



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 : 14676

To cite this version :

Bourcier, Joanna. *Impact de l'équilibre énergétique maternel sur la prolificité et la survie des chiots*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2015, 79 p.

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

IMPACT DE L'EQUILIBRE ENERGETIQUE MATERNEL SUR LA PROLIFICITE ET LA SURVIE DES CHIOTS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

BOURCIER Joanna
Née, le 22 novembre 1989 à Auxerre (89)

Directeur de thèse : Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD

JURY

PRESIDENT :
M. Olivier PARANT

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
Mme Sylvie CHASTANT-MAILLARD
M. Guy-Pierre MARTINEAU

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

MEMBRE INVITE :
Mme Anna MILA

Docteur Vétérinaire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directrice : **Madame Isabelle CHMITELIN**

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

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

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootechne*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
- Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
- Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
- Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*
- M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
- Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **DAHAN Julien**, *Médecine Interne*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
- M. **TANIS Jean-Benoît**, *Anatomie – Imagerie Médicale*

REMERCIEMENTS

Au président de thèse,

A Monsieur le Professeur Olivier PARANT

Professeur des Universités
Praticien hospitalier
Gynécologie - Obstétrique

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

Au jury de thèse,

A Madame le Professeur Sylvie CHASTANT-MAILARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie de la Reproduction,

Qui a accepté de me confier ce travail, et m'a apporté son aide pour sa réalisation
Pour ses conseils, son soutien, sa patience et sa disponibilité
Sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Guy-Pierre MARTINEAU

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Médecine et Production Porcines,

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

A Madame le Docteur Hanna MILA

Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie de la Reproduction,

Pour son aide précieuse, sa disponibilité, sa bonne humeur et sa gentillesse
Sincères remerciements.

SOMMAIRE

LISTE DES ANNEXES	11
LISTE DES FIGURES	12
LISTE DES TABLEAUX	14
LISTE DES ABREVIATIONS	15
INTRODUCTION	17
PARTIE 1 : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	19
I- Évaluation de l'équilibre énergétique chez les animaux	19
A- Définition de l'équilibre énergétique	19
B- Les méthodes objectives de mesure de la composition corporelle	20
1- Absorptiométrie biphotonique à rayons X	20
2- Dilution à l'oxyde de deutérium (D ₂ O)	21
3- L'impédancemétrie	21
4- La pesée	22
5- La morphométrie	22
6- Les ultrasons	23
7- Les marqueurs biologiques	25
a- <i>La leptine</i>	25
b- <i>L'insuline</i>	26
c- <i>Les acides gras non estérifiés (AGNE)</i>	26
C- Les méthodes subjectives de mesure de la composition corporelle	26
1- La note d'état corporel (NEC)	26
2- La note d'état musculaire	27
II- Equilibre énergétique et reproduction	28
A- Le lien entre réserves énergétiques et reproduction	28
B- Les perturbations de l'équilibre énergétique et leurs conséquences	29
1- Réserves énergétiques lors de la gestation	29
2- Conséquences de la maigreur, du surpoids et de l'obésité	30
a- <i>Sur la mise-bas :</i>	30
b- <i>Sur la prolificité</i>	31
c- <i>Sur la croissance fœtale et poids à la naissance</i>	32
d- <i>Sur la mortalité du jeune</i>	33
3- Recommandations chez les différentes espèces	33
PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE	35
I- Matériel et méthode	35
A- Les animaux	35
B- Les prélèvements et mesures	35
1- Note d'état corporel	36
2- Leptinémie	36
3- Les performances de reproduction	37
a- <i>Diagnostic de gestation</i>	37
b- <i>Taille de la portée</i>	37
c- <i>Poids de naissance</i>	38
d- <i>Mortalité</i>	38
4- Statistiques	39

II-Résultats	40
A- Statistiques descriptives	40
1- La population	40
2- Les notes d'état corporel	41
3- La leptinémie	42
B- Etude de la note d'état corporel et de la leptinémie au cours de la gestation	43
1- Influence de la gestation	43
a- <i>Sur la note d'état corporel</i>	43
b- <i>Sur la leptinémie</i>	44
2- Evolution au cours de la gestation	44
C- Corrélation entre la note d'état corporel et la leptinémie	45
D- Influence de la taille de la portée	47
1- Sur la note d'état corporel	47
2- Sur la leptinémie	48
E- Influence du poids des chiots à la naissance	49
F- Mortalité	50
1- <i>Mortinatalité</i>	51
a- <i>La note d'état corporel</i>	51
b- <i>La leptinémie</i>	51
2- Mortalité de J0 à J2	51
a- <i>La note d'état corporel</i>	51
b- <i>La Leptinémie</i>	53
3- Mortalité de J3 à J28	54
a- <i>La note d'état corporel</i>	54
b- <i>La leptinémie</i>	55
4- Mortalité de J29 à J56	56
III- Discussion	57
A- Les limites de l'étude	57
1- La population	57
2- Données traitées	57
B- Comparaison avec la littérature	58
1- Effet de la gestation	58
2- Correlation note d'état corporel/leptine chez les chiennes gravides	60
3- Prolificité	60
4- Poids des chiots à la naissance	60
5- Mortalité	61
CONCLUSION	63
BIBLIOGRAPHIE	67
ANNEXES	76

LISTE DES ANNEXES

<u>ANNEXE 1</u> : Fiche de prise de données au cours de l'expérimentation.....	76
<u>ANNEXE 2</u> : Tables de notes d'état corporel en fonction du format racial dans l'espèce canine (Royal Canin, Aimargues, France).....	77
<u>ANNEXE 3</u> : Protocole ELISA (Millipore, St Charles, USA).....	79

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Equation de calcul de la composition en graisse du corps chez le chien...	21
<u>Figure 2</u> : Equation de calcul de l'indice de masse corporelle féline.....	23
<u>Figure 3</u> : Equation de calcul de l'indice masse corporelle canine.....	23
<u>Figure 4</u> : Mesure de l'épaisseur de lard dorsal chez la truie.....	24
<u>Figure 5</u> : Sites habituels de mesure, matérialisés par les croix, de l'épaisseur de lard dorsal chez la truie	24
<u>Figure 6</u> : Notation de l'état musculaire chez le chat	28
<u>Figure 7</u> : Répartition de l'ensemble des échantillons en fonction de la note d'état corporel.....	36
<u>Figure 8</u> : Répartition de l'ensemble des échantillons en fonction de la leptinémie...	37
<u>Figure 9</u> : Répartition des poids de naissance des chiots.	40
<u>Figure 10</u> : Répartition des chiennes en fonction de leur note d'état corporel au cours de la période d'observation.....	41
<u>Figure 11</u> : Distribution des notes d'état corporel dans la population.....	41
<u>Figure 12</u> : Répartition des chiennes en fonction de leur leptinémie au cours de la période d'observation.....	42
<u>Figure 13</u> : Distribution de la leptinémie dans la population.....	43
<u>Figure 14</u> : Note d'état corporel à la saillie et à 4 semaines de gestation chez les chiennes gravides (G) et non gravides (NG).....	43
<u>Figure 15</u> : Comparaison de la leptinémie de la saillie à la 8 ^{ème} semaine post saillie chez les chiennes gravides (G) et non gravides (NG).....	44
<u>Figure 16</u> : Note d'état corporel chez les chiennes gravides de la saillie (W0) à la mise bas (PP).....	45
<u>Figure 17</u> : Leptinémie chez les chiennes gravides de la saillie à la mise bas.....	45
<u>Figure 18</u> : Leptinémie en fonction de la note d'état corporel à la saillie (n=35).	46
<u>Figure 19</u> : Leptinémie en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation	46
<u>Figure 20</u> : Evolution de la note d'état corporel en fonction de la taille de la portée à 4 semaines de gestation (W4) et à la mise bas (PP).....	47
<u>Figure 21</u> : Note d'état corporel à la mise bas en fonction de la taille de la portée à la mise-bas	47

<u>Figure 22</u> : Evolution de la note d'état corporel entre la saillie et la mise-bas en fonction de la taille de la portée	48
<u>Figure 23</u> : Evolution de la leptinémie en fonction de la taille de la portée des deux premières semaines de gestation à la mise bas.....	48
<u>Figure 24</u> : Evolution de la note d'état corporel en fonction de la taille de la portée ..	49
<u>Figure 25</u> : Pourcentage de chiots de faible poids à la naissance en fonction de la leptinémie à W4	50
<u>Figure 26</u> : Répartition des décès des chiots de la naissance à J56	50
<u>Figure 27</u> : Pourcentage de chiennes avec de la mortinatalité en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation.	51
<u>Figure 28</u> : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à la saillie.	52
<u>Figure 29</u> : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation.	52
<u>Figure 30</u> : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à la mise bas.	52
<u>Figure 31</u> : Pourcentage de chiennes avec de la mortalité dans leur portée de J0 à J2 en fonction de la leptinémie à 4 semaines de gestation.	53
<u>Figure 32</u> : Pourcentage de chiennes avec de la mortalité dans leur portée de J0 à J2 en fonction de la leptinémie à 6 semaines de gestation.	53
<u>Figure 33</u> : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la leptinémie à 4 semaines de gestation	54
<u>Figure 34</u> : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la note d'état corporel à la mise bas.....	54
<u>Figure 35</u> : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la 2 ^{ème} semaine de gestation	55
<u>Figure 36</u> : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la 4 ^{ème} semaine de gestation	55
<u>Figure 37</u> : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la mise bas..	56
<u>Figure 38</u> : Taux de mortalité de J29-J56 en fonction de la note d'état corporel à la saillie.	56

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Composition corporelle moyenne en masse grasse et masse maigre dans trois formats raciaux différents chez le chien. Evaluation par DEXA (SPEAKMAN et al, 2003).....	20
<u>Tableau 2</u> : Concentration en leptine plasmatique en fonction de la note d'état corporel chez le chien $p < 0,0001$ (ISHIOKA et al 2007).	26
<u>Tableau 3</u> : Echelle à 9 points et correspondance en masse graisseuse chez le chien (LAFLAMME 1997).....	27
<u>Tableau 4</u> : Recommandations en matière de prise de poids pendant la grossesse chez la femme (gestation simple) (AYOUBI 2012).....	34
<u>Tableau 5</u> : Notes d'état corporel recommandée chez la brebis (DEDIEU 1989)	34
<u>Tableau 6</u> : Définition des petites, moyennes et grandes portées en fonction du format racial (179 chiots nés au total). Les chiffres indiquent le nombre de chiots par portée.....	38
<u>Tableau 7</u> : Définition des différents quartiles de poids de naissance en fonction du format racial	38
<u>Tableau 8</u> : Leptinémies au cours de la gestation chez la chienne.....	42
<u>Tableau 9</u> : Taux de mortalité néonatale et pédiatrique chez le chiot. Synthèse bibliographique (BELIN 2013).....	61

LISTE DES ABREVIATIONS

ATP = Adénosine triphosphate

DEXA = Absorptiométrie biphotonique à rayon X

D₂O = Oxyde de deutérium

AGNE = Acides gras non estérifiés

IMC = Indice de masse corporelle

NEC = Note d'état corporel

ELD = Epaisseur de lard dorsal

RCIU = Retard de croissance intra-utérin

GnRH = Gonadotropin releasing hormone

W0 = Saillie

W (n) = n semaine post saillie

PP = Mise-bas

FSH = Follicle-stimulating hormone

LH = Luteinizing hormone

INTRODUCTION

Le lien entre nutrition et performances de reproduction est particulièrement bien décrit chez les bovins et les porcins. Une parfaite maîtrise de l'alimentation est un des éléments clé de la fertilité des femelles. Chez l'Homme ou dans les espèces de production, les performances de la reproduction sont perturbées si les besoins énergétiques ne sont pas couverts, en cas de sous nutrition, de mal nutrition, ou en cas de forte augmentation des besoins. Des troubles de la reproduction peuvent également se rencontrer en cas d'état d'engraissement trop important (surpoids, obésité).

Les interactions entre équilibre énergétique et reproduction ont surtout été étudiées sur la période de la puberté et pour la production des gamètes. Chez la femelle, on peut observer une diminution du taux d'ovulation chez les espèces polyovulantes ou une irrégularité des cycles chez les espèces monoovulantes, voire un arrêt total des cycles (MONGET et al, 1998). Néanmoins, d'autres paramètres peuvent être affectés par le bilan énergétique : la fécondation, la survie embryonnaire, le déroulement de la mise-bas... L'influence du statut énergétique sur les performances de la reproduction n'est cependant pas connue chez la chienne. Pourtant, fertilité, taille de la portée, taux de mortalité des chiots ont un impact économique majeur en élevage canin comme pour tout autre type d'élevage.

Après avoir présenté les différentes méthodes permettant d'évaluer les réserves énergétiques, nous détaillerons l'influence de l'état énergétique sur la reproduction chez différentes espèces et plus particulièrement son effet sur la prolificité et la mortalité des jeunes. Enfin dans un second temps nous présenterons notre expérimentation réalisée chez la chienne visant à étudier la relation entre le bilan énergétique et ces deux paramètres.

Partie 1 : Étude bibliographique

I- Évaluation de l'équilibre énergétique chez les animaux

A- Définition de l'équilibre énergétique

L'équilibre énergétique représente la différence entre l'apport énergétique conséquent à l'oxydation des nutriments et la dépense énergétique. Cette dernière prend en compte l'énergie immédiatement perdue sous forme de chaleur, celle utilisée sous forme d'ATP pour la réalisation d'un travail et celle qui est stockée sous forme de lipides et de glycogène. En cas d'équilibre, le poids reste stable (MARIEB et al, 2014). Le bilan énergétique n'est pas maintenu constant au cours du temps, c'est par exemple le cas en fonction du statut reproducteur d'un individu. Un bilan positif signifie que l'animal consomme plus d'énergie que ce dont il a besoin et inversement, un bilan négatif implique que l'animal ne consomme pas suffisamment d'énergie par rapport à ses besoins.

Les substrats énergétiques sont les lipides (80 à 85% de l'énergie stockée chez l'Homme ; MARIEB et al, 2014), les glucides et dans une moindre mesure les protéines. Le glucide utilisé par l'organisme est le glucose. Il est utilisé par les cellules pour la production d'ATP. S'il n'est pas utilisé, il est stocké sous forme de glycogène ou de graisse. Les réserves glucidiques restent faibles et ne sont pas prises en compte dans le bilan énergétique sur le long terme. Les lipides constituent la source majeure d'énergie de l'organisme. Les lipides représentent 13,8% de la composition chimique du corps humain pour un homme de 65kg (LATHAM 2001). En effet ils permettent un rendement énergétique environ 2 fois plus élevé que celui du glucose ou des protéines. La mise en réserve des lipides se fait par la lipogenèse. Si l'équilibre énergétique devient négatif, alors les lipides seront utilisés comme source d'énergie par l'intermédiaire de la lipolyse. Les protéines serviront de réserve énergétique en cas de bilan énergétique négatif prolongé par mise en place de la néoglucogenèse (TARNAUD et al, 2010).

La composition corporelle de l'organisme peut être décrite par 3 paramètres : la masse squelettique, la masse maigre (les muscles) et la masse grasse (le tissu adipeux) (BESSION et al, 2005). La masse grasse représente 15% de la composition d'un adulte bien portant de sexe masculin (LATHAM 2001). Elle influe directement sur le niveau des réserves énergétiques : en effet, les lipides (triglycérides) sont stockés dans le

tissu adipeux, et le glycogène dans les muscles. Une évaluation de la quantité de ces tissus renseigne donc sur les réserves énergétiques (TARNAUD et al, 2010).

La particularité de la mesure de la composition corporelle chez les chiens repose sur l'existence d'une grande disparité de format racial. Peu d'études ont été réalisées sur le sujet. SPEAKMAN et al (2003) ont comparé la composition corporelle de trois formats différents et mettent en évidence une composition corporelle format dépendant (tableau 1). Au contraire l'étude de LAUTEN et al (2001) n'a pas décrit de différences significatives de la composition corporelle entre femelles de différentes races par la méthode d'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA). Et il en est de même pour l'étude de BRENTEN et al (2014) qui compare la composition corporelle de 25 Schnauzer nains et de 24 Labrador Retrievers par la méthode DEXA.

Tableau 1: Composition corporelle moyenne en masse grasse et masse maigre dans trois formats raciaux différents chez le chien. Evaluation par DEXA (SPEAKMAN et al, 2003)

	Pourcentage de masse maigre	Pourcentage de masse grasse
Chien Epagneul Papillon (poids moyen = 3kg, n = 35)	78,7%	14,8%
Labrador Retriever (poids moyen = 29,8kg, n = 35)	84,2%	15,7%
Dogue Allemand (poids moyen = 62,8kg, n= 35)	88,7%	10,4%

Nous allons par la suite voir différentes méthodes de mesure utilisées pour déterminer la composition corporelle.

B- Les méthodes objectives de mesure de la composition corporelle

1- Absorptiométrie biphotonique à rayons X

Cette méthode utilise deux faisceaux de photons émis à deux niveaux d'énergie différents. En fonction du type de tissu traversé, les faisceaux vont être atténués de manière différente, permettant ainsi de différencier masse osseuse, masse grasse et masse maigre (MAWBY et al, 2004 ; BESSON et al, 2005). Cette méthode a d'abord été développée chez l'homme pour mesurer la composition osseuse (TARNAUD et al, 2010). Elle fut ensuite développée pour mesurer la composition corporelle chez les

animaux (MAWBY et al, 2004 ; BESSON et al, 2005). Cette méthode est très performante et se révèle être une méthode de référence chez les animaux (LOHMAN 1996 ; GERMAN et al, 2010). Son exactitude a été évaluée par comparaison avec les résultats d'analyses chimiques de cadavres chez différentes espèces telles que les porcs, la volaille, les rongeurs et les chats et chiens (MAWBY et al, 2004).

2- Dilution à l'oxyde de deutérium (D₂O)

Cette méthode utilise un isotope lourd d'hydrogène qui va se répartir de manière uniforme dans différents secteurs hydriques. Une quantité connue de D₂O est injectée par voie intra-veineuse, une prise de sang est effectuée avant et 90 min après cette injection. La concentration en deutérium dans le sang est mesurée par chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à thermoconduction. Cela permet de déterminer le volume d'eau total du corps dans lequel le marqueur a été dispersé. L'eau du corps se répartit essentiellement dans le tissu non gras (MAWBY D et al, 2004 ; BESSON C et al, 2005). On peut ainsi en déduire la masse grasse selon l'équation présentée en figure 1 (SAGAWA et al, 2002). En fonction des espèces, chez le chien par exemple, des équations prenant en compte des facteurs de variation propres à la race et à l'activité physique ont été définies et validées pour utiliser cette méthode (BURKHOLDER et al, 1998).

Contenu en graisse du corps (%) = masse grasseuse du corps (kg)*/poids (kg)

*masse grasseuse du corps = quantité d'eau totale du corps (l)^{-4,7} **X poids (kg)^{5,9}X0,019

quantité d'eau totale du corps (ml) = (quantité D₂O injectée (ml) X 0,999^{*}) / (concentration plasmatique en D₂O (µg/g) - quantité D₂O injectée (ml))

*** 0,999 = pureté de D₂O

Figure 1 : Equation de calcul de la composition en graisse du corps chez le chien (SAGAWA et al, 2002).

3- L'impédancemétrie

Cette méthode se base sur le fait que la masse grasse présente une conductivité moins importante que la masse maigre. On mesure ainsi la résistance des tissus biologiques par l'envoi d'un courant électrique sinusoïdal de faible intensité et de haute fréquence au travers du corps à l'aide de 4 électrodes (BESSON et al, 2005 ; TARNAUD et al, 2010). Un courant supérieur à 5kHz doit être appliqué chez l'Homme

et le chien pour traverser correctement les corps. Les électrodes chez les animaux sont placées à la tête et à la base de la queue et les animaux sont anesthésiés. Chez le chien, du fait de la variabilité de conformation et de format racial, l'impédancemétrie est peu décrite dans la littérature et avec des résultats souvent différents. L'interprétation des résultats donnés par cette méthode doit donc tenir compte de la race.

4- La pesée

Elle mesure le poids vif d'un animal. Pour les animaux de compagnie, elle permet un suivi au quotidien et est réalisable aussi bien par le vétérinaire que par les propriétaires. Mais elle n'est que peu représentative à un instant donné des réserves énergétiques. Le poids vif cumule le poids du contenu digestif, le poids de la masse maigre, le poids de la masse grasse et le poids de la masse squelettique. Elle ne permet donc pas la différenciation entre masse maigre et masse grasse. De plus en fonction des animaux considérés, la masse du contenu digestif peut être importante, comme pour les ruminants par exemple (FAVERDIN et al, 2016). Elle n'est donc pas suffisante seule. Par contre une mesure répétée dans le temps nous donne l'évolution du poids vif et une hausse de celui-ci se caractérise souvent par un dépôt lipidique plus important (FAVERDIN et al, 2016). Elle est, de plus, souvent associée à des mesures morphométriques ou des notations du score corporel.

5- La morphométrie

Les indices de masses corporelles permettent également de calculer le pourcentage de graisse corporelle. Chez les bovins, la formule de CREVAT est utilisée : $P = 80 \times T \times L \times V$ avec P le poids vif (kg), L la longueur du corps (m), T le tour de poitrine (m) et V le tour ventral (m). Chez le chat, on effectue deux mesures à l'aide d'un mètre ruban en position debout. La première renseigne sur le périmètre thoracique du chat au niveau de la neuvième côte et reflète la masse grasse du chat. La deuxième est corrélée à la masse maigre du chat. Pour celle-ci, on mesure la longueur entre le milieu de la rotule et la pointe du calcanéum alors que la patte de l'animal est maintenue fléchie. De ces deux mesures, on peut en déduire l'indice de masse corporelle féline à l'aide de l'équation de HAWTHORNE et BUTTERWICK (2000) (figure 2)

$$\text{FBMI} = (\{ (\text{PT} / 0,7067) - \text{LRC} \} / 0,9156) - \text{LRC}$$

Avec FBMI : l'indice de masse corporelle féline
 PT : le périmètre thoracique en cm
 LRC : la longueur entre rotule et calcanéum en cm

Figure 2 : Equation de calcul de l'indice de masse corporelle féline. D'après HAWTHORNE et BUTTERWICK (2000)

Des équations permettant de calculer le pourcentage de graisse corporelle à l'aide de mesures sont également disponibles chez le chien (figure 3).

$$\begin{aligned} \text{Graisse corporelle femelle (\%)} &= -1,7 \text{ HS} + 0,93 \text{ PC} + 5 \\ \text{Graisse corporelle (\%)} &= (- 0,0034 \text{ HS}^2 + 0,0027 \text{ PC}^2 - 1,9) / \text{BW} \\ \text{Graisse corporelle mâle (\%)} &= -1,4 \text{ HS} + 0,7 \text{ PC} + 4 \\ \text{BMI} &= \text{BW} / (\text{HSh} \times \text{OT}) \end{aligned}$$

Avec HS : longueur pointe du calcanéum au milieu de la rotule (cm)
 PC : circonférence au niveau du pelvis (cm)
 HSh : hauteur en partant de l'épaule (cm)
 OT : longueur de l'os occipital à la base de la queue (cm)
 BW : poids (kg)
 BMI : indice de masse corporelle

Figure 3 : Equation de calcul de l'indice masse corporelle canine (JEUSETTE et al, 2010).

6- Les ultrasons

La mesure de l'épaisseur de lard dorsal permet, d'évaluer chez la truie, l'état des réserves corporelles (DOURMAD et al, 2001). La mesure se fait à l'aide de deux types d'appareils : les appareils à lecture directe qui sont en mode unidirectionnel et qui donnent la valeur de l'épaisseur totale de lard ; et les échographes en mode bidirectionnel qui permettent une visualisation des trois épaisseurs cutanées : la peau, le gras et le muscle (figure 4). Ce mode permet ainsi de s'assurer qu'elles sont toutes prises en compte dans la mesure. Les mesures peuvent être réalisées à différents sites, situés à 6,5 cm de part et d'autre de la ligne médiane (figure 5). Il est important de répéter les mesures de chaque côté de l'animal afin de vérifier leur concordance.



Figure 4 : Mesure de l'épaisseur de lard dorsal chez la truie. Echographie réalisée au niveau de la 4^{ème} vertèbre lombaire avec un échographe bidirectionnel et identification de 3 épaisseurs sous-cutanée : épaisseur de la peau (L4P), épaisseur de la peau et du tissu adipeux (L4PA) et épaisseur de la peau, du tissu adipeux et du muscle (L4PA) (FAVERDIN et al, 2016, d'après STAUB et TOUZE, INRA Tours).

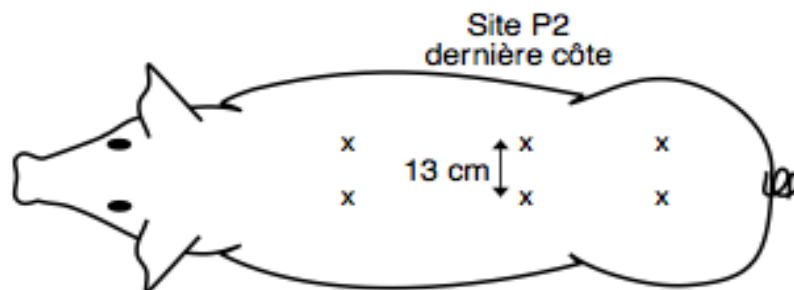


Figure 5 : Sites habituels de mesure, matérialisés par les croix, de l'épaisseur de lard dorsal chez la truie (DOURMAD et al, 2001)

Cette technique est largement utilisée en élevage porcin et donne des résultats bien corrélés avec la note d'état corporel. La relation est cependant non linéaire impliquant que la mobilisation des réserves énergétique touche plus le gras intra-abdominal que la graisse sous-cutanée pour les animaux maigres (FAVERDIN et al, 2016).

7- Les marqueurs biologiques

a- La leptine

La leptine est une hormone protéique de 16kDa, codée par le gène de l'obésité (*ob*). Elle est synthétisée et sécrétée principalement par le tissu adipeux blanc (ISHIOKA et al, 2007). Cependant il existe d'autres sites secondaires de sécrétion de la leptine comme le placenta, l'épithélium gastrique et le muscle squelettique (FRIEDMAN et al, 1998). Les récepteurs de cette molécule ont été identifiés dans l'hypothalamus, au niveau des cellules gonadotropes de l'antéhypophyse, sur les cellules ovariennes de la granulosa et de la thèque, sur l'endometre, sur les cellules de Leydig et le placenta (MOSCHOS et al, 2002). Chez l'homme, la leptine est sécrétée selon un rythme circadien et de manière pulsatile. Elle a un temps de demi-vie de $24,9 \pm 4,4$ min (CALDEFIE-CHEZET et al, 2003). Chez le rat la leptine subit deux modes d'élimination, une voie rapide avec un temps de demi-vie de 3,4 minutes pour la leptine qui reste dans la circulation sanguine. Une partie de la leptine est fixée par les tissus périphériques, elle est par la suite relarguée dans la circulation sanguine et éliminée à ce moment. Cette voie d'élimination est donc plus lente avec un temps de demi-vie de 71 minutes (HILL et al, 1998). L'élimination de la leptine se fait principalement par voie rénale (CUMIN et al, 1996). Chez le chien, il a été observé une variation journalière de la leptine associée au rythme des repas. En effet le taux sanguin de leptine augmente dans les 5 à 8 heures suivant la prise alimentaire. Ces variations suivant une prise alimentaire sont également notées chez les rongeurs et les humains (ISHIOKA et al, 2005).

Du fait de sa production par le tissu adipeux, il existe une corrélation positive entre les concentrations en leptine plasmatique et l'indice de masse corporelle, la masse grasseuse et également la taille des adipocytes chez l'homme, les rongeurs et les chiens (HOLNESS et al, 1996 ; ISHIOKA et al, 2001 ; SAGAWA et al, 2002 ; CALDEFIE-CHEZET et al, 2003). Chez le chien, il existe une corrélation positive entre la note d'état corporel et la leptinémie (tableau 2) (SAGAWA et al, 2002 ; JEUSETTE et al, 2005 ; ISHIOKA et al, 2007). La leptinémie est donc un outil dans l'estimation de la composition corporelle du chien.

Tableau 2 : Concentration en leptine plasmatique en fonction de la note d'état corporel chez le chien $p < 0,0001$ (ISHIOKA et al 2007).

Note d'état corporel (selon échelle en 5 points)	Leptine plasmatique (ng/ml)
3 = chiens à poids idéal (n = 45)	3,0±0,4
4 = chiens en surpoids (n = 46)	8,6±0,7
5 = chiens obèses (n = 75)	12,8±0,8

b- L'insuline

L'insuline est une hormone pancréatique polypeptidique sécrétée par les cellules β des îlots de Langerhans. Elle a un rôle hypoglycémiant en favorisant la glycogénogenèse (foie et muscles) et en permettant le stockage des graisses dans le tissu adipeux. Le taux d'insuline peut donc être un indicateur de la dynamique énergétique de l'individu (DOUCET et al. 2010).

c- Les acides gras non estérifiés (AGNE)

Les AGNE sont à l'origine d'une forme circulante des lipides de réserve de l'organisme. Ils représentent 5% à 10% des acides gras totaux chez l'Homme. Ils sont issus de l'hydrolyse des triglycérides par la lipoprotéine lipase lors du jeun. Ils sont transportés par l'albumine vers différents tissus, comme les muscles, le myocarde, le foie, les reins où ils sont utilisés comme substrat énergétique (DESIDERI-VAILLANT et al 2004). En effet, dans ces tissus non adipeux, ils produisent de l'énergie et de l'acétyl-COA par une réaction de β -oxydation. Le dosage des AGNE du plasma peut être considéré comme un indicateur de l'état énergétique. Leur concentration s'accroît en cas de mobilisation des réserves énergétiques (GIGER et al, 1982).

C- Les méthodes subjectives de mesure de la composition corporelle

1- La note d'état corporel (NEC)

La note d'état corporel est un outil permettant d'appréhender l'état des réserves énergétiques des animaux en particulier d'évaluer la quantité de graisse corporelle.

Ce système de notation a été développé pour les animaux de production et les animaux de compagnie. En effet, il existe des grilles de notation adaptées pour chaque espèce, telles que les ovins (JEFFERIS 1961), les caprins (HONHOLD et al 1989), les bovins (EDMONSON et al, 1989), les équidés (CARROL et HUNTINGTON 1988) et les carnivores domestiques (LAFLAMME 1997) (annexe 1). Les grilles d'évaluation permettant de scorer les animaux vont généralement de 1 à 5, 1 à 6 ou 1 à 9. L'attribution d'une note d'état corporel est basée sur la description visuelle de certains repères anatomiques ou par palpation, ou les deux. Les notes les plus faibles sont associées à un animal maigre tandis que les notes les plus hautes le sont avec un animal obèse. Pour les carnivores domestiques, le système le plus utilisé est l'échelle à 9 points pour laquelle une bonne corrélation avec la masse grasseuse a été obtenue par absorptiométrie (LAFLAMME 1997 ; MAWBY et al, 2004). Elle est indépendante de l'ossature de l'animal et en relation avec le poids et les réserves totales de l'animal (FROMENT 2007). Comme le montre le tableau 3, chaque note correspond à un pourcentage moyen de matière grasse de l'organisme qui est mesuré par la méthode DEXA .

Tableau 3 : Echelle à 9 points et correspondance en masse grasseuse chez le chien (LAFLAMME 1997)

Note	Palpation du squelette	Répartition du tissu adipeux observation de la silhouette	% graisse (mâles)	% graisse (femelles)
1 (Emacié)	Côtes, vertèbres, bassin, et saillies osseuses visibles à distance	Pas de graisse discernable, fonte musculaire extrême	ND	ND
2 (Très maigre)	Côtes, vertèbres, bassin bien visibles, autres saillies osseuses éventuellement visibles	Pas de graisse palpable, perte minime de muscle	3,7	2,6
3 (Maigre)	Côtes facilement palpables voire visibles, apophyses épineuses des vertèbres lombaires visibles, os du bassin proéminents	Pas de tissu adipeux sous-cutané recouvrant les côtes	8,2	8,4
4 (Fin)	Côtes facilement palpables	Graisse de couverture minimale	12,7	14,1
5 (Optimal)	Côtes palpables	Pas d'excès de graisse sous-cutanée recouvrant les côtes	17,2	19,9
6 (Surcharge)	Côtes palpables	Léger excès de graisse recouvrant les côtes	21,7	25,7
7 (Gros)	Côtes difficiles à palper	Graisse déposée sur les côtes, les lombes, la base de la queue	26,2	31,4
8 (Obèse)	Côtes palpables en exerçant une forte pression	Fort dépôt de graisse sur les côtes, les lombes, la base de la queue	30,7	37,2
9 (Très obèse)	Côtes non palpables	Dépôt majeur de graisse sur le thorax, rachis, base de la queue, encolure, membres, face...	35,1	43

2- La note d'état musculaire

Il existe également une notation de la masse musculaire qui repose sur un examen visuel et une palpation des reliefs osseux temporaux, scapulaires, pelviens et des vertèbres lombaires. Ce type de notation a été étudié chez les chats sur un système à

4 points (figure 6) et présente une bonne répétitivité mais nécessite encore d'être approfondi en terme de reproductibilité pour permettre une utilisation en clinique (MICHEL et al, 2011). Cette méthode a été développée dans le but de mieux évaluer la fonte musculaire qui est importante dans le cas de maladies aiguës ou chroniques, contrairement à la perte de masse graisseuse qui survient en cas de restriction de l'apport alimentaire (BALDWIN et al, 2010).

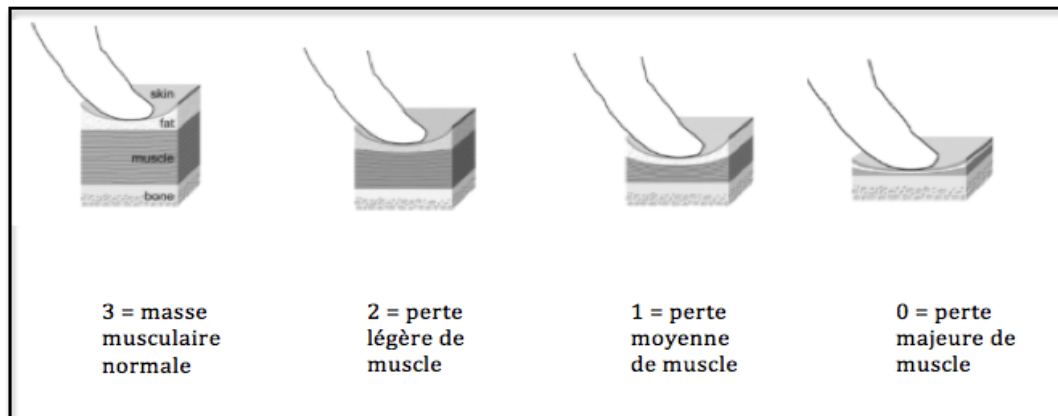


Figure 6 : Notation de l'état musculaire chez le chat (BALDWIN et al, 2010 ; MICHEL et al, 2011)

II- Equilibre énergétique et reproduction

Chez la femelle comme chez le mâle, une perturbation du métabolisme énergétique due, le plus souvent, à une sous-alimentation ou inversement à une alimentation pléthorique, a des conséquences sur la fonction de reproduction. Nous détaillerons chez la femelle les conséquences sur la mise-bas, la prolificité, la croissance foétale, le poids de naissance et la mortalité.

A- Le lien entre réserves énergétiques et reproduction

Le tissu adipeux blanc est un tissu sécrétoire libérant différentes molécules comme les adipokines. Il existe de très nombreuses adipokines différant par leur structure et leur rôle dans l'organisme. La leptine fut la première découverte en 1994 comme lien entre l'état des réserves énergétiques et la reproduction (TRAYHUR et al, 2006). La concentration circulante en leptine étant corrélée à l'importance de la masse grasse, donc à l'état des réserves énergétiques, elle informe le système nerveux central de l'état des réserves. La reproduction étant coûteuse en énergie, si les réserves ne sont

pas suffisantes, la puberté est retardée. La leptine agit comme un signal permettant le déclenchement de la fonction de reproduction. En effet une concentration minimale de leptine au niveau central est nécessaire au déclenchement de la puberté et au maintien de la reproduction. A l'inverse, il a été montré qu'in vivo une hyperleptinémie chronique inhibe l'action centrale stimulatrice de la reproduction, notamment par arrêt de la sécrétion de GnRH et inhibe la stéroïdogénèse testiculaire et ovarienne. Ainsi, le taux de la leptinémie semblerait connaître deux valeurs seuils, au-delà desquelles on rencontre des troubles de la reproduction (CAPRIO et al 2001).

Après la leptine, d'autres adipokines ont été découvertes comme l'adiponectine qui sensibilise les cellules à l'action de l'insuline contrairement à la resistine qui les rend résistantes (DUPONT et al 2014).

On peut se demander par la suite qu'elles sont les conséquences de réserves énergétiques trop élevées (surpoids, obésité) ou trop faibles (maigreur) sur les performances de la reproduction.

B- Les perturbations de l'équilibre énergétique et leurs conséquences

1- Réserves énergétiques lors de la gestation

L'état de gestation entraîne des modifications au niveau du métabolisme dans le but de palier aux besoins énergétiques de la gestation puis de la lactation. Lors de la gestation, ils doivent couvrir : les besoins obligatoires pour le développement du fœtus, du placenta, de l'utérus et du tissu mammaire ; le stockage au niveau des tissus adipeux et l'augmentation du métabolisme basal (KING et al, 1994). Ainsi le début de gestation est marqué par la mise en place de l'anabolisme gravidique. Il correspond à une augmentation du dépôt de tissu graisseux et du dépôt de protéine. Il est prédominant durant le premier trimestre de la gestation chez la femme et il est suivi à partir de la moitié du second trimestre par une phase catabolique pour répondre au développement de l'utérus et des conceptus (VAMBERGUE 2008). Cet anabolisme gravidique, décrit chez de nombreux mammifères comme la chienne, la rate, la brebis et la femme, s'accompagne d'une prise de poids. En effet ROMBAUST (1962) montre que pour une alimentation ad libitum, les truies gravides prennent 80kg contre 40kg pour les non gravides sur la même période de temps. Et ce gain pondéral a lieu même

avec des apports alimentaires insuffisants comme cela est décrit chez la truie gestante qui prend du poids même sous une alimentation ne couvrant pas ses besoins (MONGET et al, 2001). Cette prise de poids est propre à la mère au début de gestation et est due au développement de l'utérus gravide dans le dernier tiers de gestation (ETIENNE 1979).

2- Conséquences de la maigreur, du surpoids et de l'obésité

a- Sur la mise-bas :

Un surpoids est souvent associé à des complications au moment de la mise-bas et influence de ce fait la mortinatalité. Il est décrit que les femmes considérées comme obèses avant la mise-bas, c'est-à-dire avec un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 29 ont plus de risque de subir une césarienne (CRANE et al 1997). En effet DUCARME et al (2007) ont montré que 34,4% des femmes obèses (IMC > 30) subissaient une césarienne contre 16,9% pour les femmes avec un IMC inférieur à 25. De plus, elles ont significativement plus de risque d'expérimenter une deuxième phase de travail plus longue : c'est le cas de 30% des patientes obèses contre 22% des patientes à poids normal selon ARROWSMITH (2011). Obésité et surpoids maternels augmentent également la fréquence de macrosomie (nouveau-nés pesant plus de 4000g), et de terme dépassant 42 semaines de grossesse (JOHNSON 1987).

Chez la truie dite grasse, on retrouve des troubles de la mise-bas associée à son état corporel. En effet, les truies avec plus de 22 mm d'épaisseur de gras dorsal à la mise bas présentent entre autre des problèmes de part languissant (BORIES 2009). Il a en effet été décrit par OLIVEIRO (2009) que la durée de mise-bas est significativement plus longue (385 ± 197 min) chez les truies grasses (épaisseur de lard dorsal > 17mm), que chez les truies maigres (épaisseur de lard dorsal (ELD) < 17mm, durée = 230 ± 103 min). Cela s'expliquerait soit par le fait que l'état d'engraissement entraînerait une augmentation du dépôt de gras au niveau du bassin compliquant l'expulsion des porcelets (COWART 2007). Une autre possibilité serait un défaut d'activation des récepteurs à l'ocytocine suite à un retard de la chute du taux de progestérone. La progestérone étant liposoluble, en cas d'obésité, le ratio progestérone/oestrogène est perturbé. Ce défaut d'activation des récepteurs à l'ocytocine serait à l'origine d'un défaut d'expulsion lors de la mise-bas (OLIVEIRO et al, 2009). Chez la femme obèse, il peut y avoir un retard lors de la première phase de travail qui est conséquent à un défaut de contractilité utérine. Il a de plus été montré in vitro, que le myomètre d'une

femme obèse a des contractions d'amplitude et de fréquence diminuées par rapport à celui d'une femme de poids normal (ZHANG et al, 2007).

b- Sur la Prolificité

La prolificité est dépendante du taux d'ovulation, de la fertilité et du taux de pertes embryonnaires.

L'idée que l'état énergétique influe sur la prolificité de la brebis n'est pas nouveau, dès 1837 YOUATT avait noté que les brebis en bonne état corporel et alimentées sur de bonnes pâtures donnaient un plus fort taux de jumeaux (DOWNING et al, 1991). Il a également été montré que chez la brebis de la race Barbarine, la prolificité est positivement corrélée à la note d'état corporel ($p < 0,05$) à la lutte. Au cours de l'agnelage par contre, elle est négativement corrélée à la note d'état corporelle, du fait, qu'une brebis porteuse d'une plus grande portée va d'avantage mobiliser ses réserves énergétiques (ATTI et al 1995). La prolificité s'explique entre autre par le taux d'ovulation qui augmente avec le poids de la brebis à la lutte. Pour chaque kilos pris par la brebis à la lutte, une augmentation du taux d'ovulation de 2 à 2,5% et du nombre d'agneaux nés par brebis de 1,5 à 2% est notée (DOWNING et al, 1991). Chez les brebis en mauvais état corporel ($NEC \leq 2$) mais toujours cyclé, l'apport d'un supplément riche en énergie et protéines pendant les 4 derniers jours de la phase lutéale augmente le taux d'ovulation. Cette technique est le « flushing », elle a peu d'effet par contre sur les brebis en bonne condition corporelle (MONGET et al, 2001). Chez la truie, il semblerait qu'une restriction alimentaire en fin de phase lutéale et en début de phase folliculaire soit responsable d'une diminution du taux d'ovulation et/ou d'une diminution de la sécrétion d'œstradiol par les follicules ovariens (MONGET et al, 1997).

La prolificité est également impactée par le taux de mortalité embryonnaire. Il a été décrit chez la lapine qu'une restriction alimentaire tend à diminuer le taux de survie de 7,7% lors de la première moitié de gestation, aboutissant à des portées plus petites (FORTUN-LAMOTHE 1995). Chez la truie gestante une modification importante (3 à 11 Mcal énergie digestible par jour) de l'apport en énergie n'affecte pas la prolificité sachant que le besoin d'entretien d'une truie gestante est de 100 à 105 kcal d'énergie métabolisable/kg de poids vif^{0,75} (MONGET et al, 2001). En effet un jeûne (0 kcal/J pendant 40 jours) entre 30 et 110 jours de gestation entraîne un avortement dans

19% des cas ; néanmoins si les truies sont capables de mobiliser leurs réserves énergétiques, alors le taux de mortalité embryonnaire n'est pas affecté. On a en effet pas de différence significative entre le taux de mortalité embryonnaire pour les truies rationnées qui de 37% contre 35% pour les truies contrôles (ANDERSON et al, 1979).

c- Croissance fœtale et poids à la naissance

La croissance fœtale dépend de la mère, en fonction de la génétique de son état circulatoire, de sa glycémie, de son environnement et de son état énergétique. Des modifications de l'état énergétique maternel auront des conséquences sur la croissance fœtale et donc sur le poids du ou des nouveau-nés à la naissance.

Dans l'espèce humaine, une sévère dénutrition (rencontrée par exemple dans les pays du tiers monde) peut être à l'origine de retard de croissance intra utérin (RCIU), correspondant à un poids de naissance inférieur au 10^{ème} percentile pour le terme (CHAVATTE-PALMER 2008). Inversement, l'obésité est associée à un taux de macrosomie plus élevé avec 2,40 fois plus de macrosomie fœtale (poids de naissance supérieur à 4kg) chez les patientes obèses que les non obèses. Il est également décrit que le poids moyen des nouveau-nés est significativement plus élevé pour les femmes obèses que celles non obèses (3305g vs 3181g) (DUCRAME et al, 2007).

En dehors des cas de poids extrêmes, la relation entre le poids à la naissance et l'état corporel de la mère n'est pas systématique. Chez la truie, une réduction des apports énergétiques ou azotés diminue le poids moyen des porcelets à la naissance (ETIENNE 1979). Néanmoins cette diminution est d'autant plus marquée que le déficit nutritionnel est important ou durable. En effet pour une réduction de 1 Mcal des apports quotidiens d'énergie digestible (soit 40kg de concentré en moins), le poids moyen des porcelets nouveau-nés ne diminue que de 3% (MONGET et al, 2001). Chez les brebis adolescentes, le poids de naissance est très nettement influencé par le poids et la masse grasseuse de la mère à la conception. En effet, les jeunes brebis avec un faible score corporel auront tendance à avoir des agneaux avec un poids diminué de 8% par rapport à ceux avec mère avec un bon score corporel (WALLACE et al 2010). A l'inverse, TEYSSIER (1995) avait observé chez les brebis Merinos d'Arles adulte que le poids de naissance des agneaux n'était pas affecté par la note d'état corporel à la mise-bas ou à l'estive.

d- Sur la mortalité du jeune

La mortalité du jeune autour de la naissance est divisée en plusieurs périodes. La mortinatalité ou mortalité fœtale regroupe les individus naissant morts. La mortalité néonatale s'intéresse aux décès entre J0 et J27 chez l'Homme. Elle se subdivise en mortalité néonatale précoce de J0 à J6 et mortalité néonatale tardive de J7 à J27 (BLONDEL et al 2004). Chez le chien, la mortalité néonatale porte sur les chiots morts entre J0 et J21. La mortalité périnatale est la somme des chiots mort-nés et des morts de 0 à 7 jours. Comme vu plus haut, la mortalité des jeunes est influencée notamment par le déroulement de la mise-bas, un RCIU et le poids à la naissance. Chez la truie par exemple la mortalité des porcelets nouveau-nés est plus importante pour les truies grasses (épaisseur de lard dorsal de 25 à 27mm) du fait des conséquences des difficultés rencontrées lors de la mise-bas (QUINIOU 2014). Chez la femme l'obésité est considérée comme l'un des trois principaux facteurs de risque de mort fœtale, et augmente le risque de morbidité périnatale. En effet, KRISTENSEN (2005) décrit l'obésité chez la femme avant la grossesse ($IMC > 30\text{kg/m}^2$) comme un facteur doublant le risque de mort-nés (odd ratio = 2,8, intervalle de confiance de 95%) et de mortalité néonatale (odd ratio = 2,6, intervalle de confiance de 95%) par rapport au risque pour une femme de poids normal ($18,5\text{ kg/m}^2 < IMC < 24,5\text{ kg/m}^2$). D'après une étude plus récente, l'obésité majore le risque de mortalité périnatale de 5,7‰ pour les femmes obèses contre 1,4‰ pour les femmes normale (LE GOFF 2008).

3- Recommandations chez les différentes espèces

Nous avons vu que le statut corporel de la femelle est modifié durant la gestation. Il existe des recommandations pour les différentes espèces de production et pour la femme concernant la composition corporelle à atteindre.

Des recommandations chez la femme concernant le gain pondéral optimal lors de la grossesse existent. Elles sont basées sur l'indice de masse corporelle (IMC) calculé avant la grossesse (tableau 4). Ces recommandations doivent permettre la naissance d'un enfant en bonne santé pesant entre 3,1 et 3,6 kg. Suivies, elles conduisent à limiter le risque de maladies chroniques pour l'enfant, ou un surpoids de la mère après la grossesse. En plus de l'IMC avant grossesse, le gain pondéral dépend du type de grossesse : ainsi en cas de grossesse gémellaire, il doit être compris entre 16 et 20,5

kg (AYOUBI 2012) contre 11,5 à 16 kg pour une grossesse avec un fœtus (BUTTE 2005).

Chez les truies croisées Large White x Landrace, l'objectif est une épaisseur de lard dorsal au sevrage de 17mm minimum et de 19 à 22 mm à la mise-bas (DOURMAD 2001). La truie voit son lard dorsal s'épaissir de 1 mm tous les mois en moyenne et selon BARCELO (2005) à partir de 22mm d'épaisseur cela peut avoir des conséquences sur le déroulement de la mise-bas et donc la mortinatalité.

Chez la brebis, la note d'état corporel ne doit pas varier pendant la gestation et rester autour de 3/5 (tableau 5).

Tableau 4 : Recommandations en matière de prise de poids pendant la grossesse chez la femme (gestation simple) (AYOUBI 2012)

IMC avant grossesse	Gain pondéral recommandé
< 19,8 kg/m ²	12,5 à 18 kg
19,8 kg/m ² < IMC < 26 kg/m ²	11,5 à 16 kg
26 kg/m ² < IMC <29 kg/m ²	7 à 11,5 kg
> 29 kg/m ²	6 kg

Tableau 5 : Notes d'état corporel recommandée chez la brebis (DEDIEU 1989)

Stade physiologique de la brebis	Notes recommandées par ROBINSON (1983)	Notes recommandées par INRA d'après BOCQUIER et al (1988)
Lutte	3.5	3 à 3.5 Flushing efficace si la note est comprise entre 2.5 et 3.0
90 j de gestation	3	3 à 3.5 En cas de note inférieure à 3.0 accroître de 10% les apports recommandés en fin de gestation.

Le statut énergétique de la femelle influence donc différentes étapes de la reproduction au moins chez la femme, la truie et la brebis. Son importance chez la chienne n'est pas connue. Nous avons donc mené une étude visant à étudier l'impact du statut énergétique de la chienne au cours de la gestation sur la prolificité, le poids de naissance et la mortalité des chiots.

PARTIE 2 : Etude expérimentale

I- Matériel et méthode

A- Les animaux

L'étude a été réalisée au sein d'un élevage canin multiracial. 41 chiennes ont été suivies, de l'œstrus à la mise-bas et l'ensemble de leurs chiots (179 chiots) ont été suivis de la naissance à l'âge de 56 jours.

Toutes les chiennes sont correctement vaccinées contre la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth, la parvovirose, le virus de la parainfluenza et la leptospirose.

Les chiennes vivent dans des cages, en petits groupes de 2 à 5 individus, en fonction de la race. Elles sont toutes nourries avec le même aliment distribué deux fois par jour. La saillie peut se faire de manière naturelle, ou par insémination intravaginale en sperme frais. Entre une à deux semaines avant la date de mise bas, elles sont installées dans des box individuels dans le local de maternité.

Cette étude regroupe 41 chiennes de 2 à 12 ans : 23 chiennes sont matures (2 à 6 ans), 13 sont âgées (>6 ans) et 5 chiennes d'âge inconnu. Elles appartiennent à l'une des 13 races suivantes : Scottish terrier (2), Cocker (7), Labrador (6), Lhasa apso (4), Shih Tzu (3), West Highland Terrier (3), Spitz nain (1), Bichon Maltais (2), Bichon frisé (5), Loulou de Poméranie (1), Caniche (1), Yorkshire terrier (1), Golden retriever (5). Ces différentes races ont été classées en 3 catégories en fonction du poids moyen de l'adulte : les races de moins de 15 kg appartiennent au groupe « small (S)» (23 chiennes), celles de 15 à 25 kg au groupe « medium (M) » (7 chiennes) et celles de plus de 25 kg au groupe « large (L)» (11 chiennes).

B- Les prélèvements et mesures

Les mères ont été suivies depuis le début de leurs chaleurs jusqu' à la mise-bas. Au cours de ces deux mois, différents paramètres ont été suivis, tels que la note d'état corporel, le taux de leptine sanguin, le diagnostic de gestation, la mise-bas et la taille de la portée (annexe 1).

1- Note d'état corporel

Une note d'état corporel a été attribuée à chaque chienne au moment de l'accouplement (W0), à 4 semaines de gestation (W4) et à la mise-bas (PP). L'attribution de la note d'état corporel se fait par l'observation de la silhouette, puis par palpation des saillies osseuses, des côtes et des zones où la graisse a pu se déposer. La note est attribuée d'après l'échelle en 9 points de Royal Canin établie selon le modèle de LAFLAMME (1997) en prenant en compte le format racial (annexe 2).

En fonction de leur note d'état corporel, les chiennes ont été réparties en 4 catégories : « maigre » pour les notes de 1 à 3, « idéale » pour les notes de 4 à 5, « surpoids » pour la note de 6 et « obèse » pour les notes de 7 à 9. La figure 7 illustre la répartition de l'ensemble des notes d'état corporel dans ces 4 catégories.

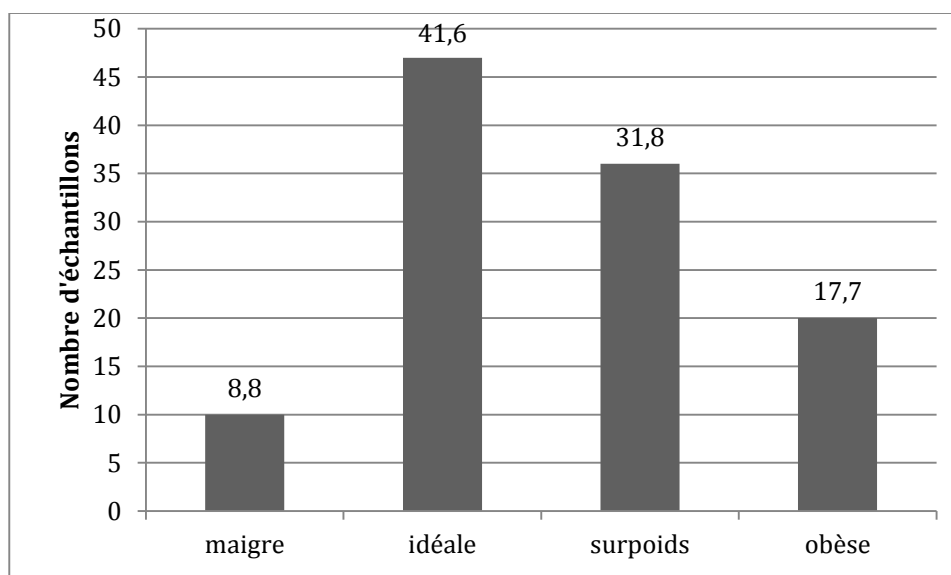


Figure 7 : Répartition de l'ensemble des notes d'état corporel entre les catégories : maigre, idéale, surpoids et obèse (n = 113). Au-dessus des colonnes sont indiqués les pourcentages d'échantillons dans chaque catégorie.

2- Leptinémie

Des prises de sang ont été réalisées au cours de la gestation (W0, W2, W4, W6, W8 et PP). Environ 1 mL de sang a été collecté sur seringue sèche à la veine céphalique. Le prélèvement a ensuite été centrifugé, le sérum a été prélevé puis congelé (-20°C). Le dosage a été réalisé avec le kit « canine leptin ELISA kit 96-Well plate Assay » selon les instructions du fournisseur (Millipore, St Charles, USA). Le coefficient de variation intra-assay est de 2,9% et le coefficient inter-assay de 7,0% (valeurs obtenues dans les conditions de notre laboratoire). Le protocole est développé en annexe 3. La

leptinémie a aussi été décrite de manière qualitative en 3 catégories à partir de la leptinémie à la saillie. On parle de leptinémie basse pour une leptinémie inférieure à 3,9 ng/ml, moyenne pour une leptinémie comprise entre 3,9 ng/ml et 7,5 ng/ml et enfin haute, pour les leptinémies supérieures à 7,5 ng/ml. Ces intervalles ont été obtenues par un box plot, la figure 8 montre la répartition des échantillons de note étude en fonction de la leptinémie.

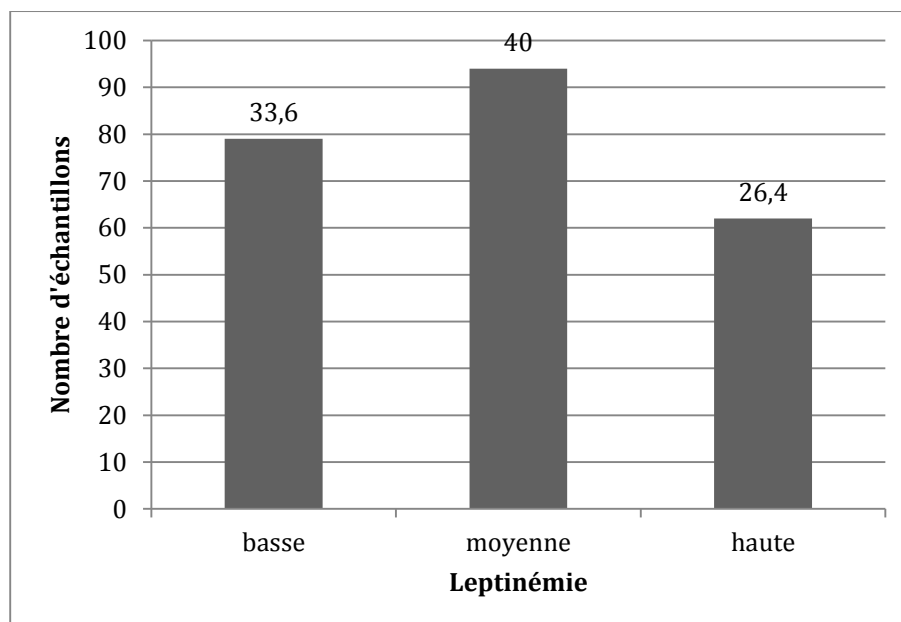


Figure 8 : Répartition de l'ensemble des échantillons en fonction de la leptinémie (n = 235). Au-dessus des colonnes sont indiqués les pourcentages d'échantillons dans chaque catégorie.

3- Les performances de reproduction

a- Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation est réalisé à 4 semaines de gestation par échographie. Sur les 41 chiennes suivies, 6 sont considérées comme vides suite au diagnostic de gestation, et une a avorté après la 8^{ème} semaine de gestation.

b- Taille de la portée

La taille de la portée, définie comme le nombre total de chiots nés, a été enregistrée. Les portées ont ensuite été réparties en petite, moyenne et grande portées, selon le nombre de chiots et le format racial auquel appartient la mère, sachant que toutes les chiennes reproduisent en race pure (tableau 6)

Tableau 6 : Définition des petites, moyennes et grandes portées en fonction du format racial (179 chiots nés au total). Les chiffres indiquent le nombre de chiots par portée.

Format racial	Petite portée	Moyenne portée	Grande portée
small	< 3	3 à 6	< 6
medium	< 4	4 à 7	> 7
large	< 5	5 à 9	> 9

c- Poids de naissance

Le poids des chiots est mesuré à la naissance à l'aide d'une balance numérique (Fisher Scientific International Inc. Hampton, USA) calibrée de manière quotidienne grâce à un poids étalon. La même balance a été utilisée pour tous les chiots. Ils sont ensuite répartis en quartiles, définis pour cette étude en tenant compte du format racial, permettant de classer les animaux entre chiots chétifs (Q1) et chiots corpulents (Q4) comme présenté dans le tableau 7.

Tableau 7 : Définition des différents quartiles de poids de naissance en fonction du format racial

Format racial	Q1 (g)	Q2 (g)	Q3 (g)	Q4 (g)
Petites races	< 147	147 - 177	177 - 219	> 219
Moyennes races	< 201	201 - 263	263 - 288	> 288
Grandes races	< 233	233 - 336	336 - 392	> 392

d- Mortalité

Quatre périodes ont été distinguées : la mortinatalité, la mortalité de J0 à J2, de J3 à J28 et de J29 à J56. Le taux de mortinatalité est calculé en fonction des chiots nés totaux alors que les autres taux de mortalité sont calculés en fonction du nombre de chiots nés vivants.

4- Statistiques

Les moyennes sont indiquées avec l'écart type sous la forme $M \pm \sigma$, σ étant l'écart-type.

La normalité des résultats a été étudiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Aucun des résultats quantitatifs de cette étude ne suit une distribution normale, la suite de l'analyse statistique a été réalisée en fonction avec des tests non paramétriques.

Les tests ont été réalisés à l'aide du logiciel Tanagra®Freeware (Tanagra 1.4, Lyon, France)

L'effet de la gestation sur la note d'état corporel et la leptinémie a été étudié avec une régression binaire (la chienne est gravide/ la chienne est non gravide).

Le test Friedman's ANOVA par rang de 2 nous a servi à étudier l'effet du temps sur la leptinémie et la note d'état corporel au cours de la gestation.

Le test de Spearman's rho a été utilisé pour étudier la corrélation entre la note d'état corporel et la leptinémie dans un premier temps, puis le test de Kruskal-Wallis dans un second temps.

L'effet de la taille de la portée, du poids des chiots à la naissance sur la note d'état corporel et la leptinémie a été analysé avec le test de Kruskal-Wallis pour les 4 groupes de score corporel (maigre, idéal, surpoids et obèse) et les 3 groupes de leptinémie (basse, moyenne et haute). Ensuite le test de Mann-Whitney a servi à comparer les groupes de note d'état corporel et les groupes de leptinémies deux à deux.

L'étude de la note d'état corporel et de la leptinémie sur le taux de mortalité a été réalisée par le test de Chi 2 bilatéral pour l'analyse globale, puis par le test de Fisher exact avec une correction de Bonferroni des résultats. Pour la note d'état corporel on s'est limité aux comparaisons entre les notes idéales et les autres. Ces résultats ont été obtenus par le logiciel Epi info (Epi info.7, Atlanta, USA).

L'effet de la leptinémie et de l'état corporel sur le risque qu'au moins un chiot de la portée meure a été étudié à l'aide d'une régression logistique binaire.

II-Résultats

A- Statistiques descriptives

1- La population

Sur les 41 chiennes incluses au départ dans l'étude, 6 chiennes se sont révélées non gravides après la réalisation du diagnostic de gestation à la 4^{ème} semaine. Elles sont cependant restées dans l'étude de la saillie à la 8^{ème} semaine en parallèle de la gestation des chiennes effectivement gravides pour étudier l'influence de la gestation sur la note d'état corporel et la leptinémie. Une chienne a avorté en fin de gestation et a donc été incluse comme gravide jusqu'à la 8^{ème} semaine. Concernant l'étude de la mortalité, de la taille de la portée et du poids des chiots à la naissance, 34 chiennes ont donc été incluses.

Au total, 179 chiots ont été inclus dans l'étude, ils sont tous nés de manière naturelle. Sur ces 179 chiots, 11 poids de chiots sont manquants. Ainsi pour l'étude du poids à la naissance seuls 168 chiots sont considérés. Ils ont été répartis en quartiles selon leur poids de naissance (figure 9).

Les échantillons de sang pour le dosage de la leptinémie ont été prélevés à W0, W2, W4, W8 et PP sur 34 chiennes au total. 235 échantillons ont été testés.

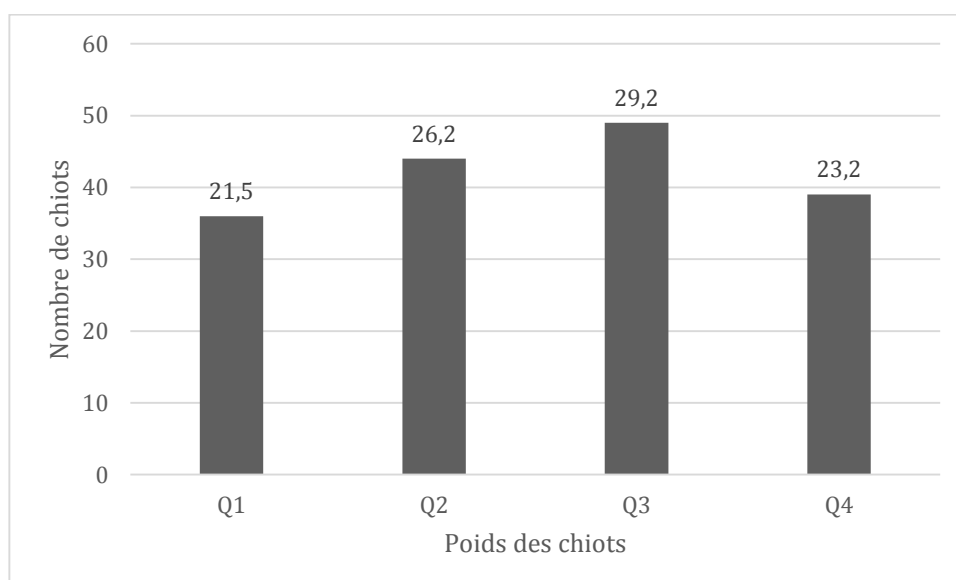


Figure 9 : Répartition des poids de naissance des chiots (n=168). Au-dessus des colonnes figurent les pourcentages de chiots de chaque quartile.

2- Les notes d'état corporel

La figure 10 illustre la répartition des chiennes en fonction de leur note d'état corporel à la saillie, à 4 semaines post saillie et à la mise-bas.

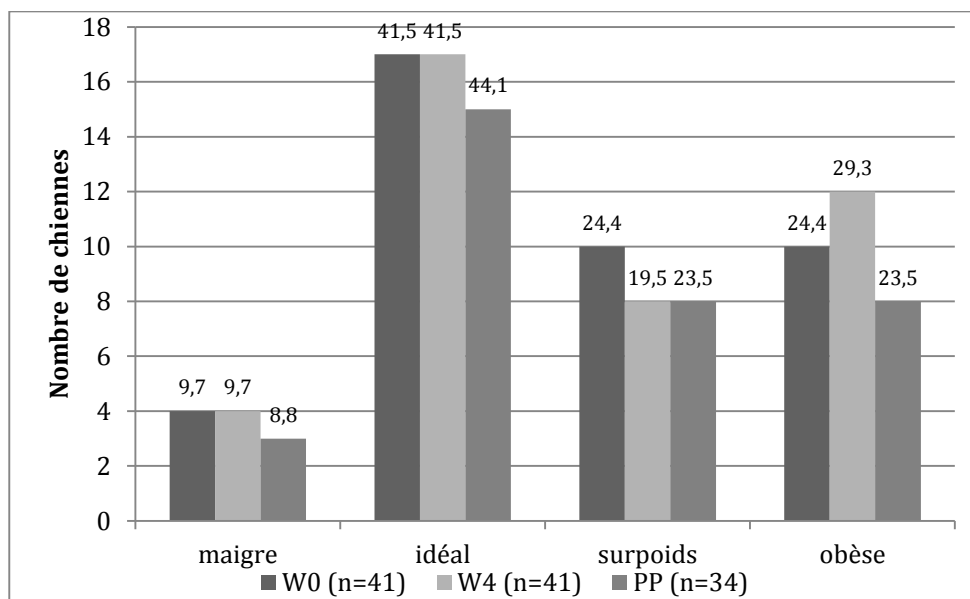


Figure 10 : Répartition des chiennes en fonction de leur note d'état corporel au cours de la période d'observation. Au-dessus des colonnes sont indiqués les pourcentages de chiennes dans chaque catégorie pour un temps donné. W(n) indique la n semaine de gestation et PP indique la mise-bas.

Les notes d'état corporel des 41 chiennes varient entre 3 et 8 avec une moyenne de 5,5 ($\pm 1,3$) lors de la saillie (W0), entre 2 et 8 avec une moyenne de 5,5 ($\pm 1,4$) à 4 semaines de gestation (W4). Et pour les 34 chiennes à la mise-bas (PP), elles varient entre 3 et 7 avec une moyenne de 5,4 ($\pm 1,2$). La distribution des notes d'état corporel dans la population sont présentées dans la figure 11.

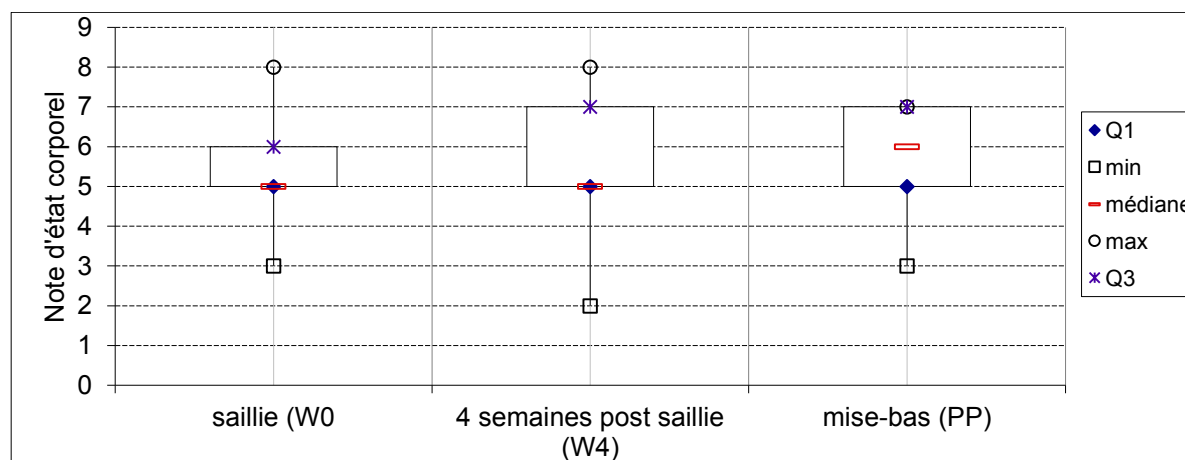


Figure 11 : Distribution des notes d'état corporel dans la population (n=41 à W0 et W4 et n=34 à PP)

3- La leptinémie

La figure 12 représente la répartition des chiennes en fonction de leur leptinémie de la saillie à la mise-bas.

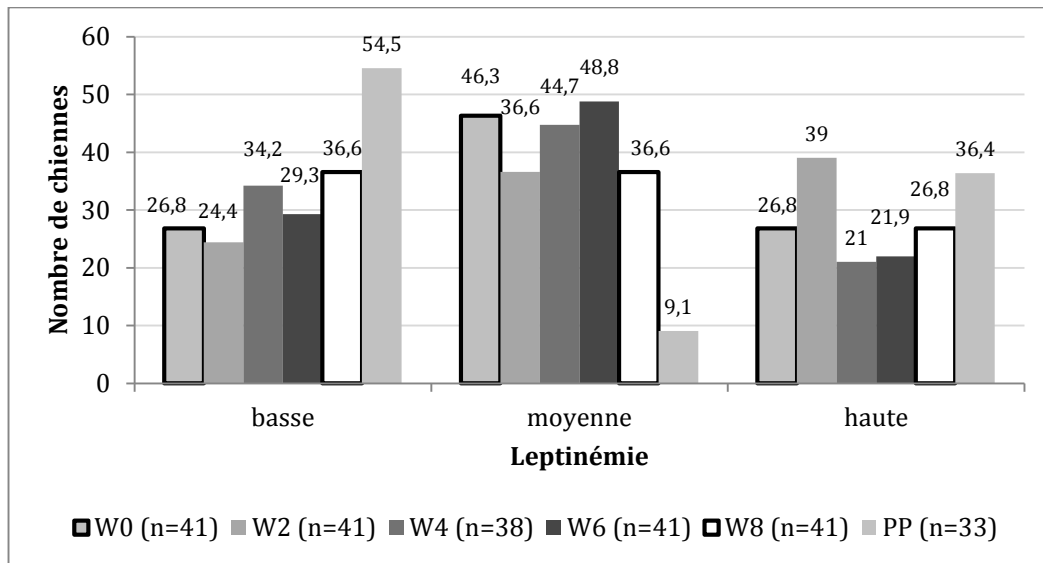


Figure 12 : Répartition des chiennes en fonction de leur leptinémie au cours de la période d'observation. Au-dessus des colonnes sont indiqués les pourcentages de chiennes pour chaque taux de leptinémie. W(n) indique la n semaine de gestation et PP indique la mise-bas.

La leptinémie a été dosée à la saillie et toutes les deux semaines jusqu'à la mise bas. Le laps de temps entre la 8^{ème} semaine de gestation et la mise-bas varie de 1 à 9 jours, avec une moyenne de 5 jours ($\pm 1,5$). Le tableau 8 et la figure 13 illustrent l'évolution de la leptinémie au cours de la gestation.

Tableau 8 : Leptinémies au cours de la gestation chez la chienne.

Semaine	Nombre de chiennes	Leptinémie minimale (ng/ml)	Leptinémie maximale (ng/ml)	Moyenne et écart-type
Saillie (W0)	41	1,80	17,88	6,40 \pm 3.6
2 ^{ème} (W2)	41	1,86	22,59	7,73 \pm 4.8
4 ^{ème} (W4)	38	1,09	25,04	6,42 \pm 5.0
6 ^{ème} (W6)	41	1,83	18,08	6,28 \pm 3.7
8 ^{ème} (W8)	41	0,78	21,79	6,44 \pm 4.6
Mise-bas (PP)	32	0,61	10,13	3,96 \pm 2.4

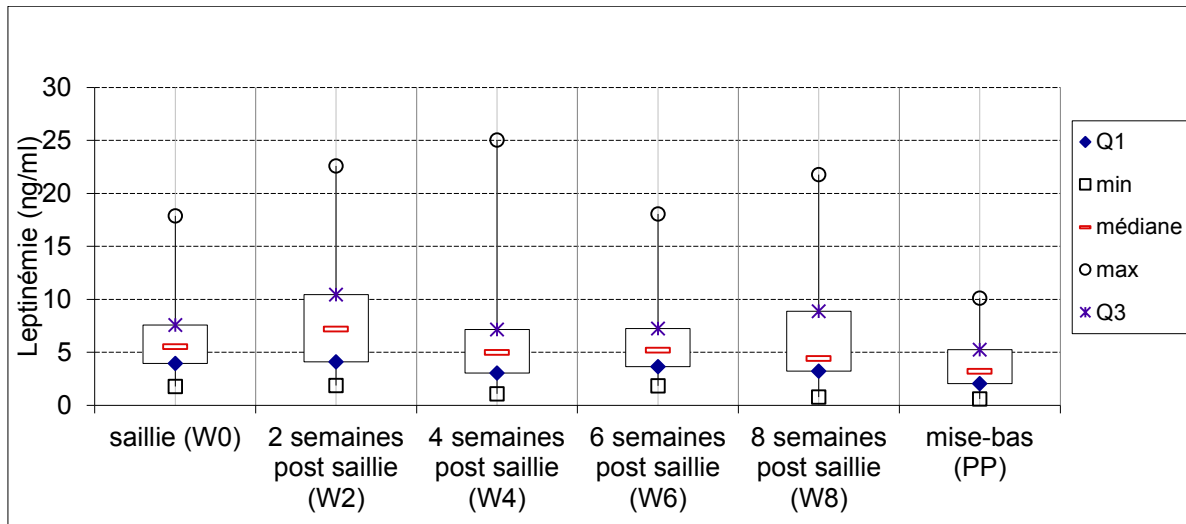


Figure 13 : Distribution de la leptinémie dans la population (n=41 à W0, W2, W6 et W8 ; n=38 à W4 ; n=32 à PP).

B- Etude de la note d'état corporel et de la leptinémie au cours de la gestation

1- Influence de la gestation

a- Sur la note d'état corporel

La gestation n'est associée à aucune modification de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation (figure 14). D'autre part, la note d'état corporel des chiennes finalement non gravides ne différerait pas au moment de la saillie de celle des chiennes finalement gravides.

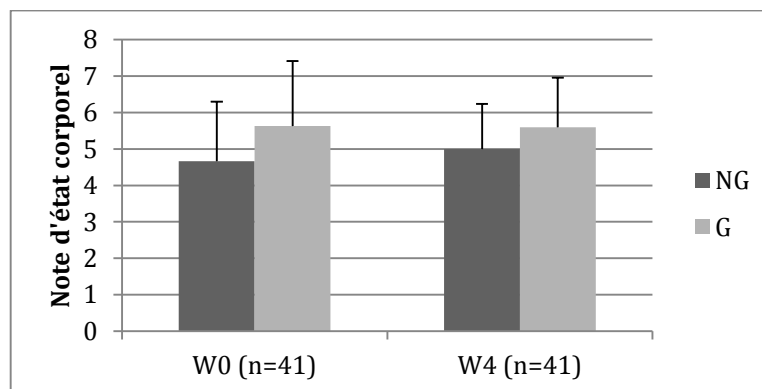


Figure 14 : Note d'état corporel à la saillie (W0) et à 4 semaines de gestation (W4) chez les chiennes gravides (G) et non gravides (NG). (moyenne ± écart type)

b- Sur la leptinémie

La figure 15 présente l'évolution de la leptinémie moyenne de la saillie à la 8^{ème} semaine de gestation en fonction de la gravidité ou non. Il n'existe pas de différence significative de la leptinémie entre les chiennes gravides et non gravides et ce quel que soit le délai écoulé depuis la saillie à l'exception du milieu de gestation (4 semaines post saillie ; $p < 0,05$).

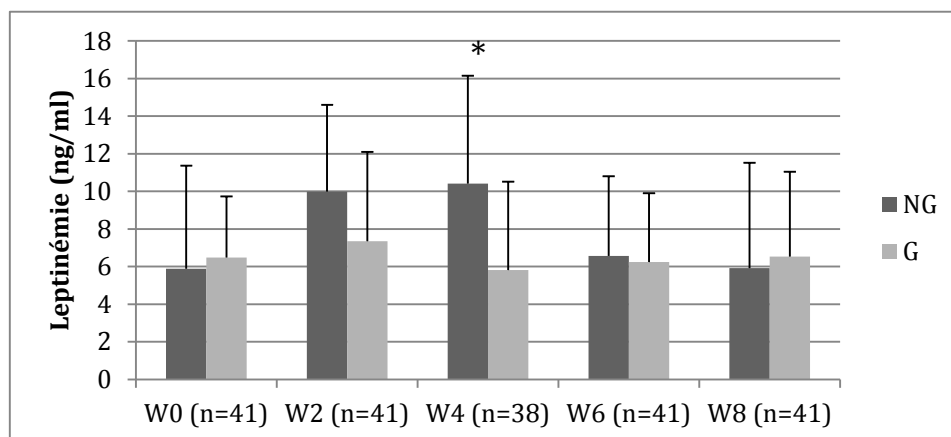


Figure 15 : Comparaison de la leptinémie de la saillie à la 8^{ème} semaine post saillie chez les chiennes gravides (G) et non gravides (NG). * $p < 0,05$ entre chiennes gravides et non gravides. W(n) indique la n semaine de gestation. (moyenne \pm écart type)

Dans la suite de l'exposé on ne s'intéressera plus qu'aux chiennes gravides.

2- Evolution au cours de la gestation

En ce qui concerne la note d'état corporel, il n'y a pas de différence significative entre la note d'état corporel à la saillie et la note d'état corporel à 4 semaines de gestation ($p > 0,05$). Par contre, elle diminue de manière significative entre la saillie et la mise-bas et tend à diminuer entre la 4^{ème} semaine de gestation et la mise-bas (figure 16). Le taux de leptine de la saillie ne diffère pas de manière significative des leptinémies de la 2^{ème} semaine à la 8^{ème} semaine de gestation ($p > 0,05$). Par contre, ils sont significativement plus élevés que la leptinémie à la mise-bas ($p < 0,05$) (figure 17).

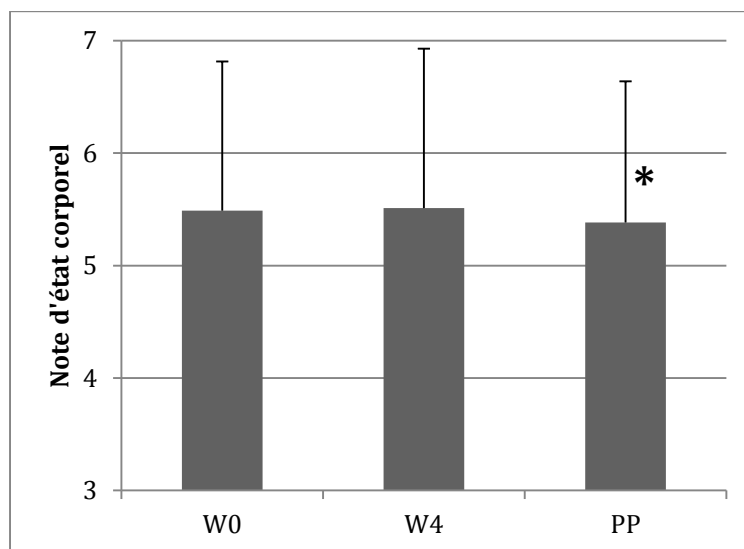


Figure 16 : Note d'état corporel chez les chiennes gravides de la saillie (W0) à la mise bas (PP)(n=34). W(n) indique la n semaine de gestation et PP la mise-bas. (moyenne ± écart-type)

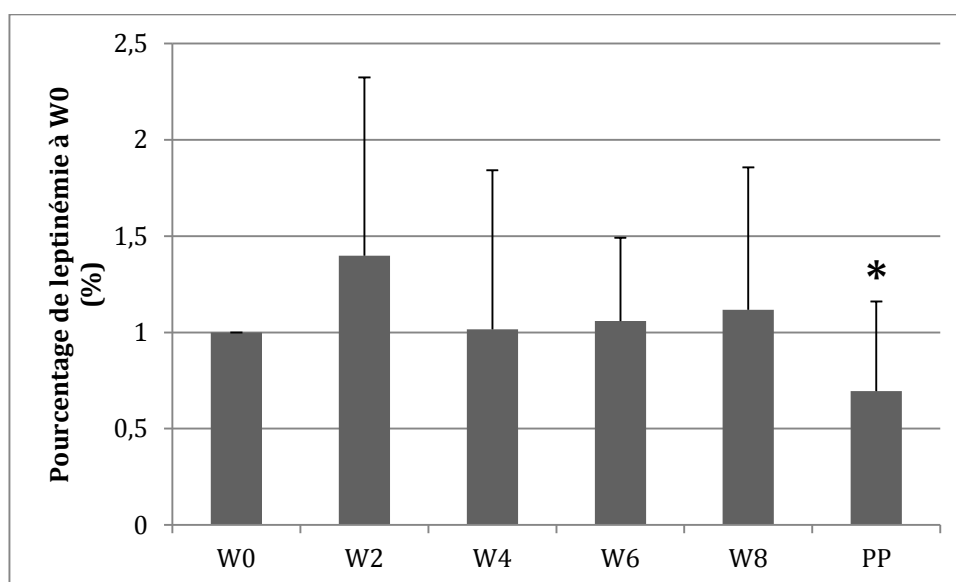


Figure 17 : Leptinémie chez les chiennes gravides de la saillie à la mise bas (n=34 à W0, W2, W6 et W8 ; n=31 à W4 et n=33 à PP). W(n) indique la n semaine de gestation et PP la mise-bas.* $p < 0,05$. (moyenne ± écart-type).

C- Corrélation entre la note d'état corporel et la leptinémie

Il existe une corrélation entre la note d'état corporel et la leptinémie à la saillie et à 4 semaines post saillie, mais avec une valeur de r très faible ($r = 0,3$ à la saillie et à 4 semaines post saillie). Pour aller plus loin, nous avons fait le choix d'étudier le lien entre la leptinémie et la note d'état corporel quantitative. Ainsi il existe une relation entre la leptinémie et la note d'état corporel à la saillie et à 4 semaines de gestation ($p < 0,05$). Par contre ce n'est plus le cas lors de la mise bas. A la saillie on cherche a

savoir comment sont liées leptinémie et note d'état corporel. La leptinémie est significativement plus élevée pour les chiennes en surpoids que pour les chiennes maigres et idéales ($p < 0,05$) (figure 18).

Par contre à 4 semaines de gestation la leptinémie est significativement plus élevée chez les chiennes obèses que chez les chiennes maigres ($p < 0,05$). Elle tend à être plus élevée pour les chiennes obèses que pour les chiennes idéales et en surpoids ($p < 0,09$). On n'a pas de différence entre les leptinémie des chiennes idéales, en surpoids et maigres (figure 19).

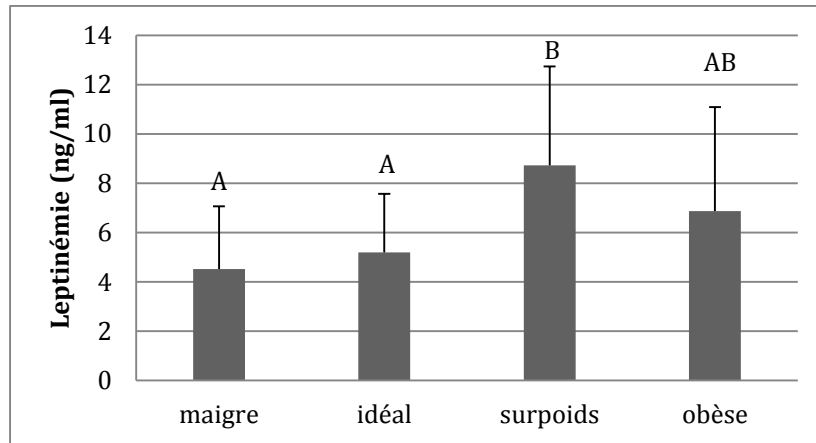


Figure 18 : Leptinémie en fonction de la note d'état corporel à la saillie (n=35). Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des notes d'état corporel significativement différentes au seuil de $p=0,05$ (moyenne \pm écart-type)

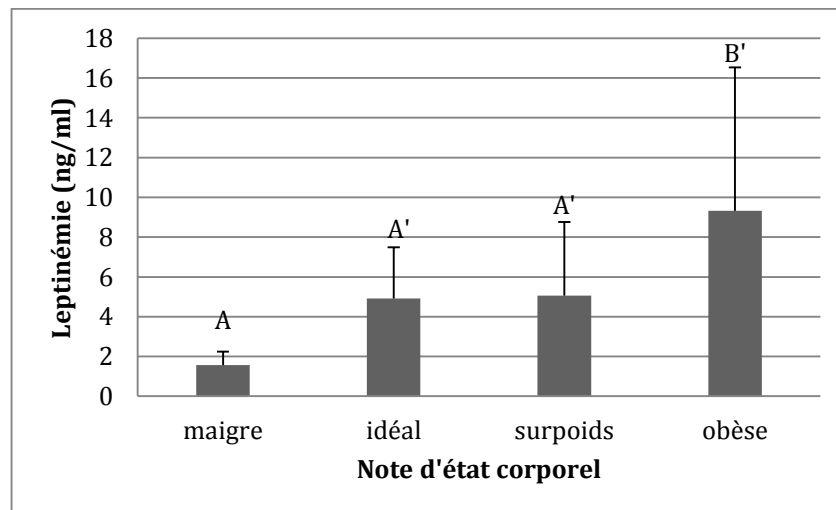


Figure 19 : Leptinémie en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation (n=33). Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des notes d'état corporel significativement différentes au seuil de $p=0,05$. ' correspond à un seuil $p=0,09$. (moyenne \pm écart-type).

D- Influence de la taille de la portée

1- Sur la note d'état corporel

La note d'état corporel lors de la 4^{ème} semaine de gestation n'est pas influencée par la taille de la portée. A l'inverse, lors de la mise bas, cette note diminue avec l'augmentation de la taille de la portée (figure 20) : les notes d'état corporel ne varient pas de manière significative entre petite (s) et moyenne (m) portées mais les notes d'état corporel sont significativement plus basses pour les grandes (l) portées que pour les deux autres catégories ($p < 0,05$) (figure 21).

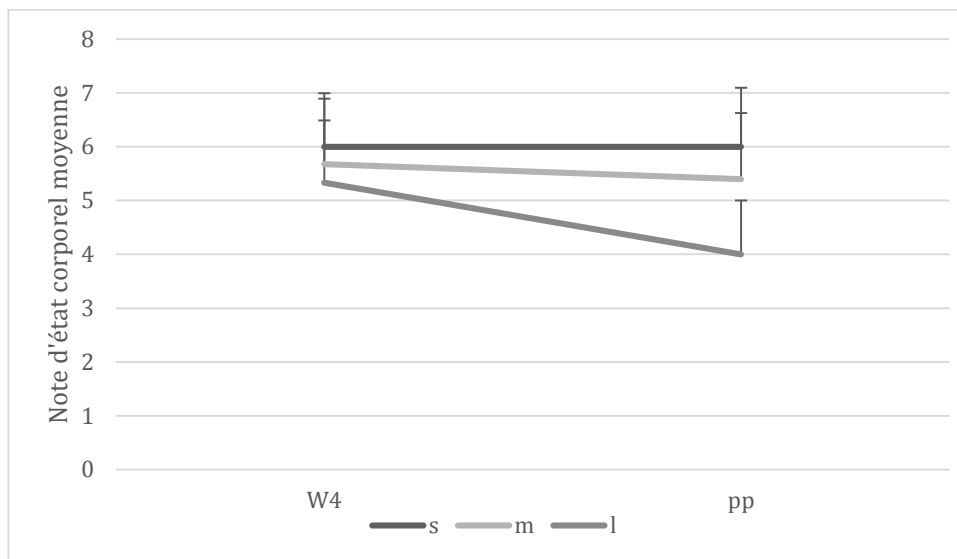


Figure 20 : Evolution de la note d'état corporel en fonction de la taille de la portée à 4 semaines de gestation (W4) et à la mise bas (PP) (n=34) (petite portées =6, portées de taille moyenne =25, portées de grande taille=3) (moyenne \pm écart type).

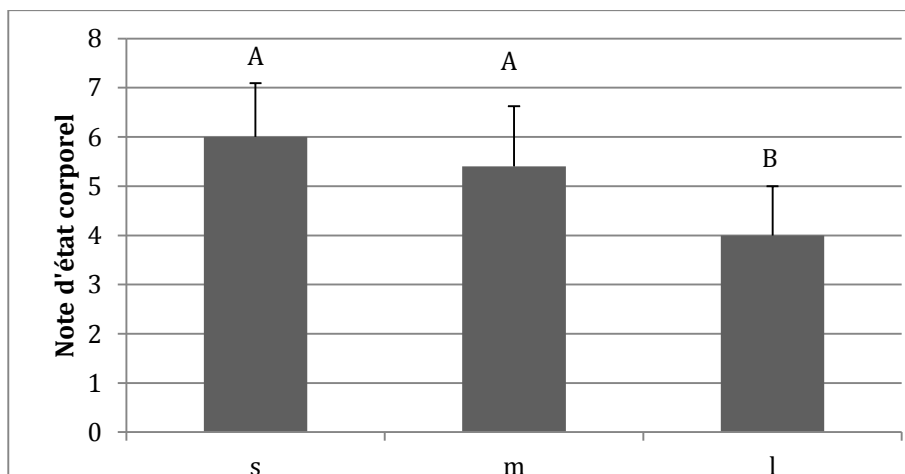


Figure 21 : Note d'état corporel à la mise bas en fonction de la taille de la portée à la mise-bas (petites portées s=6, portées de taille moyenne m=25, portées de grande taille l=3). Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des notes d'état corporel significativement différentes au seuil de $p=0,05$. (moyenne \pm écart type).

Quand on s'intéresse à la différence de note d'état corporel entre la mise-bas et la saillie sur la prolificité, on met en évidence un lien entre les deux ($p < 0,05$). En effet comme on le voit sur la figure 22, plus la taille de la portée augmente plus la chienne maigrit. Cette information est également visible sur la figure 20.

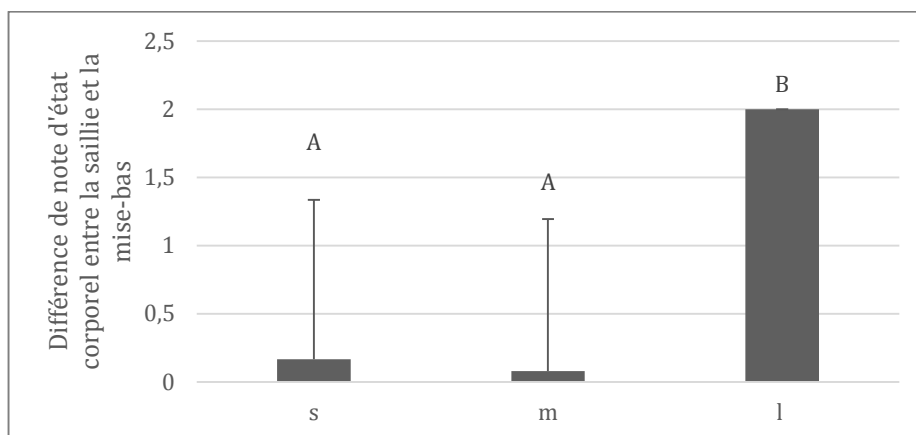


Figure 22 : Evolution de la note d'état corporel entre la saillie et la mise-bas en fonction de la taille de la portée (petites portées $s=6$, portées de taille moyenne $m=25$, portées de grande taille $l=3$). Les lettres différentes au niveau des colonnes indiquent une différence significative au seuil $p=0,05$. (moyenne \pm écart type).

2- Sur la leptinémie

La taille de la portée a une influence sur la leptinémie. On a une tendance ($p < 0,09$) à la 8^{ème} semaine de gestation et un effet à la mise bas ($p < 0,05$). La figure 23 présente l'évolution de la leptinémie moyenne en fonction de la taille de la portée au cours de la gestation. La leptinémie est plus basse pour les portées de grande taille à 8 semaines de gestation et à la mise-bas.

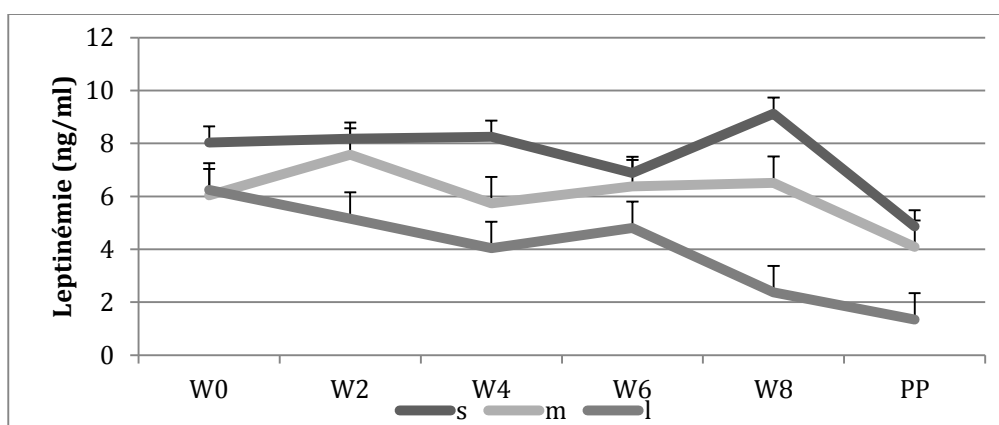


Figure 23 : Evolution de la leptinémie en fonction de la taille de la portée des deux premières semaines de gestation à la mise bas (petites portées $s=6$, portées de taille moyenne $m=25$, portées de grande taille $l=3$). W(n) indique la n semaine de gestation et PP la mise bas. (moyenne \pm écart type).

La différence de leptinémie est significativement plus marquée chez les portées de grande taille ($p < 0,05$).

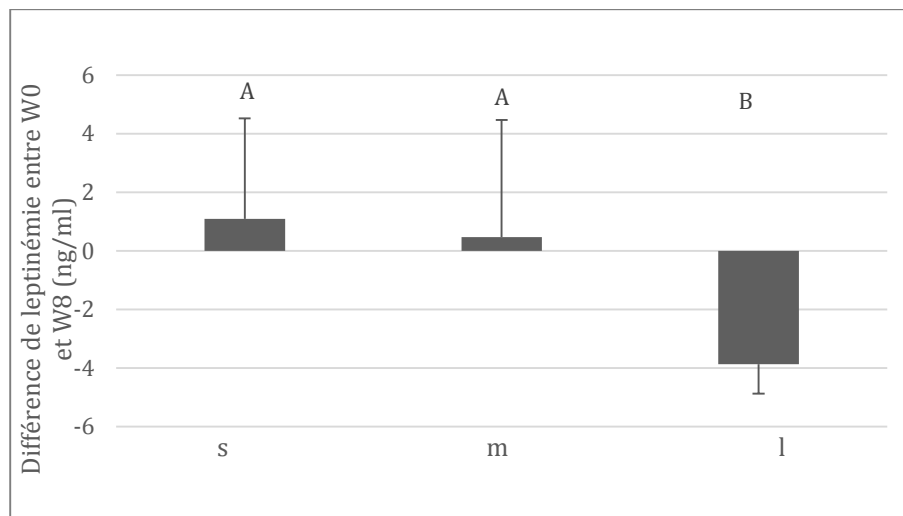


Figure 24 : Evolution de la note d'état corporel en fonction de la taille de la portée (petites portées $s=6$, portées de taille moyenne $m=25$, portées de grande taille $l=3$). Les lettres différentes au niveau des colonnes indiquent une différence significative au seuil $p=0,05$. $W(n)$ la n semaine de gestation. (moyenne \pm écart-type).

E- Influence du poids des chiots à la naissance

On s'intéresse ici aux chiots de faible poids, c'est-à-dire à ceux de moins de 146g pour les petites races, moins de 201g pour les races moyennes et moins de 233 g pour les grandes races.

La note d'état corporel n'a pas d'influence sur le taux de faible poids à la naissance au total. Si l'on s'intéresse à la leptinémie de manière qualitative, on observe que la proportion de chiots de faible poids à la naissance est liée à la leptinémie uniquement à la 4^{ème} semaine de gestation. En effet le taux de chiots de faible poids est significativement plus faible à la 4^{ème} semaine de gestation pour une leptinémie moyenne que dans les deux autres catégories (figure 25).

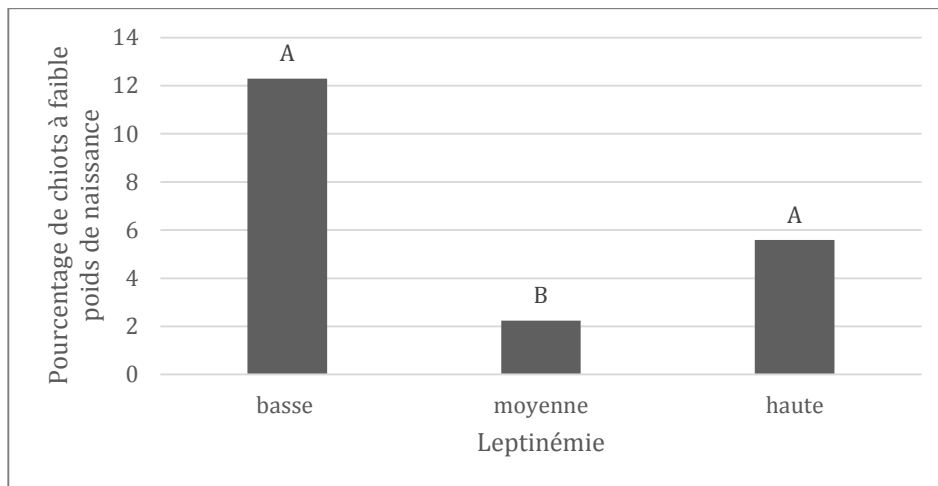


Figure 25 : Pourcentage de chiots de faible poids à la naissance en fonction de la leptinémie à 4 semaines post saillie (n basse=11, n moyenne=13 et n haute=6). Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

F- Mortalité

Sur les 179 chiots nés lors de l'étude, 68 chiots sont morts au total de J0 à J56 soit 38% des chiots. Onze chiots sont morts à la naissance, 11 chiots sont morts de J0 à J2, 30 chiots sont morts de J3 à J28 et 15 chiots sont morts de J29 à J56 (figure 26)

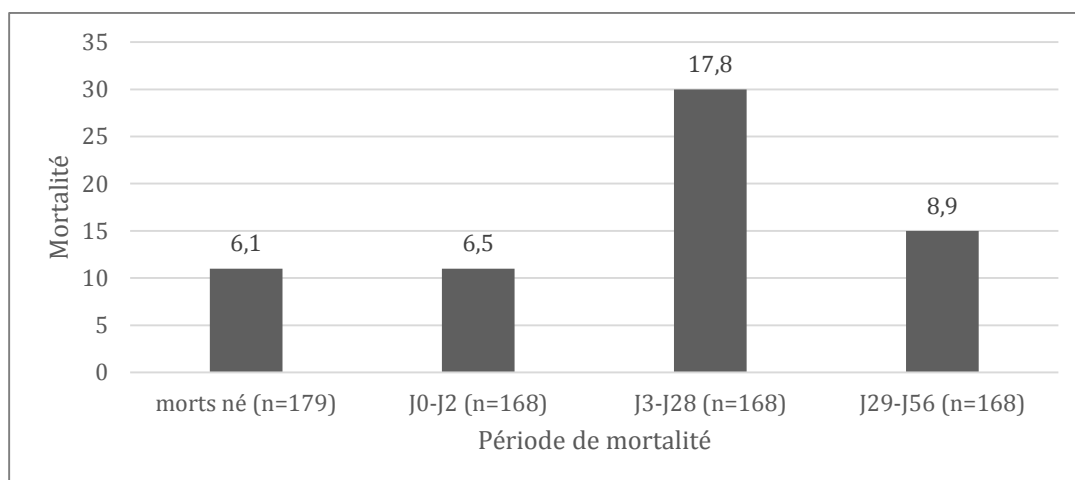


Figure 26 : Répartition des décès des chiots de la naissance à J56. Au-dessus des colonnes sont indiqués les taux de mortalité (en fonction du nombre de chiots nés totaux pour la mortalité et en fonction du nombre de chiots nés vivants pour les autres périodes)

Dans la suite de l'étude la leptinémie et la note d'état corporel seront étudiées de manière qualitative. Pour chaque période de mortalité, l'effet de la note d'état corporel et de la leptinémie de la chienne sur le risque d'avoir une portée avec de la mortalité et sur le taux de mortalité est étudié.

1- Mortinatalité

a- La note d'état corporel

La note d'état corporel de la chienne influence le fait de rencontrer de la mortinatalité pour cette chienne uniquement à la 4^{ème} semaine de gestation ($p < 0,05$). Une chienne en surpoids a significativement plus de risque de présenter de la mortinatalité qu'une chienne idéale (figure 27).

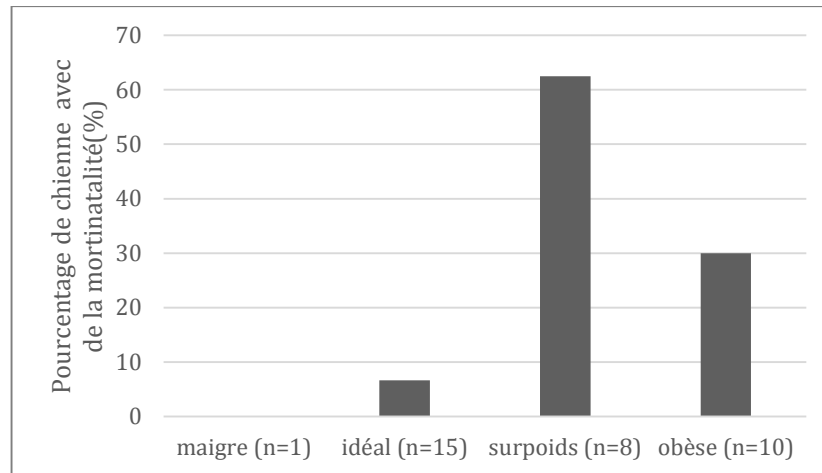


Figure 27 : Pourcentage de chiennes avec de la mortinatalité en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation.

On s'intéresse ensuite au taux de mortinatalité. Selon notre analyse, la note d'état corporel au cours de la gestation n'influence pas le nombre de chiots mort-nés ($p > 0,05$).

b- La leptinémie

En ce qui concerne la leptinémie, notre étude n'a pas montré de lien entre le taux de leptinémie maternelle et le risque pour la chienne d'avoir de la mortinatalité ou le taux de mortinatalité.

2- Mortalité de J0 à J2

a- La note d'état corporel

On ne retrouve pas d'effet de la note d'état corporel sur le risque d'avoir des chiots morts entre J0-J2. Par contre Le taux de mortalité de J0 à J2 est influencée par la note d'état corporel à la saillie, la 4^{ème} semaine de gestation et à la mise bas ($p < 0,05$). Il est significativement plus élevé pour les chiennes obèses que pour les chiennes idéales à la saillie (figure 28), à la 4^{ème} semaine de gestation (figure 29) et à la mise-bas (figure 30). Et Il est significativement plus élevé pour les chiennes en surpoids en comparaison aux chiennes idéales à la 4^{ème} semaine de gestation (figure 29).

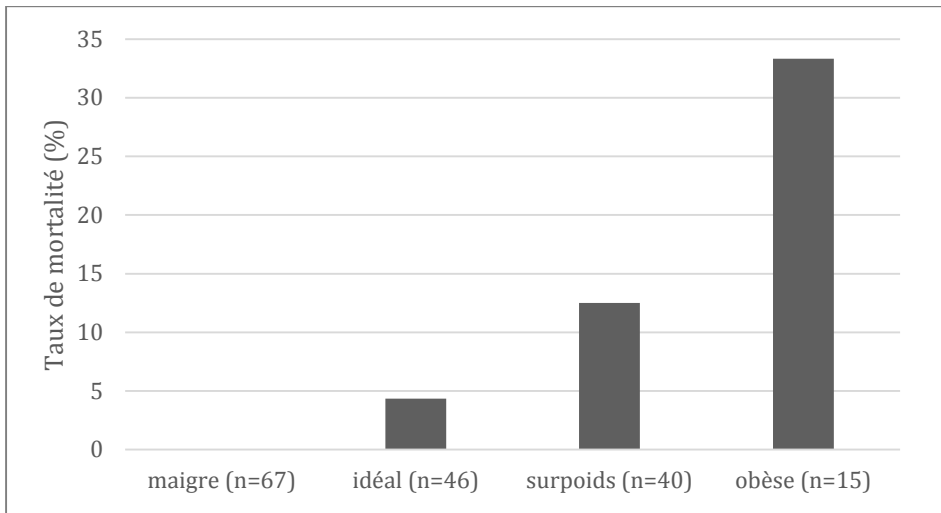


Figure 28 : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à la saillie.

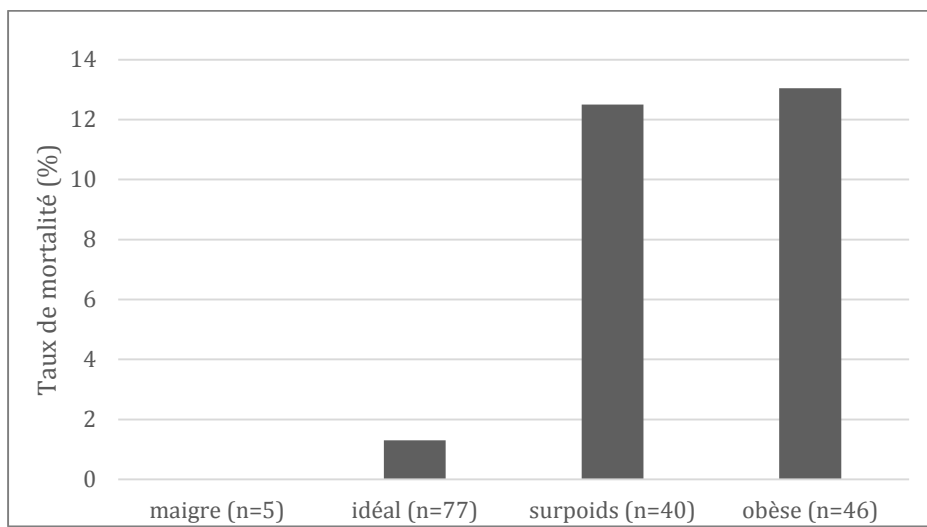


Figure 29 : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à 4 semaines de gestation.

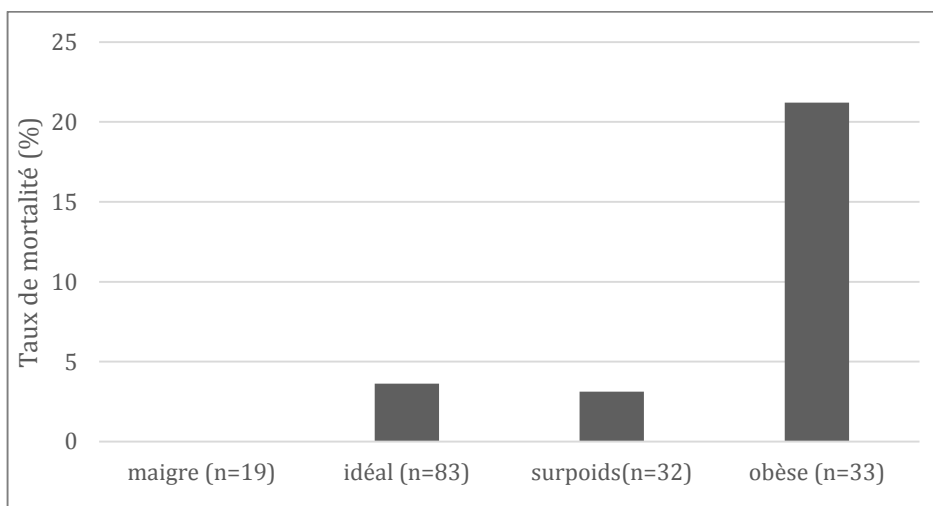


Figure 30 : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la note d'état corporel à la mise bas.

b- La Leptinémie

Nos résultats ont montré que les leptinémies à la 4^{ème} et à la 6^{ème} semaine de gestation avaient un effet sur le fait que la chienne présente de la mortalité dans sa portée de J0 à J2 ($p < 0,05$). Ainsi les chiennes avec une leptinémie haute à la 4^{ème} semaine de gestation ont plus de risque de présenter de la mortalité de J0 à J2 que celles avec une leptinémie moyenne (figure 31). A 6 semaines de gestation, ce sont les chiennes avec une leptinémie haute par rapport à celle avec une leptinémie basse qui ont plus de risque (figure 32). Le taux de mortalité de J0 à J2 est significativement plus élevé pour les leptinémies hautes à 4 semaines de gestation que pour les leptinémies basses ou moyennes ($p < 0,05$) (figure 33).

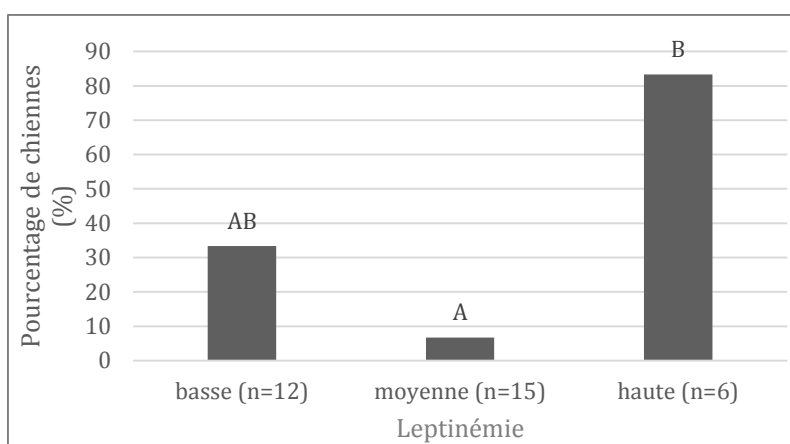


Figure 31 : Pourcentage de chiennes avec de la mortalité dans leur portée de J0 à J2 en fonction de la leptinémie à 4 semaines de gestation. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

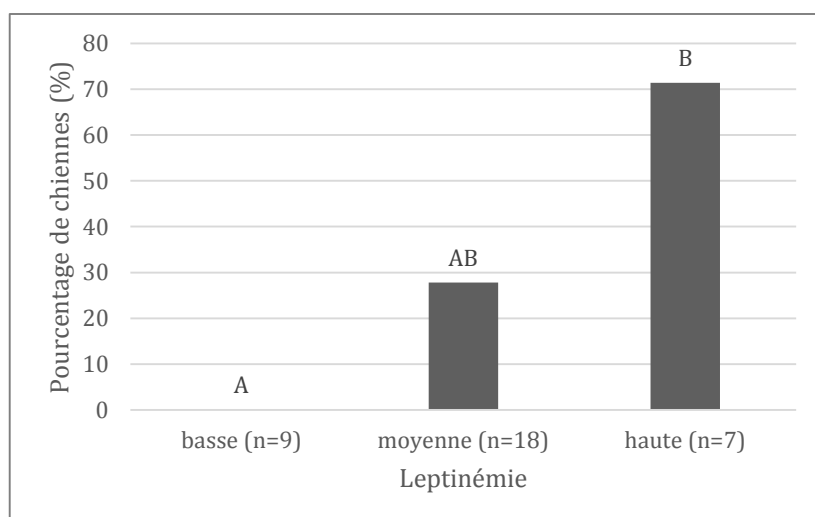


Figure 32 : Pourcentage de chiennes avec de la mortalité dans leur portée de J0 à J2 en fonction de la leptinémie à 6 semaines de gestation. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

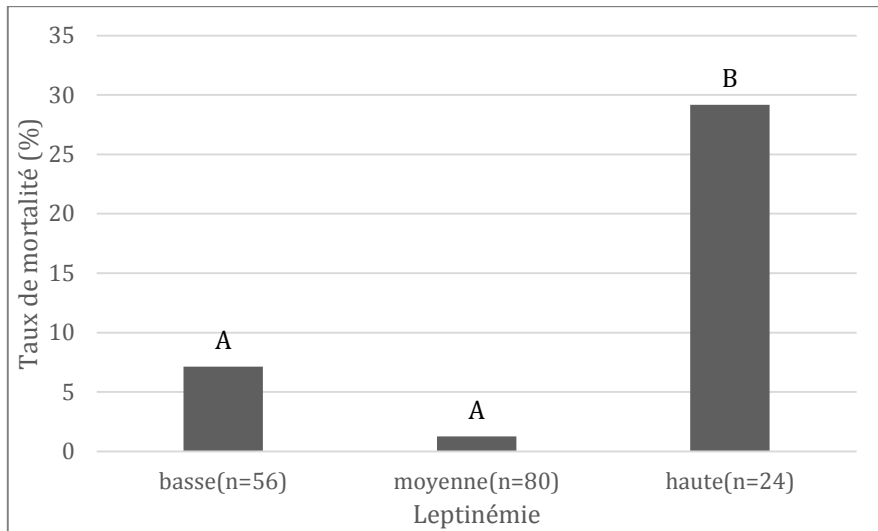


Figure 33 : Taux de mortalité de J0-J2 en fonction de la leptinémie à 4 semaines de gestation. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

3- Mortalité de J3 à J28

a- La note d'état corporel

La note d'état corporel de la chienne n'influence pas le risque d'avoir une portée avec de la mortalité de J3 à J28 pour cette chienne. Le taux de mortalité de J3 à J28 est significativement plus élevé pour les chiennes idéales à la mise bas que pour les chiennes en surpoids ($p<0,05$) (figure 34).

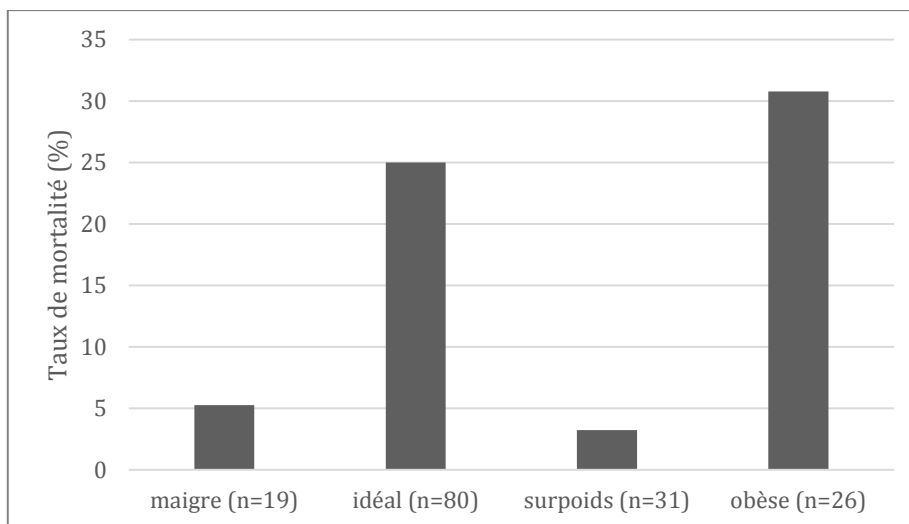


Figure 34 : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la note d'état corporel à la mise bas

b- La leptinémie

La leptinémie de la chienne n'influence pas le risque d'avoir une portée avec de la mortalité de J3 à J28 pour cette chienne. Le taux de mortalité est influencé par la leptinémie à 2 et 4 semaines de gestation et à la mise-bas ($p < 0,05$). En effet le taux de mortalité est significativement plus faible pour les leptinémies hautes par rapport aux leptinémies basses et moyennes à 2 semaines de gestation (figure 35). Il est par contre significativement plus faible pour les leptinémies moyennes par rapport aux leptinémies basses et hautes à 4 semaines de gestation et à la mise-bas (figure 36 et 37).

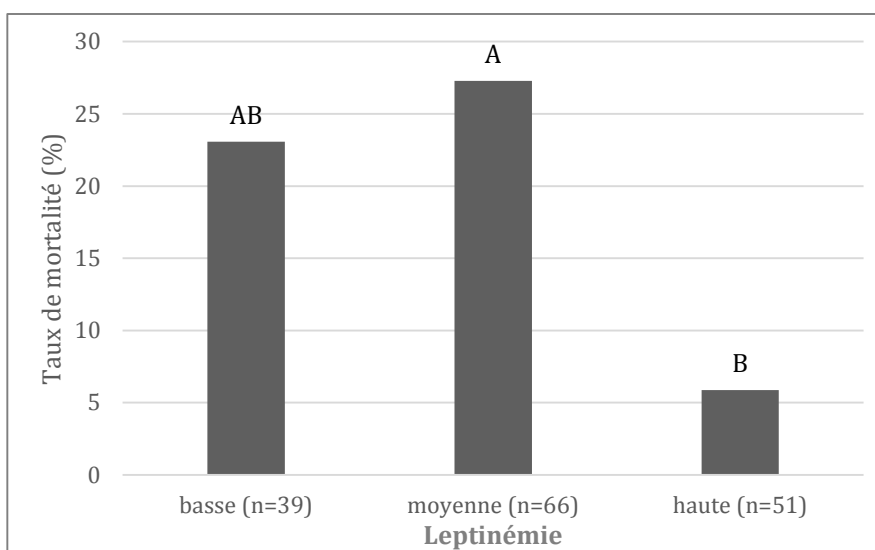


Figure 35 : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la 2^{ème} semaine de gestation. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

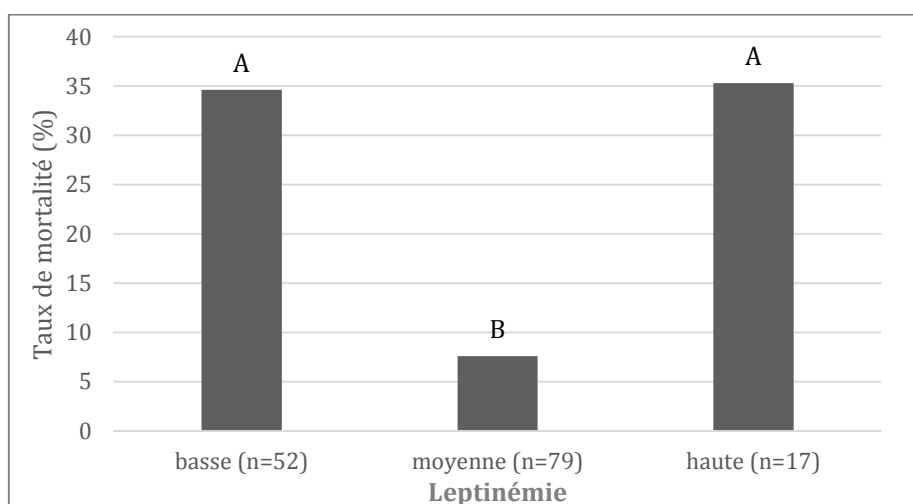


Figure 36 : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la 4^{ème} semaine de gestation. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

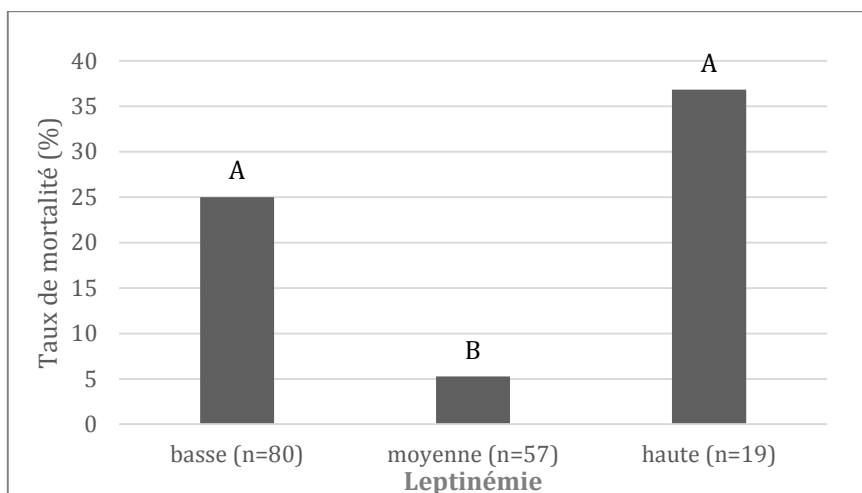


Figure 37 : Taux de mortalité de J3-J28 en fonction de la leptinémie à la mise bas. Les colonnes portant des lettres différentes correspondent à des pourcentages significativement différents au seuil $p=0,05$

4- Mortalité de J29 à J56

Le risque pour une chienne d'avoir une portée avec de la mortalité entre J29 et J56 n'est pas influencé par la leptinémie ou la note d'état corporel de la chienne. Le taux de mortalité pour cette période est lié à la note d'état corporel de la chienne à la saillie ($p<0,05$). Le taux de mortalité est significativement plus élevé pour les chiennes obèses que pour les chiennes idéales (figure 38).

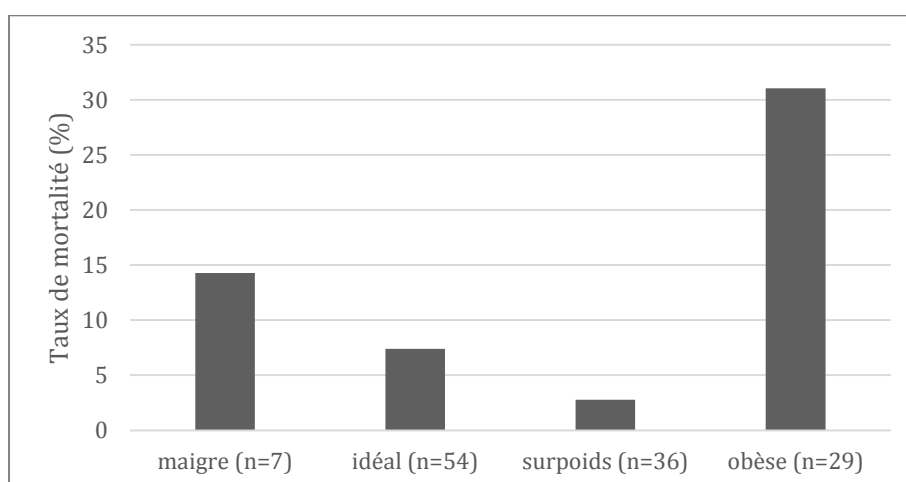


Figure 38 : Taux de mortalité de J29-J56 en fonction de la note d'état corporel à la saillie.

III- Discussion

A- Les limites de l'étude

1- La population

Notre échantillon de chiennes et de chiots provient du même élevage ce qui signifie que l'on s'affranchit des variables dues à la pratique d'élevage telles que l'alimentation, le logement, le microbisme, la manipulation des chiots... Ces dernières pourraient en effet influencer de manière différente l'état d'engraissement des chiennes et la mortalité des chiots.

Les chiennes sont d'âges différents, 23 chiennes sont matures (2 à 6 ans) et 13 sont âgées (>6ans), et 5 chiennes sont d'âge inconnu. Elles ont donc toutes terminées leur période de croissance. Ne connaissant pas l'âge de mise à la reproduction des chiennes, et même en supposant qu'une chienne de 2 ans ou moins est nullipare, on n'a pas d'information sur le rang de gestation. L'effet du rang de gestation et donc de lactation des chiennes sur l'état d'engraissement à la saillie et au cours de la gestation aurait été intéressant à étudier.

Notre population de chiennes et de chiots est constituée de 13 races. Les chiennes de petite taille sont représentées par 9 races différentes, celles de taille moyenne uniquement par les Cockers et celle de grande taille par les Labradors et les Golden retrievers. Les chiennes de moyenne et de grande taille sont faiblement représentées par rapport à celle de petite taille, respectivement 17% et 27%. L'avantage d'une étude multiraciale est que l'on peut s'affranchir des biais liés à une race en particulier. Les races de taille moyenne et de grande taille ne sont représentées que par une ou deux races. De plus le Cocker, le Golden Retriever et le Labrador sont connus pour être plus sensibles à l'obésité (LUND et al, 2006). Cela peut limiter l'extrapolation des résultats à l'ensemble de la population canine.

2- Données traitées

Pour évaluer l'état des réserves énergétique, l'établissement de la note d'état corporel a été préféré à la pesée. La note d'état corporel nous renseigne sur la masse lipidique corporelle et donc sur les réserves disponibles, alors que le poids vif ne nous permet pas de différencier la masse grasse, de la masse maigre. La notation de l'état corporel

reste une méthode subjective pour évaluer les réserves et le fait qu'elle n'a pas été réalisée par la même personne au cours de l'étude entraîne un biais supplémentaire.

Il a été fait le choix d'établir la note d'état corporel uniquement à 3 périodes différentes espacées au moins d'un mois : la saillie, à 4 semaines post saillie et à la mise-bas. La note d'état corporel de saillie à la mise-bas varie au maximum de 3 points, au minimum ne varie pas avec une moyenne de 0,9 points d'écart ($\pm 0,8$). Un point sur une échelle à 9 points, correspond à une variation de 10% du poids. On a donc en moyenne une faible variation de la note d'état corporel au cours de la gestation. Des mesures supplémentaires n'auraient pas apportées plus de sensibilité à l'étude de l'évolution de la note d'état corporel au cours de la gestation. Outre la note d'état corporel, les poids des chiennes auraient pu être mesurés à la saillie, au cours de la gestation et à la mise-bas, afin d'en analyser les variations individuelles.

En regroupant les notes d'état corporel en chiennes maigres, idéales, en surpoids et grasses, on remarque que seulement 9,7% des chiennes sont considérées comme maigres au moment de la saillie et 7,3% au moment de la mise-bas. Nous n'avons pas fait subir de restriction alimentaire aux chiennes pour avoir une catégorie maigre plus représentée. En effet le but est d'étudier ici l'impact de l'équilibre énergétique dans les conditions normales d'élevage.

La concentration en leptine peut varier dans les 2 à 10 heures après la prise d'un repas (ISHIOKA et al 2005). Cependant les chiennes n'ont pas été mises à jeun préalablement aux prises de sang pour le dosage de la leptine du fait qu'elles étaient gestantes. Les repas étaient distribués à heure fixe, deux fois par jour de façon à assurer une alimentation à volonté. Les prises de sang ont été réalisées en milieu de journée donc à distance du repas mais ce facteur n'a pas été contrôlé.

B- Comparaison avec la littérature

1- Effet de la gestation

Il aurait été intéressant d'étudier l'impact de l'état énergétique sur la fertilité, mais seule 6 chiennes sur 41 se sont révélées non gravides après la mise à la reproduction. En effet, chez les femmes trop maigres, la leptinémie est basse et ne stimule pas suffisamment la sécrétion des gonadotrophines, diminuant ainsi la fertilité (BRUNEAU et al 1999) ; le surpoids et l'obésité sont également associés à de l'infertilité (DERUELLE et al 2011). La femme obèse présente un profil évocateur

d'hypogonadisme hypothalamique consécutif à une hyperleptinémie relative à une insulinoresistance. On observe alors une diminution du taux de FSH et de LH responsable d'une anovulation (LE GOFF et al, 2008). L'anovulation n'est pas la seule cause responsable de l'hypofertilité chez la femme obèse. On décrit également un défaut d'implantation en rapport avec une pathologie de l'endomètre et une modification des ovocytes des femmes obèses par rapport à des ovocytes normaux (SARFATI et al, 2010).

Le fait que la chienne soit gravide ou non n'influence pas la note d'état corporel ni la leptinémie au cours de la gestation dans notre étude. Seule la leptinémie lors de la 4^{ème} semaine de gestation est plus élevée chez les non gravides que chez les gravides. La leptinémie n'augmente pas chez la chienne de manière significative au cours de la gestation : la leptinémie moyenne à la saillie ne diffère pas de la leptinémie moyenne de la 2^{ème} semaine de gestation à la 8^{ème}. L'évolution de la leptinémie au cours de la gestation a été étudiée chez différentes espèces. Une hausse de la leptinémie circulante a été décrite chez les rongeurs : le taux de leptine sanguin est augmenté de 25 fois chez la souris et de 3 fois chez la rate au cours de la gestation. La leptinémie de la femme enceinte de 12 semaines est 30% plus haute que celle mesurée avant la grossesse (HAUGUEL-DE MOUZON et al, 2006). Chez la brebis, la leptinémie circulante reste stable en début et milieu de gestation (HERRID et al, 2013). A l'issue de la gestation, une chute de la leptinémie est décrite chez l'ensemble des espèces citées. Chez la femme et la rate, le placenta (hémochorial) produit de la leptine, pouvant expliquer l'augmentation de la leptinémie au cours de la gestation, en plus de l'augmentation de la masse adipeuse. La hausse de la leptinémie maternelle chez la femme est plus précoce que l'augmentation de la masse adipeuse. Et la chute de la leptinémie circulante immédiatement en post-partum suggère que le placenta participe de façon majoritaire à la leptinémie circulante au cours de la grossesse (LEPERCQ et al, 2007). Chez la brebis, la part de leptine d'origine placentaire semblant négligeable, la hausse de leptinémie durant la gestation est principalement due au tissu adipeux (HERRID et al, 2013). Chez la chienne la placentation débute à partir de 17-18 jours post ovulation et atteint sa forme la plus développée à 45 jours post ovulation (ARALLA et al, 2013). Le placenta canin est aussi à l'origine d'une synthèse de leptine (BALOGH et al, 2015), mais dans notre étude aucune augmentation du taux de leptine circulant (attendu à partir de 2 semaines de gestation) n'a été observée. Par contre, on observe bien une chute de la leptinémie après la

parturition. Au cours de la gestation on observe une chute de la note d'état corporel et donc de la masse adipeuse. On pourrait ainsi faire l'hypothèse que la production de leptine placentaire canine soit masquée par cette diminution de la masse adipeuse.

2- Correlation note d'état corporel/leptine chez les chiennes gravides

La leptinémie augmente avec la note d'état corporel à la saillie et à 4 semaines de gestation, par contre cela n'est pas vrai pour la mise-bas. En effet à la saillie la leptinémie est plus élevée pour les chiennes en surpoids que pour les chiennes maigres et idéales. Cependant on ne retrouve pas cette correspondance pour les chiennes obèses. A 4 semaines on retrouve la même chose entre chiennes maigres et les autres chiennes, par contre il n'y a pas de différence entre les chiennes idéales, maigres et obèses. ISHIOKA et al (2005) ont également observé, mais en dehors de la gestation, que le taux de leptine sanguin est significativement plus élevée chez les chiennes avec une note d'état corporel plus élevée et ce indépendamment de l'âge, de la race et du fait que la chienne soit stérilisée ou non. L'évolution de la leptinémie chez les chiennes gestantes n'ayant pas été étudiée, l'absence de corrélation parfaite entre leptinémie et état corporel au cours de la gestation peut s'expliquer par la part de leptinémie d'origine placentaire.

3- Prolificité

Les chiennes avec une leptinémie plus élevée, ont des portées moins grandes. On constate également que plus la portée est grande, plus la chienne maigrit. Elle perd en effet en note d'état corporel et en leptinémie. Cela suggère une faible contribution du placenta à la leptinémie maternelle au cours de la gestation. Il faut néanmoins relativiser ces résultats du fait d'un faible nombre de portées de grande taille.

4- Poids des chiots à la naissance

La note d'état corporel n'a pas d'influence sur la prévalence des petits poids de naissance et donc de chiots à risque de mortalité néonatale augmenté. Cela diffère de ce qui a pu être décrit chez les brebis (WALLACE et al 2010) ou chez la femme dans des cas de RCIU (CHAVATTE-PALMER 2008). On observe à la 4^{ème} semaine de gestation, que les leptinémies extrêmes (hautes ou basse) sont liées à une fréquence plus élevée de petit poids de naissance. Les femmes maigres donnent plus souvent

naissance à des enfants de poids anormalement bas ; les femmes obèses par contre sont plus à risque de macrosomie fœtale (DERUELLE et al, 2011), avec une incidence augmentée de 1,4 à 18 selon le degré et le type d'obésité (BRINGER et al, 2006).

Le poids à la naissance est un indicateur de mortalité de la naissance au sevrage. En effet un faible poids à la naissance est un facteur pronostic négatif chez le chiot (MILA et al 2012 ; DELEBARRE 2014).

Il semble ainsi nécessaire d'avoir des chiennes avec une leptinémie moyenne c'est-à-dire comprise entre 3,9 et 7,5ng/ml pour notre étude.

5- Mortalité

Dans notre étude, le taux de mortalité totale s'élève à 38 %, il est donc plus élevé que ce qu'on retrouve dans la littérature : 9% (TONNESSEN et al 2012) à 23,2 % de mortalité (MILA et al 2012). Le tableau 9 regroupe les taux de mortalité retrouvés dans la littérature.

La mortinatalité dans notre étude s'élève à 6,1%. Ce taux est compatible avec la littérature qui donne des valeurs comprises entre 9% et 23,2%(BELIN 2013).

Le taux de mortalité de J0 à J2 est pour cette étude de 7,1%. Il est comparable à celui de BELIN (2013) qui est de 9,7%.

Tableau 9 : Taux de mortalité néonatale et pédiatrique chez le chiot. Synthèse bibliographique (BELIN 2013).

	Nombre de chiots	Mort-nés	J1-J7	J0-J7 (avec mort-nés)	J8-J21	J21-J60	Mortalité totale
	en % de la mortalité totale						
POTKAY et al, 1977	2 872	36,1	48,9	85	15		17,4%
NIELEN et al, 1998	2 629 Boxers	28,8	34,8	78,4	12,3	9,3	21,7
VAN DER BREEK et al, 1999	2 622 Boxers	25,4					21,7%
GILL et al, 2001	2 574	35,0	55,9	90,9	9,1		20,2%
INDREBO et al, 2007	744	65,0	29,0	94	5,9	0,1	16,9%
TONNESSEN et al, 2012	58 439	48,0	51,0	89	11,0		9%
MILA et al, 2012	982	35,0					23,2%
BELIN 2013	2 288	43,7		69,8	11,8		22,8%

Dans cette étude, l'obésité et une hyperleptinémie à la mise-bas sont associées à un plus fort taux de la mortalité de J0 à J2 et de J3 à J28. La leptinémie chez la chienne semble être principalement due au tissu adipeux, et bien qu'elle chute lors de la mise-bas, elle reste cependant élevée. Chez la femme la leptine a été identifiée comme un inhibiteur des contractions utérines in vitro (MOYNIHAN et al, 2006). Ainsi une trop forte leptinémie pourrait être à l'origine d'un défaut d'expulsion et d'un temps de mise-bas plus long pouvant causer une asphyxie à l'origine de la mortalité. Dans la littérature, la mortalité périnatale (mort-nés et morts de J0 à J7) est souvent la conséquence de facteurs présents avant ou pendant la mise-bas. On décrit comme facteurs de risque, l'intervalle entre deux chiots, la durée de la mise-bas, une mise-bas dystocique (BELIN 2013). La note d'état corporel variant peu au cours de la gestation (0,9 points en moyenne \pm 0,8), cela peut expliquer pourquoi le taux de mortalité de J0 à J2 est également augmenté pour les chiennes obèse et/ou en surpoids à la saillie et à 4 semaines de gestation.

La mortalité de J3 à J28 est également augmentée pour des chiennes idéales lors de la mise-bas. A la gestation, fait suite à une autre période consommatrice d'énergie qu'est la lactation. Un niveau de réserve insuffisant va pénaliser la production de lait pouvant entraîner de la mortalité de J3 à J28, notamment chez les chiots les plus faibles. Dans l'étude de GILL (2001) 4,2 % de la mortalité néonatale résultait de mauvais soins maternels ou de problème de colostrum ou de lait.

Dans notre étude une leptinémie différente de la leptinémie moyenne est associée à de la mortalité. En effet, la leptinémie est nécessaire pour l'implantation et le maintien de la gestation chez la truie (CRAIG et al, 2005) et chez la femme. On retrouverait cette même implication chez la chienne d'après BALOGH et al (2015). On retrouve la notion de fourchette établie par CAPRIO et al (2004) dans laquelle la leptine doit se situer pour assurer le bon fonctionnement de la reproduction.

CONCLUSION

Sur le plan pratique l'effet de l'état énergétique sur la prolificité et la mortalité chez la chienne est important à prendre en compte pour améliorer les performances de reproduction en élevage canin. Des recommandations sont disponibles concernant le poids ou la note d'état corporel à la mise à la reproduction et son évolution au cours de la gestation chez la femme comme chez les espèces de production (DEDIEU 1989 ; DOURMAD et al 2001 ; QUINIOU 2004 ; AYOUBI 2012). Chez la chienne GRECO (2014) a établi des recommandations concernant l'évolution du poids pendant la gestation et après la mise-bas. Il serait intéressant d'établir le profil des chiennes au cours de la gestation pour faciliter un suivi par les éleveurs. La mesure de la leptinémie est plus sensible pour l'évaluation des réserves énergétiques, mais difficile à mettre en pratique pour l'éleveur. Le suivi du poids, de la note d'état corporel et l'adaptation de l'alimentation est à instaurer pour les chiennes mises à la reproduction.

Adapter l'alimentation aux périodes clés de la reproduction peut-être un moyen d'augmenter les performances de reproduction. Chez la brebis, le « flushing » (ou suralimentation temporaire) augmente le taux d'ovulation des brebis en mauvais état général (donc avec peu de réserves) et affecte peu celui des brebis en bon état général (MONGET et al, 2001). Une autre période critique est la mise-bas du fait des conséquences à plus ou moins long terme qu'elle a sur la survie des chiots. On peut réfléchir à l'intérêt d'une suralimentation au moment de la mise-bas. Chez la truie, une suralimentation en fin de gestation est associée à une plus grande facilité de mise-bas et une meilleure vitalité néonatale (QUINIOU 2005). Chez la chienne, une trop forte leptinémie peut également inhiber les contractions utérines, ainsi la suralimentation en fin de gestation peut être utile pour les chiennes arrivant au terme de la gestation avec une faible note d'état corporel. L'utilisation de la suralimentation lors des chaleurs ou à la mise-bas pourrait être utile pour des animaux avec peu de réserves.

A l'issue de la gestation débute la lactation, une période consommatrice d'énergie pour la production de lait alors que les apports sont insuffisants car limités par la capacité d'ingestion (MONGET et al, 2001). Le suivi de l'état des réserves semble donc nécessaire pour assurer le bon déroulement de la gestation et de la lactation par la suite. La gestion du surpoids ou l'obésité au cours de la reproduction passe par un suivi et une adaptation de l'alimentation.

Outre son impact sur la prolificité, le poids à la naissance et la mortalité, l'équilibre énergétique de la chienne est susceptible d'avoir des conséquences à plus long terme sur la descendance. Les nouveau-nés de femmes obèses sont plus sujets à la résistance à l'insuline. Ils présentent une adiposité augmentée et un surpoids ; et une fois atteint l'âge adulte, un risque augmenté de devenir obèse ou de développer un diabète de type 2 (CHAVATTE PALMER et TARRADE, 2014). Le concept de l'origine foetale des maladies de l'adulte, appelé hypothèse de Barker, a d'abord vu le jour par la mise en relation des faibles poids de naissance au risque de développer une maladie cardiovasculaire. Des observations plus récentes suggèrent un rôle plus important de l'environnement nutritionnel et métabolique sur le risque de ultérieur de développer des pathologies chroniques à l'âge adulte (maladie coronarienne, hypertension artérielle, accident vasculaire cérébral, diabète de type 2, ostéoporose) (LAPILLONNE 2014).

A la fois pour l'amélioration des performances de reproduction, pour le bien-être des chiots à court et à long terme, le poids, la note d'état corporel, devraient donc être contrôlés.

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 **BOURCIER Joanna** intitulée « **Impact de l'équilibre énergétique maternel sur la prolificité et la survie des chiots.** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 20 novembre 2015
Professeure 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 Olivier PARANT

Professeur Olivier PARANT
Hôpital Paule de Viglier
Services de Gynécologie-Obstétrique
330, avenue de Grande Bretagne
TSA 70034
31069 TOULOUSE Cedex 9

Vu et autorisation de l'impression :
Administrateur Provisoire de
l'Université
Paul Sabatier
Monsieur Amal SAYAH

Administrateur Provisoire
Amal SAYAH

Mlle **BOURCIER Joanna**
a été admis(e) sur concours en : 2010
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 26/06/2014
a validé son année d'approfondissement le : 28/05/2015
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, L. L., HARD, D. L., et KERTILES, L. P. Progesterone secretion and fetal development during prolonged starvation in the pig. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 1979, vol. 236, no 4, p.335
- ARALLA, M., GROPPETTI, D., CALDARINI, L., CREMONESI, F. et ARRIGHI, S. Morphological evaluation of the placenta and fetal membranes during canine pregnancy from early implantation to term. *Research in Veterinary Science*. 2013. Vol. 95, n° 1, pp. 15-22.
- ARROWSMITH, S., WRAY, S et QUENBY, S. Maternal obesity and labour complications following induction of labour in prolonged pregnancy. *British journal of obstetrics and gynaecology*. 2011. Vol. 118, n° 5, pp. 578-588.
- ATTI, N., et ABDENNABI, L. Etat corporel et performances de la race ovine Barbarine. *Option Méditerranéenne*, 1995, vol.6, p. 75-80.
- AYOUBI, J. M., HIRT, R., BADIOU, W. Nutrition et femme enceinte. *Gynécologie/Obstétrique*, 2012, p. 1-14.
- BALDWIN, K., BARTGES, J., BUFFINGTON, T., FREEMAN, L. M., GRABOW, M., LEGRED, J. et OSTWALD, D. AAHA Nutritional Assessment Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2010. Vol. 46, n° 4, pp. 285-296.
- BALOGH, O., STAUB, L. P, GRAM, A., BOOS, A., KOWALEWSKI, M. P et REICHLER, I. M. Leptin in the canine uterus and placenta: possible implications in pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2015. Vol. 13, pp. 13.
- BARCELO J. Appréciation de l'état corporel des truies en fonction de l'épaisseur de lard dorsal . 2005.
- BELIN, M. Croissance et mortalité du chiot en élevage. 2013. Thèse de doctorat vétérinaire. Université de Toulouse.
- BESSON, C., VERWAERDE, P., BRET-BENNIS, L. L'évaluation clinique de l'état nutritionnel chez les carnivores domestiques. *Revue de médecine vétérinaire*. 2005. vol. 156, no 5, p. 269-274.
- BLONDEL, B. et BRÉART, G. Mortinatalité et mortalité néonatale. *EMC - Pédiatrie*. 2004. Vol. 1, n° 1, pp. 97-108.
- BORIES, P. CHRONOPART de la truie en élevage : effet de la durée de mise-bas sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques. 2009. Thèse de doctorat vétérinaire. Université de Toulouse.
- BRINGER, J., GALTIER, F., RAINGEARD, I. Interactions entre la grossesse et l'obésité. *Service des maladies endocriniennes, CHU de Montpellier, Montpellier. L'obésité: un problème d'actualité, une question d'avenir. Rapport CHU*. 2006.

- BRUNEAU, G., VAISSE, C., CARATY, A. et MONGET, P. La leptine: une clef pour la reproduction. *Medecine/Sciences*. 1999. Vol. 15, Issue 2 , p 191-196
- BURKHOLDER, W. J. et THATCHER, C. D. Validation of predictive equations for use of deuterium oxide dilution to determine body composition of dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 1998. Vol. 59, n° 8, pp. 927-937.
- BUTTE, N. F. et KING, J. C. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public health nutrition*. 2005. vol. 8, no 7a, p. 1010-1027.
- CALDEFIE-CHÉZET, F., GUILLOT, J. et VASSON, M. La leptine: hormone et cytokine impliquée dans la réponse à l'agression. *Nutrition clinique et métabolisme*. 2003. Vol. 17, n° 1, pp. 15-23.
- CAPRIO, M., FABBRINI, E., ISIDORI, A. M. Leptin in reproduction. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2001. vol. 12, no 2, p. 65-72.
- CARROLL, C. L. et HUNTINGTON, P. J. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine veterinary journal*. 1988. vol. 20, no 1, p. 41-45.
- CHASTANT-MAILLARD, S., REYNAUD, K., et SAINT-DIZIER, M. Particularités de la reproduction chez la chienne. *La reproduction animale et humaine*, Edition Quae. Paris. 2014, p. 751 p.
- CHAVATTE-PALMER, P., AL GUBORY, K., PICONE, O. et HEYMAN, Y. Nutrition maternelle : incidence sur la fertilité de la descendance et importance de la période périconceptionnelle pour le long terme. *Treizièmes Journées nationales de la FFER (Paris, 17-19 septembre 2008)*. septembre 2008. Vol. 36, n° 9, pp. 920-929.
- CHAVATTE-PALMER, P., MOREL, O., PACHY, F., TSATSARIS, V. et BONNEAU, M. Modèles animaux de retard de croissance intra-utérin d'origine vasculaire. *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, 2008, N° 5, Tome 1, p 461-466*.
- CHAVATTE-PALMER, P. et TARRADE, A. Programmation foetale. *La reproduction animale et humaine*. Editions Quae. Paris. 2014. pp. 409.
- COWART, R. P. CHAPTER 103 - Parturition and Dystocia in Swine. In : *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Saint Louis : W.B. Saunders. St Louis, MI. 2007. pp. 778-784.
- CRAIG, J. A., ZHU, H., DYCE, P. W. Leptin enhances porcine preimplantation embryo development in vitro. *Molecular and cellular endocrinology*. 2005. vol. 229, no 1, p. 141-147.
- CRANE, S. S., WOJTOWYCZ, M. A., DYE, T. D., AUBRY, R. H. et ARTAL, R. Association between pre-pregnancy obesity and the risk of cesarean delivery. *Obstetrics & Gynecology*. 1997. Vol. 89, n° 2, pp. 213-216.
- CUMIN, F, BAUM, H. P et LEVENS, N. Leptin is cleared from the circulation primarily by the kidney. *International journal of obesity and related metabolic disorders*. 1996. Vol. 20, n° 12, pp. 1120-1126.

DEDIEU, B, COURNUT, E et GIBON, A. Notation d'état corporel et systèmes d'élevage ovin Diagnostic et conseil pour l'alimentation des troupeaux en Cévennes. *INRA Productions animales*. 1989. Vol. 2, n° 2, pp. 79-88.

DELEBARRE, M. *Evaluation de la santé néonatale chez le chiot: identification des facteurs de risque de mortalité néonatale*. 2014. Thèse de doctorat vétérinaire. Université de Toulouse.

DERUELLE, P. Obésité et grossesse. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*. 2011. Vol. 39, n° 2, pp. 100-105.

DESIDERI-VAILLANT, V., BORDIER, L., GIDENNE, S., DUPUY, O., CEPPA, F., MAYAUDON, H., BAUDUCEAU, B. et BURNAT, P. Intérêt du dosage des acides gras non estérifiés dans le diabète. *Annalyse Biologique Clinique*. 2004. Vol. 62, n° 2, pp. 177-82.

DOUCET, E., ST-PIERRE, S., ALMÉRAS, N., MAURIÈGE, P., DESPRÉS, J., RICHARD, D., BOUCHARD, C. et TREMBLAY, A. Fasting Insulin Levels Influence Plasma Leptin Levels Independently from the Contribution of Adiposity: Evidence from Both a Cross-Sectional and an Intervention Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2000. Vol. 85, n° 11, pp. 4231-4237.

DOURMAD, J. Y., ETIENNE, M., et NOBLET, J. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *Productions animales. Paris institut national de la recherche agronomique*. 2001. vol. 14, no 1, p. 41-50.

DOWNING, J. A. et SCARAMUZZI, R. J. Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 1991. vol. 43, p. 209-227.

DUCARME, G, RODRIGUES, A, AISSAOUI, F, *et al*. Grossesse des patientes obèses: quels risques faut-il craindre? *Gynécologie obstétrique & fertilité*, 2007, vol. 35, no 1, p. 19-24.

DUPONT, J., FROMENT, P., UZBEKOVA, S. Les interactions entre métabolisme et reproduction. *La reproduction animale et humaine*, Editions Quae. Paris. 2014. p 751.

EDMONSON, A. J., LEAN, I. J., WEAVER, L. D. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*. 1989. vol. 72, no 1, p. 68-78.

ETIENNE, M. Influence de l'alimentation des truies gravides sur l'évolution des réserves corporelles maternelles et le développement de la portée. In : *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*. EDP Sciences. 1979. p. 289-302.

FAVERDIN, P. FISHER, A. Monitoring du poids et de l'état corporel. 2016.

FORTUN-LAMOTHE, L. et BOLET, G. Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. *INRA Productions animales*. 1995. Vol. 8, n° 1, pp. 49-56.

FRIEDMAN, J. M. et HALAAS, J. L. Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature*. 1998. Vol. 395, n° 6704, pp. 763-770.

GARDNER, D. S., BUTTERY, P. J., DANIEL, Z. et SYMONDS, M.E. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction*. 2007. Vol. 133, n° 1, pp. 297-307.

GERMAN, A. J., HOLDEN, S. L., MORRIS, P. J. et BLOURGE, V. Comparison of a bioimpedance monitor with dual-energy x-ray absorptiometry for noninvasive estimation of percentage body fat in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2010. Vol. 71, n° 4, pp. 393-398.

GIGER, S., SAUVANT, D., DORLEANS, M. Utilisation des acides gras non estérifiés plasmatiques pour la prévision des bilans et besoins énergétiques de la chèvre en lactation. In : *Annales de zootechnie*. EDP Sciences. 1982. p. 149-160

GILL, M. A. Perinatal and late neonatal mortality in the dog, Thèse de doctorat d'Université, , University of Sydney, Sydney, NSW, Australie. 2001. 190p.

GRECO, D. S. Pediatric nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2014. vol. 44, no 2, p. 265-273.

HAUGUEL-DE MOUZON, S., LEPERCQ, J. et CATALANO, P. The known and unknown of leptin in pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2006. Vol. 194, n° 6, pp. 1537-1545.

HAWTHORNE, A. et BUTTERWICK, R. F. Predicting the body composition of cats: development of a zoometric measurement for estimation of percentage body fat in cats. *J Vet Intern Med*. 2000. Vol. 14, n° 3, pp. 365.

HERRID, M., PALANISAMY, S. K., CILLER, U. A. An updated view of leptin on implantation and pregnancy: a review. *Physiol Res*. 2014. vol. 63, p. 543-57.

HIGHMAN, T. J., FRIEDMAN, J. E., HUSTON, L. P., WONG, W. W. et CATALANO, P. M. Longitudinal changes in maternal serum leptin concentrations, body composition, and resting metabolic rate in pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1998. Vol. 178, n° 5, pp. 1010-1015.

HILL, R. A., MARGETIC, S., PEGG, G. G. et GAZZOLA, C. Leptin: its pharmacokinetics and tissue distribution. *International journal of obesity and related metabolic disorders*. 1998. Vol. 22, n° 8, pp. 765-770.

HOLNESS, M. J., MUNNS, M. J. et SUGDEN, M. C. Current concepts concerning the role of leptin in reproductive function. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 1999. Vol. 157, n° 1-2, pp. 11-20.

HONHOLD, N., PETIT, H., et HALLIWELL, R. W. Condition scoring scheme for small East African goats in Zimbabwe. *Tropical animal health and production*. 1989. vol. 21, no 2, p. 121-127.

INDREBØ, A., TRANGERUD, C., et MOE, L. Canine neonatal mortality in four large breeds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2007. vol. 49, no Suppl 1, p. S2.

ISHIOKA, K., SOLIMAN, M. M., SAGAWA, M., NAKADOMO, F., SHIBATA, H., HONJOH, T., HASHIMOTO, A., KITAMURA, H., KIMURA, K. et SAITO, M. Experimental and Clinical Studies on Plasma Leptin in Obese Dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2002. Vol. 64, n° 4, pp. 349-353.

ISHIOKA, K., HATAI, H., KOMABAYASHI, K., SOLIMAN, M. M., SHIBATA, H., HONJOH, T., KIMURA, K. et SAITO, M. Diurnal variations of serum leptin in dogs: effects of fasting and re-feeding. *The Veterinary Journal*. 2005. Vol. 169, n° 1, pp. 85-90

ISHIOKA, K., HOSOYA, K., KITAGAWA, H., *et al.* Plasma leptin concentration in dogs: effects of body condition score, age, gender and breeds. *Research in Veterinary Science*. 2007. vol. 82, no 1, p. 11-15.

JEFFERIES, B. C. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian journal of agriculture*. 1961. vol. 32, p. 19-21.

JEUSETTE, I., GRECO, D., AQUINO, F., DETILLEUX, J., PETERSON, M., ROMANO, V. et TORRE, C. Effect of breed on body composition and comparison between various methods to estimate body composition in dogs. *Research in Veterinary Science*. 2010. Vol. 88, n° 2, pp. 227-232.

JEUSETTE, I. C., DETILLEUX, J., SHIBATA, H., SAITO, M., HONJOH, T., DELOBEL, A., ISTASSE, L. et DIEZ, M. Effects of chronic obesity and weight loss on plasma ghrelin and leptin concentrations in dogs. *Research in Veterinary Science*. 2005. Vol. 79, n° 2, pp. 169-175.

JOHNSON, S. R., KOLBERG, B. H., VARNER, M. W. Maternal obesity and pregnancy. *Surgery, gynecology & obstetrics*. 1987. vol. 164, no 5, p. 431-437.

KING, J. C., BUTTE, N. F., BRONSTEIN, M. N. Energy metabolism during pregnancy: influence of maternal energy status. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1994. vol. 59, no 2, p. 439-445.

KRISTENSEN, J., VESTERGAARD, M., WISBORG, K. Pre-pregnancy weight and the risk of stillbirth and neonatal death. *An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2005. vol. 112, no 4, p. 403-408.

LAFLAMME, D.R.P.C. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Canine practice*. 1997.

LAPILLONNE, A. Programmation périnatale: doutes et certitudes. *Réalités Pédiatriques*. 2014. p. 47-50.

LASKEY, M. A. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition*. 1996. Vol. 12, n° 1, pp. 45-51.

LATHAM, M. C. La nutrition dans les pays en développement. *Food et Agriculture Organisation*. 2001. Partie II. chap 8. p. 91-99

- LAUTEN, S. D., COX, N. R., BRAUNER J. R., William R. Use of dual energy x-ray absorptiometry for noninvasive body composition measurements in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2001. vol. 62, no 8, p. 1295-1301.
- LE GOFF, S., LÉDÉE, N., et BADER, G. Obésité et reproduction: revue de la littérature. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*. 2008. vol. 36, no 5, p. 543-550.
- LEPERCQ, J., CATALANO, P. et HAUGUEL DE MOUZON, S. Leptine et grossesse : dogmes, questions et perspectives. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*. 2007. Vol. 35, n° 2, pp. 89-95.
- LUND, E. M., ARMSTRONG, P. J., KIRK, C.A. Prevalence and risk factors for obesity in adult dogs from private US veterinary practices. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 2006. vol. 4, no 2, p. 177.
- MARIEB, E. et HOEHN, K. *Anatomie et physiologie humaines*. Pearson Education France, 2014. chap. 24. p.
- MAWBY, D. I., BARTGES, J. W., D' AVIGNON, A., LAFLAMME, D. P., MOYERS, T. D. et COTTRELL, T. Comparison of Various Methods for Estimating Body Fat in Dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2004. Vol. 40, n° 2, pp. 109-114.
- MICHEL, K. E., ANDERSON, W., CUPP, C. Correlation of a feline muscle mass score with body composition determined by dual-energy X-ray absorptiometry. *British Journal of Nutrition*. 2011. vol. 106, no S1, p. S57-S59.
- MILA, H., GRELLET, A., et CHASTANT-MAILLARD, S. Prognostic value of birth weight and early weight gain on neonatal and pediatric mortality: a longitudinal study on 984 puppies. In *7th Quadrennial International Symposium on Canine and Feline Reproduction-Whistler, BC, Canada*. 2012.
- MONGET, P. et MARTIN, G. B. Nutrition et reproduction: exemple des animaux d'élevage. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 1997. vol. 32, p. 166-172.
- MONGET, P., CARATY, A., BRUNEAU, G. et MARTIN, G. B. Les interactions métabolisme-reproduction chez les animaux domestiques. *Contraception, Fertilité, Sexualité*. 1998. Vol. 26, n° 7-8, pp. 554-563.
- MONGET, P., ETIENNE, M., et ROSETTA, L. Métabolisme énergétique et reproduction. *La reproduction chez les mammifères et l'homme*. INRA, Paris, France. 2001. p. 749-769.
- MOSCHOS, S., CHAN, J. L. et MANTZOROS, C. S. Leptin and reproduction: a review. *Fertility and Sterility*. 2002. Vol. 77, n° 3, pp. 433-444.
- MOYNIHAN, A. T., HEHIR, M. P., GLAVEY, S. V. Inhibitory effect of leptin on human uterine contractility in vitro. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2006. vol. 195, no 2, p. 504-509.
- NIELEN, A. L., VAN DER GAAG, I., KNOL, B. W. Investigation of mortality and pathological changes in a 14-month birth cohort of boxer puppies. *The Veterinary Record*. 1998. vol. 142, no 22, p. 602-606.

- OLIVIERO, C., HEINONEN, M., VALROS, A. et PELTONIEMI, O. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Animal Reproduction Science*. 2010. Vol. 119, n° 1–2, pp. 85-91.
- POTKAY, S. et BACHER, J.D. Morbidity and mortality in a closed foxhound breeding colony. *Laboratory Animal Science*. 1977. vol. 27, no 1, p. 78-84.
- QUINIOU, N. Le point sur la mesure de l'épaisseur de lard dorsal chez la truie. *Techniporc*. 2004. Vol. 27, n° 2, pp. 15-18.
- QUINIOU, N. Influence de la quantité d'aliment allouée à la truie en fin de gestation sur le déroulement de la mise bas, la vitalité des porcelets et les performances de lactation. *Journée Recherche Porcine*. 2005. vol. 37, p. 187-194.
- QUINIOU, N. Alimentation de la truie à fort potentiel : mise en œuvre de quelques concepts clés. *Les Cahiers de l'IFIP*. Vol. 1, n° 1. 2014. p. 57-68.
- ROMBAUTS, P., LÉPINE, G., THURET, F. Evolution de l'anabolisme gravidique chez la truie en fonction de l'âge de l'animal. *Annales de Zootechnie*. 1962. vol. 11, p. 39-51.
- SAGAWA, M.M., NAKADOMO, F., HONJOH, T. Correlation between plasma leptin concentration and body fat content in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2002. vol. 63, no 1, p. 7-10.
- SARFATI, J., YOUNG, J., et CHRISTIN-MAITRE, S. Obésité et fertilité de la femme. In : *Annales d'Endocrinologie*. Elsevier Masson. 2010. p. S49-S53.
- SPEAKMAN, J. R., VAN ACKER, A., et HARPER, E. J. Age-related changes in the metabolism and body composition of three dog breeds and their relationship to life expectancy. *Aging cell*. 2003. vol. 2, no 5, p. 265-275.
- STEPHANSSON, O., DICKMAN, P.W., JOHANSSON, A. et CNATTINGIUS, S. Maternal weight, pregnancy weight gain, and the risk of antepartum stillbirth. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2001. Vol. 184, n° 3, pp. 463-469.
- TARNAUD, L., GARCIA, C., KRIEF, S. Apports nutritionnels, dépense et bilan énergétiques chez l'homme et les primates non-humains: aspects méthodologiques. *Revue de primatologie*. 2010. no 2.
- TEYSSIER, J., LAPEYRONIE, P., VINCENT, M. Etat corporel pendant la gestation chez la brebis Mérinos d'Arles en système transhumant. Relations avec le poids à la naissance des agneaux et les performances d'allaitement. *Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens*. 1995. p. 43-51
- TØNNESEN, R., BORGE, K. Sverdrup, NØDTVEDT, A. Canine perinatal mortality: a cohort study of 224 breeds. *Theriogenology*. 2012. vol. 77, no 9, p. 1788-1801.
- TRAYHURN, P., BING, C. et WOOD, I. S. Adipose tissue and adipokines—energy regulation from the human perspective. *The Journal of nutrition*. 2006. Vol. 136, n° 7, pp. 1935S-1939S.

VAMBERGUE A., Valat A. S., Dufour P., Cazaubiel M., Fontaine P., Puech F. Pathophysiology of gestational diabetes. *Journal de Gynécologie, Obstétrique et Biologie de la Reproduction*.(Paris). 2002. 31(6 Suppl): 4S3-4S10

VAN DER BEEK, S., NIELEN, A. L., SCHUKKEN, Y. H. Evaluation of genetic, common-litter, and within-litter effects on preweaning mortality in a birth cohort of puppies. *American Journal of Veterinary Research*. 1999. vol. 60, no 9, p. 1106-1110.

WALLACE, J. M., MILNE, J. S. et AITKEN, R. P. Effect of Weight and Adiposity at Conception and Wide Variations in Gestational Dietary Intake on Pregnancy Outcome and Early Postnatal Performance in Young Adolescent Sheep. *Biology of Reproduction*. 2010. Vol. 82, n° 2, pp. 320-330.

YOUATT, W. Sheep: Their Breeds. *Management, and Diseases*. 1837.

ZHANG, J., BRICKER, L., WRAY, S. Poor uterine contractility in obese women. *British journal of obstetrics and gynaecology*. 2007. vol. 114, no 3, p. 343-348

ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiche de prise de données.

Bitch ID		Breed			Nr	
Mating date:					P4	
	W0	W2	W4	W6	W8	postpartum
Body score						
Blood sample						
Rectal swab						
USG	W4:					
Whelping date:			Milk	Puppies born:		
Puppy nr:	Sex		Birth weight		Comments	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

ANNEXE 2 : Tables de notes d'état corporel Royal Canin en fonction du format racial

BODY CONDITION SCORE - SMALL DOG



TOO THIN

1

- Ribs, lumbar vertebrae, pelvic bones and all bony prominences evident from a distance
- No discernible body fat
- Obvious loss of muscle mass

2

- Ribs, lumbar vertebrae, and pelvic bones easily visible
- No palpable fat
- Some bony prominences visible from a distance
- Minimal loss of muscle mass

3

- Ribs easily palpable and may be visible with no palpable fat
- Tops of lumbar vertebrae visible, pelvic bones becoming prominent
- Obvious waist and abdominal tuck

IDEAL

4

- Ribs easily palpable with minimal fat covering
- Waist easily noted when viewed from above
- Abdominal tuck evident

5

- Ribs palpable without excess fat covering
- Waist observed behind ribs when viewed from above
- Abdomen tucked up when viewed from side

6

- Ribs palpable with slight excess of fat covering
- Waist is discernible when viewed from above but is not prominent
- Abdominal tuck apparent

OBESSE

7

- Ribs palpable with difficulty, heavy fat cover
- Noticeable fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent or barely visible
- Abdominal tuck may be absent

8

- Ribs not palpable under very heavy fat cover or palpable only with significant pressure
- Heavy fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent
- No abdominal tuck
- Obvious abdominal distension may be present

9

- Massive fat deposits over thorax, spine, and base of tail
- Waist and abdominal tuck absent
- Fat deposits on neck and limbs
- Obvious abdominal distension

WEIGHT MANAGEMENT PROGRAMME

BODY CONDITION SCORE - MEDIUM DOG



TOO THIN

1

- Ribs, lumbar vertebrae, pelvic bones and all bony prominences evident from a distance
- No discernible body fat
- Obvious loss of muscle mass

2

- Ribs, lumbar vertebrae, and pelvic bones easily visible
- No palpable fat
- Some bony prominences visible from a distance
- Minimal loss of muscle mass

3

- Ribs easily palpable and may be visible with no palpable fat
- Tops of lumbar vertebrae visible, pelvic bones becoming prominent
- Obvious waist and abdominal tuck

IDEAL

4

- Ribs easily palpable with minimal fat covering
- Waist easily noted when viewed from above
- Abdominal tuck evident

5

- Ribs palpable without excess fat covering
- Waist observed behind ribs when viewed from above
- Abdomen tucked up when viewed from side

6

- Ribs palpable with slight excess of fat covering
- Waist is discernible when viewed from above but is not prominent
- Abdominal tuck apparent

OBESSE

7

- Ribs palpable with difficulty, heavy fat cover
- Noticeable fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent or barely visible
- Abdominal tuck may be absent

8

- Ribs not palpable under very heavy fat cover or palpable only with significant pressure
- Heavy fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent
- No abdominal tuck
- Obvious abdominal distension may be present

9

- Massive fat deposits over thorax, spine, and base of tail
- Waist and abdominal tuck absent
- Fat deposits on neck and limbs
- Obvious abdominal distension

WEIGHT MANAGEMENT PROGRAMME

Illustrations: © P. VAN DER WOUDE, 2015. All rights reserved. Adapted from: L'Annuaire des races de chiens de France, 2015. © P. VAN DER WOUDE, 2015.

Illustrations: © P. VAN DER WOUDE, 2015. All rights reserved. Adapted from: L'Annuaire des races de chiens de France, 2015. © P. VAN DER WOUDE, 2015.

BODY CONDITION SCORE - LARGE DOG



TOO THIN

1

- Ribs, lumbar vertebrae, pelvic bones and all bony prominences evident from a distance
- No discernible body fat
- Obvious loss of muscle mass

2

- Ribs, lumbar vertebrae, and pelvic bones easily visible
- No palpable fat
- Some bony prominences visible from a distance
- Minimal loss of muscle mass

3

- Ribs easily palpable and may be visible with no palpable fat
- Tips of lumbar vertebrae visible, pelvic bones becoming prominent
- Obvious waist and abdominal tuck

IDEAL

4

- Ribs easily palpable with minimal fat covering
- Waist easily noted when viewed from above
- Abdominal tuck evident

5

- Ribs palpable without excess fat covering
- Waist is discernible behind ribs when viewed from above
- Abdomen tucked up when viewed from side

OVERWEIGHT

6

- Ribs palpable with slight excess of fat covering
- Waist is discernible when viewed from above but is not prominent
- Abdominal tuck apparent

OBESE

7

- Ribs palpable with difficulty, heavy fat cover
- Noticeable fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent or barely visible
- Abdominal tuck may be absent

8

- Ribs not palpable under very heavy fat cover or palpable only with significant pressure
- Heavy fat deposits over lumbar area and base of tail
- Waist absent
- No abdominal tuck
- Obvious abdominal distension may be present

9

- Massive fat deposits over thorax, spine, and base of tail
- Waist and abdominal tuck absent
- Fat deposits on neck and limbs
- Obvious abdominal distension

WEIGHT MANAGEMENT PROGRAMME

ROYAL CANIN, CANIN & CANIS (2013). All rights reserved. All other trademarks are the property of their respective owners. Photos by: Getty Images/Chris Wedel (2/20/14), iStockphoto.com

ANNEXE 3 : Protocole du test ELISA

Dépôt de la gamme et des échantillons

La plaque de 96 puits est déjà enduite d'anticorps polyclonal chèvre anti leptine canine.

Dans chaque puits sont déposés 80µL de solution tampon (0,05M PBS, pH 7,4, contenant 0,025M EDTA, 0,08% d'azide de sodium, 1% BSA et 0.05% Triton X-100).

Ajout de 20 µL de solution tampon dans les puits « blancs »

Ajout de 20µL de standard en fonction de la concentration dans les puits « gamme »

Ajout de 20µL d'échantillon dans les puits dédiés

Couvrir la plaque avec le champ collant et laisser incuber pendant 2 heures à température ambiante.

Lavage

Laver 3 fois avec 300µL une solution de rinçage (50 mM Tris Buffered Saline contenant Tween 20) à 10% à chaque fois.

Ajout des anticorps anti-leptine canine

Ajout de 100µL d'anticorps anti-leptine canine

Lavage

Laver 3 fois avec 300µL une solution de rinçage (50 mM Tris Buffered Saline contenant Tween 20) à 10% à chaque fois.

Revelation

Ajout de 100µL de HRP (horseadish peroxydase) pré titrée conjuguée dans le tampon

Laver 3 fois avec 300µL une solution de rinçage (50 mM Tris Buffered Saline contenant Tween 20) à 10% à chaque fois.

Ajout de 100µL de tétraméthylbenzidine, qui est le substrat de la peroxydase.

Arrêt de la révélation

Ajout de 100µL de 0,3M d'acide chlorhydrique.

Lecture de l'absorbance

Elle se fait à l'aide d'un spectrophotomètre avec laser émettant une longueur d'onde de 450nm.

NOM : Bourcier

PRENOM : Joanna

TITRE : Impact de l'équilibre énergétique maternel sur la prolificité et la survie des chiots

L'impact de l'équilibre énergétique maternel sur les performances de reproduction bien connu chez la femme, la truie et la vache, n'a pas été étudié chez la chienne. L'objectif de ce travail était d'évaluer les conséquences du surpoids et de l'obésité de la chienne sur les performances de reproduction. Le statut énergétique a été évalué par une note d'état corporel et le taux de leptine sanguin de la saillie jusqu'à la mise-bas chez 41 chiennes d'un même élevage. A même délai après saillie, le taux de leptine ne diffère entre les chiennes gravides et non gravides qu'à 4 semaines de gestation. L'état énergétique de la chienne au cours de la gestation est influencé par la taille de la portée : ainsi plus la portée est grande, plus la note d'état corporel et la leptinémie diminuent. Une leptinémie élevée au milieu de la gestation est associée à un risque plus élevée pour la mère d'avoir des chiots de faible poids à la naissance (6% contre 2%). Le taux de mortalité est augmenté pour des notes d'état corporel et pour des leptinémies élevées lors de la 4^{ème} semaine de gestation et lors de la mise-bas.

MOTS CLES : chienne - leptine - note d'état corporel - statut énergétique - gestation - prolificité - mortalité - mise-bas

TITLE : Impact of maternal energy balance on prolificacy and puppies survival

The impact of maternal energy balance on reproductive performance, well described in women, sows and cows has not been yet studied in dogs. The objective of this work was to evaluate the consequences of overweight and obesity on the dog's reproductive performance. Energy status was monitored through body condition score and serum leptin concentration from mating to whelping on 41 bitches from the same breeding kennel. Plasma leptin concentration differs between pregnant and non-pregnant bitches at 4 weeks of gestation only. The dam's energy balance during pregnancy is affected by litter size ; the bigger the litter, the smaller the body score and leptin serum level are. The risk for the mother to give birth to lighter puppies is increased with high leptin level in mid-gestation. Mortality rate is increased by high body condition score and serum leptin concentration at 4 weeks of pregnancy and at whelping.

KEYWORDS : bitch - leptin - body condition score - energy status - pregnancy – prolificacy – mortality - whelping

NOM : Bourcier

PRENOM : Joanna

TITRE : Impact de l'équilibre énergétique maternel sur la prolificité et la survie des chiots

L'impact de l'équilibre énergétique maternel sur les performances de reproduction bien connu chez la femme, la truie et la vache, n'a pas été étudié chez la chienne. L'objectif de ce travail était d'évaluer les conséquences du surpoids et de l'obésité de la chienne sur les performances de reproduction. Le statut énergétique a été évalué par une note d'état corporel et le taux de leptine sanguin de la saillie jusqu'à la mise-bas chez 41 chiennes d'un même élevage. A même délai après saillie, le taux de leptine ne diffère entre les chiennes gravides et non gravides qu'à 4 semaines de gestation. L'état énergétique de la chienne au cours de la gestation est influencé par la taille de la portée : ainsi plus la portée est grande, plus la note d'état corporel et la leptinémie diminuent. Une leptinémie élevée au milieu de la gestation est associée à un risque plus élevée pour la mère d'avoir des chiots de faible poids à la naissance (6% contre 2%). Le taux de mortalité est augmenté pour des notes d'état corporel et pour des leptinémies élevées lors de la 4^{ème} semaine de gestation et lors de la mise-bas.

MOTS CLES : chienne - leptine - note d'état corporel - statut énergétique - gestation - prolificité - mortalité - mise-bas

TITLE : Impact of maternal energy balance on prolificacy and puppies survival

The impact of maternal energy balance on reproductive performance, well described in women, sows and cows has not been yet studied in dogs. The objective of this work was to evaluate the consequences of overweight and obesity on the dog's reproductive performance. Energy status was monitored through body condition score and serum leptin concentration from mating to whelping on 41 bitches from the same breeding kennel. Plasma leptin concentration differs between pregnant and non-pregnant bitches at 4 weeks of gestation only. The dam's energy balance during pregnancy is affected by litter size ; the bigger the litter, the smaller the body score and leptin serum level are. The risk for the mother to give birth to lighter puppies is increased with high leptin level in mid-gestation. Mortality rate is increased by high body condition score and serum leptin concentration at 4 weeks of pregnancy and at whelping.

KEYWORDS : bitch - leptin - body condition score - energy status - pregnancy – prolificacy – mortality - whelping