pm 1,61$ jours) et de De Cramer (2017) ($56,74 \pm 0,96$ jours). Cette méthode donne donc une estimation de la date de mise bas, mais n'est pas suffisamment précise, puisque la durée de gestation peut s'étendre de 54 à 60 jours à partir du premier jour du diœstrus cytologique (De Cramer, 2017).

3. Dosages hormonaux autour de l'ovulation

Le pic de LH est l'évènement central du cycle, il est souvent utilisé pour dater les évènements du cycle, comme l'ovulation qui a lieu 2 à 3 jours après le pic de LH (Concannon, 1989). C'est pourquoi l'estimation de la date de ce pic est aussi utile pour déterminer la date de mise bas. Chez la chienne la concentration sanguine en progestérone augmente rapidement dès avant le pic de LH (figure 1). Cette augmentation de progestéronémie avant l'ovulation est une spécificité du cycle de la chienne dont la détection peut donc être utile pour déterminer les évènements du cycle et pour prévoir la date de mise bas.

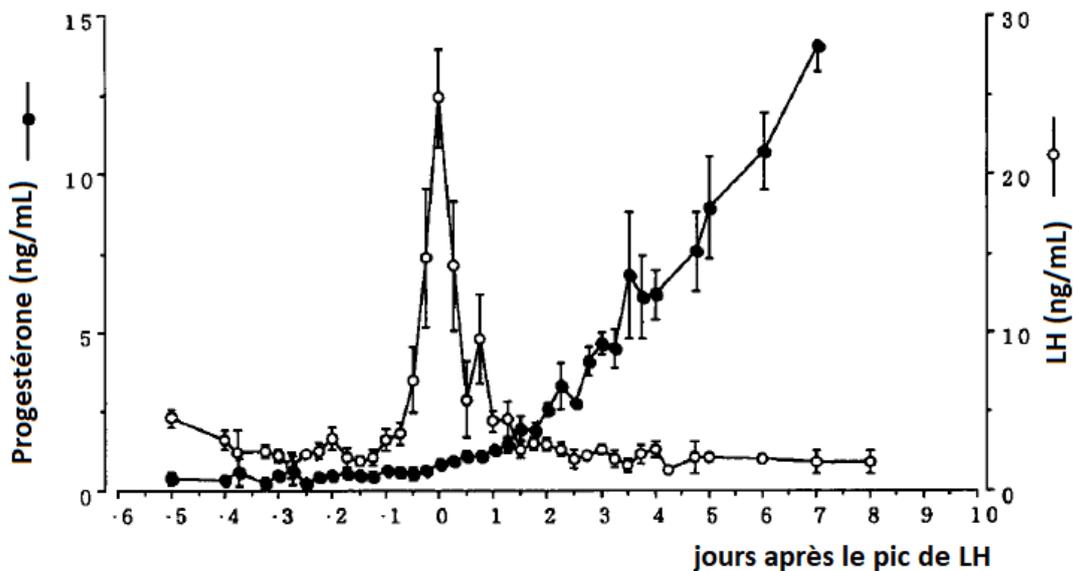


Figure 1 : Évolution des concentrations en LH et en progestérone dans le sang avant et après le pic de LH chez la chienne. Source : Hase (2000).

a. Estimation de la date du pic de LH

La détermination du moment exact du pic de LH n'est pas aisée, en effet la concentration sanguine en LH reste élevée pendant approximativement 36 heures autour du pic (De Gier *et al.*, 2006). Pour déterminer le moment exact du pic, il faut donc répéter les dosages plusieurs fois par jour. Plusieurs auteurs ont évalué la durée de gestation depuis le pic de LH et ont trouvé des résultats similaires, de 64 à 66 jours pour Concannon *et al.* (1983) et De Gier *et al.* (2006), $65,43 \pm 1,60$ jours pour Fontbonne (2008).

Une autre méthode consiste à déterminer le premier jour d'augmentation de la concentration sanguine en LH, sans chercher à déterminer le moment exact du pic. Cette méthode nécessite une moindre fréquence de prélèvements. De plus, un test semi-quantitatif réalisable à la clinique est disponible (Witness® LH test, Zoetis, Malakoff, France). Il s'agit d'un test d'immunomigration rapide. En utilisant ce test semi-quantitatif sur 98 gestations, Cohen *et al.* (2009) ont évalué une durée de gestation, à partir du 1^{er} jour d'augmentation de LH, de 65 jours. La précision était de ± 1 jour dans 82% des gestations et de ± 2 jours dans 100% des cas.

L'estimation du moment du pic de LH permet donc de prévoir la date de mise bas, mais nécessite de nombreux dosages devant être réalisés par un laboratoire. L'estimation du premier jour d'augmentation de LH, est plus facilement utilisable en pratique.

b. Progestéronémie

La durée de gestation peut être évaluée à partir du moment où la progestéronémie dépasse une valeur seuil. Différents auteurs ont utilisé des valeurs seuils différentes (tableau 1) pour calculer la durée de gestation, ce qui rend la comparaison entre les différentes études complexe. Les différents résultats restent néanmoins cohérents, puisque les valeurs seuils plus élevées sont associées à des durées de gestation plus courtes. Kutzler *et al.* (2003) ont déterminé que la durée de gestation calculée depuis le premier jour où la progestéronémie dépasse 1,5ng/mL est de 65 jours. Mir *et al.* (2011) ont déterminé la durée de gestation depuis le premier jour où la progestéronémie dépasse 6ng/mL à 63,1 jours. La précision de la mesure est supérieure dans l'étude de Kutzler *et al.* (2003) (65 ± 2 jours dans 90% des cas) que dans celle de Mir *et al.* (2011) (63 ± 2 jours dans 77,8% des cas).

Tableau 1 : Durée de gestation dans l'espèce canine à partir d'une valeur de progestéronémie autour de l'ovulation. Revue de la littérature.

RIA : radioimmunoassay : dosage radio-immunologique, CLIA : chemiluminescent immunoassay, EIA : enzyme immunoassay.

Auteur	Méthode de dosage	Nombre de gestations	Valeur seuil de progestéronémie	Durée de gestation (jours)	Précision
Kutzler <i>et al.</i> (2003)	RIA ou CLIA	63	1,5ng/mL	65	± 1 j dans 67% des gestations ± 2 j dans 90% des gestations ± 3 j dans 100% des gestations
Tsutsui <i>et al.</i> (2006)	EIA	36	2ng/mL	$63,9 \pm 0,2$ j	étendue : 61-66j
Mir <i>et al.</i> (2011)	CLIA	162	6ng/mL	$63,1 \pm 2,1$ j	63 ± 1 j dans 55,6% des gestations 63 ± 2 j dans 77,8% des gestations
De Cramer (2017)	RIA	24	6nmol/L (1,9ng/mL)		valeur seuil 16nmol/L plus précise que 6nmol/L
			16nmol/L (5,0ng/mL)		

Cette méthode est assez simple à réaliser, elle nécessite des dosages de progestérone tous les deux jours à tous les jours, débutant environ 6 jours après le début des chaleurs. De plus cette méthode a un intérêt double puisque les dosages de progestérone sont très souvent utilisés pour déterminer le meilleur moment pour réaliser l'insémination (De Cramer,2017).

4. Comparaison des trois méthodes précédentes

De Cramer (2017) compare quatre méthodes de détermination de la durée de mise bas :

- À partir du 1^{er} jour du pic de LH, par le test semi-quantitatif (Witness® LH test, Zoetis, Malakoff, France)
- À partir du 1^{er} jour où la progestéronémie dépasse 6nmol/L
- À partir du 1^{er} jour où la progestéronémie dépasse 16nmol/L
- À partir du premier jour de diœstrus cytologique.

Il conclut que les quatre prédicteurs ont des précisions assez similaires, mais que celui qui utilise le premier jour de diœstrus est le point de référence le plus précis des quatre.

En pratique le dosage de progestérone reste la méthode la plus adaptée en élevage. Sa précision est similaire à celle des deux autres prédicteurs évalués ici et, sa réalisation est plus simple (faible nombre de dosages, peu de matériel, peu chronophage).

5. Détection de l'ovulation par échographie

La détection de l'ovulation peut être réalisée par échographie ovarienne. Les follicules pré-ovulatoires sont des structures circulaires anéchogènes de $0,53 \pm 0,09$ cm de diamètre le jour précédant l'ovulation et à paroi épaisse (Fontbonne, 2008). Lors de l'ovulation, ces structures diminuent de taille, deviennent plus irrégulières, le liquide antral disparaît et les follicules se collabent (figure 2). L'aspect d'un ovaire post-ovulatoire est similaire à l'ovaire pré-ovulatoire, puisque les corps jaunes en début d'évolution ressemblent à des follicules pré-ovulatoires. L'ovulation est repérée grâce à ces changements d'aspect des follicules lors de l'ovulation. Il est donc nécessaire d'échographier les ovaires pendant la phase d'ovulation. La durée de gestation mesurée grâce à cette méthode est $63,72 \pm 1,44$ jours dans l'étude de Fontbonne (2008).

Bien que Fontbonne (2008) ait réussi à détecter l'ovulation chez 20 chiennes sur 21 en réalisant une échographie par jour, il conseille tout de même de réaliser deux échographies par jour. En effet dans une autre partie de son étude, il a aussi mis en évidence que certaines ovulations durent moins de 12 heures et peuvent donc ne pas être détectées si une seule échographie par jour est réalisée.

Cette méthode nécessite un matériel d'échographie de qualité et un opérateur qualifié. Même si c'est le cas, la visualisation des ovaires est difficile chez les grands chiens et les races à peau épaisse (Chow-Chow, Sharpei, Bouvier Bernois et Terre-Neuve). De plus, la visualisation de l'ovaire droit peut être compliquée par la présence d'anses intestinales remplies de gaz. Placer l'animal en position debout peut aider à la visualisation de cet ovaire (Fontbonne, 2008).

Cette méthode a été plus précise que le dosage de progestérone pour détecter l'ovulation dans 15,3% des cas (Fontbonne, 2008). Cette absence de précision supplémentaire et la nécessité d'un opérateur qualifié en font, selon De Cramer (2017), seulement la 3^{ème} méthode de détection de l'ovulation après le dosage de progestérone et le dosage de LH.

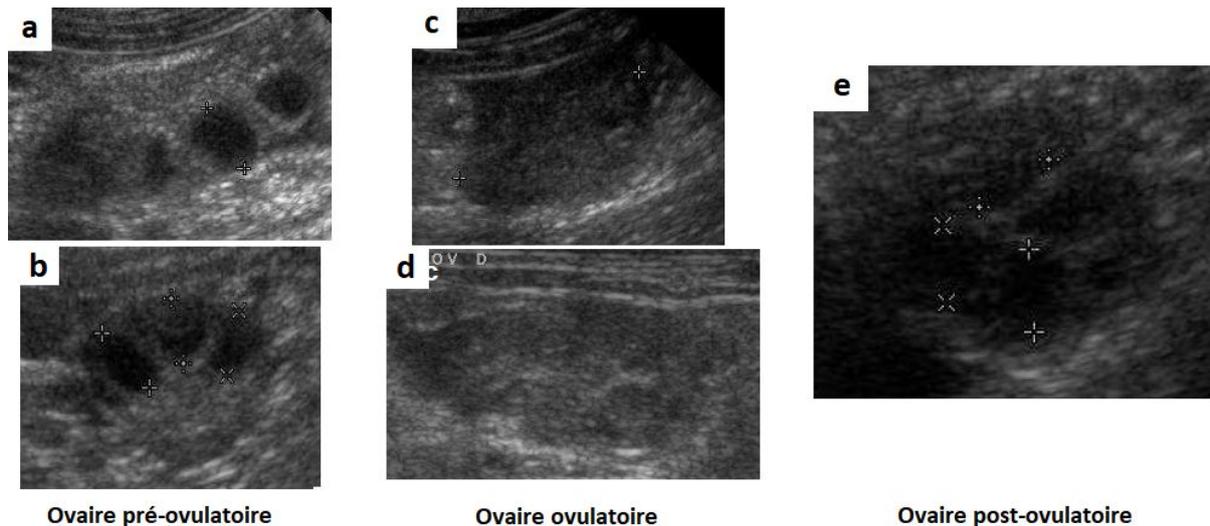


Figure 2 : Aspect des ovaires avant, pendant et après l'ovulation.

a : Follicules pré-ovulatoires circulaires, b : Follicules pré-ovulatoire légèrement aplatis, c : Collapsus folliculaire le jour de l'ovulation, d : Collapsus folliculaire complet à l'ovulation, e : Ovaires un jour après l'ovulation.

Source : Fontbonne (2008).

B. Pendant la gestation : utilisation de l'imagerie médicale

1. Radiographie abdominale

La radiographie abdominale chez la chienne gestante a plusieurs intérêts : le diagnostic tardif de gestation, le dénombrement des fœtus, la mise en évidence d'un risque de dystocie par disproportion fœto-maternelle et la détection de fœtus morts. La mort fœtale se traduit par l'observation d'emphysème autour d'un fœtus (apparaissant 24 heures après la mort du fœtus) ou d'un collapsus d'os du squelette ou du crâne du fœtus (De Cramer, 2017).

La radiographie est aussi utilisée pour dater la gestation et ainsi prévoir la date de mise bas. Dans ce cas, comme pour dénombrer les fœtus, deux vues sont nécessaires : une latérale et une ventro-dorsale (Toal et al. 1986). Le tableau 2 présente les différentes structures pouvant être utilisées, les âges de gestation associés et les délais entre la visualisation de cette structure et la mise bas (figure 3). La précision de cette méthode pour la prévision de la date de mise bas est faible puisque les étendues sont importantes (de 2 à 7 jours). De plus la visualisation ou non des structures dépend de l'appareil utilisé et de l'opérateur. Les anses intestinales, la présence d'aliment et de gaz, ainsi que la superposition des fœtus peuvent perturber la visualisation des structures fœtales. Une diète de 12 à 24 heures peut être réalisée avant l'examen pour diminuer la superposition d'anses digestives et d'aliment (Rendano *et al.*, 1984 ; De Cramer, 2017). Cette méthode est utilisable à partir de 21 jours avant la mise bas, date de la première visualisation de la minéralisation et donc du premier diagnostic radiographique de gestation. La réalisation d'un cliché radiographique et la visualisation ou non d'une des structures d'intérêt permet de dater la gestation entre les dates d'apparition de deux structures, l'une visible et l'autre pas encore. La précision est donc très médiocre. La détermination du jour de première visualisation d'une de ces structures apporterait une précision légèrement meilleure, mais nécessiterait la réalisation d'un cliché par jour jusqu'à la visualisation de la structure, ce qui n'est pas imaginable pour des raisons de radioprotection pour la chienne, les fœtus et l'opérateur.

L'estimation de la date de mise bas par la visualisation de structures fœtales et maternelles par radiographie est donc peu précise. Elle peut avoir un intérêt pour des particuliers, qui ne connaissent pas la date d'ovulation, voire de saillie et qui souhaitent avoir une idée très approximative de la date de mise bas, tout en dénombrant les fœtus.

Tableau 2 : Chronologie de la visualisation de différentes structures par radiographie chez la chienne gestante par rapport au pic de LH et à la mise bas.

Source : Rendano et al. (1984).

Structure visualisée	Jours avant la mise bas (moyenne)	Jours avant la mise bas (étendue)	Jours depuis le pic de LH (moyenne)	Jours depuis le pic de LH (étendue)
Renflement sphérique de l'utérus	30	27 - 33	35	31 - 38
Renflement ovoïde de l'utérus	24	22 - 27	41	38 - 44
Première visualisation de la minéralisation (crâne, colonne, côtes)	21	20 - 22	45	43 - 46
Scapula, humérus, fémur	17	15 - 18	48	46 - 51
Radius, ulna, tibia	11	9 - 13	52	50 - 53
Pelvis et toutes les côtes	11	7 - 12	54	53 - 59
Vertèbres coccygiennes, fibula, calcaneus, et extrémité des membres	5	2 - 9	61	55 - 64
Dents	4	3 - 8	61	58 - 63



Figure 3 : Radiographie abdominale d'une chienne gestante. Les tibias sont visibles, mais le bassin ne l'est pas. La mise bas peut être attendue dans 9 à 13 jours.

Source : Pey et Levy (2009).

2. Apparition de structures fœtales à l'échographie

Les dates de visualisation et les mesures de structures fœtales ou extra-fœtales ont beaucoup été étudiées dans le but de déterminer l'âge de la gestation ou de prévoir le moment de la mise bas.

L'utilisation des dates de visualisation de structures fœtales ou extra-fœtales est plus simple que de réaliser des mesures fœtales. De plus, les dates d'apparition ne sont pas influencées par la taille des chiennes (Boroffka, 2005). Mais la précision du résultat dépend tout de même de l'équipement et de l'expérience de l'opérateur (Michel *et al.*, 2011). Le tableau 3 présente le nombre de jour restant jusqu'à la mise bas selon l'apparition de structures fœtales et extra-fœtales à l'examen échographique. England *et al.* (1990) ont déterminé le jour d'apparition d'autres structures par rapport au dernier jour de saillie. Or, les durées de gestation calculées à partir d'un tel point de repère ne sont pas du tout précises du fait de la variabilité du délai saillie-ovulation. Il est donc impossible de convertir ces dates d'apparition de structures en délais entre l'apparition de la structure et la mise bas.

Tableau 3 : Délai entre l'apparition de différentes structures fœtales et extra-fœtales et la mise bas.
Source : Michel *et al.* (2011)

Structure	Jours avant la mise bas
Chambre embryonnaire sphérique	45
Battement cardiaque fœtal	40 - 42
Forme définitive (bourgeons des membres visibles)	30 - 32
Mouvements fœtaux	29 - 31
Tube neural sagittal	26 - 35
Vessie	26 - 30
Estomac	26 - 29
Poumons plus échogènes que le foie	23 - 27
Reins	18 - 26
Structure en couche des intestins	2 - 8

L'utilisation des dates de visualisation de structures fœtales ou extra-fœtales pour prévoir la date de mise bas est intéressante par sa simplicité et son utilisation possible tout au long de la gestation. Mais la précision de cette méthode est faible, c'est pourquoi de nombreux auteurs se sont intéressés à des mesures de structures par échographie pour prévoir la date de mise bas avec plus de précision.

3. Mesures de structures fœtales à l'échographie

Le principe de cette méthode est d'établir des courbes de croissance de différentes structures fœtales et extra-fœtales mesurées au cours de la gestation. Ensuite, cette croissance est modélisée par une équation (le plus souvent par une régression linéaire) qui est enfin utilisée pour déterminer l'âge de la gestation ou prévoir la date de mise bas (Beccaglia et Luvoni, 2006). Pour un même

paramètre plusieurs équations doivent être établies en fonction du format des chiennes. Les équations pour les différents paramètres obtenues par les auteurs sont présentées dans le tableau 4. Pour tous les paramètres, des mesures sur deux fœtus minimum sont nécessaires pour obtenir une bonne précision. Si un seul fœtus est présent, il faut utiliser plusieurs paramètres (Beccaglia et Luvoni, 2006).

Tableau 4 : Prédiction du moment de la mise bas par différentes mesures échographiques de structures fœtales et extra-fœtales. Revue de la littérature

ICC : diamètre interne de la cavité chorionique, OUD : diamètre extérieur de l'utérus, CRL : longueur tête-périnée, PT : épaisseur du placenta, BD : diamètre du tronc, BPD : diamètre bipariétal, HD : diamètre de la tête fœtale, DVT : diamètre de la partie épaisse de la vésicule télécéphalique.

Stade de la gestation	Paramètre	Format / race des chiennes	Nombre de jours avant mise bas	Auteurs	Nombre de chiennes
Début de gestation (avant 25 jours avant la mise bas)	ICC	moyen	$(ICC \text{ mm} - 82,13)/1,8$	Luvoni et Grioni (2000)	35
		petit	$(ICC \text{ mm} - 68,88)/1,53$	Luvoni et Grioni (2000)	33
		Bichon Maltais	$63,2 - (18,58 + 0,71 \times ICC \text{ mm})$	Son et al. (2001)	8
		Yorkshire terrier	$63,4 - (18,92 + 0,65 \times ICC \text{ mm})$	Son et al. (2001)	10
		grand	$(ICC \text{ mm} - 105,1)/2,5$	Alonge et al. (2016)	8
		géant	$(ICC \text{ mm} - 88,1)/1,9$	Alonge et al. (2016)	9
	OUD	moyen	$(OUD \text{ mm} - 80,78)/1,57$	Luvoni et Grioni (2000)	35
		petit	$(OUD \text{ mm} - 85,17)/1,83$	Luvoni et Grioni (2000)	33
	CRL	moyen	$40,36 - (4,54 \times CRL \text{ cm}) + (0,24 \times CRL^2 \text{ cm})$	Michel et al. (2011)	
	PT	moyen	$(PT \text{ mm} - 18,99)/0,45$	Luvoni et Grioni (2000)	35
		petit	$(PT \text{ mm} - 5,8)/0,12$	Luvoni et Grioni (2000)	33
	Fin de gestation (25 derniers jours de gestation)	BD	moyen	$42,11 - (12,75 \times BD \text{ cm}) + (1,17 \times BD^2 \text{ cm})$	Michel et al. (2011)
BPD		moyen	$(BPD \text{ mm} - 29,18)/0,7$	Luvoni et Grioni (2000)	35
		petit	$(BPD \text{ mm} - 25,11)/0,61$	Luvoni et Grioni (2000)	33
		grand	$(BPD \text{ mm} - 30)/0,8$	Alonge et al. (2016)	8
		géant	$(BPD \text{ mm} - 29)/0,7$	Alonge et al. (2016)	9
HD		Bichon Maltais	$63,2 - (24,7 + 1,54 \times BPD \text{ mm})$	Son et al. (2001)	8
		Yorkshire terrier	$63,4 - (23,89 + 1,63 \times BPD \text{ mm})$	Son et al. (2001)	10
BD et BPD		moyen	$34,27 - (5,89 \times BPD \text{ cm}) - (2,77 \times BD \text{ cm})$	England et al. (1990)	50
DPTV		grand	$(DPTV \text{ mm} - 10,27)/0,24$	Beccaglia et al. (2008)	7
		moyen	$(DPTV \text{ mm} - 14,15)/0,4$	Beccaglia et Luvoni (2004)	3
	petit	$(DPTV \text{ mm} - 10,11)/0,24$	Beccaglia et Luvoni (2004)	4	

a. En début de gestation : avant 25 jours avant la mise bas

Plusieurs paramètres sont utilisables en début de gestation : le diamètre interne de la cavité chorionique (ICC), le diamètre extérieur de l'utérus (OUD : outer uterine diameter), l'épaisseur du placenta (PT : placental thickness) et la longueur du placenta (PL : placental length) (Beccaglia *et al.*, 2016).

i. *Diamètre interne de la cavité chorionique (ICC)*

L'ICC est le paramètre le plus précis pendant la première moitié de la gestation (England *et al.*, 1990, Luvoni et Grioni, 2000). Il est facile à mesurer entre 45 et 25 jours avant la mise bas. En effet, pendant cette période, la cavité chorionique est une plage anéchogène, bien sphérique dont les bords sont bien délimités (England *et al.*, 1990). La mesure est réalisée en calculant la moyenne de deux diamètres perpendiculaires pris du côté où se trouve la réaction trophoblastique déciduale (Pey et Levy, 2009) (figure 4). Dans les 25 jours avant la mise bas, la cavité chorionique s'allonge. L'ICC reste utilisable mais est moins précis et nécessite plus de mesures (diamètre bipolaire et deux diamètres perpendiculaires à l'équateur). Ce paramètre n'est pas affecté par la taille de portée, ni le sex ratio de la portée. La précision est bonne pour les chiennes de petit et moyen formats (précision à $\pm 1j$ dans 77% des cas, et à $\pm 2j$ dans 88% des cas pour les petits formats et 85% des cas pour les moyens formats) (Beccaglia *et al.*, 2016). Kutzler (2003) a montré que les équations obtenues n'étaient pas applicables aux races géantes. Après application d'un facteur de correction, cet auteur obtient tout de même une prévision de la mise bas avec des précisions équivalentes ($\pm 1j$ dans 75% des cas). Au contraire, Socha et Janowski (2014) ont appliqué les équations établies pour les chiennes de petit et moyen formats à des chiennes de grand format et des races géantes. Ils ont obtenu des précisions similaires. Finalement des équations pour les chiennes de grandes races et de races géantes ont été établies en 2016 (Alonge *et al.*, 2016) (tableau 4).

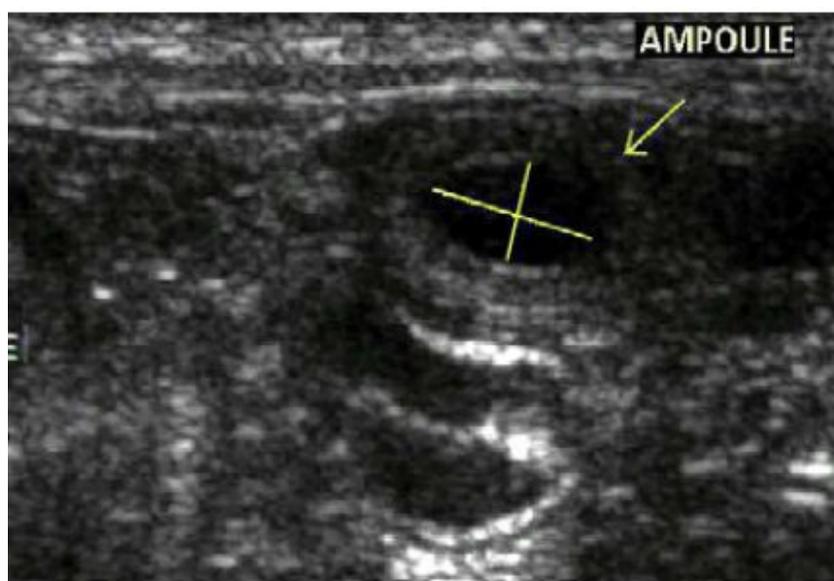


Figure 4 : Mesure du diamètre interne de la cavité chorionique d'un fœtus chez une chienne Jack Russel Terrier gestante.
Source : Pey et Levy (2009)

ii. Diamètre extérieur de l'utérus, épaisseur et longueur du placenta

Pour mesurer l'ODU, les marqueurs doivent être placés sur les bords externe de l'utérus à un site d'implantation (Son et al., 2001) (figure 5). L'ODU, l'épaisseur et la longueur du placenta sont moins précis que l'ICC car les bords de ces structures sont moins bien définis (Luvoni et Grioni, 2000).

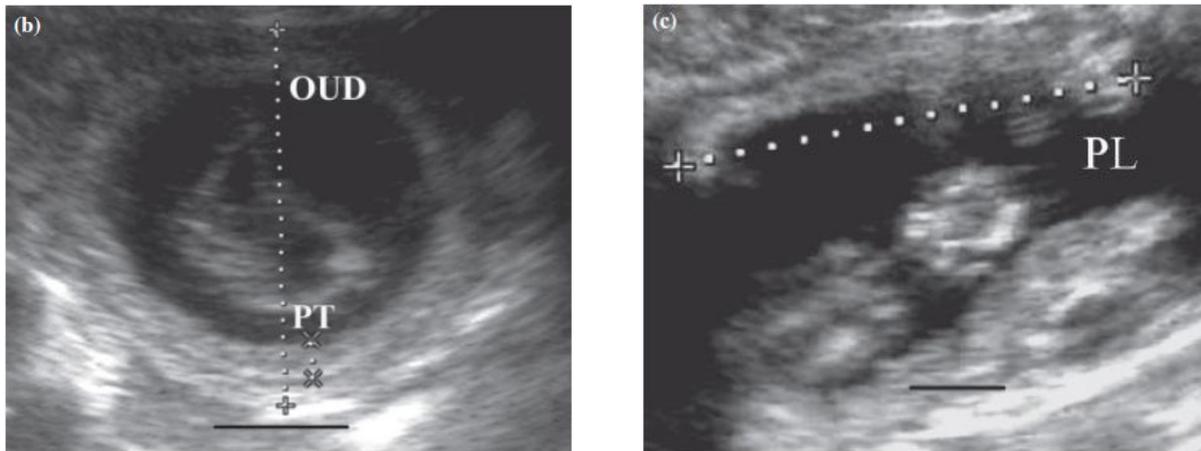


Figure 5 : Coupes transverse (b) et longitudinale (c) de l'utérus d'une chienne gestante : mesure du diamètre externe de l'utérus (ODU), de l'épaisseur de placenta (PT) et de la longueur du placenta (PL).
Source : Luvoni et Beccaglia (2006)

b. Fin de la gestation : dans les 25 jours avant la mise bas

Durant les 25 jours avant la mise bas, d'autres paramètres sont plus adaptés : la longueur tête-périnée (CRL : Crown-Rump Length), le diamètre bipariétal (BPD), le diamètre de la tête fœtale (HD : head diameter), le diamètre du corps (BD : body diameter), le diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique (DVT) et le diamètre du cœur fœtal (DC).

i. Longueur tête-périnée (CRL)

La CRL est la distance entre le point le plus rostral de la tête jusqu'au point le plus caudal du périnée (England *et al.*, 1990) (figure 6). Cette mesure est précise autour de 25 jours avant la mise bas ; ensuite le fœtus se courbe et la précision de la mesure diminue (England *et al.*, 1990).



Figure 6 : Mesure de la longueur tête-périnée sur un fœtus.
Source : Luvoni et Beccaglia (2006).

ii. Diamètre de la tête fœtale (HD) et diamètre bipariétal (BPD)

Le diamètre de la tête fœtale est le diamètre maximal de la tête sur une vue sagittale (Michel *et al.* 2011). Il est utile lorsque le diamètre bipariétal n'est pas encore mesurable (avant la minéralisation du squelette). Le BPD est le plus précis des paramètres dans les 25 derniers jours de la gestation. Il est mesuré sur une coupe longitudinale du fœtus, les os pariétaux doivent être symétriques et le falx cerebri (ligne hyperéchogène centrale) doit être visible (figure 7). Les marqueurs sont alors placés de manière symétrique sur les os pariétaux (Son *et al.*, 2001). La précision n'est pas influencée par la taille de portée ni le sex ratio. Mais elle varie selon le format de la chienne : $\pm 1j$ dans 75% et 63% des cas pour les petits et moyens formats respectivement et $\pm 2j$ dans 88% et 81% des cas respectivement. Des équations de prévision de la date de mise bas à partir du BPD ont été établies pour les grandes races et les races géantes avec des précisions similaires (Alonge *et al.*, 2016).

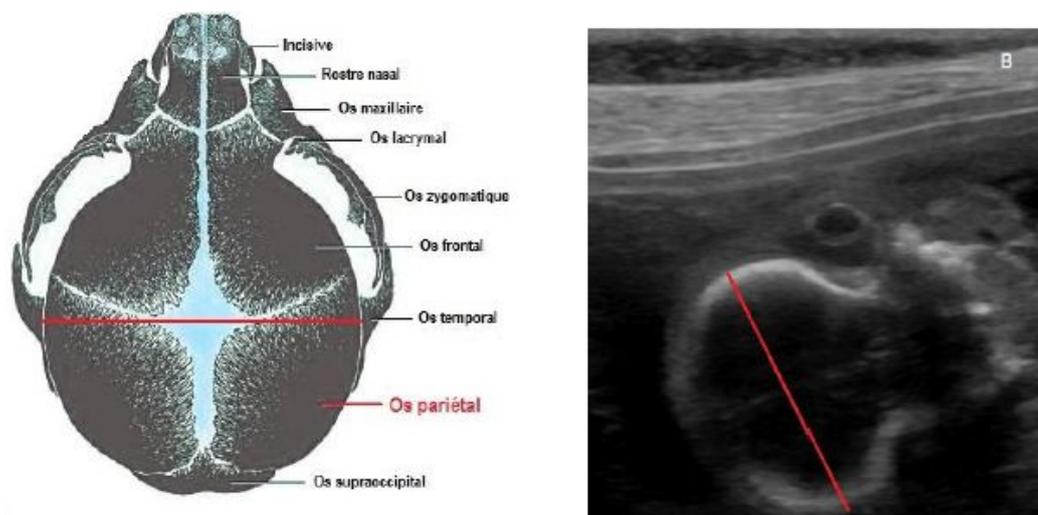


Figure 7 : Coupe longitudinale de la tête d'un fœtus et représentation schématique de la mesure du diamètre bipariétal.
Source : Paquette (2014).

iii. Diamètre du corps (BD)

Le BD se mesure dans un plan transverse qui coupe le foie et l'estomac (figure 8) par la moyenne de deux mesures perpendiculaires (England *et al.*, 1990). Seul, ce paramètre n'est pas un très bon prédicteur du moment de la mise bas, mais il peut être utile associé au BPD (England *et al.*, 1990) (tableau 4).

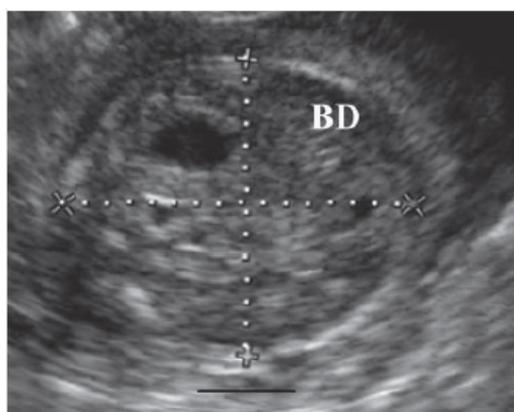


Figure 8 : Coupe transversale d'un fœtus au niveau du foie et de l'estomac : mesure du diamètre du corps.
Source : Luvoni et Beccaglia (2006).

iv. Diamètre du cœur fœtal (DC)

Pour évaluer le DC, il faut mesurer le petit et le grand axe du cœur sur une coupe où la silhouette cardiaque est la plus grande possible et en faire la moyenne (Moriyoshi *et al.*, 1996). Ce paramètre est prédictif du moment de la mise bas mais il est très facilement affecté par le cycle cardiaque.

v. Le diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique (DVT)

La vésicule télencéphalique ne peut être visualisée qu'entre le 30^{ème} et le 7^{ème} jour avant la mise bas. Plus tôt elle est trop petite pour être visualisée, plus tard la minéralisation du crâne empêche sa visualisation (Beccaglia et Luvoni, 2004). Il s'agit d'une région anéchogène symétrique dans le plan sagittal du fœtus qui correspond au thalamus et au noyau primordial basal (Beccaglia et Luvoni, 2004) (figure 9). Ce paramètre dépend du format de la chienne. Il est aussi moins précis que le diamètre bipariétal et le diamètre interne de la cavité chorionique (Beccaglia *et al.*, 2008).

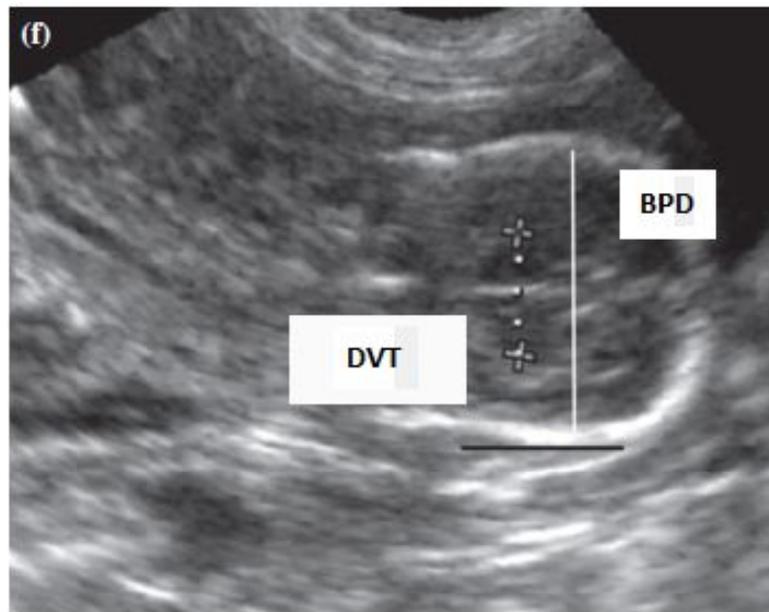


Figure 9 : Image échographique de la tête d'un fœtus : mesure du diamètre bipariétal (BPD) et du diamètre de la partie épaisse de la vésicule télencéphalique (DVT).
Source : Luvoni et Beccaglia (2006).

vi. Mesures de l'œil du fœtus : le prochain paramètre d'intérêt ?

Boroffka (2005) a établi les dates d'apparition des structures de l'œil au cours de la gestation. À J32 après la saillie, l'œil est une structure ronde anéchogène. À J37, il est toujours rond, le vitré reste anéchogène, mais apparaissent un cristallin sphérique, un bord antérieur hyperéchogène (cornée et paupières non différenciables) et une ligne hyperéchogène entre la rétine et la sclère. Enfin à J44 le cristallin s'aplatit. Dans cette étude, la durée de gestation n'est pas connue précisément et ces données ne peuvent donc pas être utilisées pour prévoir la mise bas. Paquette (2014) a établi la courbe de croissance du rapport taille du cristallin sur taille de l'œil et cette croissance peut être approchée par un modèle linéaire (figure 10). Ce rapport est donc possiblement un prédicteur du moment de la mise bas, dont la précision doit encore être évaluée.

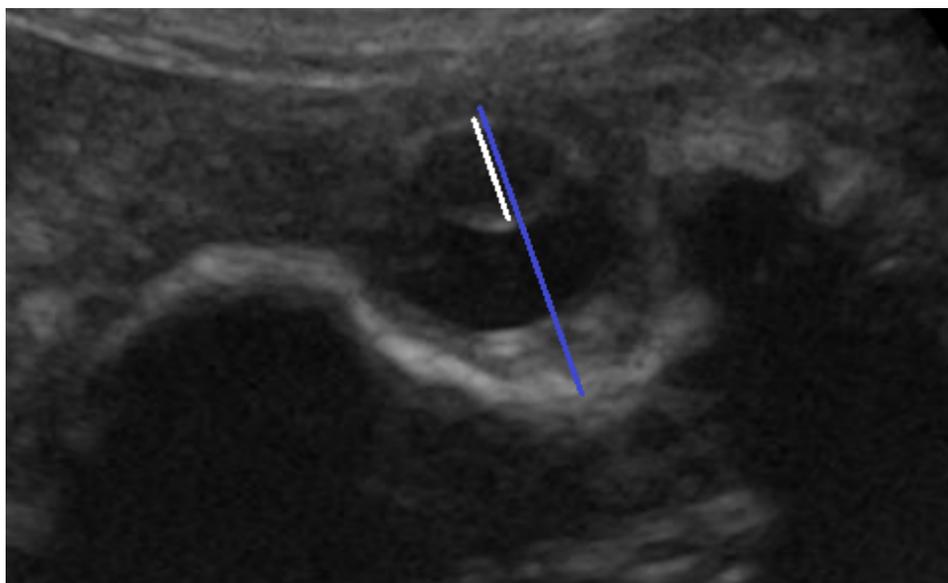


Figure 10 : Échographie de l'œil d'un fœtus.
En blanc, la taille du cristallin, en bleu, la taille de l'œil.
Source : Paquette (2014).

Au bilan, l' ICC et le BPD sont les deux meilleurs prédicteurs du moment de la mise bas par échographie des structures fœtales et extra-fœtales. Avec ces deux paramètres, il est possible de prévoir la date de mise bas presque tout au long de la gestation. Ces prédicteurs ont une précision importante, et la précision peut être améliorée à condition de réaliser des mesures sur un plus grand nombre de fœtus et de multiplier les paramètres.

C. Autour de la mise bas

1. Signes cliniques

a. Observation du comportement

Les premiers changements de comportement interviennent 2 à 3 jours avant la mise bas. On peut observer une chienne agitée, recherchant l'isolement, une diminution de la prise alimentaire, et un relâchement des muscles pelviens et abdominaux (Concannon, 1986). D'autres changements de comportement apparaissent au début du stade 1 de la mise bas. Ce stade est marqué par des contractions utérines synchrones, sans contractions abdominales associées. Il est marqué par une agitation, un comportement de nidification (chienne qui gratte le sol, halète et tremble). Ce stade dure en général 6 à 12 heures, et peut durer jusqu'à 24 heures avant le début du stade 2 (De Cramer, 2017). Mais l'observation de ces comportements n'est pas un moyen précis de prédiction de la mise bas. En effet, certains peuvent apparaître bien plus tôt, le comportement de nidification pouvant apparaître jusqu'à 7 jours avant la mise bas (Johnston et al., 2001). De plus, selon Long *et al.* (1978), pour détecter ces changements de comportement, il faut avoir observé la chienne pendant 2 à 3 semaines avant la mise bas.

b. Début de la lactation

La lactation peut débuter deux semaines à quelques jours avant la mise bas, il ne s'agit donc pas d'un signe précis de prévision de la mise bas (Johnston et al. 2011).

c. Température

La progestérone a des propriétés thermogéniques. La chute de température qui suit la chute de progestérone de 12 heures environ peut donc être expliquée par la diminution de la concentration sanguine de cette hormone thermogénique dans le sang (Concannon et Hansel, 1977). Pour détecter cette chute de température, il est conseillé de mesurer la température rectale trois fois par jour à partir du 54^{ème} ou 55^{ème} jour de gestation. Selon les auteurs, la chute de température rectale varie de 0,84°C (Concannon *et al.*, 1977) jusqu'à plus de 1°C (Michel *et al.*, 2011). Les différents auteurs placent cette chute entre 24 et 48 heures (Tsutsui et Murata, 1982) jusqu'à 24 à 8 heures avant la mise bas (Ettinger *et al.*, 2017). Plus de détails sur la précision de cet outil sont présentés dans la discussion de la partie expérimentale.

La température augmente rapidement après le début de la parturition, l'observation de cette augmentation en l'absence de l'expulsion du premier chiot doit alerter et peut être signe de dystocie (Veronesi *et al.*, 2002).

d. Indicateurs du début de la mise bas

Un écoulement vaginal clair et muqueux peut être observé dans les 24 heures avant l'expulsion du premier chiot, il s'agit du bouchon muqueux. Son expulsion peut passer inaperçue si la chienne le lèche rapidement (Paquette, 2014).

Une sécrétion vulvaire verdâtre peut être observée une à deux heures avant l'expulsion du premier chiot (Johnston *et al.*, 2001). La couleur de cette sécrétion est liée à la présence d'utéroverdine, un composé dérivé de l'hémoglobine libéré lors du décollement placentaire.

L'observation de la dilatation du col utérin via un endoscope ou un speculum est un indicateur de début de mise bas (De Cramer, 2017). Cette technique est peu utilisée en pratique, car elle nécessite du matériel spécifique.

Ces signes sont trop tardifs pour prévoir la mise bas, il s'agit plutôt d'indicateurs du début de la mise bas. De plus ils sont inconstants, c'est pourquoi ils ne peuvent être utilisés seuls pour prévoir le moment de la mise bas.

2. Dosages hormonaux

L'évènement déclencheur de la mise bas chez la chienne n'a pas été clairement mis en évidence. L'hypothèse généralement retenue est celle qui a été démontrée dans plusieurs autres espèces : en fin de gestation, la maturation de l'axe hypothalamo-hypophysaire des fœtus déclenche une sécrétion de cortisol fœtal. Ce cortisol se retrouve dans la circulation maternelle et augmente la concentration en cortisol maternel. C'est cette augmentation du cortisol maternel qui est à l'origine de la sécrétion de prostaglandine F_{2α} (PGF_{2α}) (Concannon, 1986). Concannon *et al.* (1988) ont prouvé que l'augmentation de la concentration sanguine maternelle en PGF_{2α} est à l'origine de la lutéolyse en fin de gestation chez la chienne. Les corps jaunes étant les seules structures productrices de progestérone chez la chienne, la progestéronémie chute suite à la lutéolyse. Cette chute de progestérone entraîne à son tour un pic de prolactine (figure 11).

Les quelques jours avant la mise bas sont donc marqués par des changements hormonaux importants. C'est pourquoi le suivi de ces hormones a été étudié comme prédicteur de la mise bas.

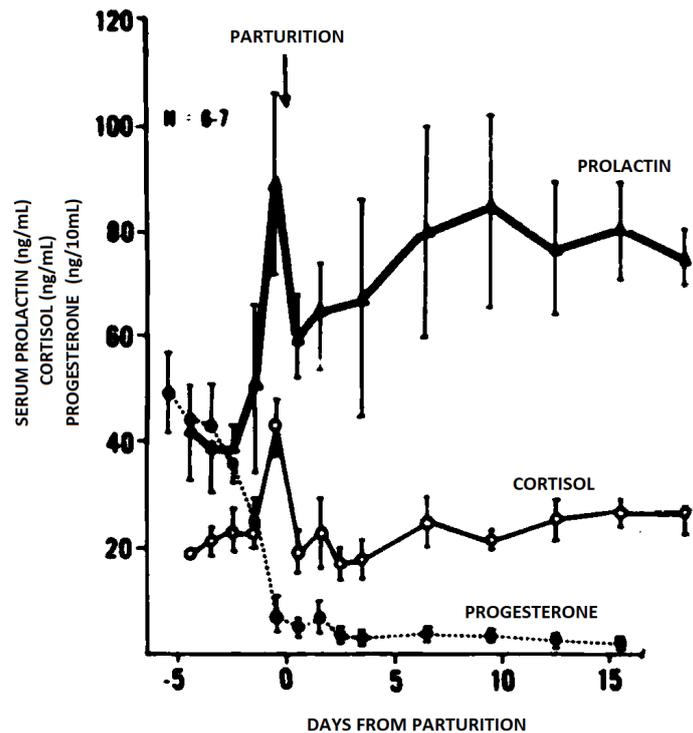


Figure 11 : Évolution de la concentration sanguine maternelle en progestérone, cortisol et prolactine chez la chienne autour de la mise bas.
Source : Concannon *et al.* (1978).

a. Progestérone

L'évolution de la progestéronémie avant la mise bas a été décrite par de nombreux auteurs (tableau 5). La plupart des auteurs s'accordent sur une chute brutale de la progestéronémie entre 48 et 12 heures avant la mise bas (Concannon *et al.*, 1978, 1988 ; England et Verstegen, 1996 ; Veronesi *et al.*, 2002 ; Leroyer *et al.*, 2002 ; Baan *et al.*, 2005 ; Rota *et al.*, 2015). Seuls Luz *et al.* (2006) décrivent une diminution progressive de la progestéronémie depuis le 30^{ème} jour de gestation, amenant à des valeurs basales 24 heures avant la mise bas. Les valeurs de progestéronémie 24 heures avant la mise bas sont légèrement différentes selon les auteurs mais restent toutes inférieures à 3ng/mL lorsque le dosage est réalisé par dosage radioimmunologique (RIA). Dans l'étude de Rota *et al.* (2015), la valeur de progestéronémie moyenne 24 heures avant la mise bas est de $4,32 \pm 2,52$ ng/mL, mais ce dosage a été réalisé par chemiluminescence (CLIA). Il est donc difficile de comparer ce résultat aux autres réalisés par RIA.

Tableau 5 : Chute de progestéronémie avant la mise bas. Revue de la littérature.

RIA : radio immunoassay, CLIA chemiluminescent immunoassay. Les progestéronémies sont des moyennes \pm erreur standard (SE) ou écart type (ET).

Auteurs	Nombre de chiennes	Méthode de dosage	Moment de la chute de progestérone	Progestéronémie 48h avant la mise bas	Progestéronémie 24h avant la mise bas	Progestéronémie 12h avant la mise bas
Concannon <i>et al.</i> , 1978	7	RIA	12-48h avant 1er chiot		1,19 \pm 0,36 ng/mL (SE)	0,55 \pm 0,07 ng/mL (SE)
Concannon <i>et al.</i> , 1988	6	RIA	24h avant le 1er chiot	8,9 \pm 0,95 nmol/L (SE) (2,8 \pm 0,3 ng/mL)	7,00 \pm 1,28 nmol/L (SE) (2,2 \pm 0,4 ng/mL)	3,82 \pm 0,64 nmol/L (SE) (1,2 \pm 0,2 ng/mL)
England et Verstegen, 1996	10	RIA	12-48h avant 1er chiot	2,9 \pm 0,4 ng/mL (SE)	1,6 \pm 0,3 ng/mL (SE)	
Veronesi <i>et al.</i> , 2002	7	RIA	12-40h avant 1er chiot		9,3 \pm 5,6 nmol/L (ET) (2,9 \pm 1,8 ng/mL)	
Leroyer <i>et al.</i> , 2002	27	RIA	Dans les 48h avant la mise bas	2,07 ng/mL	0,76 ng/mL	
Baan <i>et al.</i> , 2005	6	RIA	Dans les 30h avant le 1er chiot		9 nmol/L (2,8 ng/mL)	
Luz <i>et al.</i> , 2006	8	RIA	Pas de chute, mais une diminution lente depuis J30 (post pic de LH)		valeur basale (<2 ng/mL)	
Rota <i>et al.</i> , 2015	51	CLIA	Dans les 48h avant la mise bas	6,81 \pm 2,38 ng/mL (ET)	4,32 \pm 2,52 ng/mL (ET)	

De nombreuses études décrivent cette chute de progestérone, mais les études qui cherchent à montrer l'utilité de cette chute en tant que prédicteur du moment de la mise bas sont moins nombreuses.

De Cramer (2017) cherche à trouver les caractéristiques du test « chute de progestéronémie en dessous d'une valeur seuil » pour prévoir la mise bas dans les 96, 48, 24 ou 12 heures suivantes. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 6. Une valeur de progestéronémie inférieure à 3,18 nmol/L permet de prévoir une mise bas dans les 24 heures suivante avec une valeur prédictive positive (VPP) et une sensibilité de 100%. Ce résultat est intéressant dans le cas de césariennes réalisées avant le début de la mise bas. Une progestéronémie inférieure à 3,18 nmol/L indique donc que la chienne aurait mis bas dans les 24 heures et que la césarienne peut donc être effectuée sans risque de faire naître des chiots immatures. Par ailleurs, les valeurs prédictives négatives (VPN) sont très bonnes lorsque l'on veut prévoir la mise bas dans les 12 heures suivantes. Ainsi, si la progestéronémie est supérieure à 15,8 ou 8,7 nmol/L, il y a 99% ou 98% de chances que la chienne ne mette pas bas dans les 12 heures suivantes, respectivement. L'éleveur peut donc laisser la chienne sans surveillance pour les 12 heures suivantes sans inquiétude (et en particulier pendant la durée de la nuit). Malheureusement, les VPN ne sont pas aussi bonnes dans le cas de prévisions de la mise bas dans les 24 ou 48 heures suivantes.

Tableau 6 : Caractéristiques des tests "chute de progestéronémie sous une valeur seuil » pour prédire la mise bas dans les 96, 48, 24 ou 12 heures suivantes. Résultats de l'étude de De Cramer (2017).

Se : sensibilité, Sp : spécificité, VPP : valeur prédictive positive, VPN : valeur prédictive négative.

Valeur seuil de progestéronémie (nmol/L)	Mise bas dans les x heures suivantes	Se	Sp	VPN	VPP
15,8	96		0,85 (0,58–0,96)		0,99 (0,96–1,00)
	24	0,91 (0,84–0,95)		0,91 (0,85–0,96)	
	12	0,98 (0,90–1,00)		0,99 (0,95–1,00)	
8,7	48		0,99 (0,94–1,00)		0,99 (0,94–1,00)
	24		0,92 (0,87–0,96)		0,86 (0,77–0,92)
	12	0,94 (0,84–0,98)		0,98 (0,95–0,99)	
3,18	24		1,00 (0,98–1,00)		1,00 (0,90–1,00)

Rota *et al.* (2015), ont trouvé que la valeur seuil de 3,4ng/mL permet d'avoir la meilleure sensibilité et spécificité pour détecter la mise bas dans les 24 heures suivantes. La sensibilité est alors plutôt mauvaise (46,88%), plus de la moitié des chiennes ne sont donc pas détectées par ce test. Au contraire, la spécificité est proche de 100%. Ce résultat est cohérent avec l'étude de De Cramer (2017), puisque pour des valeurs seuils proches (8,7nmol/L pour De Cramer et 3,40ng/mL soit 10,8nmol/L pour Rota *et al.*) les valeurs de spécificité sont très proches.

Leroyer *et al.* (2002) ont choisi une valeur seuil de 1ng/mL (3,2nmol/L) pour détecter une mise bas dans les 48 heures suivantes. La sensibilité est alors plutôt bonne (89,1%) ainsi que les VPP et VPN (95% et 91% respectivement). Dans cette études un dosage semi-quantitatif de progestérone par ELISA (Ovulation Test®, BIO VETO TEST, La Seyne-sur-Mer, France) est aussi étudié. La lecture de ce test est visuelle. L'obtention d'un bleu plus ou moins foncé classe les résultats dans 4 catégories de concentrations de progestérone : C1 entre 0 et 1ng/mL, C2 entre 1 et 2,5ng/mL, C3 entre 2,5 et 8ng/mL et C4 supérieur à 8ng/mL. Les capacités du test « obtention d'un premier résultat dans la catégorie C1 » à détecter la mise bas dans les 48 heures suivantes sont assez moyennes. La sensibilité de la prévision d'une mise bas dans les 48 heures avec le test ELISA est de 65,2% contre 89,1% avec le dosage RIA et la VPN de 76% avec le dosage ELISA contre 91% avec le dosage RIA. Ce test est rapide et ne nécessite pas de machine de dosage, mais ses caractéristiques sont moins bonnes qu'un test utilisant un dosage quantitatif de progestérone.

England et Verstegen (1996) ont testé un dosage semi-quantitatif similaire (Ovucheck® Premate, Kitvia, Labarthe-Inard, France). Dans 90% des cas (9 chiennes sur 10), le premier résultat de la catégorie « low » (correspondant à une progestéronémie de 1,5±0,3ng/mL) était obtenu la veille de la mise bas.

La chute de progestérone avant la mise bas est donc très utile dans la prévision du moment de la mise bas. L'utilisation de plusieurs valeurs seuils permet d'obtenir de très bonnes précisions dans la prévision de la mise bas et de l'absence de mise bas. Enfin les dosages semi-quantitatifs sont intéressants lorsque le dosage quantitatif n'est pas disponible mais la prévision de la mise bas est moins précise.

b. Prolactine

Concannon *et al.* (1978) ont mis en évidence un pic de prolactine entre 8 et 32 heures avant la mise bas. Lors de ce pic la concentration en prolactine était augmentée de 73 à 327% par rapport à la moyenne de prolactinémie établie entre les 3^{ème} et 5^{ème} jours avant la mise bas. Le suivi de la prolactine avant la mise bas pourrait donc être un prédicteur de la mise bas. D'autres études sont nécessaires pour évaluer cette possibilité.

c. Cortisol

Bien que l'origine du cortisol en fin de gestation chez la chienne ne soit pas élucidée, l'augmentation de la cortisolémie en fin de gestation a été observée par plusieurs auteurs. Concannon *et al.* (1978) décrivent une cortisolémie de $22,9 \pm 1,2$ ng/mL de 4 à 2 jours avant la mise bas, puis un pic de cortisolémie s'élevant à $62,5 \pm 7,2$ ng/mL entre 8 et 24 heures avant la mise bas. Baan *et al.* (2008) observent aussi une augmentation du cortisol dans les 30 heures avant la mise bas. De Cramer (2017) recherche une valeur absolue ou une valeur seuil de cortisolémie qui permette de déterminer le moment de la mise bas. Il observe lui aussi une augmentation du cortisol dans les 36 heures avant la mise bas, mais les valeurs de cortisolémie sont trop variables pour être prédictives de la mise bas.

3. Monitoring fœtal en période péripartum

a. Activité utérine

Van der Weyden *et al.* (1989) ont étudié l'activité électrique de l'utérus. Ils ont d'abord démontré la bonne corrélation entre l'activité électrique et motrice de l'utérus, ainsi les contractions utérines peuvent être suivies par l'activité électrique de l'utérus. En fin de gestation, ils ont identifié des épisodes d'activité utérine de 3 à 10 minutes et de fréquence faible (maximum 2,5 par heure) : Episodes of Myometrial Electrical Activity ou EMEA. Entre ces EMEA, des pics d'activité plus courts sont observés associés à des stimuli environnementaux. Pendant les 7 derniers jours de la gestation, les pics d'activité courts sont plus nombreux entre les EMEA. Enfin entre 13 et 24 heures avant la mise bas, la fréquence des pics augmente et l'activité utérine en général augmente. Il semble donc que l'activité électrique utérine puisse être un prédicteur de la mise bas, mais elle n'a jamais été étudiée dans ce contexte.

Si la méthode utilisée par Van der Weyden *et al.* (1989) pour mesurer l'activité électrique de l'utérus n'est pas utilisable en pratique (implantation d'électrodes dans la paroi de l'utérus lors d'une laparotomie), l'activité utérine peut aujourd'hui être enregistrée par tocodynamométrie. Une compagnie américaine a développé un système qui combine un tocodynamomètre et un Doppler (WhelpWise Service, <http://whelpwise.com/>). Il permet donc de monitorer les contractions utérines et la fréquence cardiaque fœtale sans nécessiter d'hospitalisation de la chienne. Des capteurs fixés sur l'abdomen de la chienne à l'aide d'une sangle après avoir tondu les zones de contact des capteurs, enregistrent la pression intra-utérine (figure 12). Les variations temporelles de l'activité utérine sont

déTECTABLES avec ce matériel. Cette technique, utilisable chez le propriétaire, est surtout utile pour détecter le début de la phase 1 de la mise bas et donc éviter de réaliser des césariennes programmées trop tôt (Davidson, 2001).



Figure 12 : Tocodynamomètre en place sur deux chiennes avant la mise bas.
Source : WhelpWise Service, <http://whelpwise.com/>.

b. Fréquence cardiaque fœtale et flux de l'artère fœtale

La fréquence cardiaque fœtale est un bon indicateur de la santé du fœtus. Plusieurs auteurs ont établi des valeurs de fréquence cardiaque en dessous desquelles la détresse fœtale est légère, modérée ou sévère (figure 13). Ces valeurs diffèrent légèrement selon les auteurs.

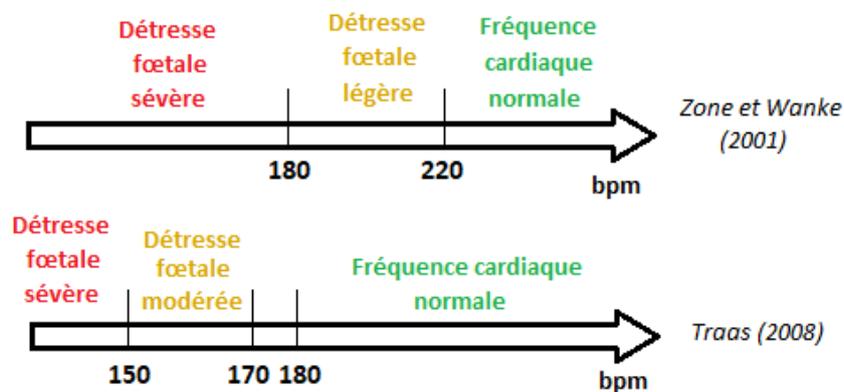


Figure 13 : Fréquence cardiaque du fœtus et détresse fœtale.
Résultats de Zone et Wanker (2001) en haut et de Traas (2008) en bas.

Gil *et al.* (2014) décrivent une diminution de la fréquence cardiaque avant la mise bas. Mais la variabilité de cette fréquence est un paramètre qui présente un intérêt dans la prévision du moment de la mise bas. En effet, plus la mise bas est proche, plus on observe des accélérations et décélérations de la fréquence cardiaque des fœtus. Ainsi les fréquences mesurées varient de 119 à 242 bpm dans les 6 heures avant la mise bas (Gil *et al.*, 2014), et de 133 à 252 bpm dans les 12 heures avant la mise bas (Giannico *et al.*, 2016). La variabilité de la fréquence cardiaque fœtale est donc un possible prédicteur du moment de la mise bas.

Giannico *et al.* (2016) ont étudié les capacités de prévision de la mise bas de cette variabilité de la fréquence cardiaque fœtale et des mesures du flux dans l'artère ombilicale. Grâce à une échographie-Doppler, la vitesse systolique maximale (PSV : Peak Systolic Velocity) et la vitesse en fin de diastole (EDV : End Diastolic Velocity) sont mesurées dans l'artère ombilicale. L'indice de résistivité (RI : Resistive Index, $RI = \frac{PSV-ESV}{PSV}$) et le pourcentage de variation de la fréquence cardiaque fœtale par rapport à son maximum ont alors été étudiés. La variation de la fréquence cardiaque seule a de médiocres capacités de prévision de la mise bas. La combinaison d'un RI inférieur à 0,7 et d'une variation de fréquence cardiaque supérieure à 30,67% prévoit la mise bas dans les 12 heures suivantes avec la meilleure précision (sensibilité : 0,954, spécificité : 0,800, VPP : 0,9545 et VPN : 0,80). La combinaison de la variabilité de la fréquence cardiaque fœtale et de l'indice de résistivité de l'artère ombilicale est donc un très bon prédicteur du moment de la mise bas. Malheureusement si l'évaluation de la fréquence cardiaque fœtale est simple, la mesure des vitesses de flux dans l'artère ombilicale est plus complexe. En effet, il faut réaliser une coupe transverse du placenta zonaire et se placer au milieu du cordon ombilical pour faire les mesures. Si la mesure est réalisée plus proche du fœtus, la valeur de RI sera augmentée et si elle est réalisée plus proche du placenta, elle sera diminuée.

4. Analyse du liquide amniotique

Le surfactant pulmonaire est un complexe tensioactif produit dans les derniers jours de gestation par les pneumocytes II du fœtus. Il forme un film dans les poumons qui favorise la compliance pulmonaire. Si ce surfactant pulmonaire est absent à la naissance, ce qui est en général le cas dans les naissances prématurées, le nouveau-né subit un syndrome de détresse respiratoire souvent mortel (Paquette, 2014).

Paquette (2014) a étudié la présence de surfactant pulmonaire dans le liquide amniotique prélevé en fin de gestation, soit par amniocentèse soit lors de la césarienne. Bien que le nombre de chiennes soit insuffisant, cette étude semble indiquer l'innocuité de l'amniocentèse pour les chiots et la mère. Par ailleurs, sur les 48 prélèvements réalisés le jour de la césarienne près de 90% contenaient du surfactant. Cette étude est donc une première approche dans l'utilisation de la détection de surfactant dans le liquide amniotique pour prédire la date de la mise bas. D'autres études sont nécessaires pour confirmer que l'analyse du liquide amniotique peut être utilisée dans ce but. Même si cette méthode s'avère avoir une précision importante pour la prévision du moment de la mise bas, il s'agit d'une méthode invasive qui est difficile à justifier au regard des nombreuses autres méthodes non invasives de prévision du moment de la mise bas.

L'intérêt de la prévision de la mise bas dans le contrôle de la mortalité périnatale explique les nombreuses recherches sur le sujet et les nombreux prédicteurs étudiés. Ainsi la prévision du moment de la mise bas peut être réalisée tout au long de la gestation. Autour de l'ovulation, le dosage de la progestérone sanguine est simple et a une bonne précision de ± 2 jours dans 77.8% à 90% des cas (Mir *et al.*, 2011, Kutzler *et al.*, 2003). Il est donc utile pour planifier la mise bas, de plus, il est aussi souvent utilisé pour déterminer le meilleur moment pour la saillie ou l'insémination. Pendant la gestation, la radiographie ou l'échographie peuvent être utilisées. Elles peuvent prévoir le moment de la mise bas, même si aucune information n'est connue sur les événements lors de la mise à la reproduction. Enfin la prévision peut être réalisée dans les quelques jours avant la mise bas par l'observation de signes cliniques, des dosages hormonaux ou un monitoring fœtal.

La prévision du moment de la mise bas par le suivi de la température rectale avant la mise bas est très souvent utilisé pour sa simplicité de mise en œuvre. Bien que la chute de température avant la mise bas est souvent été décrite dans la littérature, les capacités de prévision du moment de la mise bas par cette chute de température rectale n'ont pas été étudiées. Dans cette étude, nous avons donc étudié les courbes de température rectale de chiennes dans leur dernière semaine de gestation. Nous nous sommes intéressés aux facteurs de variations de cette température avant la mise bas. Puis nous avons cherché à déterminer les capacités de prévision du moment de la mise bas par suivi de la température rectale et à optimiser ses caractéristiques en fonction du nombre et du moment des prises de température.

PARTIE II : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Cette étude s'intéresse à la température rectale de la chienne gestante au cours de la dernière semaine avant la mise bas. Trois questions biologiques ont été retenues. La première est physiologique : **Quels sont les facteurs de variation de la température avant la mise bas ?** La deuxième s'intéresse à la possibilité de prédiction du moment de la mise bas par l'observation d'une chute de température rectale : **Quelle est la sensibilité et la spécificité de la chute de température pour prévoir l'occurrence d'une mise bas dans les 24 heures suivantes ?** Enfin la dernière est plus pratique : **à quelle fréquence de mesure et à quel moment de la journée la température rectale est-elle la plus prédictive du moment de la mise bas ?**

A. Matériels et méthodes

1. Élevage

L'étude s'est déroulée au CESECAH (Centre d'Étude, de Sélection et d'Élevage pour Chiens Guides d'Aveugles et autres Handicapés) à Lezoux (63). Il s'agit d'une association créée en 1996, chargée de la production de futurs chiens guides et la sélection de reproducteurs. Le CESECAH fait naître les chiots qui seront ensuite confiés aux écoles de chiens guides avant d'être remis comme chiens d'assistance à une personne handicapée. Les femelles reproductrices ne sont pas hébergées en permanence au CESECAH. En dehors des périodes de reproduction, elles sont prises en charge par des familles d'accueil. Au moment des chaleurs, les chiennes sont ramenées au CESECAH où est assuré le suivi des chaleurs et la saillie. Elles repartent ensuite en famille jusqu'à la fin de la gestation (figure 14).

2. Mise à la reproduction

Les chiennes reproductrices sont amenées au CESECAH par les familles d'accueil dès les premiers signes de chaleur. Huit jours après leur arrivée, un dosage sanguin de progestérone est pratiqué (automate compact Mini VIDAS, Biomérieux, Marcy l'Etoile, France) tous les trois jours tant que la progestéronémie est aux alentours de 1ng/mL, puis tous les deux jours lorsque la progestéronémie se rapproche de 4ng/mL. Les chiennes sont inséminées deux fois, la première 2 jours après la première valeur de progestéronémie supérieure à 8ng/mL et la seconde le lendemain. Dans la figure 14, on note J0 le jour de la première insémination. Les chiennes retournent ensuite en famille d'accueil après administration d'un vermifuge et vaccination respectivement à J3 et J7. La gestation est confirmée par échographie transabdominale à J30. À J45, les chiennes sont à nouveau vaccinées et vermifugées et l'alimentation est adaptée aux besoins des chiennes en fin de gestation. Elles sont ensuite ramenées au CESECAH (à J53), soit une semaine avant la date de mise bas prévue (J60). À ce terme, elles entrent en maternité. À partir de J58, la progestérone est dosée une fois par jour. Après la mise bas, les chiennes restent en maternité pendant un mois, puis elles sont transférées dans la nursery pour un mois.

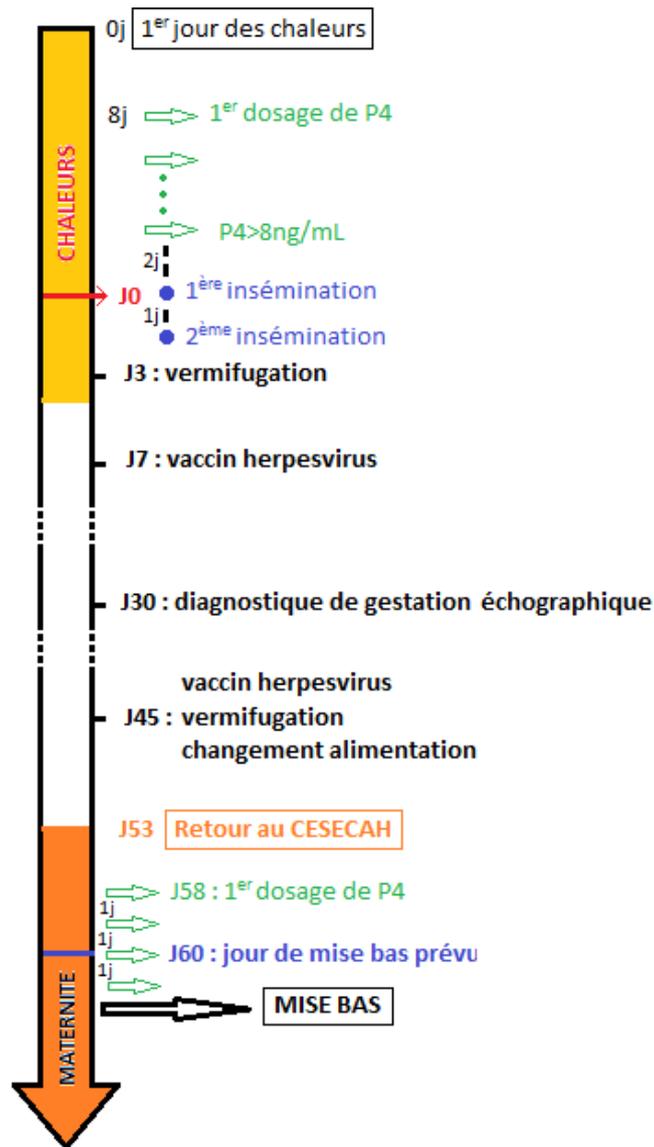


Figure 14 : Protocole de mise à la reproduction des chiennes.
P4 : progestérone

3. Préparation de la mise bas

a. Environnement et soins en maternité

En maternité, les chiennes sont logées dans des boîtes de 1,70m sur 2,65m. À l'approche de la date de mise bas prévue, une caisse de mise bas est installée dans la boîte (figure 15). La maternité est chauffée par trois systèmes : un chauffage au sol, une soufflerie d'air chaud et des lampes chauffantes (pendant et après la mise bas). Il n'y a pas de système de climatisation, la température est contrôlée manuellement grâce à un thermomètre d'ambiance (MISOL 1 PCS of Temperature humidity Data logger, Jiaying, Chine). Au cours de l'année, la température varie entre 20 et 30°C dans la maternité.

Les chiennes sont sorties dans une aire de détente cinq fois par jour (8h15, 11h, 14h15, 18h15, 18h50) et sont nourries avec un aliment sec trois fois par jour juste avant les sorties de 8h15, 14h15 et 18h15.



Figure 15 : Boxe de maternité.
Photographie personnelle

b. Suivi de température

Le suivi de température des chiennes est réalisé par les techniciens d'élevage du CESECAH et commence dès l'arrivée des chiennes en maternité à J53. La température rectale est mesurée trois fois par jour, juste avant les sorties de 8h15 (température du matin, notée MA), 14h15 (température du midi, notée MI) et 18h15 (température du soir, notée S). Le thermomètre numérique (ST8A36CS, Mesure Technology, Wuxi City, Chine, amplitude de mesure : 32-42,9°C, précision $\pm 0,1^\circ\text{C}$) utilisé est changé environ une fois par an. Les valeurs de température sont inscrites dans le cahier de suivi de portée de la chienne (figure 16).

4. Collecte et saisie des données

Les données ont été collectées à partir de trois sources différentes : les cahiers de suivi de portée, le cahier de suivi de chaleur (qui contient les dates de chaleurs associées au nombre de chiots de la portée s'il y a eu gestation) et la base de données du CESECAH. Le détail des informations recueillies et de leurs sources est résumé dans le tableau 7.

Il a été choisi d'utiliser l'heure de naissance du premier chiot, et donc le début du stade 2 de la mise bas, comme heure de début de la mise bas.

Dans la base de données générée dans Excel, nommée « Mise bas », une ligne correspond à une mise bas. Une même chienne peut donc apparaître sur plusieurs lignes si elle a reproduit plusieurs fois. Un extrait de cette base est reproduit en annexe 1.

Pour pouvoir analyser les données, une seconde base de données nommée « Température » a été créée à partir de la première. Elle contient les mêmes données que la première mais dans celle-ci, une ligne correspond à une mesure de température. Pour chaque mise bas, cette base contient donc autant de lignes que de mesures de température. Un extrait est reproduit en annexe 2.

L'ensemble des données disponibles depuis 2009 jusqu'à avril 2017 (date de la collecte des données) a tout d'abord été inclus dans l'étude. Certaines données ont ensuite été éliminées soit parce qu'elles appartenaient à des races d'effectifs trop faibles, soit car les données étaient incomplètes. Ce processus est résumé dans la figure 17. Finalement, l'étude comporte 86 chiennes Labrador et 217 mises bas réparties entre 2009 et 2017. La répartition annuelle est présentée dans la figure 18).



Figure 16 : Exemple de courbe de température

Tableau 7 : Données collectées et leurs sources

Source	Détail de la source	Information
Cahier de suivi de portée	Fiche déroulement de la mise bas (Annexe 1)	<ul style="list-style-type: none"> - Nom de la mère - Race de la mère - Date de la mise bas - Déroulement de la mise bas (césarienne ou non) - Heure de naissance du 1^{er} chiot (heure de début de mise bas) - Nombre de chiots nés totaux (taille de portée) - Poids de naissance des chiots - Sexe des chiots - Nombre de chiots morts nés
	Courbe de température	Températures et moment de prise de température (MA : matin, MI : midi ou S : soir)
	Suivi de poids des chiots *	Morts entre 0 et 21 jours
Base de données informatique		Dates de naissance des mères
Cahier de suivi de chaleur		Parité

*Les dates de mort des chiots sont notées sur la fiche de suivi de poids des chiots

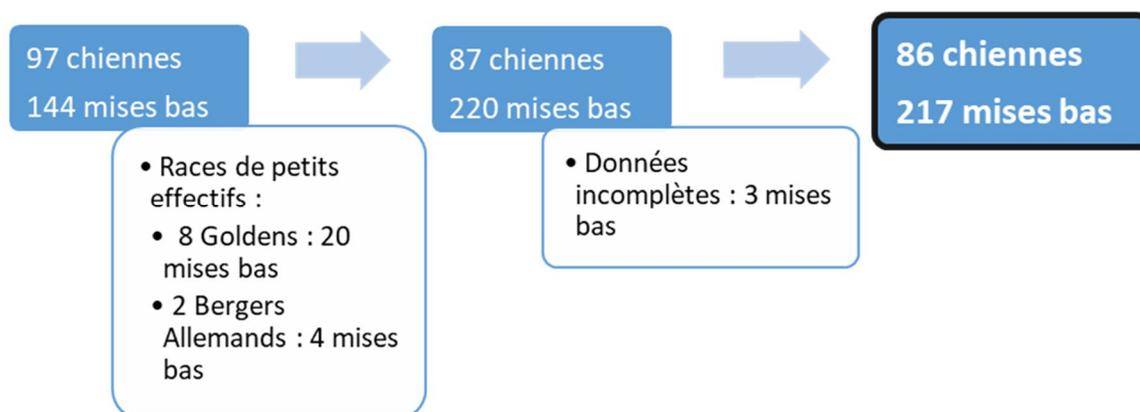


Figure 17 : Bilan de la sélection des données

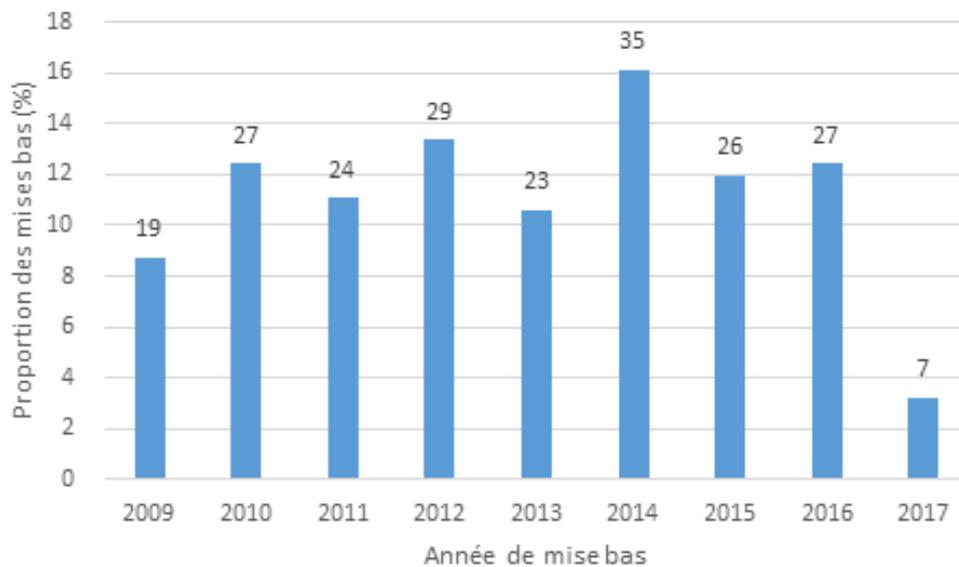


Figure 18 : Pourcentage de mises bas par année.
Effectif total : 217. Les nombres au-dessus des barres correspondent aux effectifs par catégorie.

5. Analyse statistique

a. Étude descriptive

Dans cette étude, trois types de variables ont été collectées : des variables quantitatives continues (âge à la mise bas, poids de la portée, heure de début de mise bas), des variables quantitatives discrètes (parité, taille de portée) et des variables qualitatives (saison de mise bas).

Les variables qualitatives sont décrites graphiquement par des histogrammes de fréquences, les variables quantitatives par des histogrammes de fréquences (en catégorisant les variables continues) ou par leur moyenne et médiane pour les variables discrètes et des boîtes à moustaches pour les variables continues.

b. Analyse des données et tests statistiques

i. *Facteurs de variation de la température rectale avant la mise bas*

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R Studio (Package lme4). Pour évaluer les variables influençant la température rectale avant la mise bas, un modèle linéaire mixte a été utilisé. L'erreur alpha est fixée à 5%.

- Choix des variables intégrées dans le modèle

Les variables ont d'abord été choisies pour leur apparition dans des études antérieures, pour une cohérence biologique, ou lorsqu'une représentation graphique semblait indiquer une influence sur la température. Les variables suivantes ont été choisies :

- Parité (numéro de la gestation)
- Âge à la mise bas
- Saison de la mise bas
- Moment de la journée lors de la prise de température (MA, MI, S)
- Délai entre la mesure de température et le début de la mise bas, désigné par la suite « période de mesure »
- Nombre de chiots nés totaux, désigné par la suite par « taille de portée »
- Poids de portée.

Certaines variables ont dû être éliminées du modèle pour respecter l'absence de colinéarité (absence de corrélation entre deux variables) dans le modèle. En effet, l'âge et la parité étant corrélés dans cette étude (figure 19), seul l'âge a été conservé dans le modèle. Il n'est donc pas possible dans cette étude de connaître l'influence de l'âge indépendamment de la parité, ni l'inverse. De la même manière, la taille de portée et le poids de portée sont corrélés (figure 20) : seule la taille de portée a été conservée dans le modèle.

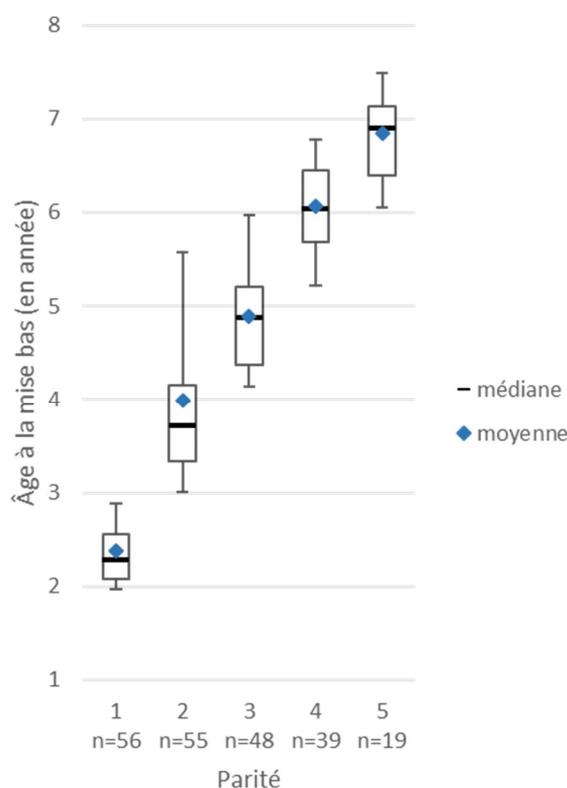


Figure 19 : Âge à la mise bas selon la parité.

Les médianes, quartiles, premiers et derniers déciles sont représentés dans les box plots. Effectif total : 217 mises bas

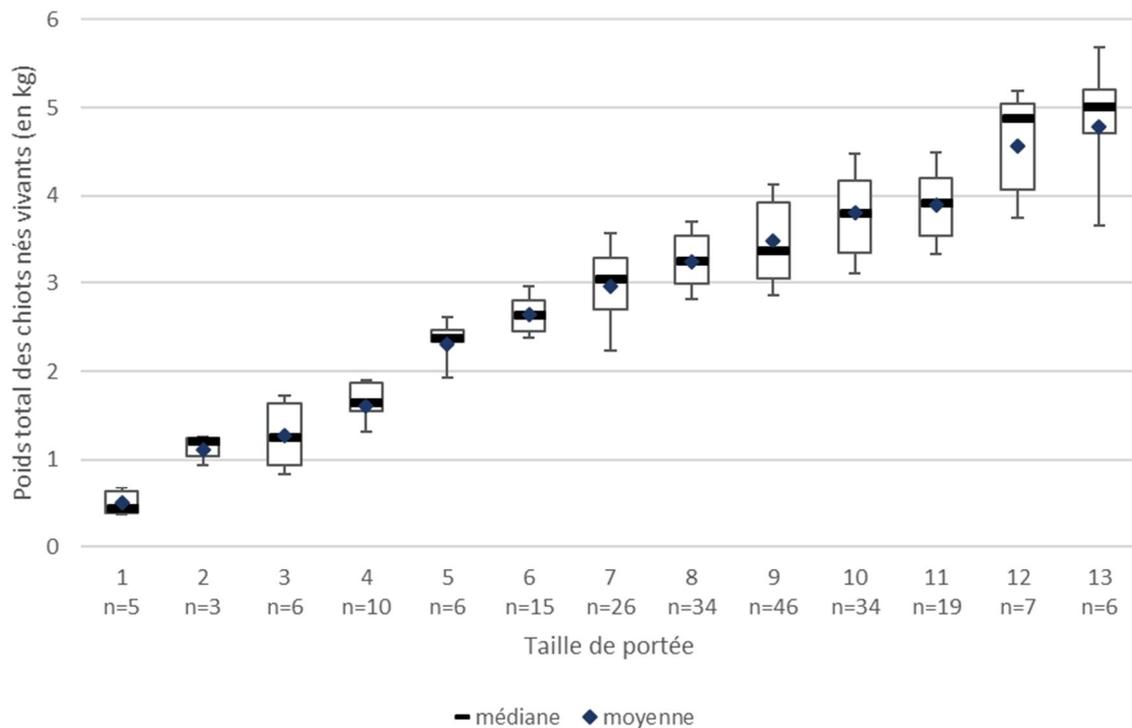


Figure 20 : Poids de portée selon la taille de portée.

Les médianes, quartiles, premiers et derniers déciles sont représentés dans les box plots. Effectif total : 217 mises bas. La taille de portée correspond au nombre total de chiots nés.

Les variables « âge à la mise bas » et « période de mesure » ont été catégorisées respectivement par tranches de 1 an et par tranches de 24 heures.

Deux effets aléatoires ont aussi été pris en compte : la mère et l'année de mise bas. Cela permet de prendre en compte les effets « cluster ». En effet, les courbes de températures issues de gestations successives d'une même mère sont potentiellement plus proches que celles issues de mères différentes. De même, il a été observé au cours de l'analyse que l'année de mise bas pourrait avoir une influence sur la température rectale (figure 21). Celle-ci a donc été prise en compte comme effet aléatoire.

Un bilan des variables explicatives et des effets aléatoires inclus dans le modèle et de leurs caractéristiques est présenté en figure 22.

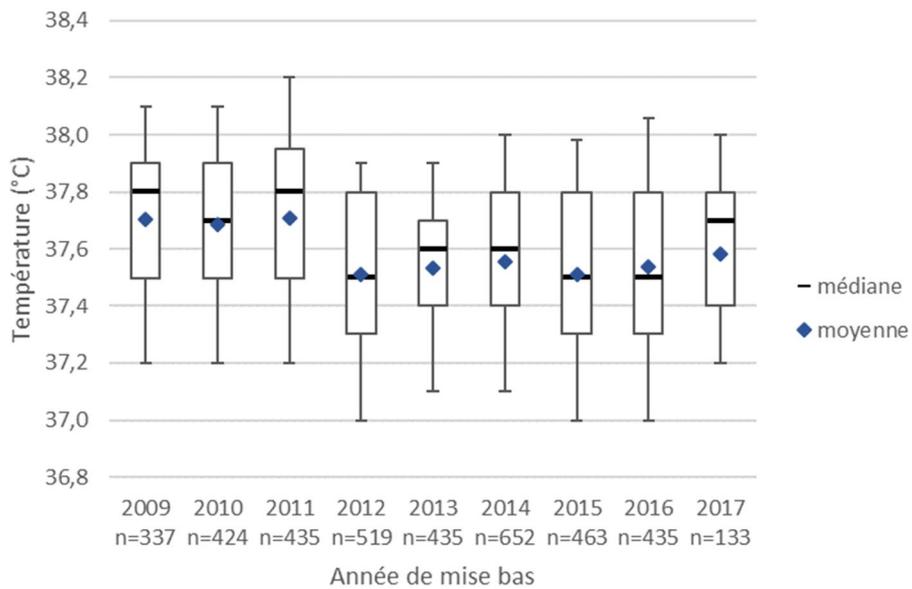


Figure 21 : Température rectale avant la mise bas selon l'année de mise bas. Les moyennes, médianes, quartiles, premiers et derniers déciles sont représentés dans les box plots. Effectif total : 3833 températures.

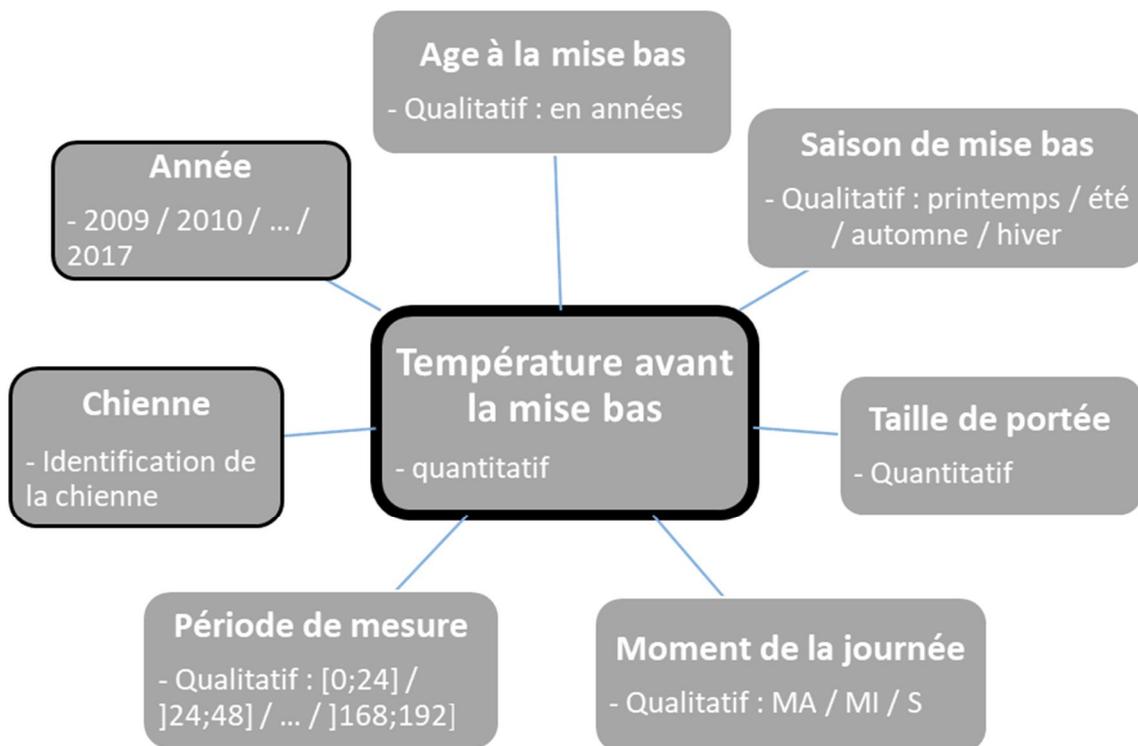


Figure 22 : Variables incluses dans le modèle linéaire mixte. Sans bordure : variable explicative, avec une bordure noire : effet aléatoire.

- Vérification des conditions d'application du modèle

Les conditions d'application du modèle linéaire mixte sont l'absence de colinéarité, la linéarité de la distribution des résidus, l'absence d'hétéroscédasticité et la distribution normale des résidus (Falissard, 2005).

L'absence de colinéarité a déjà été vérifiée au paragraphe précédent. L'absence d'hétéroscédasticité signifie que la variance des résidus doit être approximativement égale tout le long de la distribution des données. La linéarité de la distribution des résidus ainsi que l'absence d'hétéroscédasticité ont été vérifiés graphiquement (figure 23). De la même manière, la normalité des résidus a été vérifiée graphiquement (figure 24).

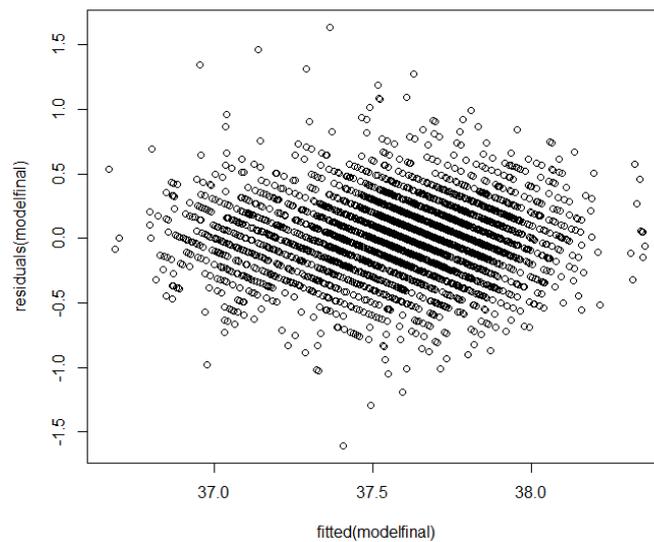


Figure 23 : Répartition des résidus du modèle : vérification graphique de l'absence d'hétéroscédasticité

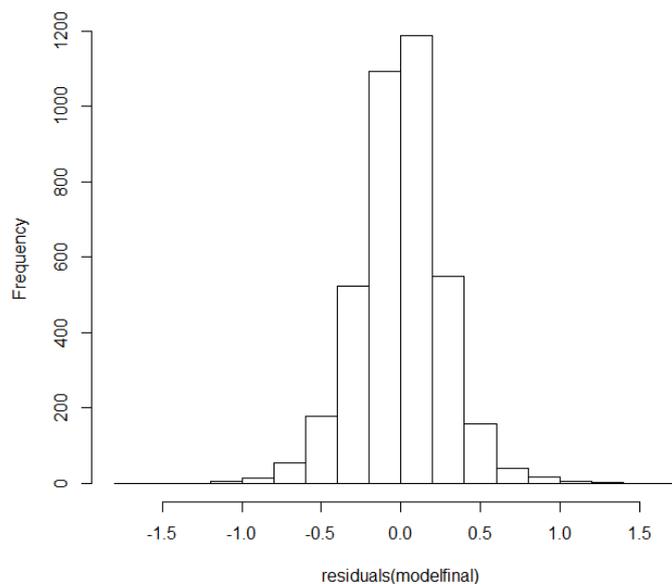


Figure 24 : Histogramme de fréquence des résidus : vérification graphique de la normalité des résidus

ii. Courbes ROC

Les courbes ROC (Receiver operating characteristic) permettent de mesurer les performances d'un classificateur binaire. Dans cette étude, elles ont permis de caractériser les performances du test « chute de température rectale avant la mise bas » pour prévoir le moment de la survenue de la mise bas.

De nombreux tests n'ont pas un résultat binaire, comme c'est le cas d'un test génétique par exemple (la mutation est présente ou absente), mais plutôt un résultat continu ou ordinal, comme un dosage biochimique qui a comme résultat une concentration (par exemple le dosage de la troponine I pour diagnostiquer une insuffisance ventriculaire gauche chez l'homme), ou le résultat d'un examen d'imagerie, classé en catégories (structure dans les limites de la norme, légèrement modifiée, fortement modifiée...). Dans le cas de ces tests aux résultats non binaires, il faut donc déterminer un seuil (cut-off) qui permette de classer les résultats du test comme étant positifs ou négatifs.

Les courbes ROC sont utiles pour évaluer ces tests, elles permettent de déterminer la valeur seuil pour laquelle les caractéristiques du test sont les plus intéressantes et adaptées aux besoins. Dans la suite de l'explication, pour simplifier, on considère que le test est positif quand le résultat est supérieur à la valeur seuil (dans le cas d'un test qui devrait être positif lorsque le résultat est inférieur à cette valeur, il suffit de remplacer supérieur par inférieur).

Pour établir cette courbe, la sensibilité (Se) et le spécificité (Sp) du test sont calculées pour toutes les valeurs seuils possibles. La courbe ROC est alors établie en représentant Se en fonction de 1-Sp.

Le résultat est une courbe inscrite dans le carré unitaire. Une courbe qui suit la droite passant par l'origine et le point (1,1), correspond à un test qui classe aléatoirement les résultats dans les catégories positives et négatives et n'a donc aucun intérêt diagnostique (figure 25, courbe B). Au contraire, plus la courbe se rapproche du coin supérieur gauche, plus le test classe correctement les résultats dans les catégories positives et négatives et a donc un intérêt diagnostique important. Dans la figure 25, la courbe C correspond à un test qui a de meilleures capacités diagnostiques que celui qui correspond à la courbe A (Hajian-Tilaki, 2013).

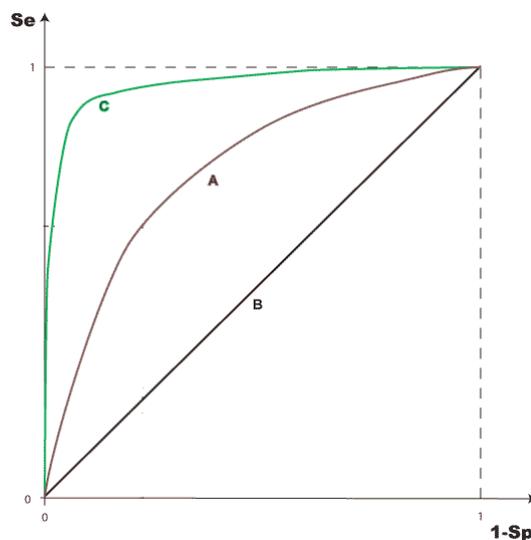


Figure 25 : Exemple de courbes ROC. La courbe C correspond à un test de meilleures capacités diagnostiques que celui associé à la courbe A.
Se : sensibilité, Sp : spécificité.

Dans notre étude, la valeur seuil la plus intéressante a été déterminée grâce à l'indice de Youden, qui permet de trouver la valeur seuil qui maximise Se+Sp (Hajian-Tilaki, 2013). Le logiciel XLSATS a été utilisé pour produire les résultats.

Dans notre étude, le test étudié est « chute de température rectale avant la mise bas », le résultat de ce test est donc une valeur de différence de température en degrés Celsius. On cherche à étudier les caractéristiques de ce test pour prévoir la mise bas dans un certain délai après la mesure de cette différence de température. Nous avons choisi un délai de 24 heures. Les différences de températures pour lesquelles la mise bas est survenue dans les 24 heures suivantes sont appelées des événements positifs ; au contraire, les différences de températures pour lesquelles la mise bas n'est pas survenue dans les 24h suivantes sont des événements négatifs.

On utilise chacune des valeurs de différences comme valeur seuil et on peut alors déterminer le nombre de vrais positifs, faux positifs, vrais négatifs et faux négatifs, et ainsi déterminer les sensibilités et les spécificités pour toutes les valeurs seuils (tableau 8).

Tableau 8 : Calcul de la sensibilité et de la spécificité.
 ΔT° signifie différence de température.

	Mise bas dans les 24h	Absence de mise bas dans les 24h
$\Delta T^\circ \geq \text{valeur seuil}$	VP	FP
$\Delta T^\circ < \text{valeur seuil}$	FN	VN
<p>VP : vrai positif : différence de température (ΔT°) supérieure ou égale à la valeur seuil et étant un événement positif FP : faux positif : ΔT° supérieure ou égale à la valeur seuil et étant un événement négatif VN : vrai négatif : ΔT° inférieure à la valeur seuil et étant un événement négatif FN : faux négatif : ΔT° inférieure à la valeur seuil et étant un événement positif</p> $Se = \frac{VP}{VP+FN} \qquad Sp = \frac{VN}{VN+FP}$		

Trois scénarii différents ont été étudiés selon le nombre de mesures de températures par jour :

- Dans le scénario 1, la température est mesurée une fois par jour, le matin, le midi, ou le soir (figure 26). On calcule alors les différences entre les températures à 24 heures d'intervalle : $\Delta T^\circ = T^\circ_t - T^\circ_{t+24h}$. Seule la dernière différence calculée avant la mise bas est un événement positif.

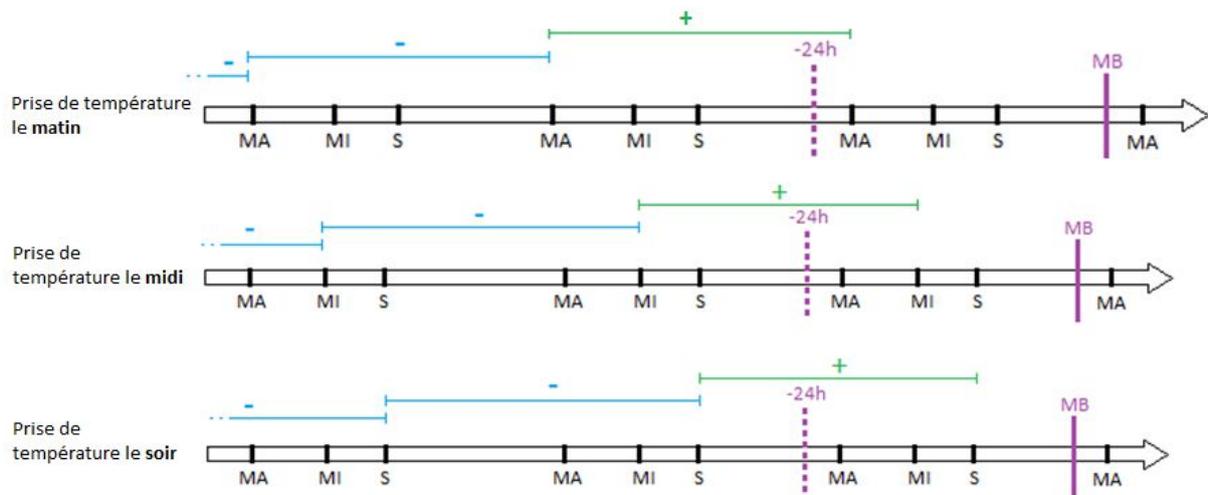


Figure 26 : Scénario 1 : prise de température à un rythme d'une fois par jour. En vert les différences de température associées à un évènement positif (+), et en bleu les différences associées à un évènement négatif (-). MB : mise bas, MA : température du matin, MI : température du midi, S : température du soir.

Dans le scénario 2, la température est mesurée matin et soir. Toutes les différences de température comprises dans un intervalle de 24 heures maximum ont été prises en compte dans le modèle. On retrouve alors les différences entre les températures à 24 heures d'intervalle, mais on trouve aussi les différences entre les températures du matin et du soir et celles entre les températures du soir et du matin (figure 27). Il semblerait donc qu'il y ait quatre évènements positifs dans ce scénario. Pourtant il suffit qu'une seule de ces valeurs soit supérieure à la valeur seuil pour que la prévision du moment de la mise bas soit établie. Autrement dit, lorsque l'un des évènements positifs est associé à une différence de température supérieure à la valeur seuil, les valeurs des différences des autres évènements positifs n'ont plus d'importance. Il a donc été décidé de ne garder qu'un seul évènement positif par mise bas qui correspond à la différence de température maximale des quatre évènements positifs.

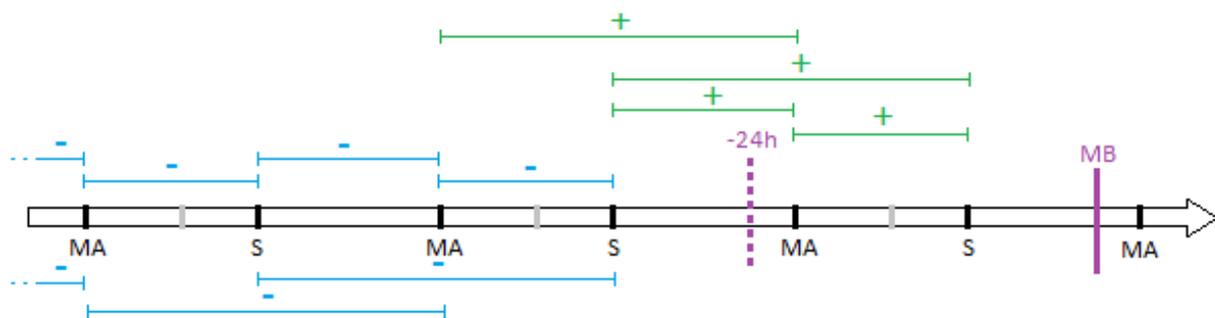


Figure 27 : Scénario 2 : mesure biquotidienne de la température la matin (MA) et le soir (S). En vert les différences de températures associées à un évènement positif (+), et en bleu les différences associées à un évènement négatif (-). MB : mise bas.

Dans le scénario 3, la température est mesurée trois fois par jour : matin, midi et soir. À nouveau, on retrouve les différences de températures présentes dans le scénario 2, auxquelles on rajoute les différences de températures entre deux moments consécutifs (S-MA, MA-MI, MI-S), les différences entre les soirs et les midis, et enfin les différences à 24 heures d'intervalle le midi (figure 28). De la même manière que pour le scénario 2, un seul évènement positif par mise bas est conservé et il correspond à la différence de températures maximale des 9 évènements positifs.

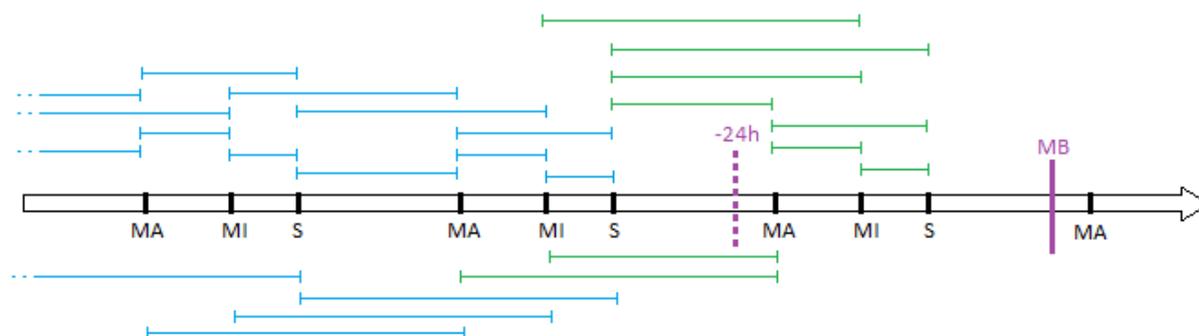


Figure 28 : Scénario 3 : mesure de la température trois fois par jour, matin (MA), midi (MI) et soir (S). En vert les différences de températures associées à un évènement positif, et en bleu celles associées à un évènement négatif. MB : mise bas.

Trois paramètres sont particulièrement intéressants pour interpréter les résultats des courbes ROC : l'aire sous la courbe (AUC : area under the curve), la sensibilité et la valeur prédictive négative (VPN).

L'AUC est un indicateur global de la capacité diagnostique du test : plus l'AUC est élevée, meilleure est la valeur diagnostique du test.

La sensibilité est la proportion de vrais positifs parmi les évènements positifs. Dans cette étude, elle correspond aussi au pourcentage de gestations pendant lesquelles une chute de température supérieure à la valeur seuil s'est présentée dans les 24 heures avant la mise bas. Elle indique donc la proportion de mises bas que l'on détecte avec le test utilisé.

La VPN est la proportion de chiennes qui n'ont pas présenté de chute de température supérieure à la valeur seuil avant 24 heures avant la mise bas (vrais négatifs) parmi les évènements négatifs. Donc, si à un moment donné aucune chute de température supérieure à la valeur seuil n'a été observée dans les 24 heures précédentes, la VPN correspond au pourcentage de chances que la chienne ne mette pas bas dans les 24 heures suivantes.

Pour certaines mises bas, l'horaire de début de mise bas est inconnu. Il est donc impossible pour ces chiennes de déterminer la période 0-24h avant la mise bas. Onze mises bas ont donc été éliminées et les courbes ROC ont été établies sur 206 mises bas.

B. Résultats

1. Description des données

a. Chiennes et mises bas

Sur les 86 chiennes de l'étude, la majorité (32,6%) n'a produit qu'une portée au cours de la période d'étude (figure 29). En moyenne les chiennes ont produit 2,5 portées au cours de l'étude. Les chiennes sont âgées de 1,75 ans (primipare) à 8 ans (parité 5).

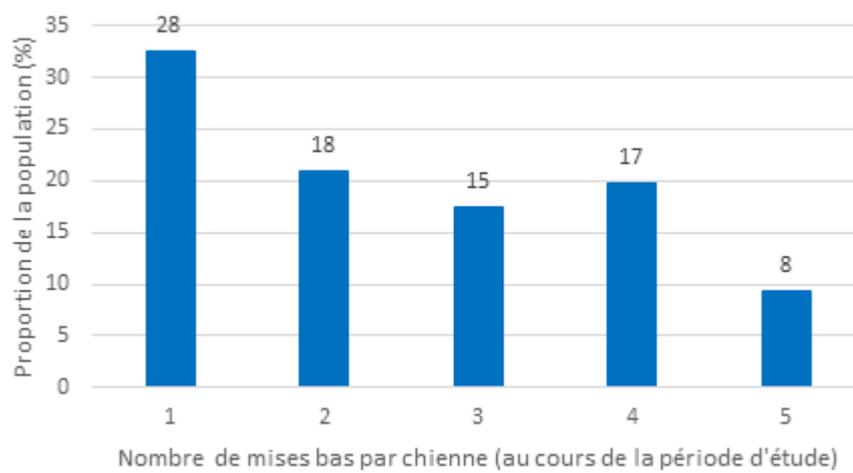


Figure 29 : Nombre de mises bas étudiées par chienne.
Effectif total : 86 chiennes. Les nombres au-dessus des barres sont les effectifs par catégorie.

b. Répartition des mises bas dans le temps

La répartition des mises bas selon les saisons est inégale : environ 34% des mises bas ont eu lieu au printemps alors que seulement 18% ont eu lieu en hiver (figure 30).

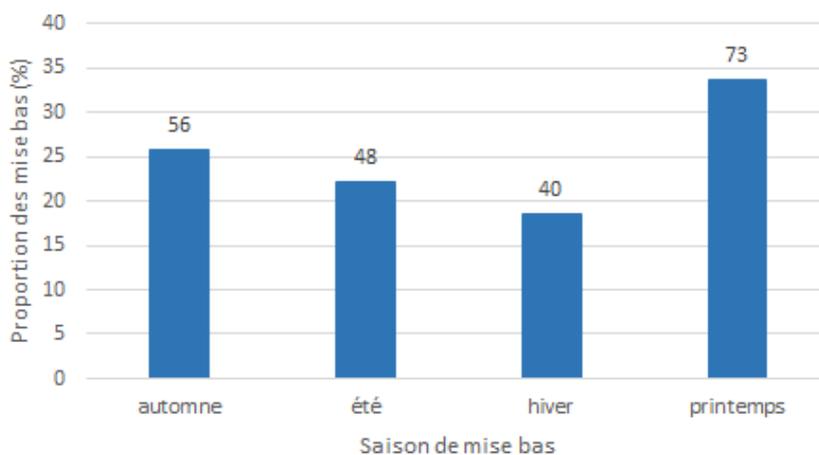


Figure 30 : Répartition des mises bas selon les saisons.
Effectif total : 217 mises bas. Les nombres au-dessus des barres sont les effectifs par catégorie.

L'heure de début de la mise bas est connue pour 208 mises bas. Les mises bas commencent plus fréquemment dans deux plages horaires : 32% des mises bas commencent dans la matinée (6h-12h) et 15% des mises bas démarrent entre 20h et 22h (figure 31).

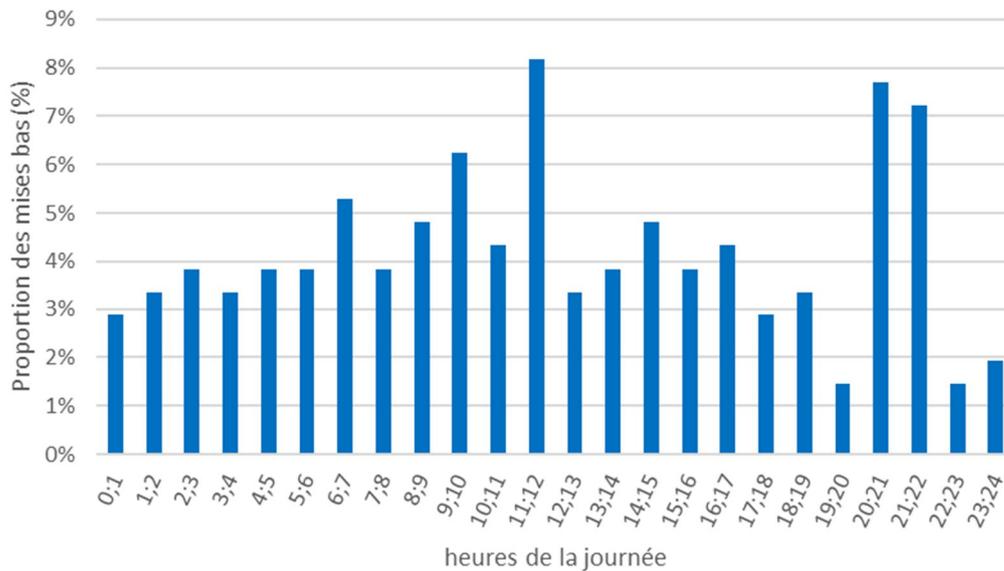


Figure 31 : Répartition des mises bas selon l'heure de début de la mise bas.
Effectif total : 208 mises bas.

c. Chiots et mortalité périnatale

Au cours de la période d'étude, 1771 chiots sont nés. Le taux de mortalité entre la naissance et 21 jours est de 9%. La majorité de ces chiots sont mort-nés (55%) (figure 32).

La taille de portée moyenne est de 8,2 chiots et la médiane de 9 chiots. Pour 80% des mises bas, la taille de portée est de 6 à 11 chiots (figure 33).

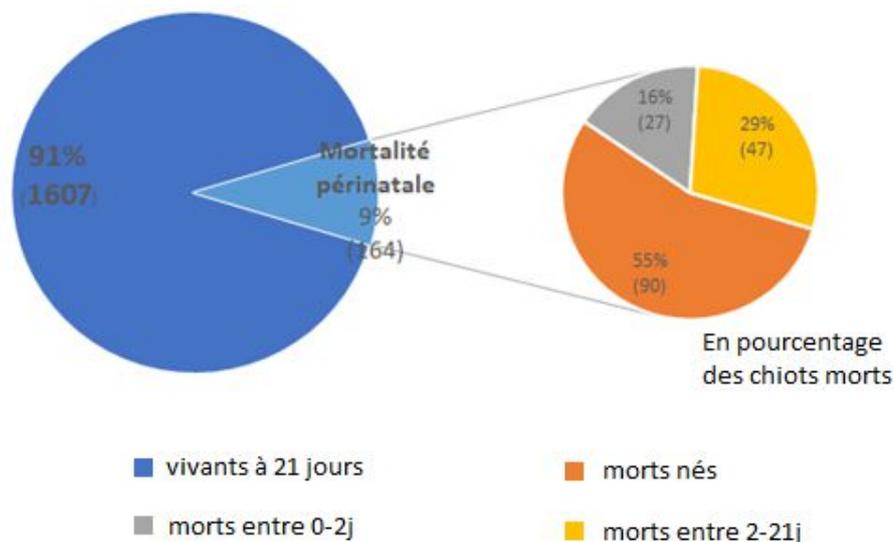


Figure 32 : Mortalité périnatale des chiots de la naissance à 21 jours.

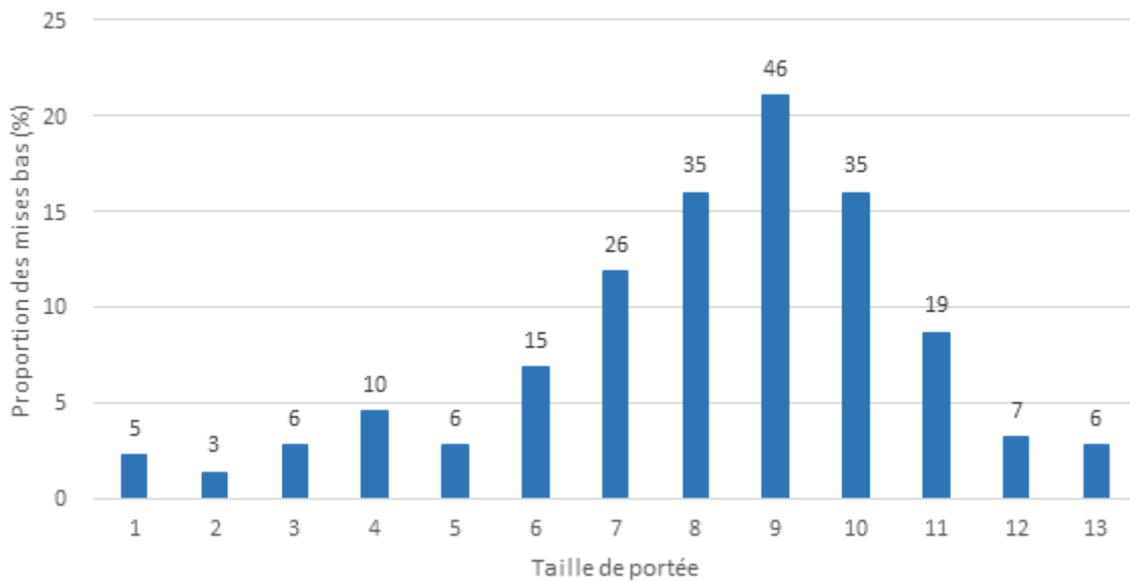


Figure 33 : Répartition des mises bas selon la taille de portée.
Effectif total : 217. Les numéros au-dessus des barres représentent les effectifs par catégorie.

d. Température rectale avant la mise bas

Les figures 34 et 35 représentent l'évolution de la température avant la mise bas. Les moyennes, médianes, quartiles et déciles des températures par tranche de 2 heures ou de 12 heures avant la mise bas sont représentées. La température chute à partir d'environ 36 heures avant la mise bas puis augmente après 2 heures avant la mise bas.

2. Facteurs de variation de la température avant la mise bas

a. Résultats globaux

Le modèle linéaire mixte met en évidence quatre facteurs ayant une influence statistiquement significative sur la température avant la mise bas : l'âge à la mise bas, la taille de portée, le moment de la journée, et la période de mesure (tableau 9).

La saison n'influence pas significativement la température avant la mise bas.

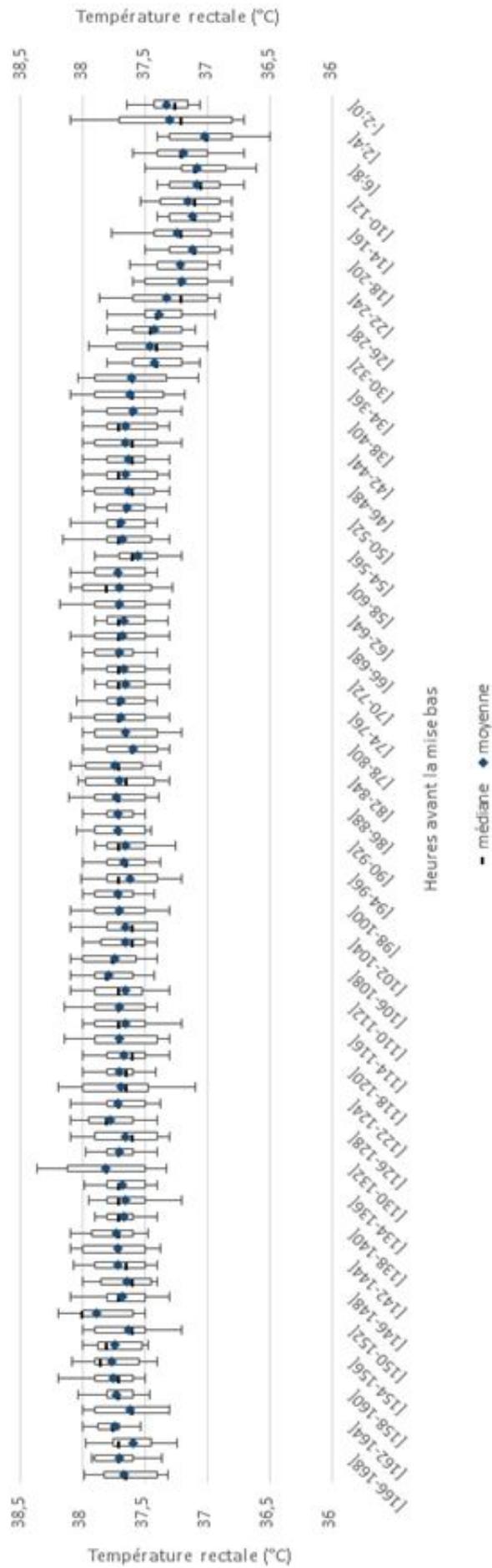


Figure 34 : Évolution de la température rectale avant la mise bas par période de 2 heures. Effectif : 206 mises bas et 3581 températures. Les box plots représentent les premiers et derniers déciles, premiers et troisièmes quartiles, moyennes et médianes.

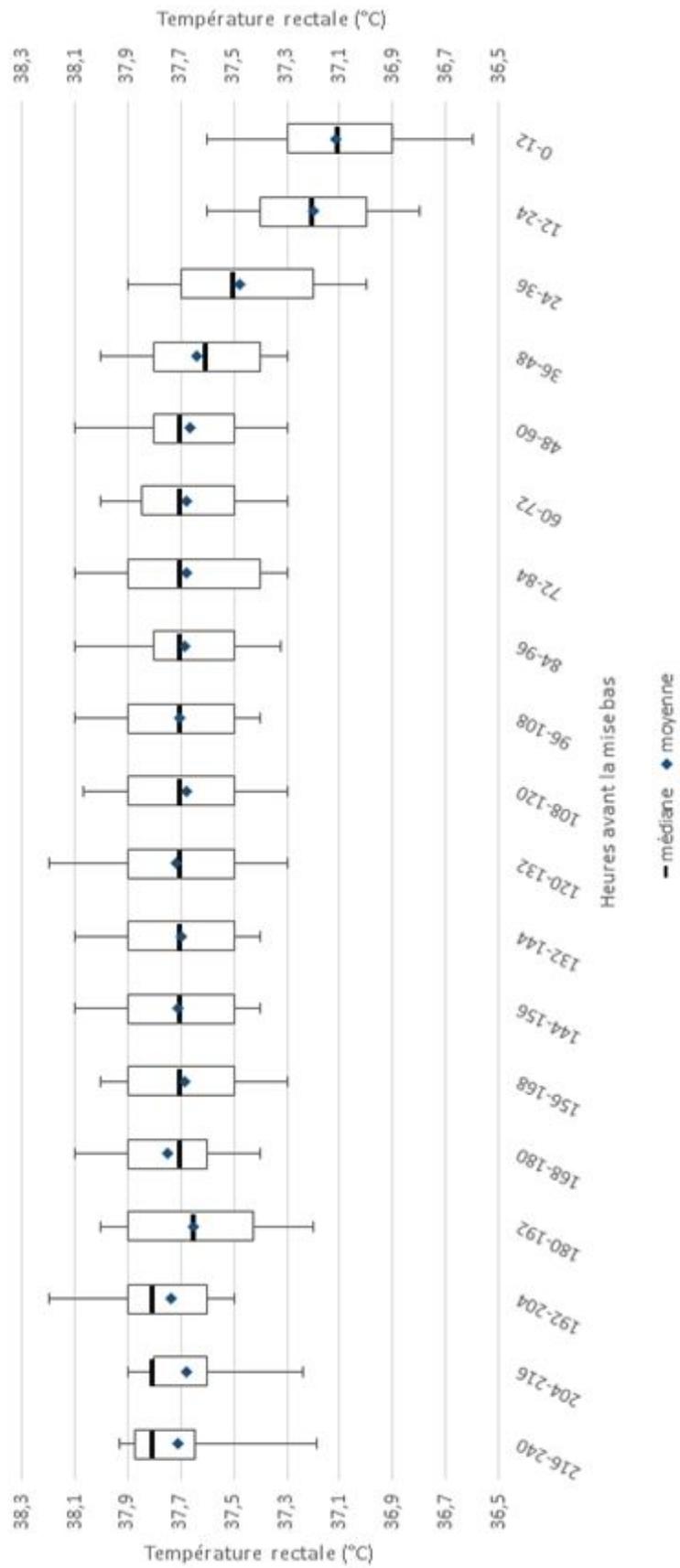


Figure 35 : Évolution de la température rectale avant la mise bas par période de 12 heures. Effectif : 206 mises bas et 3714 températures. Les box plots représentent les premiers et derniers déciles, premiers et troisièmes quartiles, moyennes et médianes.

Tableau 9 : Variables explicatives de l'étude de la température rectale de la chienne avant la mise bas et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.

Variable	p
Moment de la journée	<0,001 *
Taille de portée	<0,001 *
Âge à la mise bas	0,0004 *
Saison	0,0818
Période de mesure	<0,001 *

* : facteur ayant une influence statistiquement significative sur la température avant la mise bas ($p < 0,05$)

b. Résultats par variable

i. Moment de la journée

Il existe une différence statistiquement significative entre les températures prises le matin et le midi ainsi qu'entre les températures prises le soir et le midi (tableau 10, figure 36).

Tableau 10 : Écarts entre les moyennes des températures rectales de la chienne avant la mise bas aux différents moments de la journée et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.

MA : température du matin, MI : température du midi, S : température du soir

Comparaison entre	Différence des moyennes	p.value
MA-MI	0,12°C	<0,001
S-MI	0,2 °C	<0,001
S-MA	<0,1 °C	0,928

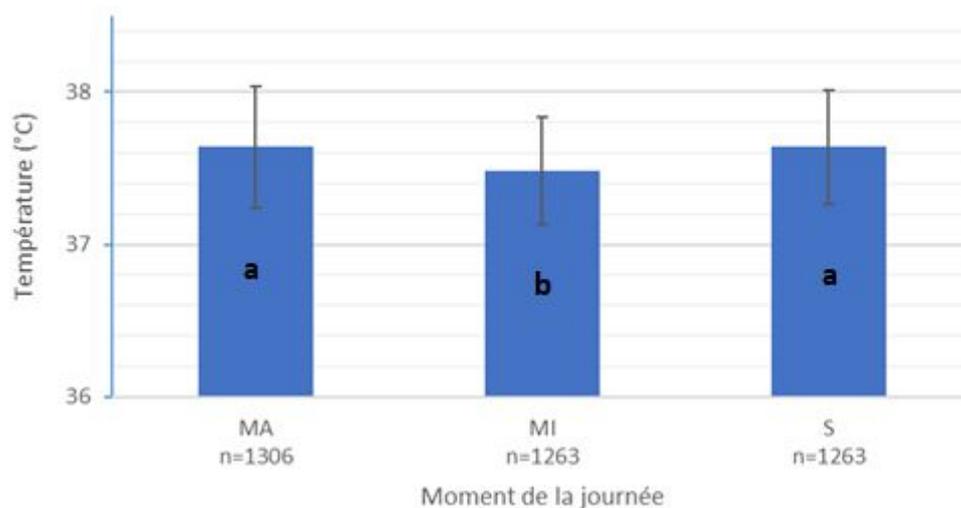


Figure 36 : Températures rectales avant la mise bas selon le moment de la journée (moyenne \pm écart type). Effectif total : 3832 températures. Une lettre différente dans les colonnes indique une différence significative entre les températures prises aux moments correspondants. MA : température du matin, MI : température du midi, S : température du soir

ii. Âge à la mise bas

Les températures des chiennes ayant mis bas entre l'âge de deux et trois ans sont significativement différentes de celles des chiennes ayant mis bas entre 4 et 5 ans, 5 et 6 ans et 6 et 7 ans. Ce sont les seules différences significatives entre les températures des chiennes ayant mis bas aux différents âges (annexe 4, figure 37).

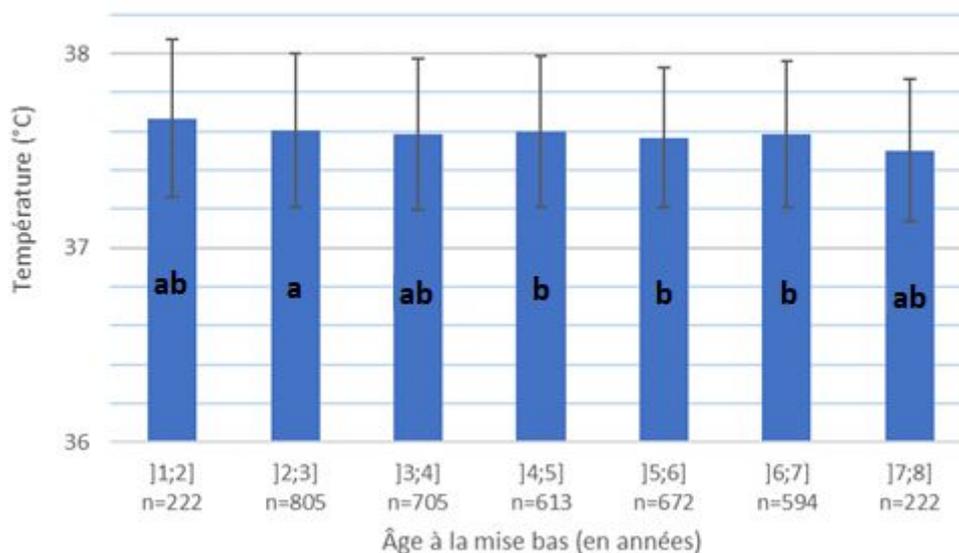


Figure 37 : Températures rectales avant la mise bas selon l'âge à la mise bas chez la chienne (moyenne \pm écart type). Effectif total : 3833 températures. Les colonnes n'ayant aucune lettre en commun représentent des températures significativement différentes. Au contraire, les colonnes ayant au moins une lettre en commun représentent des températures non significativement différentes.

iii. Taille de portée

La température avant la mise bas des chiennes portant un chiot unique est significativement différente des températures des chiennes portant 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 13 chiots. De même, la température avant la mise bas des chiennes portant 4 chiots est significativement différente de celle des chiennes portant 8 et 9 chiots (figure 38). Le détail des résultats est présenté en annexe 5.

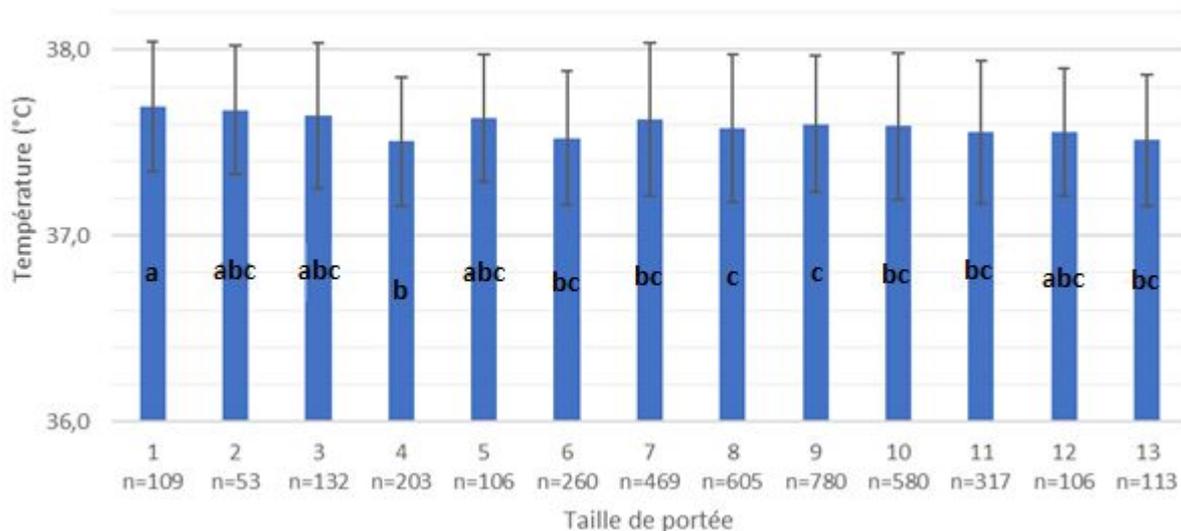


Figure 38 : Températures rectales avant la mise bas selon la taille de portée (moyenne \pm écart type). Effectif total : 3833 températures. Les colonnes n'ayant aucune lettre en commun représentent des températures significativement différentes. Au contraire, les colonnes ayant au moins une lettre en commun représentent des températures non significativement différentes.

iv. Période de mesure

Les températures mesurées dans la période 0-24h avant la mise bas sont significativement différentes des températures mesurées dans toutes les autres périodes. C'est le cas également pour les températures mesurées dans les 24-48h avant la mise bas (annexe 6). Les températures dans la période 0-24h avant la mise bas sont inférieures à celles dans les autres périodes et celles mesurées dans les 24-48h avant la mise bas sont aussi inférieures à celles mesurées dans toutes les périodes précédentes (figure 39).

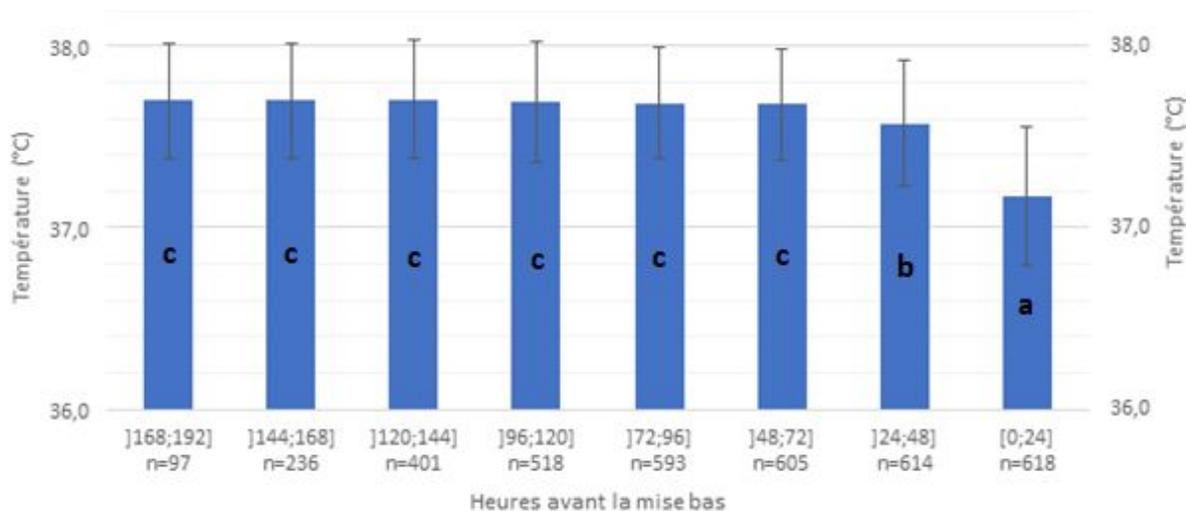


Figure 39 : Températures rectales avant la mise bas selon la période de mesure (moyenne \pm écart type). Effectif total : 3682 températures. Les colonnes n'ayant aucune lettre en commun représentent des températures significativement différentes. Au contraire, les colonnes ayant au moins une lettre en commun représentent des températures non significativement différentes.

v. Différences statistiques et différences cliniques

Pour certaines variables, le modèle linéaire mixte met en évidence une différence statistique entre les différents groupes, alors que les différences observées entre les moyennes paraissent minimales (0,1 à 0,2°C) et équivalentes à la précision de mesure du thermomètre. Ceci s'explique sans doute par l'importance des effectifs : la puissance statistique du modèle est grande. Mais on peut s'interroger sur l'intérêt clinique de telles différences statistiques mises en évidence grâce à une puissance statistique importante. Un outil peut permettre de répondre à ces questions : l'*effect size* (ES). Il s'agit d'un indice qui indique quel degré d'importance clinique apporter à un résultat, indépendamment de la taille des échantillons. Les *effect size* pour la comparaison de deux moyennes seront utilisés ici. Ils sont calculés à partir des moyennes dans les deux groupes comparés (m_1 et m_2) et de l'écart type des données des deux groupes combinés (S_{pooled}) : $ES = \frac{|m_1 - m_2|}{S_{pooled}}$. Lorsque que la valeur de ES s'approche de 0,20, l'importance pratique est négligeable ; lorsqu'elle s'approche de 0,50, elle est modérée et enfin lorsqu'elle approche 0,80, l'importance clinique est cruciale (Hojat et Xu, 2004). Le tableau 11 rassemble les *effect size* de l'étude des facteurs de variation de la température avant la mise bas.

Différence entre moments de la journée	ES	Différence entre âges à la mise bas	ES	Différence entre tailles de portée	ES	Différence entre périodes de mesure (h)	ES
MA - MI	0,41	]2;3]-]4;5]	0,02	1 - 4	0,52	[0;24] -]24;48]	0,96
MI - S	0,45	]2;3]-]5;6]	0,10	1 - 6	0,46	[0;24] -]48;72]	1,17
				1 - 7	0,17	[0;24] -]72;96]	1,18
				1 - 8	0,29	[0;24] -]96;120]	1,16
				1 - 9	0,26	[0;24] -]120;144]	1,19
				1 - 10	0,27	[0;24] -]144;168]	1,21
				1 - 11	0,36	[0;24] -]168;192]	1,26
				1 - 13	0,49	]24;48] -]48;72]	0,31
				4 - 8	0,18	]24;48] -]72;96]	0,33
				4 - 9	0,26	]24;48] -]96;120]	0,34
						]24;48] -]120;144]	0,39
						]24;48] -]144;168]	0,37
						]24;48] -]168;192]	0,37

Tableau 11 : Bilan des effect size dans l'étude des facteurs de variation de la température avant la mise bas. MA : température prise le matin, MI : température prise le midi, S : température prise le soir, ES : Effect size.

D'après le tableau 11, les différences statistiques observées entre les températures moyennes aux différents moments de la journée ainsi que celles pour les différentes tailles de portée ont une importance clinique négligeable à modérée. Les différences entre les moyennes des températures aux différents âges à la mise bas sont, quant à elles, négligeables. Enfin, les différences entre les températures moyennes observées entre 0 et 24h et celles observées dans toutes les autres périodes ont une importance clinique cruciale.

On retiendra donc la période de mesure avant la mise bas comme étant le facteur ayant une importance clinique majeure.

3. Prédiction de la mise bas par les chutes de température

Dans le scénario 1 (une seule mesure de température par jour), et indépendamment du moment de prise de température, l'aire sous la courbe est statistiquement supérieure à 0,5 (tableau 12). Donc le test « chute de température rectale » lorsque la température est mesurée une fois par jour (matin, midi ou soir) permet de prévoir la survenue de la mise bas dans les 24 heures suivantes. La valeur seuil qui maximise l'indice de Youden est 0,3°C. Les caractéristiques du test sont légèrement meilleures lorsque la température est prise le soir, la sensibilité est alors de 76,6% et la spécificité de 82,0% (figure 40).

De même dans les scénarii 2 et 3, l'aire sous la courbe est statistiquement différente de 0,5. Les deux scénarii permettent donc de prévoir la survenue la mise bas dans les 24 heures suivantes. Les valeurs seuils déterminées grâce à l'indice de Youden sont de 0,4°C lorsque la température est mesurée deux fois par jour et de 0,5°C lorsqu'elle est mesurée trois fois par jour.

Tableau 12 : Bilan des résultats des courbes ROC pour la prédiction de la mise bas dans les 24 heures suivantes.

AUC : aire sous la courbe, cut-off : valeur seuil, Se : sensibilité, Sp : spécificité, VPP : valeur prédictive prédictive, VPN : valeur prédictive négative. MA : prise de température le matin, MI : prise de température le midi, S : prise de température le soir, T° : température.

		AUC	AUC≠0,5 : p-value	Cut-off	Se	Sp	VPP	VPN	Se+Sp (indice de Youden +1)	Prévalence des événements positifs
Une mesure de T° par jour	MA	0,719	<0,001	0,3	0,644	0,722	0,358	0,894	1,366	0,194
	MI	0,763	<0,001	0,3	0,641	0,778	0,411	0,900	1,419	0,195
	S	0,842	<0,001	0,3	0,766	0,820	0,514	0,934	1,586	0,199
Deux mesures de T° par jour		0,933	<0,001	0,4	0,898	0,843	0,252	0,993	1,741	0,056
Trois mesures de T° par jour		0,957	<0,001	0,5	0,888	0,898	0,184	0,997	1,786	0,025

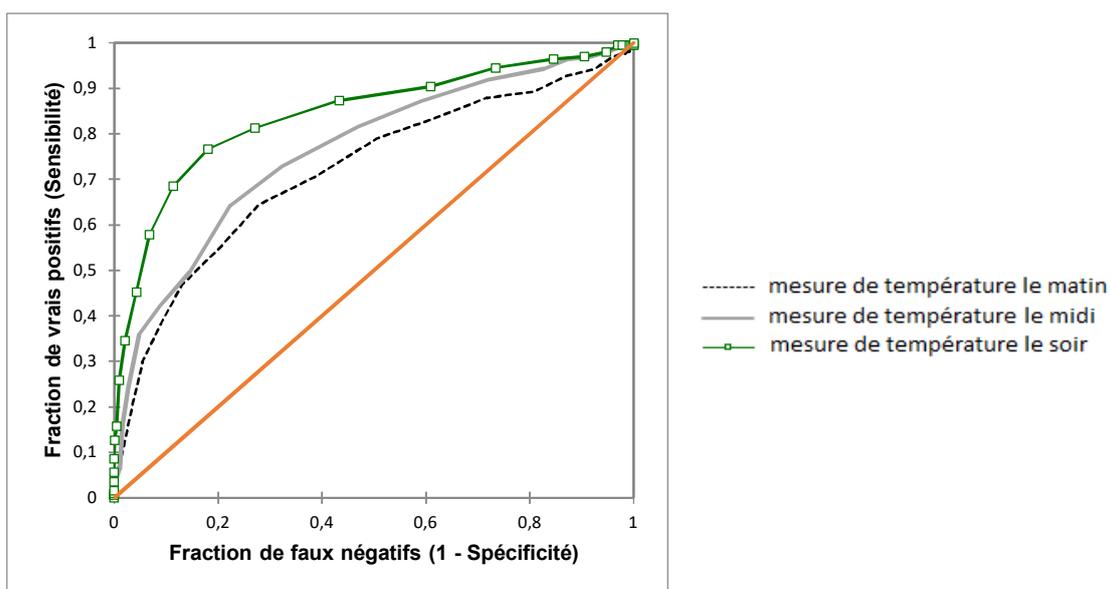


Figure 40 : Valeur prédictive de la prise de température (une mesure par jour) selon le moment de la mesure (matin, midi ou soir).

C. Discussion

1. Points positifs et négatifs du protocole

Il faut rappeler que les données ne sont pas issues d'un protocole expérimental mis en place pour répondre aux questions biologiques posées. En effet, les données ont été récoltées dans le cadre du suivi des chiennes dans l'élevage. Les détails pratiques du protocole sont donc en partie déterminés par des contraintes telles que les moments de présence du personnel et la charge de travail.

C'est pourquoi les mesures de températures sont ainsi réparties dans la journée : 8h15 à l'arrivée du personnel, 14h15 après la pause méridienne et 18h15 avant le départ du personnel. L'intervalle entre les deux premières mesures est donc de 6 heures, contre 4 entre les deux suivantes, puis 14 heures. Même si ces intervalles sont très irréguliers, ils sont représentatifs de ce qui peut être fait dans un élevage. Les horaires de mesures sont néanmoins approximatifs et susceptibles d'être décalés de quelques dizaines de minutes selon les activités et événements dans l'élevage.

Par ailleurs, Miyazaki *et al.* (2002) ont prouvé que la prise alimentaire et l'activité locomotrice sont associées à une augmentation de température. Ici les chiennes sont nourries juste avant la prise de température (à 8h15, 14h15 et 18h15). Il aurait donc été plus intéressant de prendre les températures avant la distribution de nourriture, pour s'affranchir de l'impact de ce facteur sur la température rectale.

Le manque de contrôle et de surveillance de la température ambiante en maternité est aussi un point négatif du protocole. En effet, il aurait été intéressant d'étudier l'influence de la température dans la maternité sur la température rectale. En l'absence de cette information, nous avons choisi d'étudier l'influence de la saison de mise bas, la saison ayant un impact sur la température ambiante en maternité.

2. Température avant la mise bas

a. Adéquation avec la littérature

Peu d'études se sont intéressées aux facteurs de variation de la température chez la chienne pendant la gestation. On peut distinguer les facteurs environnementaux (hors gestation) et l'évolution de la température autour de la mise bas.

i. Facteurs environnementaux

Plusieurs études ont mis en évidence un rythme circadien de la température chez le chien (hors gestation). Elles décrivent un minimum de température en début de matinée et un maximum dans la soirée (Tsutsui et Murata, 1982 ; Refinetti et Piccione, 2003 ; Piccione *et al.*, 2005). Selon Refinetti et Piccione (2003), pour observer ces variations circadiennes, il faut s'affranchir de l'influence de plusieurs facteurs extérieurs : alimentation, sorties, interactions homme-chien et chien-chien et

photopériode. Il est donc peu probable que l'influence du moment de la journée mise en évidence dans cette étude soit liée uniquement au rythme circadien, puisque tous ces facteurs influent sur la température dans notre protocole. De plus, l'amplitude des variations dans notre étude (0,16°C entre le midi et le soir) est bien plus faible que celles présentées dans ces études : 0,51°C pour Reffinetti et Piccione (2003), 0,23 à 0,9°C pour Tsutsui et Murata (1982), 0,4°C pour Piccione *et al.* (2005). Enfin, ici le minimum de température est observé le midi et les températures sont supérieures le soir et le matin. Ce rythme ne correspond pas au rythme circadien décrit dans la littérature (minimum en début de matinée et maximum en début de soirée).

La température ambiante et le degré d'humidité sont aussi des facteurs influençant la température (Sebbag, 1994). En l'absence de ces informations, la saison a été étudiée ici, sans pouvoir mettre en évidence une influence de ce paramètre.

Les autres facteurs étudiés dans cette étude (âge à la mise bas, taille de portée, saison de mise bas) n'ont jamais été étudiés dans la littérature.

ii. Chute de température avant la mise bas

L'étude des facteurs de variation de la température rectale avant la mise bas a permis de mettre en évidence une chute de température dans les 24 heures avant la mise bas. L'amplitude de cette chute est en moyenne de 0,4°C (différence entre les températures moyennes dans la période 0-24h et la période 24-48h).

Plusieurs auteurs ont déjà décrit cette chute de température rectale avant la mise bas (tableau 13). L'amplitude de la chute de température rectale est variable selon les auteurs allant de 0,84°C (Concannon *et al.*, 1977) jusqu'à plus de 1°C (Michel *et al.*, 2011). De plus Veronesi *et al.* (2002) n'ont pas mis en évidence de chute de température avant la mise bas (étude conduite sur un petit effectif, 7 chiennes, et avec une température rectale mesurée deux fois par jour). Geiser *et al.* (2014) utilisent la température vaginale plutôt que la température rectale, mais une étude préliminaire confirme la bonne corrélation entre ces deux méthodes. L'amplitude de la chute de température décrite par ces auteurs est bien plus faible (0,3 à 0,4°C). De même, Foulonneau (2015) a utilisé un capteur de température placé sous un muscle et a confirmé la bonne corrélation avec la température rectale. L'amplitude de la chute de température avant la mise bas décrite est très variable (0,4 à 1,4°C). Très peu d'auteurs présentent la proportion de chiennes chez lesquelles cette chute a été observée.

La période dans laquelle se situe la chute est aussi variable selon les auteurs. La plupart s'entendent sur une chute dans les 36 heures avant la mise bas. Visuellement sur les figures 34 et 35, il semble que la température commence à chuter à partir de 36 heures avant la mise bas. Mais le modèle utilisé nous a permis de mettre en évidence une chute de température d'intérêt clinique entre la période 0-24 heures avant la mise bas et la période de 24 heures précédentes. Si la chute de température a bien lieu dès 36 heures avant la mise bas, la diminution de température existant entre 36 et 24 heures n'a pas suffi pour faire apparaître une différence d'intérêt clinique entre les périodes 24-48h et 48-72h avant la mise bas. Un modèle qui aurait comparé les températures par périodes de 12h avant la mise bas aurait peut-être pu mettre en évidence une chute de température dans les 36 heures avant la mise bas.

Tableau 13 : Chute de température avant la mise bas. Revue de la littérature.

Auteurs	Site de prise de température	Nombre de chiennes incluses	Amplitude de la chute	Valeur seuil permettant de prévoir la survenue de la mise bas	Délai avant la mise bas	Nombre et proportion de chiennes présentant une chute
Concannon <i>et al.</i> (1977)	rectale	80 chiennes	0,84°C en moyenne		24 à 36h	78 chiennes sur 80 (97,5%)
Long <i>et al.</i> (1978)	rectale	15 chiennes			Dans les 24 heures avant la mise bas	7 chiennes sur 15 (46,7%)
Tsutsui et Murata (1982)	rectale	45 mises bas	1°C		24 à 48h	100%
Concannon (1986)	rectale		1°C		12 à 24h	
Veronesi <i>et al.</i> (2002)	rectale	7 chiennes	absence de chute			0%
Zonturlu <i>et al.</i> (2008)	rectale	20 chiennes	>0,8°C		Dans les 24 heures avant la mise bas	
Michel <i>et al.</i> (2011)	rectale		> 1°C			
Geiser <i>et al.</i> (2014)	vaginale	16 chiennes	0,3°C	0,3-0,4°C	Dans les 24 heures avant la mise bas	
Foulonneau (2015)	capteur de température sous un muscle	7 chiennes	0,4 à 1,4°C		Début de la chute 20 à 36h avant la mise bas	7/7
Ettinger <i>et al.</i> (2017)	rectale				8 à 24h	
Etude ici présentée	rectale	217 mises bas	0,4°C en moyenne	0,3 à 0,5°C	Dans les 24 heures avant la mise bas	90% pour une chute de 0,4°C

3. Prédiction du moment de la mise bas

La sensibilité est ici la proportion de mise bas détectées avec succès par le test. La figure 41 présente la sensibilité du test « chute de température » pour différentes valeurs seuils et dans les différents scénarii. Pour une amplitude de chute de température rectale de 1°C (amplitude souvent décrite dans la littérature), la sensibilité du test varie entre 13% (une prise de température par jour et 28% (3 prises de température par jour). Au contraire, dans 90% des mises bas, une chute de 0,4°C est mise en évidence dans les 24 heures avant la mise bas lorsque la température est mesurée deux fois par jour.

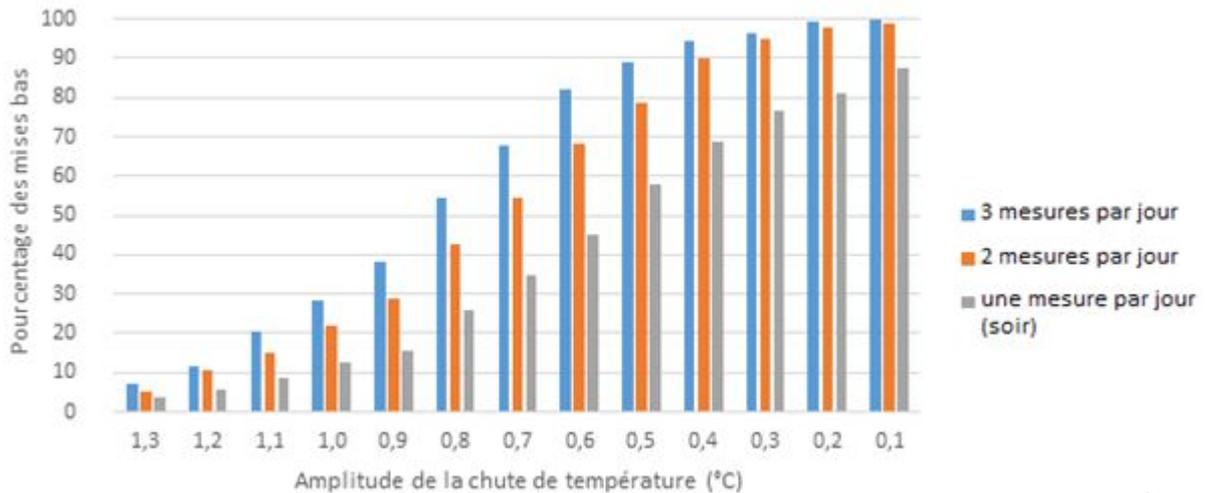


Figure 41 : Pourcentage de mises bas pour lesquelles une chute de température de x°C a été observée dans les 24h avant la mise bas.

206 mises bas incluses lorsque la température est mesurée 2 et 3 fois par jour, 197 mises bas incluses lorsque la température est prise une fois par jour.

Dans le scénario 1, l'AUC est légèrement meilleure quand la température est mesurée le soir (tableau 12). Le test a donc une meilleure capacité diagnostique lorsque la température est mesurée le soir. La sensibilité et la VPN sont meilleures (sensibilité de 0,76 le soir contre 0,64 le matin et le midi et VPN de 0,93 le soir contre 0,90 le midi et 0,89 le matin).

L'AUC est meilleure dans le scénario 2 (0,933) et dans le scénario 3 (0,957) que dans le scénario 1. Mais les AUC, sensibilités et VPN sont très proches dans les scénarii 2 et 3, les capacités diagnostiques des deux tests sont donc très proches.

Dans tous les scénarii, les VPN sont proches de 1, même lorsque la sensibilité et spécificité ne sont pas très élevées. Ces VPN élevées sont en partie expliquées par la prévalence des événements positifs dans cette étude. En effet la VPN augmente lorsque leur prévalence diminue et elle augmente lorsque la sensibilité et la spécificité augmentent : $VPN = \frac{Sp(1-P)}{(1-Se)P + Sp(1-P)}$ (avec P la prévalence des événements positifs). Or, dans notre étude, la prévalence des événements positifs est très faible puisqu'il n'existe qu'un seul événement positif par mise bas contre de multiples événements négatifs : les VPN sont donc élevées même lorsque les sensibilités et spécificités ne le sont pas.

Ces VPN élevées semblent très intéressantes en pratique. En effet une VPN élevée peut aider à prendre la décision de laisser du personnel en surveillance pendant la nuit ou non. Par exemple lorsqu'une chienne ne présente pas de chute de température supérieure à 0,4°C dans les 24 heures précédentes, elle a 99,3% de chances de ne pas mettre bas dans les 24 heures suivantes (scénario 2). L'éleveur peut donc laisser la chienne seule pour la nuit sereinement. Malheureusement le taux de faux positifs (1-Sp) est assez élevé (15%), ce qui signifie que la situation décrite ci-dessus est moins fréquente qu'on le souhaiterait. En moyenne on aurait 2,7 faux positifs par suivi de mise bas. Si la sensibilité et la VPN sont très proches dans les scénarii 2 et 3, la spécificité, elle, est meilleure dans le scénario 3. Le taux de faux positifs est donc plus faible (10%). En moyenne on aurait donc 1,8 faux

positifs par mise bas. L'intérêt de prendre la température trois fois par jour est donc de se retrouver plus souvent dans la situation où la très bonne VPN est utile.

Que la température soit prise 2 ou 3 fois par jour, les capacités de prévision de la mise bas par la température sont similaires. Prendre la température 2 fois par jour apporte une meilleure VPP (25,2% contre 18,4% pour le scénario 3) et donc plus de confiance en une chute de température supérieure à 0,4°C.

Prendre la température trois fois par jour permet de se retrouver plus souvent dans la situation où l'éleveur peut laisser sereinement une chienne sans surveillance pour la nuit. Cela permet donc une légère réduction des coûts liés aux surveillances nocturnes. Au contraire prendre la température seulement deux fois par jour augmente la confiance à accorder à une chute de température supérieure à 0,4°C. La charge de travail supplémentaire apportée par une prise de température trois fois par jour au lieu de deux est très légère. Le choix d'une surveillance deux ou trois fois par jour peut donc être fait selon les préférences de l'éleveur.

Une seule étude utilise les courbes ROC pour préciser les capacités diagnostiques de la température avant la mise bas chez le chien : Geiser *et al* (2014) ont mesuré la température vaginale en continu avant la mise bas, mais cette étude est tout de même comparable à la nôtre puisque les températures vaginale et rectale sont bien corrélées. Pour analyser ces températures, des moyennes par heure ont été calculées, produisant ainsi 24 valeurs de température par jour. Les différences de températures ont été calculées en soustrayant les températures espacées de 24 heures. Pour le calcul des courbes ROC, 24 évènements positifs ont été pris en compte, un pour chacune des 24 heures avant la mise bas, contrairement à notre étude où un seul évènement positif a été conservé par mise bas. La prévalence des évènements positifs dans cette étude est donc supérieure à la nôtre. Geiser *et al.* ont ainsi prouvé que la température vaginale avant la mise est prédictive de la mise bas avec une spécificité correcte mais une mauvaise sensibilité. Pour une valeur seuil de 0,3°C, la sensibilité est de 0,58 et la spécificité de 0,84. La spécificité est donc proche de celle que nous avons obtenue lorsque la température est mesurée deux ou trois fois par jour, mais la sensibilité est bien plus basse (0,64 et 0,90 selon le nombre de mesures de température par jour dans notre étude). Ceci peut s'expliquer par le nombre d'évènements positifs utilisés dans l'étude de Geiser *et al.*. En effet il est probable qu'une partie des évènements positifs ne soient pas associés à une différence de températures supérieure au seuil. Il y a donc de nombreux faux négatifs pris en compte, qui tendent à diminuer la sensibilité. Au contraire, nous avons choisi de ne garder qu'un seul évènement positif (associé à la différence de températures maximale des 24 heures avant la mise bas), ainsi il n'y a, au maximum, qu'un seul faux négatif et donc une meilleure sensibilité.

Geiser *et al.* ont aussi établi des courbes ROC si la température n'était mesurée qu'une ou deux fois par jour, et cela aux différentes heures de la journée. Les capacités du test étaient similaires lorsque la température est prise une ou deux fois par jour. Ce résultat diffère des nôtres puisque nous avons montré que la sensibilité et la spécificité sont meilleures lorsque la température est mesurée deux fois par jour. D'autre part, la sensibilité et la spécificité sont meilleures lorsque la température est mesurée entre 20h et 1h, ce qui est plutôt en adéquation avec nos résultats. En effet nous avons montré que les capacités diagnostiques du test sont meilleures lorsque la température est mesurée le soir (sensibilité de 0,76 le soir contre 0,64 le matin et le midi et VPN de 0,93 le soir contre 0,90 le midi et 0,89 le matin).

CONCLUSION

Notre étude a permis de mettre en évidence que la période de mesure avant la mise bas est un facteur de variation de la température avant la mise bas d'importance clinique majeure. Les autres facteurs étudiés (saison de mise bas, âge à la mise bas, moment de la journée et taille de portée) ont des importances cliniques modérées à négligeables. Il semble donc que, parmi les facteurs étudiés, l'évènement qui dicte la température avant la mise bas est la mise bas elle-même.

Notre étude a aussi permis de confirmer que la chute de température avant la mise bas est un prédicteur du moment de la mise bas. Les capacités de prédiction de la mise bas sont meilleures lorsque la température est prise deux ou trois fois par jour. La mise bas est prévue dans les 24 heures suivantes si une chute de température, s'étendant sur 24 heures au maximum, supérieure à 0,4°C (avec 2 prises de température par jour) ou 0,5°C (avec 3 prises par jour) se termine dans les 24 heures précédentes. La chute de température avant la mise bas permet de prévoir la mise bas dans les 24 heures suivantes, mais avec une faible certitude. L'intérêt du suivi de température avant la mise bas est surtout de pouvoir assurer à 99% l'absence de mise bas en absence de chute de température dans les 24 heures précédentes.

De nombreux autres prédicteurs du moment de la mise bas sont disponibles. La température est un prédicteur intéressant, mais dont les capacités ne sont pas au niveau des espérances de certains éleveurs. Sa simplicité en fait un prédicteur dont il serait dommage de se passer. Mais l'utilisation d'autres prédicteurs, en particulier avec un bonne VPP, sera nécessaire pour plus de précision. Le suivi de la progestérone avant la mise bas, qui présente un bonne VPP, est souvent utilisé en association avec la température.

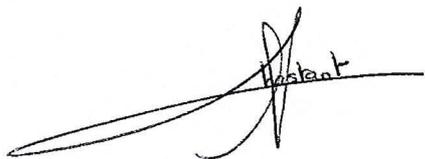
Les capacités de prédiction de la chute de température sont améliorées lorsqu'on multiplie les mesures de température. Il serait peut-être intéressant de pouvoir mesurer la température en continu et ainsi multiplier les mesures de température. C'est ce qu'a proposé Foulonneau (2015), en implantant un capteur de température sous un muscle. Il a alors pu observer que la chute démarre 20 à 36 heures avant la mise bas. D'autres études seraient nécessaires pour déterminer les capacités de prévision de la mise bas par la température ainsi mesurée. Des capteurs de température, implantables chez les carnivores domestiques en position sous cutanée de la même manière qu'une puce électronique, viennent d'être lancés sur le marché (Thermochip®, Allflex, France, Vitré). Ce matériel connecté permet de récupérer des données en continu et a l'avantage d'être simple à implanter et coûte entre 6,48 et 8,56€ par capteur (Siméon, 2017). Il serait très intéressant de tester les capacités de prévision de la mise bas par la température ainsi mesurée en continu.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussignée, **Sylvie CHASTANT**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Fanny AGUER** intitulée «**Température rectale avant la mise bas facteurs de variation et prévision du moment de la mise bas** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 22 novembre 2017
Professeur Sylvie CHASTANT
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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



Vu :
Le Président du jury :
Professeur Jean PARINAUD



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

Fanny AGUER
a été admise sur concours en : 2012
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le :
a validé son année d'approfondissement le : 22/06/2017
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

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

Régine ANDRE-OBRECHT



BIBLIOGRAPHIE

- ALONGE, S., BECCAGLIA, M., MELANDRI, M. et LUVONI, G. C., 2016. Prediction of whelping date in large and giant canine breeds by ultrasonography foetal biometry. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 57, n° 9, pp. 479-483. DOI 10.1111/jsap.12534.
- BAAN, M., TAVERNE, M. A. M., DE GIER, J., KOOISTRA, H. S., KINDAHL, H., DIELEMAN, S. J. et OKKENS, A. C., 2008. Hormonal changes in spontaneous and aglépristone-induced parturition in dogs. *Theriogenology*. Vol. 69, n° 4, pp. 399-407. DOI 10.1016/j.theriogenology.2007.10.008.
- BECCAGLIA, M. et LUVONI, G. C., 2004. Ultrasonographic Study During Pregnancy of the Growth of an Encephalic Portion in the Canine Foetus. *Veterinary Research Communications*. Vol. 28, Suppl. 1, pp. 161-164.
- BECCAGLIA, M. et LUVONI, G. C., 2006. Comparison of the accuracy of two ultrasonographic measurements in predicting the parturition date in the bitch. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 47, n° 11, pp. 670-673.
- BECCAGLIA, M., FAUSTINI, M. et LUVONI, G. C., 2008. Ultrasonographic Study of Deep Portion of Diencephalo-Telencephalic Vesicle for the Determination of Gestational Age of the Canine Foetus. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 43, n° 3, pp. 367-370.
- BECCAGLIA, M., ALONGE, S., TROVO, C. et LUVONI, G. C., 2016. Determination of gestational time and prediction of parturition in dogs and cats: an update. *Reproduction in Domestic Animals*. N° 51 Suppl 1, pp. 12-17. DOI 10.1111/rda.12782.
- BOROFFKA, S., 2005. Ultrasonographic Evaluation of Pre- and Postnatal Development of the Eyes in Beagles. *Radiology & Ultrasound*. Vol. 46, n° 1, pp. 73-79.
- CHASTANT-MAILLARD, S., GUILLEMOT, C., FEUGIER, A., MARIANI, C., GRELLET, A. et MILA, H., 2017. Reproductive performance and pre-weaning mortality: Preliminary analysis of 27,221 purebred female dogs and 204,537 puppies in France. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 52 Suppl 2, pp. 158-162. DOI 10.1111/rda.12845.
- COHEN, J. A., HOLLE, D. M. et MEYERS-WALLEN, V. N., 2009. Accuracy of canine parturition date prediction from LH peak. *Clin Theriogenology*, Vol. 1, p570.
- CONCANNON, P. W. et HANSEL, W., 1977. Prostaglandin F2alpha induced luteolysis, hypothermia, and abortions in beagle bitches. *Prostaglandins*. Vol. 13, n° 3, pp. 533-542.
- CONCANNON, P. W., POWERS, M. E., HOLDER, W. et HANSEL, W., 1977. Pregnancy and parturition in the bitch. *Biology of Reproduction*. Vol. 16, n° 4, pp. 517-526.
- CONCANNON, P. W., BUTLER, W. R., HANSEL, W., KNIGHT, P. J. et HAMILTON, J. M., 1978. Parturition and lactation in the bitch: serum progesterone, cortisol and prolactin. *Biology of Reproduction*. Vol. 19, n° 5, pp. 1113-1118.
- CONCANNON, P., WHALEY, S., LEIN, D. et WISSLER, R., 1983. Canine gestation length: variation related to time of mating and fertile life of sperm. Vol. 44, n° 10, pp. 1819-1821.
- CONCANNON, P. W., 1986. Canine pregnancy and parturition. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. Vol. 16, n° 3, pp. 453-475.

- CONCANNON, P., ISAMAN, L., FRANK, D. A., MICHEL, F. J. et CURRIE, W. B., 1988. Elevated concentration of 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F_{2α} in maternal plasma during prepartum luteolysis and parturition in dogs (*Canis familiaris*). *Journal of Reproduction and Fertility*. Vol. 84, n°1 pp. 71-77.
- CONCANNON, P. W., MCCANN, J. P. et TEMPLE, M., 1989. Biology and endocrinology of ovulation, pregnancy and parturition in the dog. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*. Vol. 39, pp. 3-25.
- DAVIDSON, A. P., 2001. Uterine and Fetal Monitoring in the Bitch. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. Vol. 31, n°2, pp. 305-313.
- DE CRAMER, K., 2017. *Preparturient caesarean section in the bitch: justification, timing, execution and outcome evaluation*. Doctor of Philosophy in the Department of Production Animal Studies. Pretoria : Department of Production Animal Studies in the Faculty of Veterinary Science University of Pretoria.
- DE GIER, J., KOOISTRA, H. S., DJAJADININGRAT-LAANEN, S. C., DIELEMAN, S. J. et OKKENS, A. C., 2006. Temporal relations between plasma concentrations of luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, estradiol-17b, progesterone, prolactin, and α-melanocyte-stimulating hormone during the follicular, ovulatory, and early luteal phase in the bitch. *Theriogenology*. Vol. 65, pp. 1346-1359.
- ENGLAND, G. C., EDWARD ALLEN, W. et PORTER, D.J., 1990. Studies on canine pregnancy using B-mode ultrasound: Development of the conceptus and determination of gestational age. *Journal of Small Animal Practice*. Vol. 31, n° 7, pp. 324-329.
- ENGLAND, G. C. et VERSTEGEN, J. P., 1996. Prediction of parturition in the bitch using semi-quantitative ELISA measurement of plasma progesterone concentration. *The Veterinary Record*. Vol. 139, n° 20, pp. 496-497.
- ETTINGER, S. J., FELDMAN, E. C. et COTE, E. 2017. *Textbook of Veterinary Internal Medicine Expert Consult, 8th Edition*. Saunders W.b, Philadelphia. ISBN 978-0-323-31211-0.
- FALISSARD, B. 2005. *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie*. 3ème édition. Masson. Abrégés. ISBN 978-2-294-01850-3.
- FONTBONNE, A., 2008. *In vivo ovulation, oocyte maturation and fertilisation in the bitch* [en ligne]. Phd thesis. AgroParisTech. [Consulté le 16 juin 2017]. Disponible à l'adresse : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00004418/document>
- FOULONNEAU, A. 2015. *Essai de détection de la mise-bas chez la chienne au moyen d'un capteur de température placé sous le muscle*. Thèses de Doctorat Vétérinaire, ONIRIS - École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique. 106 p.
- FREVILLE, A. 2005. *Conduite à Tenir en Obstétrique Canine et Féline*. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Faculté de médecine de Créteil.
- GEISER, B, BURFEIND, O, HEUWIESER, W et ARLT, S, 2014. Prediction of Parturition in Bitches Utilizing Continuous Vaginal Temperature Measurement. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 49, n° 1, pp. 109-114. DOI 10.1111/rda.12236.
- GIANNICO, A. T., GARCIA, DA., GIL, E., SOUSA, M. et FROES, T., 2016. Assessment of umbilical artery flow and fetal heart rate to predict delivery time in bitches. *Theriogenology*. Vol. 86, n° 7, pp. 1654-1661. DOI 10.1016/j.theriogenology.2016.03.042.

GIL, E. M. U., GARCIA, D. a. A., GIANNICO, A. T. et FROES, T. R., 2014. Canine fetal heart rate: do accelerations or decelerations predict the parturition day in bitches? *Theriogenology*. Vol. 82, n° 7, pp. 933-941. DOI 10.1016/j.theriogenology.2014.04.025.

HAJIAN-TILAKI, K., 2013. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis for medical diagnostic test evaluation. *Caspian journal of internal medicine*. Vol. 4, n° 2, pp. 627.

HASE, M., HORI, T., KAWAKAMI, E. et TSUTSUI, T., 2000. Plasma LH and Progesterone Levels before and after Ovulation and Observation of Ovarian Follicles by Ultrasonographic Diagnosis System in Dogs. *J. Vet. Med. Sci.* N° 62(3), pp. 243-248.

HOJAT, M. et XU, G., 2004. A visitor's guide to effect sizes: statistical significance versus practical (clinical) importance of research findings. *Advances in Health Sciences Education: Theory and Practice*. Vol. 9, n° 3, pp. 241-249. DOI 10.1023/B:AHSE.0000038173.00909.f6.

HOLST, P. A. et PHEMISTER, R. D., 1974. Onset of diestrus in the Beagle bitch: definition and significance. *American Journal of Veterinary Research*. Vol. 35, n° 3, pp. 401-406.

JOHNSTON, S. D., ROOT KUSTRITZ, M.V. et OLSON, P. N. S., 2001. Canine Parturition-Eutocia and Dystocia. In : *Canine and Feline Theriogenology*. Philadelphia : W.B. Saunders. pp. 105-128. ISBN 0-7216-5607-2.

KUTZLER, M. A., 2003. Accuracy of canine parturition date prediction using fetal measurements obtained by ultrasonography. *Theriogenology*. Vol. 60, pp. 1309-1317.

KUTZLER, M., MOHAMMED, H. O., LAMB, S.V. et MEYERS-WALLEN, V. N., 2003. Accuracy of canine parturition date prediction from the initial rise in preovulatory progesterone concentration. *Theriogenology*. Vol. 60, n° 6, pp. 1187-1196.

LEROYER, C., TAINURIER, D., DARDENNE, N., DESTRUMELLE, S. et BENCHARIF, D., 2002. Préviation de la mise bas chez la chienne par dosage de la progestérone. Vol. 153, n°7, pp. 467-476.

LONG, D., MEZZA, R. et KRAKOWKA, S., 1978. Signs of impending parturition in the laboratory bitch. *Laboratory Animal Science*. Vol. 28, n° 2, pp. 178-181.

LUVONI, G. C. et BECCAGLIA, M., 2006. The prediction of parturition date in canine pregnancy. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 41, n° 1, pp. 27-32. DOI 10.1111/j.1439-0531.2006.00641.x.

LUVONI, G. C. et GRIONO, A., 2000. Determination of gestational age in medium and small size bitches using ultrasonographic fetal measurements. *Journal of Small Animal Practice*. Vol 41, n°7. pp. 292-294.

LUZ, M. R., BERTAN, C. M., BINELLI, M. et LOPES, M. D., 2006. Plasma concentrations of 13,14-dihydro-15-keto prostaglandin F2-alpha (PGFM), progesterone and estradiol in pregnant and nonpregnant diestrus cross-bred bitches. *Theriogenology*. Vol. 66, n° 6-7, pp. 1436-1441. DOI 10.1016/j.theriogenology.2006.01.036.

MICHEL, E., SPÖRRI, M., OHLERTH, S. et REICHLER, IM, 2011. Prediction of parturition date in the bitch and queen. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 46, n° 5, pp. 926-932. DOI 10.1111/j.1439-0531.2011.01763.x.

MIR, F., BILLAULT, C., FONTAINE, E., SENDRA, J. et FONTBONNE, A., 2011. Estimated Pregnancy Length from Ovulation to Parturition in the Bitch and its Influencing Factors: A Retrospective Study in 162 Pregnancies. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 46, n°6. pp. 994-998.

MIYAZAKI, H., YOSHIDA, M., SAMURA, K., MATSUMOTO, H., IKEMOTO, F. et TAGAWA, M., 2002. Ranges of Diurnal Variation and the Pattern of Body Temperature, Blood Pressure and Heart Rate in Laboratory Beagle Dogs. *Experimental Animals*. Vol. 51, n° 1, pp. 95-98. DOI 10.1538/expanim.51.95.

PAQUETTE, J., 2014. *Objectivation du Terme de la Gestation chez la Chienne : Utilisation de la Biométrie Oculaire Foetale et Analyse du Liquide Amniotique*. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Claude-Bernard - Lyon I : VetAgro Sup.

PEY, P. et LÉVY, X., 2009. Place de l'imagerie dans la datation de la gestation. *Le Point Vétérinaire*. n° 301, pp. 25-30.

PICCIONE, G., CAOLA, G. et REFINETTI, R., 2005. Daily Rhythms of Blood Pressure, Heart Rate, and Body Temperature in Fed and Fasted Male Dogs. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. Vol. 52, n° 8, pp. 377-381. DOI 10.1111/j.1439-0442.2005.00758.x.

REFINETTI, R. et PICCIONE, G., 2003. Daily rhythmicity of body temperature in the dog. *The Journal of Veterinary Medical Science*. Vol. 65, n° 8, pp. 935-937.

RENDANO JR., V. T., LEIN, D. H. et CONCANNON, P. W., 1984. Radiographic Evaluation of Prenatal Development in the Beagle. *Veterinary Radiology*. Vol. 25, n° 3, pp. 132-141.

ROTA, A., CHARLES, C., STARVAGGI CUCUZZA, A. et PREGEL, P., 2015. Diagnostic Efficacy of a Single Progesterone Determination to Assess Full-Term Pregnancy in the Bitch. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 50, n° 6, pp. 1028-1031. DOI 10.1111/rda.12631.

SIMÉON, C., 2017. Thermochip, Entrez dans l'ère de la médecine connectée ! *L'Essentiel*. N° 461/462.

SOCHA, P. et JANOWSKI, T., 2014. Predicting the Parturition Date in Bitches of Different Body Weight by Ultrasonographic Measurements of Inner Chorionic Cavity Diameter and Biparietal Diameter. *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 49, n°2. pp. 292-296. DOI 10.1111/rda.12271.

SON, C., JEONG, K., KIM, J., PARK, I., KIM, S. et LEE, C., 2001. Establishment of the prediction table of parturition day with ultrasonography in small pet dogs. *J. Vet. Med. Sci*. Vol. 63, n° 7, pp. 715-721.

TOAL, R. L., WALKER, M. A. et HENRY, G. A., 1986. A comparison of real-time ultrasound, palpation and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. *Veterinary Radiology*. Vol. 27, n° 4, pp. 102-108.

TSUTSUI, T. et MURATA, Y., 1982. Variations in body temperature in the late stage of pregnancy and parturition in bitches. *The Japanese Journal of Veterinary Science*. Vol. 44, n° 4, pp. 571-576.

TSUTSUI, T., HORI, T., KIRIHARA, N., KAWAKAMI, E. et CONCANNON, P. W., 2006. Relation between mating or ovulation and the duration of gestation in dogs. *Theriogenology*. Vol. 66, n°6-7 pp. 1706-1708.

VAN DER WEYDEN, G. C., TAVERNE, M. A., DIELEMAN, S. J., WURTH, Y., BEVERS, M. M. et VAN OORD, H. A., 1989. Physiological aspects of pregnancy and parturition in dogs. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*. Vol. 39, pp. 211-224.

VERONESI, M. C., BATTOCCHIO, M., MARINELLI, L., FAUSTINI, M., KINDAHL, H. et CAIROLI, F., 2002. Correlations Among Body Temperature, Plasma Progesterone, Cortisol and Prostaglandin F2 α of the Periparturient Bitch. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. Vol. 49, n° 5, pp. 264-268. DOI 10.1046/j.1439-0442.2002.00410.x.

WHELPWISE SERVICE, 1997. Veterinary Perinatal Specialties Inc, Colorado. *Veterinary Perinatal Specialties Inc. Home of the Whelp Wise™ Service* [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://whelpwise.com/>

ZONE, M. A. et WANKE, M. M., 2001. Diagnosis of canine fetal health by ultrasonography. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*. Vol. 57, pp. 215-219.

ZONTURLU, A. K., AKSOY, O. A. et KACAR, C., 2008. Gestation Duration and Rectal Temperature Changes During Peripartum Period in Dogs. *Journal of Applied Animal Research*. Vol. 33, n° 2, pp. 199-200.

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la base de données "Mise bas"

Nom de la mère	Date de naissance de la mère	Parité	Date de mise bas	Age lors de la mise bas (en années)	Heure de naissance du 1er chiot	Nombre de chiots	Poids de la portée (chiots vivants)		Nombre de jours de prise de température	Poids total de la portée (chiots vivants et morts) (kg)	Nombre de mesures de température	Valeur de la 1 ^{ère} température avant la mise bas (°C) : T1v	Moment de la journée de la 1 ^{ère} mesure avant la mise bas (MA, MI, S)	Décalai entre l'heure de naissance du 1 ^{er} chiot et la 1 ^{ère} mesure de température avant la mise bas : T1h		T2v	T2m	T2h	T3v	T3m	T3h	...	T32v	T32m	T32h	
							(kg)	(kg)						T1h	T1m											
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,29	20:45	11	4,46	4,46	4	12	37 S	3	37,2 MI	3	37,2 MI	7	37,2 MI	13	...	...	...	...	...	...	...	...
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,23	05:30	10	4,25	4,25	6	18	37,1 S	11	37,4 MI	14	37,5 MA	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AIKA	26/11/2005	2	19/03/2010	4,31	09:35	9	3,3	3,58	7	19	36,7 MA	1	37,1 S	15	37,3 MI	19	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AIKA	26/11/2005	3	31/03/2011	5,34	20:23	7	3,45	3,45	9	24	36 S	2	36,5 MI	6	36,4 MA	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AIKA	26/11/2005	4	04/05/2012	6,44	00:15	8	3,59	3,59	7	21	36,4 S	6	36,6 MI	10	36,6 MA	16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AKIRA	03/12/2012	1	29/01/2016	3,15	15:20	12	5,17	5,17	6	17	37,2 MI	1	37,7 MA	7	37,4 S	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ALVEA	29/01/2005	3	20/04/2010	5,22	04:44	7	3,14	3,14	7	21	37,5 S	11	37,6 MI	15	37,5 MA	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ARIZONA	04/05/2005	3	05/08/2009	4,25	10:45	9	4,7	4,7	9	24	38,0 MA	3	37,6 S	17	37,5 MI	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ARIZONA	04/05/2005	4	15/09/2010	5,37	20:30	9	2,82	2,82	4	11	36,9 MI	6	37,0 MA	12	37,6 S	26	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ARIZONA	04/05/2005	5	29/03/2012	6,90	07:35	9	3,9	4,42	5	13	37,3 S	13	37,3 MI	17	37,3 MA	23	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ATHENA	21/01/2005	3	08/12/2009	4,88	20:24	9	4,04	4,04	7	19	37,1 S	2	37,3 MA	12	37,5 S	26	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
BISCOTTE	25/10/2006	1	22/11/2009	3,08	02:20	8	3,71	3,71	5	15	37,4 S	8	37,1 MI	12	37,0 MA	18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
BISCOTTE	25/10/2006	2	26/06/2011	4,67	08:20	9	4,08	4,08	7	20	37,3 S	14	37,5 MA	24	37,2 S	38	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UKA	07/12/2005	3	01/12/2010	4,98	16:05	11	4,64	4,64	7	20	37,2 MI	2	37,0 MA	8	38,2 S	22	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UKA	07/12/2005	4	26/05/2012	6,47	01:08	8	3,75	3,75	11	32	36,9 S	7	37,0 MI	11	36,7 MA	17	...	...	...	...	...	...	...	37,2 MI	251	...
ULINE	26/10/2003	4	08/04/2010	6,45	22:30	10	4,63	4,63	5	14	37,1 S	4	37,2 MI	8	37,3 MA	14	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
VICHY	16/05/2004	3	25/09/2009	5,36	18:20	12	3,84	3,84	5	15	38 S	0	37,2 MI	4	37,3 MA	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
VIRBAC	06/09/2004	3	17/09/2010	6,03	02:00	2	1,27	1,27	7	20	37,0 S	8	37,4 MI	12	36,9 MA	18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Annexe 2 : Extrait de la base de données "Température".

nom de la mère	date de naissance de la mère	parité	date de mise bas	âge à la mise bas en années	saison de mise bas	heure de naissance du premier chiot	nombre de chiots	poids de la portée (chiots vivants) (kg)	poids total de la portée (chiots vivants et morts) (kg)	Xème mesure de température avant la mise bas	valeur de la température (°C)	moment de la journée de mesure de température (MA, MI, S)	délai entre l'heure de naissance du 1er chiot et la Xème mesure de température avant la mise bas (en h)
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	1	37,5	37,5	3
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	2	37,2 MI	37,2 MI	7
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	3	37,2 MA	37,2 MA	13
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	4	37,8 S	37,8 S	27
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	5	37,6 MI	37,6 MI	31
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	6	37,8 MA	37,8 MA	37
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	7	37,6 S	37,6 S	51
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	8	38,0 MI	38,0 MI	55
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	9	37,6 MA	37,6 MA	61
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	10	37,9 S	37,9 S	75
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	11	37,9 MI	37,9 MI	79
ACADIE	20/12/2005	3	04/04/2010	4,3 printemps	4,3 printemps	20:45	11	4,46	4,46	12	37,1 MA	37,1 MA	85
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	1	37,1 S	37,1 S	11
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	2	37,4 MI	37,4 MI	14
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	3	37,5 MA	37,5 MA	21
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	4	37,6 S	37,6 S	35
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	5	38,1 MI	38,1 MI	39
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	6	37,5 MA	37,5 MA	45
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	7	37,8 S	37,8 S	59
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	8	37,3 MI	37,3 MI	63
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	9	37,8 MA	37,8 MA	69
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	10	37,8 S	37,8 S	83
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	11	37,6 MI	37,6 MI	87
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	12	37,5 MA	37,5 MA	93
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	13	37,8 S	37,8 S	107
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	14	37,9 MI	37,9 MI	111
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	15	37,8 MA	37,8 MA	117
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	16	37,4 S	37,4 S	131
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	17	37,9 MI	37,9 MI	135
ACADIE	20/12/2005	4	16/03/2011	5,2 hiver	5,2 hiver	05:30	10	4,25	4,25	18	37,4 MA	37,4 MA	141

Déroulement de mise bas

Nom de la mère: Jacka Race: Lab Date: 3/04/17

Nom du père: Luwea Race: Lab

Nombre de Chiots nés vivants : 9 Morts-nés : /
 Nombre de Mâles : 4
 Nombre de Femelles : 5

Heure	Sexe	Robe	Couleur collier	Poids	Commentaires
6h05	♂	S	Bleu	510	RAS
6h42	♂	S	Rouge	530	RAS
7h00	♂	S	Noir	440	RAS
7h50	♀	S	Rouge	440	RAS
8h12	♀	S	Vert	470	RAS
8h35	♀	S	Violet	470	RAS (dans le sable) <small>apparemment encombé</small>
8h57	♀	S	Orange	480	RAS
9h50	♂	S	Blanc	490	RAS
11h45	♀	S	Jaune	470	RAS (petit saignement coloré)
Echographie	4h	-0	RAS		

Commentaires :

Comportement de la mère :

Annexe 4 : Écarts entre les moyennes des températures rectales avant la mise bas chez la chienne dans les différentes catégories d'âge à la mise bas et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte. Les étoiles (*) indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0.05$)

Comparaison entre les âges (en années)	Différence des moyennes (°C)	p.value
]1;2]-]2;3]	<0,1	0,922
]1;2]-]3;4]	0,1	1,000
]1;2]-]4;5]	0,1	0,509
]1;2]-]5;6]	0,1	0,435
]1;2]-]6;7]	<0,1	0,833
]1;2]-]7;8]	0,1	0,832
]2;3]-]3;4]	<0,1	0,372
]2;3]-]4;5]	0,1	<0,001 *
]2;3]-]5;6]	0,1	<0,001 *
]2;3]-]6;7]	0,1	0,027 *
]2;3]-]7;8]	0,1	0,149
]3;4]-]4;5]	0,1	0,115
]3;4]-]5;6]	0,1	0,051
]3;4]-]6;7]	<0,1	0,538
]3;4]-]7;8]	0,1	0,707
]4;5]-]5;6]	<0,1	1,000
]4;5]-]6;7]	<0,1	0,999
]4;5]-]7;8]	<0,1	1,000
]5;6]-]6;7]	<0,1	0,978
]5;6]-]7;8]	<0,1	1,000
]6;7]-]7;8]	<0,1	1,000

Annexe 5 : Écarts entre les températures rectale avant la mise bas chez la chienne pour les différentes tailles de portée et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.

Les étoiles (*) indiquent une différence statistiquement significative ($p < 0.05$)

Comparaison entre les tailles de portée	Différence des moyennes (°C)	p.value	Comparaison entre les tailles de portée	Différence des moyennes (°C)	p.value
1 - 2	0,1	0,875	4 - 11	-0,1	0,170
1 - 3	0,2	0,019 *	4 - 12	-0,2	0,097
1 - 4	0,3	<0,001 *	4 - 13	<0,1	1,000
1 - 5	0,2	0,186	5 - 6	<0,1	1,000
1 - 6	0,2	0,006 *	5 - 7	<0,1	0,998
1 - 7	0,2	0,001 *	5 - 8	<0,1	1,000
1 - 8	0,2	0,013 *	5 - 9	<0,1	1,000
1 - 9	0,2	0,008 *	5 - 10	<0,1	1,000
1 - 10	0,2	0,001 *	5 - 11	<0,1	1,000
1 - 11	0,2	0,006 *	5 - 12	<0,1	1,000
1 - 12	0,1	0,407	5 - 13	0,1	0,962
1 - 13	0,2	0,001 *	6 - 7	<0,1	1,000
2 - 3	0,1	0,998	6 - 8	<0,1	1,000
2 - 4	0,2	0,217	6 - 9	<0,1	1,000
2 - 5	<0,1	1,000	6 - 10	<0,1	1,000
2 - 6	0,1	0,999	6 - 11	<0,1	1,000
2 - 7	0,1	0,985	6 - 12	<0,1	0,997
2 - 8	<0,1	1,000	6 - 13	0,1	0,994
2 - 9	<0,1	1,000	7 - 8	<0,1	0,894
2 - 10	<0,1	0,995	7 - 9	<0,1	0,934
2 - 11	<0,1	1,000	7 - 10	<0,1	1,000
2 - 12	<0,1	1,000	7 - 11	<0,1	1,000
2 - 13	<0,1	0,887	7 - 12	-0,1	0,943
3 - 4	<0,1	0,702	7 - 13	<0,1	1,000
3 - 5	<0,1	1,000	8 - 9	<0,1	1,000
3 - 6	<0,1	1,000	8 - 10	<0,1	0,995
3 - 7	<0,1	1,000	8 - 11	<0,1	1,000
3 - 8	<0,1	1,000	8 - 12	<0,1	1,000
3 - 9	<0,1	1,000	8 - 13	0,1	0,885
3 - 10	<0,1	1,0000	9 - 10	<0,1	0,993
3 - 11	<0,1	1,0000	9 - 11	<0,1	1,000
3 - 12	0,1	0,997	9 - 12	<0,1	1,000
3 - 13	<0,1	1,000	9 - 13	0,1	0,874
4 - 5	-0,1	0,260	10 - 11	<0,1	1,000
4 - 6	-0,1	0,281	10 - 12	-0,1	0,982
4 - 7	-0,1	0,443	10 - 13	0,1	0,993
4 - 8	-0,1	0,023 *	11 - 12	<0,1	0,998
4 - 9	-0,1	0,018 *	11 - 13	0,1	0,982
4 - 10	-0,1	0,239	12 - 13	0,1	0,749

Annexe 6 : Écarts entre les moyennes des températures rectales avant la mise bas chez la chienne pour les différentes périodes de mesure et leur signification statistique (p) dans le modèle linéaire mixte.
 Les étoiles (*) indiquent une différence statistiquement significative (p<0.05)

Comparaison des périodes de mesures (heures avant la mise bas)	Différence des moyennes (°C)	p.value
[0;24] -]24;48]	-0,4	<0,001 *
[0;24] -]48;72]	-0,5	<0,001 *
[0;24] -]72;96]	-0,5	<0,001 *
[0;24] -]96;120]	-0,5	<0,001 *
[0;24] -]120;144]	-0,5	<0,001 *
[0;24] -]144;168]	-0,5	<0,001 *
[0;24] -]168;192]	-0,5	<0,001 *
]24;48] -]48;72]	-0,1	<0,001 *
]24;48] -]72;96]	-0,1	<0,001 *
]24;48] -]96;120]	-0,1	<0,001 *
]24;48] -]120;144]	-0,1	<0,001 *
]24;48] -]144;168]	-0,1	<0,001 *
]24;48] -]168;192]	-0,1	0,001 *
]48;72] -]72;96]	<0,1	0,998
]48;72] -]96;120]	<0,1	0,739
]48;72] -]120;144]	<0,1	0,456
]48;72] -]144;168]	<0,1	0,919
]48;72] -]168;192]	<0,1	0,986
]72;96] -]96;120]	<0,1	0,987
]72;96] -]120;144]	<0,1	0,876
]72;96] -]144;168]	<0,1	0,997
]72;96] -]168;192]	<0,1	1,000
]96;120] -]120;144]	<0,1	1,000
]96;120] -]144;168]	<0,1	1,000
]96;120] -]168;192]	<0,1	1,000
]120;144] -]144;168]	<0,1	1,000
]120;144] -]168;192]	<0,1	1,000
]144;168] -]168;192]	<0,1	1,000

NOM : AGUER

PRENOM : FANNY

TITRE : TEMPÉRATURE RECTALE AVANT LA MISE BAS : FACTEURS DE VARIATION ET PRÉVISION DU MOMENT DE LA MISE BAS

RESUME :

Connaître le moment précis de la mise bas est l'un des moyens de contrôle de la mortalité des chiots. Cette étude, menée sur 86 labradors et 217 suivis de température rectale avant la mise bas, vise à étudier les facteurs de variation, et à déterminer les capacités de prévision de la mise bas de la température avant la mise bas. La période de mesure avant la mise bas est le seul facteur étudié ayant une importance clinique majeure. La chute de température avant la mise bas est un prédicteur du moment de la mise bas. La mise bas est prévue dans les 24 heures lorsqu'une chute supérieure à 0,4°C ou 0,5°C (2 ou 3 mesures par jour) est observée dans les 24 heures précédentes. Deux mesures par jour apportent une meilleure valeur prédictive positive (25,2% contre 18,4%). Au contraire, les faux positifs sont moins fréquents lorsque la température est prise 3 fois par jour. L'intérêt du suivi de température dans la prévision du moment de la mise bas est la très bonne valeur prédictive négative.

MOTS CLES : CHIENNE, TEMPERATURE RECTALE, MISE BAS, PARTURITION, PREVISION

ENGLISH TITLE : RECTAL TEMPERATURE BEFORE PARTURITION : VARIATION FACTORS AND PREDICTION OF THE ONSET OF PARTURITION

ABSTRACT :

Knowing the exact time of parturition is one way to control puppy mortality. Preparturient rectal temperature was recorded for 217 pregnancies (86 labrador retrievers). This study aimed to identify factors influencing rectal temperature before parturition and to determine if the preparturient temperature decline can predict parturition. The period of time before parturition was the only factor of crucial clinical importance. Preparturient temperature decline was a predictor of parturition time. The onset of parturition was expected in the next 24 hours when a temperature decline above 0.4°C or 0.5°C was observed in the past 24 hours (for respectively 2 and 3 mesures a day). Positive predictive value was increased when temperature was mesured twice a day (25.2% against 18.4%). On the other side, there were less false positives when temperature was mesured three times a day. The negative predictive values close to 100% were the strong suit of this predictor.

KEYWORDS : BITCH, PARTURITION, RECTAL TEMPERATURE, PREDICTION