

Année 2011

**FIABILITÉ DE L'ESTIMATION
DU NOMBRE DE FŒTUS CHEZ LA CHIENNE
PAR ÉCHOGRAPHIE ET RADIOGRAPHIE ;
ÉTUDE RÉTROSPECTIVE
DE JANVIER 2003 À DÉCEMBRE 2006**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le

par

Émilie, Blanche, Simone TREHIOU-SECHI

Née le 30 décembre 1982 à Neuilly-sur-Seine (Hauts-de-Seine)

JURY

Président : Pr.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : M. Alain FONTBONNE

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

Assesseur : Mme Dominique BEGON

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard

Professeurs honoraires: MM. BRUGÈRE Henri, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand
LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques

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

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

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

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

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

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

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

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

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

* responsable d'unité

REMERCIEMENTS

Au professeur de la faculté de Médecine de Créteil, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

Alain Fontbonne, pour avoir accepté d'encadrer ma thèse, il y a déjà (trop) longtemps maintenant...

Merci de m'avoir soutenue tout au long de ces années, sans jamais vous départir de votre bonne humeur !

Dominique Begon, pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

Je vous en suis particulièrement reconnaissante.

Loïc Desquilbet, pour m'avoir remis « les points sur les i » en matière de stats...

Ce n'était pas une mince affaire ! Merci de ta disponibilité pendant l'année et même pendant les vacances via tes tutoriels, tu as été ma bouée de secours !!

Valérie Chetboul et Jean-Louis Pouchelon, mes « Chefs » !!

Merci de m'avoir accueillie en stage il y a déjà 4 ans... Merci de m'avoir permis de suivre cette formation inestimable... Sincères salutations, Em.

Renaud Tissier, pour nous aider tout au long de l'année dans nos périples scientifiques !

Plus je te connais et plus je me dis que la loi de l'ENVA précisant qu'un enseignant ne peut être élu 2 ans de suite plus pédagogue et plus sympathique a été promulguée à cause de toi, sinon il n'y aurait vraiment aucun suspens !

Jean-Luc Cadoré, pour faire partie de mon jury de DESV.

Merci 1000 fois pour tous vos encouragements et vos gentils messages, ils m'ont aidée dans des moments difficiles...

Jean-Laurent, pour ton soutien...

Il y a 4 ans tu m'écrivais une lettre de recommandation, j'y ai été très sensible...

Robert Moraillon, pour nous avoir enseigné l'art de la clinique.

Vous faites vraiment partie de l'Olympe vétérinaire ! De nombreux mythes circulent sur vous, notamment des anecdotes d'établissement de diagnostics incroyables, dont la plupart je pense sont vraies ! Mes hommages les plus respectueux...

Patrick Baudin et Gérard Le Quan, pour m'avoir accueillie à maintes reprises dans leur super clinique des 4 Chemins !

Du temps s'est écoulé depuis la 1^{ère} fois que l'on s'est vu ! Vous avez toujours été un exemple de réussite pour moi, des jeunes vétérinaires dynamiques et qui aiment leur métier...

Monsieur BF, pour avoir cru en moi dès la prépa.

Jamais je n'oublierai que vous m'avez soutenue à la fin de mon année de bizuth, malgré un concours qui aurait pu mieux se passer ! Vous avez été un mentor tout au long de mes études, je n'oublierai jamais vos cours de BI et de BII, et surtout la gentillesse et la bienveillance qui émanait de notre prof adoré ! Merci pour tout, Mibou

Mes parents, qui m'ont toujours aimée et encouragée dans mes choix.

Je vous aime !

Sylvain, mon cher mari, « pour le meilleur et pour le pire » !

Merci d'être à mes côtés, tous les jours !

Julien, mon grand frère, и Лина, его милая жена...

Pour tous ces moments partagés qui resteront gravés dans notre mémoire !

Mes grands-parents et JCA, mon parrain chéri !

Vous me manquez, j'aurais aimé vous avoir à mes côtés...

Ma famille, ma tribu, mon clan rapproché !

On ne choisit pas sa famille, mais si j'avais dû le faire, c'est vous que j'aurais pris...

Ma belle-famille...

On ne partage peut-être pas les liens du sang, mais pour tout le reste vous êtes une véritable, belle, famille !

Mes amis de Sceaux, d'Alfort et d'ailleurs...

Merci de votre soutien, tout au long de ces années...

FIABILITÉ DE L'ESTIMATION DU NOMBRE DE FŒTUS CHEZ LA CHIENNE PAR ÉCHOGRAPHIE ET RADIOGRAPHIE ; ÉTUDE RÉTROSPECTIVE DE JANVIER 2003 À DÉCEMBRE 2006

NOM et Prénom : TREHIOU-SECHI Émilie

Résumé :

Dans un premier temps, l'auteur rappelle les principales notions sur le cycle sexuel, la gestation, le diagnostic de gestation, et la mise bas chez la chienne.

Dans un deuxième temps, elle étudie les différences entre le nombre de fœtus observés à l'échographie et/ou à la radiographie et le nombre de chiots effectivement nés en exploitant les dossiers de 176 chiennes (représentant 215 gestations, 258 examens échographiques et 51 examens radiographiques) de 65 races différentes suivies à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA), et en particulier au Centre d'Étude en Reproduction des Carnivores (CERCA), entre le 1^{er} janvier 2003 et le 31 décembre 2006.

La fiabilité de l'échographie est de 55% et celle de la radiographie de 93% pour dénombrer les fœtus. L'analyse des résultats fait apparaître une forte influence du format de la chienne et de la taille de la portée pour les examens échographiques, l'estimation étant plus fiable sur les petites chiennes et les petites portées.

Mots clefs : GESTATION, ÉCHOGRAPHIE, RADIOGRAPHIE, FŒTUS, REPRODUCTION, CARNIVORE, CHIENNE

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Dr. Alain FONTBONNE

Assesseur : Pr. Dominique BEGON

Adresse de l'auteur :

Mme Émilie TREHIOU-SECHI

14 rue de Cotte

75012 PARIS

RELIABILITY OF ECHOGRAPHIC AND RADIOGRAPHIC FOETUS NUMBER ESTIMATION IN THE BITCH; A RETROSPECTIVE STUDY FROM JANUARY 2003 TO DECEMBER 2006

SURNAME: TREHIOU-SECHI

Given name: Émilie

Summary:

The author, at first, reminds us about the key concepts of the sexual cycle, the pregnancy, the pregnancy diagnosis, and the delivery of the bitch.

In the second part, she studies the gaps between the number of fetuses observed at ultrasound and/or radiographic examination and the number of puppies which were actually born by consulting the clinical files of 176 bitches (representing 215 pregnancies, 258 ultrasound examinations, 51 radiographic examinations) of 65 different breeds that have been seen between January 2003 and December 2006 at the National Veterinary School of Alfort (ENVA), and more particularly at the Center of Study of the Carnivore Reproduction (CERCA).

The ultrasound examination is 55% reliable, and the radiographic examination is 93% reliable for determining the right number of fetuses. The results also reveal that the size of the bitch and the litter size have a strong influence on the reliability of the ultrasound estimation: the smaller the bitch and the litter size, the better the estimation.

Keywords: PREGNANCY, ULTRASOUND, RADIOGRAPHY, FETUS,
REPRODUCTION, SMALL ANIMAL, BITCH

Jury:

President: Pr.

Director: Dr. Alain FONTBONNE

Assessor: Pr. Dominique BEGON

Author's address:

Miss Émilie TREHIOU-SECHI

14 rue de Cotte

75012 PARIS

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES TABLEAUX	7
INTRODUCTION.....	9
PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	11
1. Rappels généraux sur le cycle sexuel de la chienne.....	13
1.1. La puberté.....	13
1.2. Les différentes phases de l'activité sexuelle	13
1.2.1. Le proœstrus	13
1.2.2. L'œstrus	14
1.2.3. Le metœstrus (ou diœstrus)	14
1.2.4. L'anœstrus.....	14
1.3. Suivi du cycle sexuel et détermination du moment de l'ovulation.....	16
2. La gestation	17
2.1. Déroulement de la gestation.....	17
2.1.1. Période embryon libre	17
2.1.2. Période embryon nidé.....	17
2.1.3. Période fœtale.....	17
2.2. Caractéristiques hormonales	18
2.2.1. Les œstrogènes	18
2.2.2. La progestérone	18
2.2.3. Les facteurs lutéotropes : la prolactine et la LH.....	19
2.2.4. La relaxine.....	19
2.2.5. Les prostaglandines	19
2.2.6. La thyroxine et le cortisol.....	19
2.3. Développement embryonnaire et fœtal	20
2.3.1. Développement embryonnaire	23
2.3.2. Le développement fœtal	24
2.3.2.1. Le développement des organes génitaux externes	24

2.3.2.2.	La dentition	24
2.3.2.3.	L'ossification du squelette.....	24
2.3.2.4.	Chronologie du développement fœtal.....	27
3.	Diagnostic de gestation	28
3.1.	Marqueurs indirects de gestation: les signes cliniques maternels	28
3.1.1.	Modifications comportementales	28
3.1.2.	Modifications anatomiques	29
3.1.3.	Modifications biochimiques et hématologiques.....	30
3.2.	Marqueurs directs de la gestation.....	31
3.2.1.	L'examen clinique	31
3.2.1.1.	La palpation externe.....	31
3.2.1.2.	L'auscultation	32
3.2.2.	Les dosages hormonaux	32
3.2.3.	Les examens d'imagerie	33
3.2.3.1.	L'échographie.....	33
3.2.3.2.	La radiographie	38
3.2.3.2.1.	Signes indirects de gestation	38
3.2.3.2.2.	Signes directs de gestation : visualisation des fœtus.....	38
4.	La mise bas eutocique	43
DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE.....		45
1.	Animaux, matériel et méthodes.....	47
1.1.	Recrutement des animaux	47
1.2.	Examens d'imagerie.....	47
1.2.1.	Échographie.....	47
1.2.2.	Radiographie	48
1.3.	Recueil des données	48
1.4.	Analyse statistique.....	51
2.	Résultats	52
2.1.	Animaux	52
2.2.	Examens	56
2.2.1.	Données générales.....	56
2.2.2.	Fiabilité générale des échographies.....	59
2.2.3.	Fiabilité de l'échographie selon le service de l'opérateur.....	60

2.2.4.	Fiabilité générale des radiographies	61
2.2.5.	Fiabilité selon les formats	62
2.2.5.1.	Chiennes de petit format	62
2.2.5.2.	Chiennes de moyen et grand formats.....	62
2.2.5.3.	Comparaison entre les formats.....	63
2.2.6.	Fiabilité selon la taille de la portée.....	66
2.2.6.1.	Exactitude des résultats	66
2.2.6.2.	Importance des erreurs	74
2.2.6.2.1.	Les erreurs lors d'estimation par chiffre unique.....	74
2.2.6.2.2.	Les erreurs lors d'estimation par intervalle ouvert.....	79
2.2.6.2.3.	Les erreurs lors d'estimation par intervalle fermé.....	84
2.2.7.	Fiabilité selon le stade de la gestation	91
3.	Discussion	93
3.1.	Échographie.....	93
3.1.1.	Bilan des résultats.....	93
3.1.2.	Les aspects positifs et négatifs	94
3.1.3.	Comparaison à la bibliographie.....	95
3.1.4.	Que faire de plus ?.....	97
3.2.	Radiographie	98
3.2.1.	Bilan des résultats.....	98
3.2.2.	Les aspects positifs et négatifs	98
3.2.3.	Comparaison à la bibliographie.....	99
3.2.4.	Que faire de plus ?.....	99
3.3.	Au final, que recommander ?	100
	CONCLUSION	103
	BIBLIOGRAPHIE	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique du cycle œstral de la chienne.....	15
Figure 2 : Représentation schématique de l'utérus et de l'embryon à J ₂₃	21
Figure 3 : Représentation schématique des annexes fœtales à la fin du développement	22
Figure 4 : Représentation schématique de l'évolution de l'ossification sur une vue latérale du squelette.....	25
Figure 5 : Représentation schématique de l'ossification progressive du membre thoracique et de l'épaule chez le Beagle.....	26
Figure 6 : Représentation graphique de l'évolution de poids de la chienne au cours de la gestation en fonction de la race	29
Figure 7 : Palpation abdominale externe.....	31
Figure 8 : Représentation graphique de la variation de la concentration plasmatique en progestérone chez la femelle gestante et non gestante	32
Figure 9 : Diagnostic de gestation par échographie à J ₂₅ , coupe transversale de l'embryon ..	37
Figure 10 : Diagnostic de gestation par échographie à J ₂₅ , coupe longitudinale de l'embryon ..	37
Figure 11 : Diagnostic de gestation par radiographie, vue de face ventro-dorsale	40
Figure 12 : Diagnostic de gestation par radiographie, vue de profil.....	41
Figure 13 : Répartition de la taille des portées sur l'ensemble des chiennes.....	53
Figure 14 : Répartition de la taille des portées selon le format.....	54
Figure 15 : Boîtes à moustaches comparant la taille des portées selon le format.....	55
Figure 16 : Répartition des différents types d'estimation sur l'ensemble des examens échographiques (n=258) et radiographiques (n=51)	56
Figure 17 : Répartition de la taille des portées selon le type d'estimation employée sur l'ensemble des examens échographiques	57
Figure 18 : Boîtes à moustaches comparant la taille des portées selon le type d'estimation employée sur l'ensemble des examens échographiques	58
Figure 19 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses »selon la taille de la portée sur l'ensemble des examens échographiques	67
Figure 20 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » sur l'ensemble des examens échographiques.....	67
Figure 21 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation unique	68

Figure 22 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation unique.....	69
Figure 23 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé.....	70
Figure 24 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé	71
Figure 25 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert.....	72
Figure 26 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert	73
Figure 27 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique	75
Figure 28 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique	77
Figure 29 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert	80
Figure 30 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert	82
Figure 31 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé	85
Figure 32 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé	87
Figure 33 : Écarts entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé ...	88
Figure 34 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon le stade de la gestation sur l'ensemble des examens échographiques.....	91
Figure 35 : Pourcentage d'estimations correctes en fonction du stade de la gestation, sur l'ensemble des examens échographiques	92

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des différents moyens de diagnostic de l'ovulation	16
Tableau 2 : Chronologie du développement embryonnaire à partir du pic de LH	23
Tableau 3 : Chronologie du développement fœtal à partir du pic de LH	27
Tableau 4 : Influence de la taille de la chienne sur l'exactitude de la taille de la portée prédite .	33
Tableau 5 : Détermination de la date de la parturition (nombre de jours restants) en fonction du diamètre du corps et du diamètre bipariétal de la tête, déterminés par échographie sur des Labradors	34
Tableau 6 : Table de prédiction de la date du part utilisant les équations de régression pour le diamètre interne de la cavité chorionique (DICC) de 45 à 26 jours avant la mise bas et le diamètre crânial fœtal (DCF) à partir de 25 jours avant la mise bas, chez le Bichon Maltais et le Yorkshire Terrier	35
Tableau 7 : Âge de gestation en fonction de critères échographiques chez le Beagle.....	36
Tableau 8 : Évolution radiographique de l'évolution de taille de l'utérus et de la minéralisation des fœtus.....	39
Tableau 9 : Comparaison des principales méthodes de diagnostic de gestation.....	42
Tableau 10 : Répartition du nombre de portées en fonction de la race.....	52
Tableau 11 : Caractéristiques de la taille des portées en fonction du format	54
Tableau 12 : Caractéristiques de la taille des portées en fonction du type d'estimation utilisée sur l'ensemble des examens échographiques	58
Tableau 13 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens échographiques.....	60
Tableau 14 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens radiographiques	61
Tableau 15 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le format, le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens échographiques et radiographiques	64
Tableau 16 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée sur l'ensemble des examens échographiques	66
Tableau 17 : Influence du format de la chienne sur l'exactitude du dénombrement des fœtus .	76

Tableau 18 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique	76
Tableau 19 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique	78
Tableau 20 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert.....	81
Tableau 21 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert.....	83
Tableau 22 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé	86
Tableau 23 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée minimale de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert	89
Tableau 24 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée maximale de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert	90
Tableau 25 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon le stade de la gestation sur l'ensemble des examens échographiques.....	91
Tableau 26 : Confrontation de l'influence du format de la chienne sur l'exactitude du dénombrement des fœtus dans la présente étude par rapport à une étude récente	96

INTRODUCTION

Le chien, un des animaux de compagnie les plus populaires, est aussi une espèce particulièrement bien étudiée en médecine vétérinaire. La maîtrise de la reproduction est de ce fait de plus en plus perfectionnée : lutte contre l'infertilité, congélation de semence... Dans tous les cas, les propriétaires, qu'ils soient éleveurs ou « propriétaires lambda », ont besoin de se préparer le mieux possible à la mise bas, afin que cette dernière se passe dans les meilleures conditions. Cette préparation passe par la prévision du nombre de chiots qui, en plus d'estimer combien de chiots seront à placer ou à vendre, permet de savoir quand la mise bas est bien terminée (et intervenir à temps si tous les chiots escomptés ne sont pas nés).

S'il apparaît évident qu'une estimation du nombre de fœtus n'est pas toujours exacte, nous ne savons pas dans quel sens les erreurs sont faites : avons-nous tendance, lors de l'échographie, à compter plusieurs fois les ampoules fœtales, plus ramassées, chez les petites chiennes, et au contraire à en « oublier » car elles sont plus espacées, chez les grandes races ? Les propriétaires attachant une grande importance aux chiffres avancés lors de ces examens, il nous paraît intéressant, notamment dans un souci de crédibilité, de pouvoir nous appuyer sur des résultats concrets afin de modérer ces résultats auprès des propriétaires. Ainsi, si le chiffre annoncé n'est pas exact, mais que le propriétaire était averti que, selon le contexte de cette gestation, il y avait tel taux de risque d'erreur, alors les sources de litige seront moins nombreuses.

Notre objectif est donc d'évaluer la fiabilité des 2 techniques de dénombrement (échographie et radiographie) l'une par rapport à l'autre, et en fonction d'un certain nombre de critères.

Pour ce faire, quelques rappels bibliographiques nous permettent dans une première partie de préciser les repères importants du cycle sexuel de la chienne, de la gestation, des techniques utilisées pour le diagnostic de gestation, et enfin de la mise bas.

Notre étude, qui s'appuie en grande partie sur les bases de données du Centre d'Étude en Reproduction des Carnivores de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (CERCA) de 2003 à 2006, s'attache dans une deuxième partie à décrire les animaux, matériel et méthodes utilisés, puis à étudier l'influence de divers facteurs (type d'examen utilisé, format de la chienne, taille de la portée, date de réalisation de l'examen) sur l'exactitude des examens d'imagerie utilisés, afin de comprendre à quel taux d'erreur s'attendre lors du dénombrement des fœtus dans la pratique vétérinaire courante.

PREMIÈRE PARTIE :
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Rappels généraux sur le cycle sexuel de la chienne

La chienne est une espèce mono-œstrienne, c'est-à-dire qu'elle présente une période de chaleur par cycle, avec une à deux vagues d'ovulations par an, à 5 à 12 mois d'intervalle. L'activité sexuelle commence par la puberté et évolue par cycles.^{16,21,28,49,58,61}

1.1. La puberté

La puberté correspond au commencement de l'activité sexuelle et à la mise en place de sa cyclicité. La puberté survient lorsque la chienne a atteint 80% de son poids adulte, c'est-à-dire dès 5 mois pour les races petites et naines et plus tardivement pour les races de plus grand gabarit, jusqu'à 24 mois pour les races géantes et molossoïdes.^{38,56,58} Les conditions environnementales et le statut médical de l'animal peuvent faire varier la date de la puberté. Les premières chaleurs peuvent être discrètes, voire inapparentes et même parfois anovulatoires ; dans ce cas, un nouveau cycle complet apparaît souvent quelques semaines plus tard (chaleurs disjointes ou "split-heats").^{21,58} Lorsqu'elles sont ovulatoires, une saillie fécondante, et donc une gestation, sont possibles.⁷

1.2. Les différentes phases de l'activité sexuelle

Le cycle sexuel de la chienne se décompose en proœstrus, œstrus, metœstrus et anœstrus (*Figure 1*).

1.2.1. Le proœstrus

La phase de proœstrus correspond au début des chaleurs. Durant cette période, les follicules ovariens en croissance produisent une grande quantité d'œstrogènes. Morphologiquement, la chienne présente une vulve œdématisée, une hyperhémie et des plis de la muqueuse vaginale, ainsi que des pertes sanguines perlant à la commissure vulvaire. D'un point de vue comportemental, la chienne refuse l'accouplement, bien que des phéromones libérées dans l'urine et les sécrétions vaginales attirent les mâles.^{29,38,49,56}

La fin du proœstrus correspond au pic de l'hormone lutéinisante (LH) et signe le début de l'œstrus.^{38,49}

La durée du proœstrus est très variable, environ 10 jours mais avec des écarts allant de 3 à 20 jours.^{29,38} Les variations de la durée du proœstrus sont dépendantes de facteurs individuels et environnementaux; de plus, pour un même animal, cette durée peut varier d'un cycle à l'autre.^{38,49}

1.2.2. L'œstrus

L'œstrus est la phase du cycle couvrant la période d'ovulation et correspond d'un point de vue comportemental à l'acceptation du mâle ; cette phase dure de 3 à 10 jours.^{23,25,28,29,38}

D'un point de vue morphologique, la chienne présente une dilatation vulvaire maximale, des plis vaginaux profonds et serrés, et les écoulements s'éclaircissent et diminuent en quantité pour la majorité des chiennes. L'ovulation a lieu habituellement 2 à 3 jours après le début de l'acceptation du mâle, soit environ 48 heures (24 à 96 heures) après le pic de LH. Les ovocytes libérés subissent une maturation de 2 à 3 jours pendant leur cheminement dans l'oviducte jusqu'à devenir fécondables. L'ovule, une fois mature, est fécondable pendant 48h.^{38,49} Les spermatozoïdes restent quant à eux fertiles pendant une période de 1 à 5 jours dans le tractus génital femelle. La chienne est donc fécondable en deuxième partie d'œstrus, c'est-à-dire au minimum 2 jours après l'ovulation. Ainsi, la période d'accouplement pendant laquelle la fécondation est possible est d'environ 7 jours.^{29,38,49}

1.2.3. Le metœstrus (ou diœstrus)

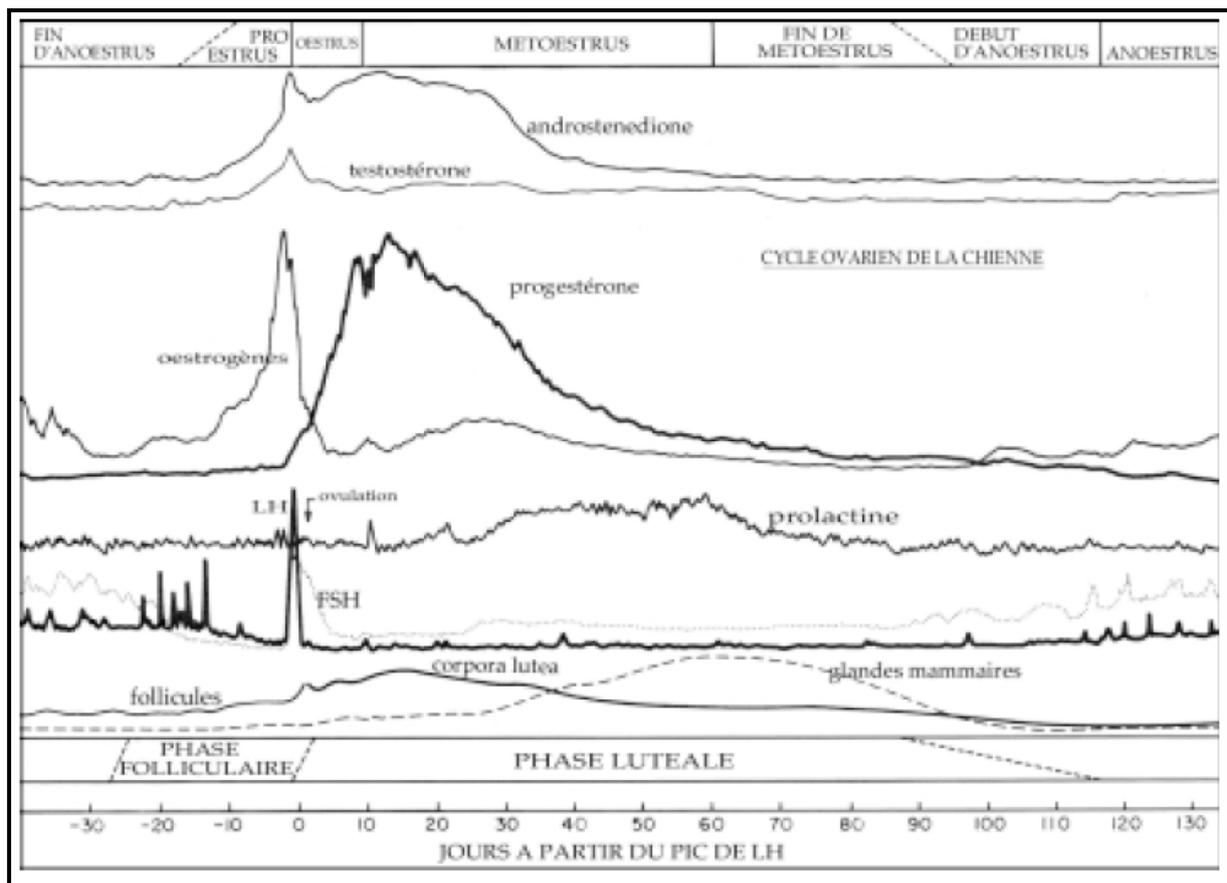
Le metœstrus, ou diœstrus correspond à la phase lutéale, c'est-à-dire à la phase du corps jaune sécrétant.^{38,49} Sous l'effet de la progestérone sécrétée par le corps jaune, la taille de l'utérus augmente, l'endomètre se développe et sécrète du mucus en abondance. Extérieurement, la muqueuse vaginale est rose, humide et présente des plis séparés et peu profonds. Le metœstrus dure environ 110 à 140 jours et couvre la période d'activité lutéale, c'est-à-dire de fonctionnement du corps jaune, que la femelle soit gestante ou non.^{29,38,49} Cette imprégnation hormonale peut parfois être accompagnée de lactation dite de "pseudo-gestation" bien que la femelle soit non gravide.²⁹

1.2.4. L'anœstrus

L'anœstrus correspond à la phase de repos sexuel. L'utérus, hypertrophié lors de la phase précédente, involue. La durée moyenne, d'environ 4 à 5 mois, est très variable selon les races et peut aller de 2 à 3 mois, notamment pour les Bergers allemands et les Rottweilers, jusqu'à 10 mois pour les Basenjis.³⁸

L'interœstrus correspond à l'intervalle apparent entre deux périodes de chaleurs, il couvre les phases de metœstrus et d'anœstrus, et dure en moyenne de 5 à 7 mois. En cas de gestation sa durée peut être légèrement augmentée.

Figure 1 : Représentation schématique du cycle œstral de la chienne



Source : JOHNSTON et al.⁴⁹

1.3. Suivi du cycle sexuel et détermination du moment de l'ovulation

Le suivi du cycle sexuel permet la détermination de la date d'ovulation et donc le moment optimal pour l'accouplement ou la fécondation, et augmente ainsi la réussite de la reproduction. Le suivi du cycle sexuel s'appuie sur des éléments cliniques (modifications comportementales et morphologiques), physiologiques (cinétiques hormonales) et de laboratoire (résistivité du mucus vaginal et frottis vaginaux) (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Comparaison des différents moyens de diagnostic de l'ovulation^{3,9,14,15,17-19,25,27,28,38-41,47,49,53,56}

Modifications comportementales	L'acceptation du mâle est un critère peu fiable. La plupart acceptent l'accouplement en fin de proœstrus (soit 2 jours avant l'ovulation) et pendant tout l'œstrus. D'autres peuvent le faire en décalage, voire jamais. La sociabilisation des animaux, les rapports hiérarchiques et certains critères raciaux (faible libido des races West Highland White Terrier, Golden Retriever, Colley, Pékinois) modifient de plus ces critères.
Modifications morphologiques et anatomiques	En périodes d'œstrus, les écoulements vulvaires deviennent plus clairs, la congestion vulvaire est maximale et les plis sont profonds et serrés. En plus des variations interraciales (sécrétions vaginales abondantes et persistantes chez le Chow-chow par exemple), ces critères restent subjectifs.
Résistivité du mucus vaginal	Peu utilisée en France, cette méthode permet de réaliser une mesure de la conductance ou de la résistivité du mucus vaginal au moyen d'un Ohmmètre. La résistivité est corrélée à la kératinisation des cellules vaginales, elle-même corrélée à la mesure de la progestéronémie. Méthode pratique pour l'éleveur car il peut faire mesures à domicile. Non traumatisante si correctement employée. Permet de détecter rapidement les chiennes en œstrus puis en ovulation. Mais précision moyenne, suffisante seulement si la semence utilisée est de bonne qualité. De plus, il existe un risque sanitaire (même un nettoyage/désinfection correct ne permet pas de garantir l'absence totale de germes sur la sonde).
Frottis vaginaux	L'observation de l'évolution des frottis vaginaux au cours du cycle permet le plus souvent de distinguer les différentes phases du cycle et donc de déterminer approximativement le moment de l'ovulation. En effet, la morphologie des cellules et leur affinité tinctoriales varient au cours du cycle sous l'effet des œstrogènes. Cette méthode, facile à réaliser, présente cependant certaines limites : <ul style="list-style-type: none"> - elle est subjective ; - le frottis d'œstrus, obtenu en général avant l'œstrus, garde son aspect caractéristique souvent pendant une période supérieure aux 48 heures optimales de la période fécondante ; - 38 à 57 % seulement des chiennes présentent un frottis d'indice éosinophilique (pourcentage de cellules épithéliales prenant la couleur acidophile rouge lors de la coloration de Shorr-Hématoxyline Stabilisée) supérieur à 90 % au moment de la saillie ; - 5,4 % des chiennes présentant un frottis d'œstrus dans les jours précédant la période féconde ont un indice éosinophilique en chute au moment de la saillie ; - la fréquence des frottis atypiques augmente avec la durée du proœstrus ; - il existe des variations raciales. Au final, les frottis vaginaux sont de bons indicateurs, mais sans grande précision utilisés seuls ; ils sont néanmoins intéressants en association avec les dosages hormonaux.
Dosage de LH plasmatique	L'ovulation a lieu 24 à 96 heures après le pic de LH. La décharge de LH dure environ 36 heures. Le pic de LH est donc un repère de choix, la fertilisation ayant lieu 4 à 7 jours après son pic de sécrétion.
Dosage de progestérone plasmatique	La lutéinisation des follicules pré-ovulatoires commence avant l'ovulation. Le taux plasmatique passe d'une valeur basale (< 1 ng/mL) à 1 à 2,5 ng/mL sous l'effet de l'augmentation de LH au cours des 48 heures précédant l'ovulation. On considère que l'ovulation a lieu lorsque le taux atteint 4 à 10 ng/mL. Compte-tenu de la durée de maturation des ovocytes, le premier accouplement est préconisé entre 24 et 48 heures après le passage du seuil.

Une bonne connaissance du moment de l'ovulation permet d'optimiser le moment de la saillie et ainsi d'augmenter les chances de gestation.

2. La gestation

La gestation se définit comme un état de gravidité caractérisé par la présence d'un corps jaune de gestation bloquant le cycle. La gestation commence à la fécondation et se termine à la parturition. Sa durée moyenne est de 61 à 63 jours après l'ovulation, soit 64 à 66 jours après le pic de LH, ou encore 55 à 70 jours après la saillie. Il semblerait cette durée soit corrélée négativement avec la taille de la portée.^{9,26-28,42,56} Par défaut, les jours mentionnés dans le texte se réfèrent au pic de LH.

La gestation se déroule en 3 phases : la période embryon libre, la période embryon nidé et la période foétale. La mise en place de ces phases est sous dépendance hormonale.^{9,17,34,35}

2.1. Déroulement de la gestation

2.1.1. Période embryon libre

La période embryon libre (ou période de l'embryoblaste) dure de J₀ à J₁₈. Elle débute au moment de la fécondation, comprend la migration de l'œuf dans les oviductes et l'utérus et se termine à l'immobilisation ou nidation de l'œuf dans l'utérus.^{17,28,34,35,46}

2.1.2. Période embryon nidé

La période embryon nidé (ou vie embryonnaire) commence avec la nidation de l'œuf et la formation des annexes embryonnaires et se termine entre le J₁₉ et J₃₅ avec l'acquisition des caractères morphologiques de l'espèce. Cette période correspond donc à l'organogenèse.^{17,34,35,46}

2.1.3. Période foétale

La période foétale est la période pendant laquelle ont lieu la différenciation des organes foetaux et la plus grande partie de la croissance du conceptus. Elle se termine à la parturition. La croissance du fœtus en longueur est maximale entre la 4^{ème} et la 6^{ème} semaine ; la croissance pondérale prédominant entre la 6^{ème} et la 8^{ème} semaine.^{17,34,35,46}

2.2. Caractéristiques hormonales

La gestation se maintient grâce un profil hormonal particulier, faisant intervenir aussi bien des hormones sexuelles que des hormones hypothalamo-hypophysaires, ou encore des hormones non spécifiques de la fonction de reproduction.

2.2.1. Les œstrogènes

Les œstrogènes favorisent les synthèses protéiques et, en cours de gestation, ils sont à l'origine du développement de l'épithélium vaginal, de la croissance de l'endomètre, de la multiplication des conduits lactifères et de l'acquisition de la motilité rythmique du myomètre (par stimulation de la synthèse des récepteurs utérins à l'ocytocine).^{25,28,38,44,45,56}

Les œstrogènes circulant pendant la gestation ont une origine ovarienne. Ils sont sécrétés par la granulosa, et leur concentration plasmatique est croissante au cours de la gestation. Le taux d'œstradiol devient très faible (entre 5 et 15 pg/mL dès la fin du pic de LH, sa remontée survient après le 25^{ème} ou le 30^{ème} jour de gestation. Ceci contribue à la phase de croissance et de différenciation des acini mammaires, la mammogénèse, et ensuite à la préparation du part. La mise en évidence de cette augmentation est difficile vu les faibles taux circulants d'œstradiol observés, et l'augmentation du volume plasmatique de la chienne en fin de gestation. Quelques heures avant la parturition, les concentrations sériques augmentent jusqu'à 30 pg/mL. Enfin, après la mise-bas, elles chutent à 5 pg/mL.^{21,25,28,38,44,45,56,70}

2.2.2. La progestérone

La progestérone est nécessaire au développement glandulaire de l'endomètre, à la sécrétion des fluides utérins, à la croissance endométriale, au maintien des attaches placentaires et à l'inhibition de la motricité utérine.^{28,38,56}

Elle est produite par le corps jaune. Les ovaires ont donc un rôle essentiel dans le maintien de la gestation.^{28,38}

Après le pic de LH, la progestéronémie est élevée pendant la première semaine et ce, jusqu'à la 5^{ème} à 6^{ème} semaine (15 à 90 ng/mL selon les animaux), puis la progestéronémie diminue pour atteindre un nouveau plateau pendant 1 à 2 semaines (4 à 15 ng/mL) avant de chuter brutalement 24 à 36 heures avant le part (2 ng/mL) sous l'effet de la lyse du corps jaune provoquée par l'augmentation de PGF2 α . Le corps jaune sécrète de manière autonome en début de gestation, puis requiert le support de facteurs lutéotropes, LH et prolactine, pour persister à partir du 18^{ème} jour de gestation.^{25,26,28,38,44,45,56,63-65,70}

2.2.3. Les facteurs lutéotropes : la prolactine et la LH

La prolactine est une hormone sécrétée par l'hypophyse antérieure sous le contrôle de la TRH (stimulation de la sécrétion), de la dopamine (inhibition) et d'hormones ovariennes.^{28,38}

La prolactine est une hormone lutéotrophique intervenant durant la 2^{ème} moitié de la phase lutéale. Sa concentration reste basse pendant le proœstrus et l'œstrus, puis augmente régulièrement après 35 jours de gestation, de 5 à 25 ng/mL. Une brève décharge se déroule 1 à 2 jours avant la parturition, pendant la diminution de la progestérone, puis sa concentration diminue 1 à 2 jours après la mise bas et remonte enfin par la suite pendant les 30 premiers jours de lactation.^{28,38,44,45,70}

Le rôle de la LH est moins évident et reste controversé. Si la LH est nécessaire au maintien de la fonction lutéale, il semblerait que son rôle soit plutôt lutéotrope (stimulation de la production de progestérone par le corps jaune) plutôt que lutéotrophique (nécessaire au fonctionnement du corps jaune). Toutefois, un apport exogène de LH au cours du dernier tiers de gestation augmente de façon significative la prolactinémie, mais pas la progestéronémie. La LH n'aurait donc peut être pas une action lutéotrope directe chez la chienne.^{20,24,59,70}

2.2.4. La relaxine

La relaxine est une hormone polypeptidique sécrétée par les ovaires et le placenta. C'est le marqueur le plus spécifique de la gestation puisqu'elle est indispensable à son maintien: elle inhibe les contractions du myomètre, favorise la croissance utérine, et prépare la parturition en augmentant l'élasticité de la filière pelvienne et en favorisant la dilatation du col.

La relaxine est produite de manière significative dès le 20^{ème} jour de gestation, augmente jusqu'aux 40^{ème} à 50^{ème} jours (5ng/mL), puis diminue jusqu'à la parturition.^{28,38,63-65,70}

2.2.5. Les prostaglandines

Les prostaglandines intervenant durant la gestation sont essentiellement du type PGF2 α . Elles sont sécrétées par les cellules de la granulosa et de la thèque interne des follicules ovariens, sous l'influence des gonadotrophines FSH et LH. Dans l'endomètre, leur production est contrôlée par le rapport œstrogène/progestérone.^{28,38,44,45,70}

2.2.6. La thyroxine et le cortisol

La thyroxine et le cortisol ne sont pas des hormones directement impliquées dans la gestation. Cependant, bien que leurs concentrations restent pratiquement inchangées pendant la gestation, leurs réponses aux tests de stimulation ne sont pas les mêmes. Il est courant d'observer une augmentation du cortisol à l'approche du part (40 à 80 ng/mL), reflet possible de l'augmentation de la sécrétion fœtale.^{28,38,70}

2.3. Développement embryonnaire et fœtal

Chez la chienne, la mise en place des annexes embryonnaires se fait au début de la période embryon nidé, soit entre le 19^{ème} et le 35^{ème} jour.^{34,35}

Dans cette espèce, la placentation est de type endochoriale, déciduée et zonaire.^{34,35}

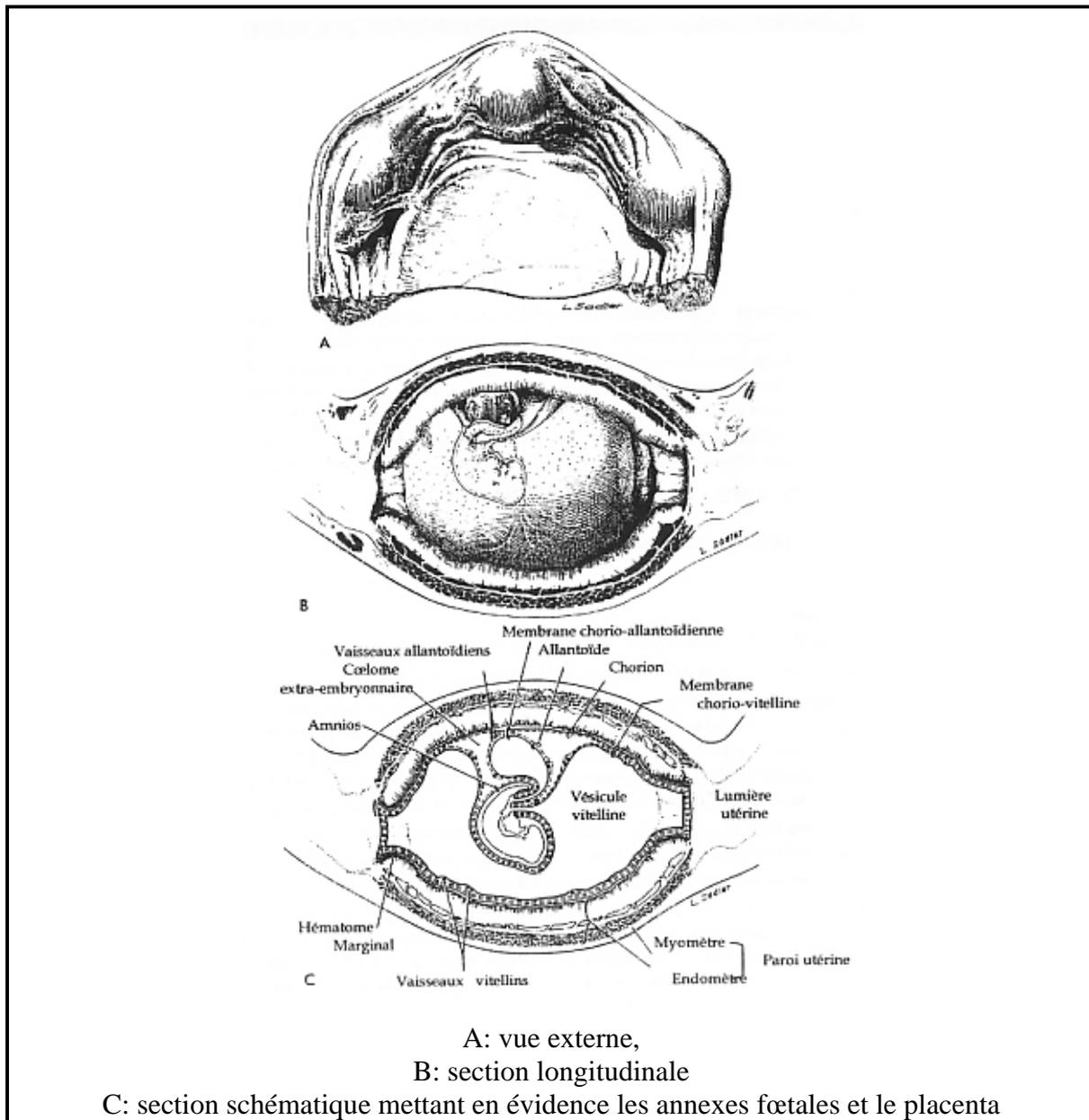
La placentation est qualifiée d'endochoriale car l'épithélium utérin et le conjonctif sous-jacent sont détruits par le syncytium chorial. Ce dernier, par son développement important, va noyer les capillaires sanguins maternels, dont l'endothélium sera néanmoins préservé (***Figures 2 et 3***).

La placentation est dite déciduée car la partie de la muqueuse utérine qui participe à la formation de l'appareil placentaire prend le nom de "décidue". Chez la chienne, cette "décidue" est partiellement détruite pendant la gestation et l'expulsion du placenta au moment de la parturition entraîne une hémorragie. Cependant, ces hémorragies restent relativement réduites chez la chienne.

La placentation est dite zonaire car les villosités choriales n'occupent qu'une zone annulaire et forment une ceinture autour de l'embryon et de ses annexes en zone équatoriale.

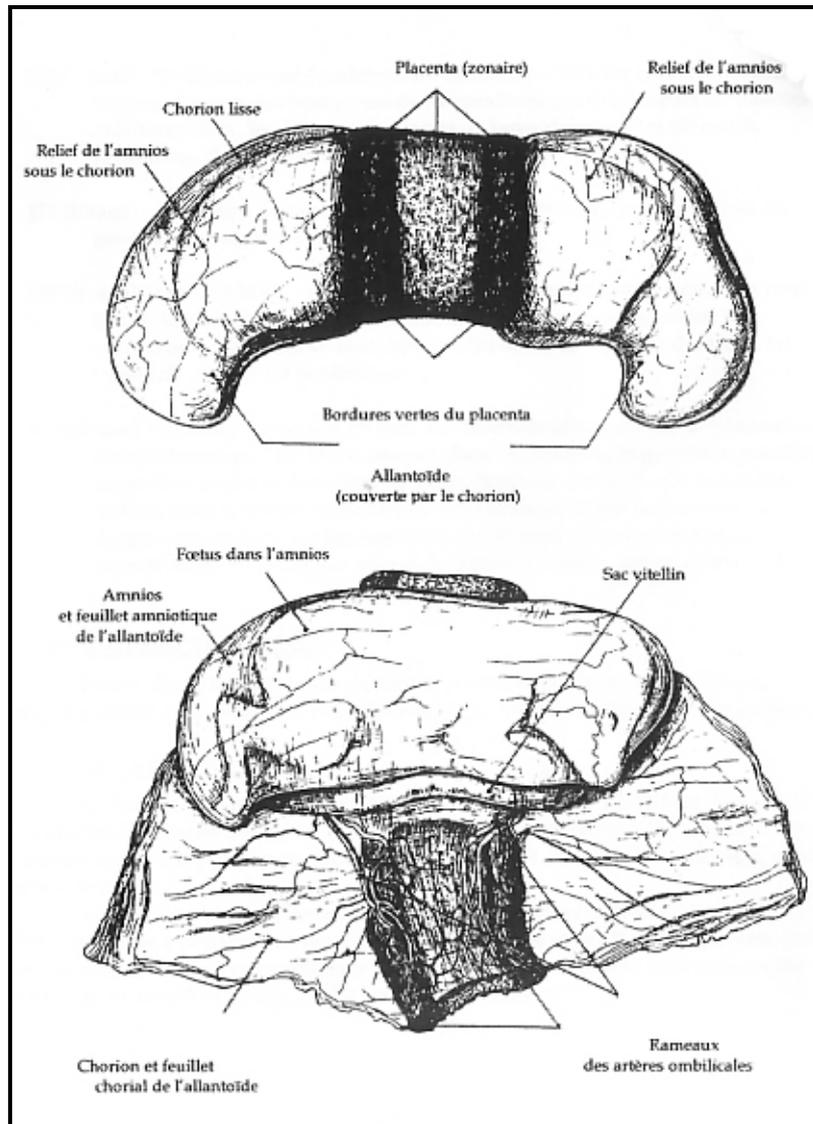
Le placenta permet les échanges gazeux, hydriques et de nutriments entre l'embryon et la mère, crée une barrière aux anticorps maternels en produisant des facteurs immunosuppresseurs et assure donc la croissance du nouvel organisme.

Figure 2 : Représentation schématique de l'utérus et de l'embryon à J₂₃



Source : EVANS³⁴

Figure 3 : Représentation schématique des annexes fœtales à la fin du développement



Source : EVANS³⁴

2.3.1. Développement embryonnaire

Le développement embryonnaire se produit entre le 19^{ème} et le 35^{ème} jour. Durant l'organogenèse, les feuilletts germinatifs se différencient suivant une séquence crânio-caudale.

L'ectoderme est à l'origine de l'épiderme et du système nerveux (avec un développement précoce des vésicules encéphaliques). Il participe aussi à la formation des arcs branchiaux, des bourgeons dentaires et des bourgeons des membres.^{4,5,34,35}

L'endoderme est destiné à produire l'épithélium de tout le tube digestif et de ses glandes annexes, et de l'épithélium de l'appareil respiratoire et de la vessie (cela en association avec le mésoderme, qui assure notamment la fixation des différents organes).^{4,5,34,35}

Le mésoderme engendre l'appareil circulatoire, les tissus conjonctifs et la partie glandulaire de l'appareil urogénital.^{4,5,34,35}

L'organogenèse est marquée par différents points critiques, aussi bien pour l'embryon que pour la mère (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Chronologie du développement embryonnaire à partir du pic de LH^{4,5,34,35}

JOURS	CHIENNE	EMBRYON
J ₁₇ -J ₁₈	Utérus de la même taille que celui d'une chienne pseudo-gestante.	Blastocystes également espacés les uns des autres. Implantation trophoblastique réalisée. Zone pellucide lysée. Ligne primitive visible sur la plaque neurale.
J ₂₀	Cavité d'implantation en forme de poire.	Tube neural fermé.
J ₂₁	Utérus faiblement élargi en regard des sites placentaires.	Pli céphalique fortement marqué et s'enroulant autour du bulbe cardiaque proéminent. Arcs branchiaux 1 et 2 présents. Apparition des bourgeons des membres thoraciques.
J ₂₂		Apparition des bourgeons des membres pelviens.
J ₂₃	Renflements utérins distincts. Cavités glandulaires et vasculaires de l'utérus hypertrophiés	Embryon allongé perpendiculairement au grand axe de l'ampoule. Extrémité crâniale incurvée vers la droite. Ébauche des membres thoraciques. Les processus mandibulaires, maxillaires, les arcs branchiaux 1, 2 et 3, et le bulbe hépatique sont bien marqués.
J ₂₄		Formation de la dernière paire d'arcs branchiaux.
J ₂₅	Les corps jaunes occupent la totalité de l'ovaire. Les renflements utérins sont presque sphériques (30 x 35 mm). La largeur du placenta est d'environ 29 mm.	Embryon de 14 mm environ. Formation des conduits auditifs, des yeux, des crêtes mammaires, de la lame dentaire. Éléments vertébraux chondrifiés et aspect de palettes indifférenciées des bourgeons des 4 membres
J ₂₈		Début d'ossification des os frontaux, mandibulaires et maxillaires.
J ₃₀	Renflements utérins de 33 x 50 mm. La largeur du placenta est supérieure à la moitié de l'embryon.	Formation des paupières et oreilles, ainsi que des poils tactiles sur le museau et les sourcils. Membres thoraciques bien différenciés et doigts distincts. Tubercule génital proéminent.
J ₃₃		Embryon de 29 mm. Ossification des os nasaux, incisifs, palatins, zygomatiques, pariétaux, de la portion médiane des côtes 4 à 10, de la diaphyse des os longs (humérus, radius, ulna, fémur, tibia, fibula). Fusion des lames palatines. Doigts visibles sur les membres postérieurs.

À J₃₃, l'embryon a acquis les caractères externes propres à son espèce ; la période embryonnaire laisse place à la période fœtale.

2.3.2. Le développement fœtal

La fin du développement embryonnaire est marquée par la mise en place des caractères propres à l'espèce. Les ébauches de tous les organes sont formées et l'embryon se nomme alors fœtus. Le développement fœtal chez le chien correspond environ au dernier tiers de la gestation (à partir de J₃₄), et est marqué par le développement des organes génitaux externes (et donc l'acquisition de la différenciation sexuelle), l'allongement du tronc et des membres, la croissance de l'oreille externe, la croissance des phanères et le développement de la pigmentation. Les points les plus marquants et caractéristiques étant l'ossification du squelette, la mise en place de la dentition et le développement des organes génitaux externes (**Tableau 3**).^{4,5,34,35}

2.3.2.1. Le développement des organes génitaux externes

Pendant le développement embryonnaire se met en place un tubercule génital indifférencié. Puis, dès 35 jours, se mettent en place des organes différenciés qui vont progressivement s'accroître en taille jusqu'à la naissance : un pénis et un renflement scrotal pour le mâle et un clitoris et un renflement labial pour la femelle.^{4,5,17,34,35}

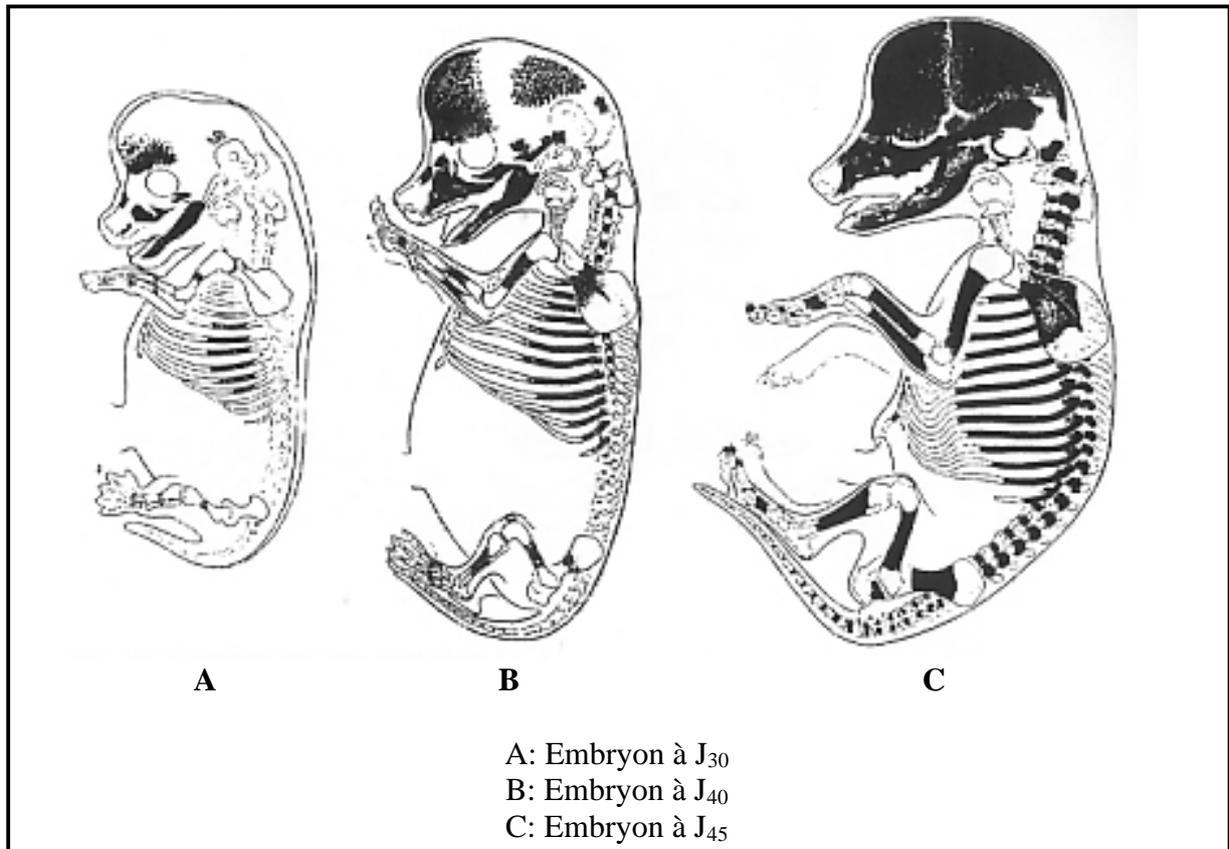
2.3.2.2. La dentition

La lame dentaire est initiée dès J₂₅, lors du développement embryonnaire. Les bourgeons dentaires sont presque tous présents au début du développement fœtal, mais la calcification des dents déciduales commence au 42^{ème} jour de gestation pour les prémolaires 3 et 4 inférieures, se poursuit à J₄₅ pour les canines et les prémolaires supérieures, puis entre J₄₅ et J₄₈ pour les incisives supérieures et finalement à J₅₁ pour les incisives inférieures, les prémolaires 2 supérieures et inférieures et pour les prémolaires 4 supérieures. L'ossification se termine après le 20^{ème} jour post-partum pour les couronnes et pour les racines dentaires.^{17,34,35,71}

2.3.2.3. L'ossification du squelette

L'ossification du squelette se fait à partir d'une matrice cartilagineuse (ossification enchondrale) ou d'une matrice fibreuse (ossification membraneuse). L'ossification enchondrale, qui concerne par exemple les os longs, commence dès le développement embryonnaire et fœtal à partir de noyaux d'ossification primaires, et se poursuit bien souvent lors du développement post-partum au niveau des cartilages de conjugaison. Au sein d'une espèce, la séquence d'ossification du squelette est uniforme et permet ainsi de dater une gestation (**Figures 4 et 5**).^{4,17,34,35}

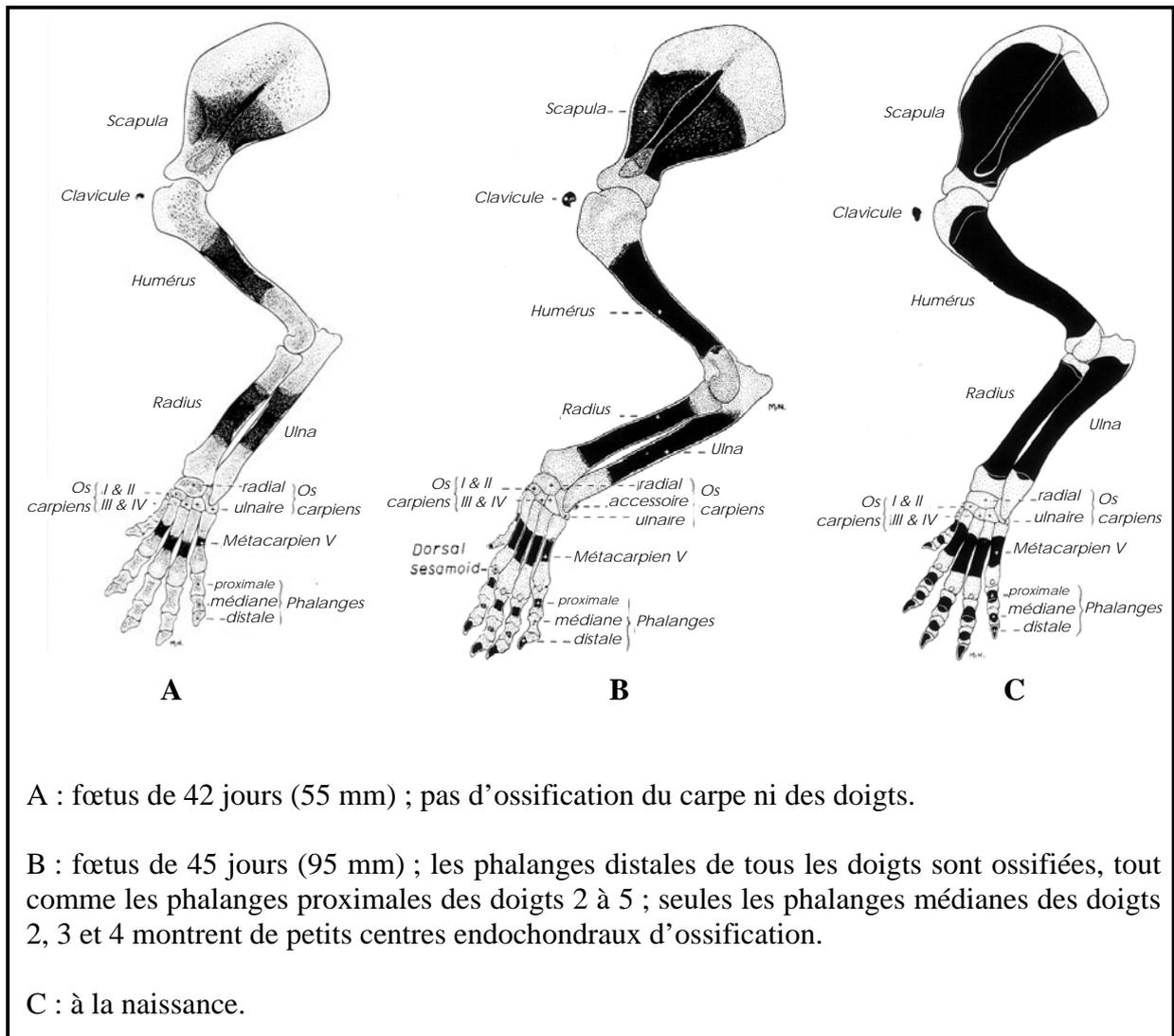
Figure 4 : Représentation schématique de l'évolution de l'ossification sur une vue latérale du squelette



Source : EVANS³⁴

✓ Les zones noires représentent les parties ossifiées du squelette.

Figure 5 : Représentation schématique de l'ossification progressive du membre thoracique et de l'épaule chez le Beagle



Source : EVANS³⁴

✓ Les zones noires représentent les parties ossifiées du squelette.

2.3.2.4. Chronologie du développement fœtal

Tableau 3 : Chronologie du développement fœtal à partir du pic de LH^{4,5,34,35}

JOURS	CHIENNE	FOETUS
J₃₅	Renflements utérins de 43x74 mm. Largeur du placenta égale à la longueur du fœtus.	Fœtus de 35 mm de longueur. Paupières développées et yeux clos. Différentiation des organes génitaux. Sternèbres réunies en une ligne médiane. Ossification des os lacrymal, ptérygoïde, temporal, de la scapula et de la partie moyenne des côtes 2 à 13. Doigts complètement différenciés.
J₃₇		Fœtus de 47 mm de longueur. Ossification de la première côte, des arcs neuraux de C1 à C4, du centre de l'ilium, de l'os supraoccipital, de l'aide temporale de l'os basisphénoïde et des métacarpes II, III et IV.
J₃₈		Fœtus de 53 mm de longueur. Ossification des os exoccipitaux, de la bulle tympanique, des centres vertébraux de C2 à L6, des arcs vertébraux de C1 à T8, des métacarpes I et V et des métatarses II à V. Début d'ossification du cartilage mandibulaire.
J₃₉		Fœtus de 60 mm de longueur. Ossification de l'aile orbitaire du présphénoïde, du basiphénoïde, du processus basilaire de l'os occipital, des centres et des arcs vertébraux de C1 à S1, des phalanges distales des doigts 1 et 2 du membre thoracique et du doigt 2 du membre pelvien.
J₄₀	Les ampoules utérines mesurent 54x81 mm. La largeur du placenta est environ égale à la longueur du fœtus. Bouchon cervical formé.	Fœtus de 65 mm de longueur. Yeux clos et paupières fermées. Hernie ombilicale résorbée, griffes discernables.
J₄₂		Fœtus de 70 mm de long. Ossification de la dent de l'axis, des centres des vertèbres caudales, des sternèbres 1 à 5 des phalanges distales 1 à 5 et proximales 3 et 4 de tous les doigts.
J₄₃		Fœtus de 76 mm de longueur. Ossification des dernières vertèbres caudales, des sternèbres 1 à 7, des phalanges proximales 1 à 5 des antérieurs et 2 à 5 des postérieurs.
J₄₅	Les renflements utérins deviennent plus homogènes. L'utérus se replie sur lui-même pour s'adapter à l'espace libre. La largeur du placenta est inférieure à la longueur du fœtus.	Fœtus de 86 mm de longueur. Début de pigmentation, pousse des poils. Le scrotum ou les lèvres vulvaires sont proéminents. Minéralisation puis fusion de l'os interpariétal avec l'os supraoccipital. Ossification des centres vertébraux de C1 à Cd17 et de leurs arcs de C1 à S3, associé aux arcs de Cd2 à Cd4 et de Cd9 à Cd13; des phalanges moyennes et de l'ischium.
J₅₀	Homogénéité complète des renflements utérins. Les fœtus voisins sont en contact les uns des autres.	Fœtus de 107 mm de longueur. Le corps est bien proportionné. Ossification de l'os ethmoïde latéral, du rocher, de l'enclume, de l'os stylohyoïdien, des sternèbres 1 à 8 et des métacarpes et phalanges des membres thoraciques.
J₅₅	Les fœtus peuvent se mouvoir librement à l'intérieur de la bande placentaire.	Fœtus de 144 mm de longueur. Ossification de toutes les dents déciduales et de PM1 inférieure, de l'os thyroïdien, épithyroïdien, de tous les arcs et centres vertébraux, de tous les métacarpes, métatarses et des phalanges.
J₅₇		Fœtus de 150 mm de longueur. Ossification du talus, des ailes sacrales de S1 et du basihoïdien.
J₆₀₋₆₃	Période de la mise bas. Col utérin dilaté.	Fœtus de 158-163 mm de longueur.

3. Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation peut être un impératif, tant pour le propriétaire que pour l'animal gravide. Les motivations d'un diagnostic de gestation le plus précoce possible sont:

- Satisfaire le propriétaire désireux de connaître le statut de sa chienne ;
- Adapter l'alimentation de la chienne gravide de manière à assurer les apports protéiques et caloriques nécessaires à la croissance des fœtus et au dépôt des réserves indispensables à la lactation ;
- Surveiller l'état de santé de la chienne, aussi bien lors de gestation normale (diminution physiologique de la sensibilité à l'insuline dès le 35^{ème} jour et donc risque d'aggravation d'un état diabétique préexistant) que lors d'état de gestation pathologique (morts fœtales ou embryonnaires, pathologies utérines) ;
- Assurer une bonne conduite de gestion d'un élevage ;
- Procéder à un avortement de convenance lors de gestation non désirée.

Il existe différentes méthodes permettant d'établir un diagnostic de gestation, reposant sur des signes cliniques généraux maternels, des examens biochimiques, hématologiques ou endocrinologiques, ou encore des examens d'imagerie.

Un outil de diagnostic de gestation doit être fiable, précoce, facile d'utilisation et d'interprétation et doit présenter une innocuité tant pour la mère que pour les embryons ou les fœtus.

3.1. Marqueurs indirects de gestation: les signes cliniques maternels

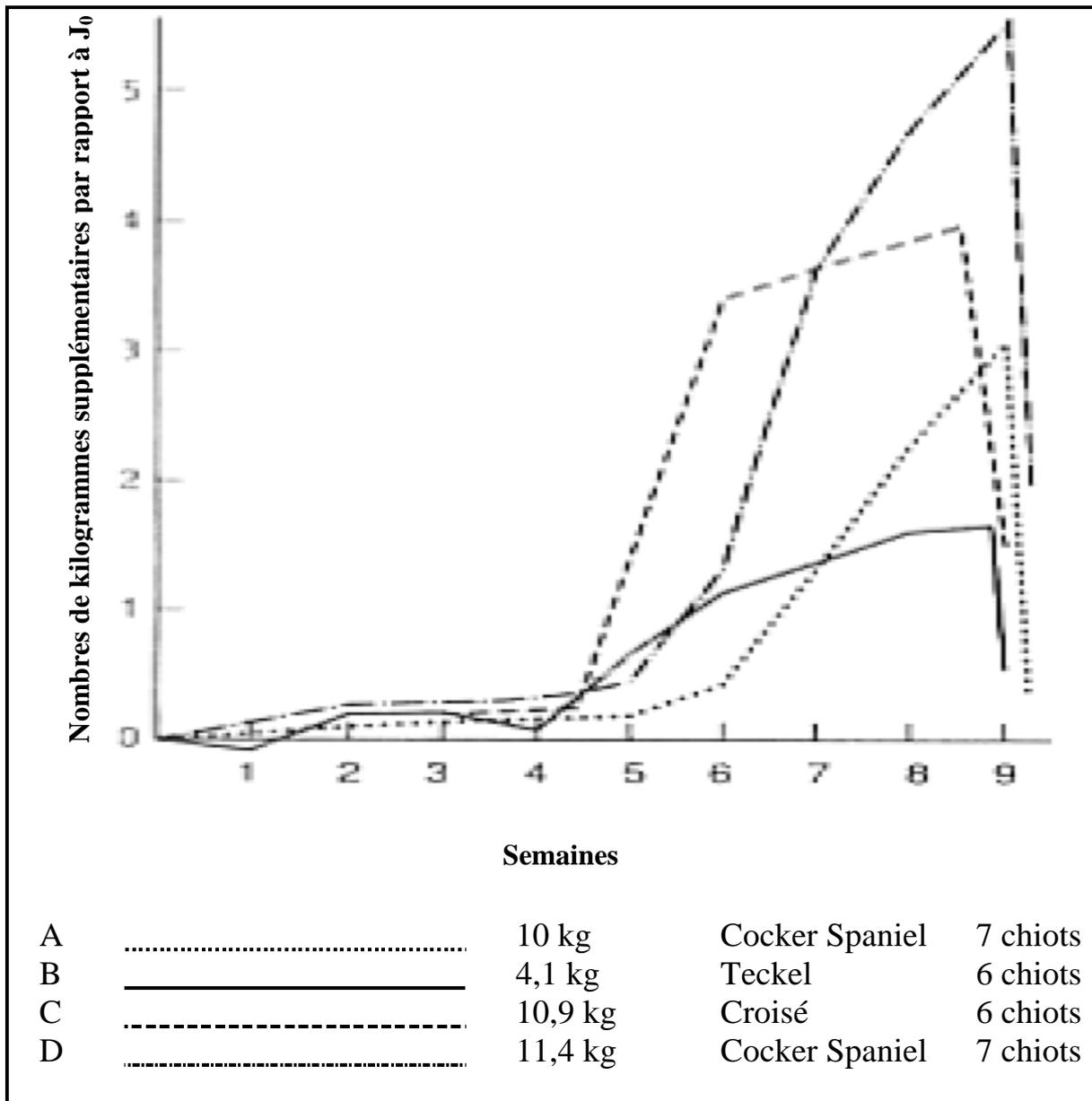
3.1.1. Modifications comportementales

La chienne gravide devient souvent plus calme ou plus craintive. Il est souvent observé une augmentation de l'appétit correspondant à l'anabolisme gravidique et une modification générale du comportement alimentaire. Durant la seconde période de la gestation, une pollakiurie peut être observée. Puis, autour de la période de la mise bas, la chienne tend à s'isoler.^{9,49}

3.1.2. Modifications anatomiques

Chez les primipares, il est souvent observé une augmentation du tissu adipeux sous-conjonctif en région abdominale. Néanmoins, l'augmentation de poids n'est souvent appréciable qu'à partir de la 5^{ème} semaine et est fonction du nombre de fœtus (**Figure 6**). Une hypertrophie du tissu mammaire apparaît environ 7 jours avant le terme. Chez les primipares, des modifications de pigmentation, de congestion locale et de taille peuvent apparaître dès le 35^{ème} jour.^{9,49,56} La lactation peut apparaître dès le 40^{ème} jour, mais sa date de survenue est très variable selon les individus.

Figure 6 : Représentation graphique de l'évolution de poids de la chienne au cours de la gestation en fonction de la race



Source : JOHNSTON et al.⁴⁹

3.1.3. Modifications biochimiques et hématologiques

La mise en place de la gestation est à l'origine d'une réaction inflammatoire due à l'implantation du blastocyste. Ainsi, des variations de marqueurs inflammatoires systémiques comme le fibrinogène plasmatique ou le CRP ont été décrites lors de gestation, mais sont non spécifiques puisqu'elles se rencontrent lors de toute maladie inflammatoire.^{2,9,50,57,69}

Bien qu'également non spécifiques, les modifications hématologiques semblent plus sensibles que les modifications biochimiques.¹⁷ L'hématocrite descend chez la chienne gestante dès le 25^{ème} jour après le pic de LH, puis passe sous 40% en moyenne vers le 35^{ème} jour, et sous 35% en moyenne lorsque la date du terme se rapproche.^{2,9,26,49,50,69}

La numération-formule sanguine montre quant à elle une anémie normocytaire normochrome (dilution sanguine liée à l'augmentation du volume plasmatique, non associée à une augmentation des érythrocytes), ainsi qu'une leucocytose non spécifique (phénomène inflammatoire consécutif à l'implantation fœtale). Ces modifications seraient utilisables pour un diagnostic de gestation entre le 35^{ème} et le 50^{ème} jour, mais elles restent totalement non spécifiques et peuvent se rencontrer lors d'états pathologiques comme le pyomètre.^{2,9,49,50,69}

3.2. Marqueurs directs de la gestation

3.2.1. L'examen clinique

3.2.1.1. La palpation externe

L'implantation des blastocystes dans les cornes utérines a lieu 20 jours après le pic de LH. Dès 22 à 24 jours après le pic, de discrets renflements ovoïdes peuvent être palpés (*Figure 7*). Ces renflements ne sont facilement palpables que pendant 10 à 15 jours, soit jusqu'au 30^{ème} jour de gestation environ. Par la suite, l'augmentation de taille de l'utérus lui fait prendre une position plus crâniale, en arrière des côtes, rendant la palpation difficile. Suite à la croissance des fœtus, leur palpation redevient possible à partir du 45^{ème} jour de gestation, notamment par palpation des crânes fœtaux.^{42,49,57,58,75}

Figure 7 : Palpation abdominale externe



Source : Internet

3.2.1.2. L'auscultation

L'auscultation des bruits cardiaques fœtaux est possible, en arrière de l'ombilic, dans les 15 derniers jours de gestation. La fréquence cardiaque des fœtus est l'ordre de 180 à 240 battements par minute. En fin de gestation, une absence de bruits cardiaques discernables peut signifier une mort fœtale, mais peut aussi être liée au statut corporel de la mère ainsi qu'à la position des fœtus ou à leur nombre.^{58,68,69}

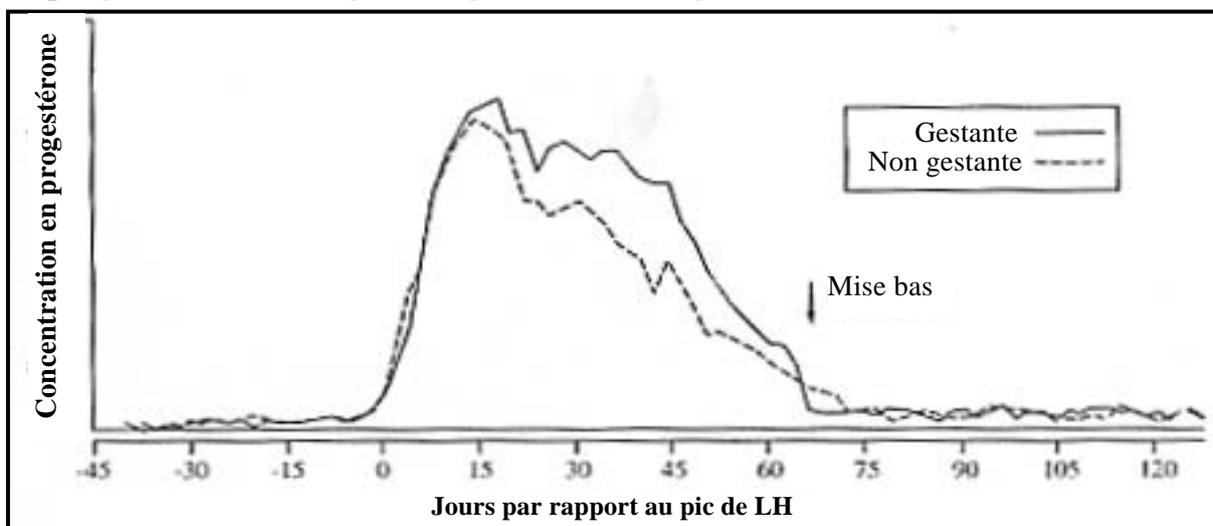
3.2.2. Les dosages hormonaux

Contrairement aux chiennes non gravides, les chiennes gestantes présentent des valeurs basses en œstrogènes. En ce qui concerne la progestérone, la concentration plasmatique des femelles gestantes n'est pas significativement différente de celle des femelles non gestantes (**Figure 8**). Elle est de plus très variable, et donc peu utile en tant que diagnostic de gestation précoce. Elle peut néanmoins être utilisée pour prévoir la date du part, puisque sa concentration chute la veille de la mise bas.^{26,28,49,57}

La relaxine est le marqueur hormonal le plus fiable, puisque le dosage de la relaxine à l'aide des kits de dosage Reprocheck © ELISA (dosage quantitatif) ou WitnessRelaxin © (immuno-migration qualitative) (Synbiotics) permet quasiment un diagnostic de certitude.

Le test ELISA peut être positif à partir de 24-27 jours et le test WITNESS à partir de 26-30 jours à partir du pic de LH. En effet, le placenta débute la sécrétion de l'hormone entre le 24^{ème} et le 28^{ème} jour suivant le pic de LH, jusqu'à la mise bas. Son taux atteint un maximum de 4 à 6 ng/mL, 2 à 3 semaines avant le part, et reste élevé jusqu'à la mise bas. La concentration de cette hormone peut varier suivant les races (une chienne Labrador aura un taux plus élevé que celui d'une chienne Beagle) et la taille de la portée (plus cette dernière est importante, plus le signal sera élevé). Si le résultat du test est négatif il est conseillé de le répéter une semaine plus tard.^{10,26,28,38,47,63-65}

Figure 8 : Représentation graphique de la variation de la concentration plasmatique en progestérone chez la femelle gestante et non gestante



Source : JOHNSTON et al.⁴⁹

3.2.3. Les examens d'imagerie

3.2.3.1. L'échographie

L'échographie bidimensionnelle est une méthode fiable de diagnostic de gestation.^{9,11,17,72-76} Elle permet un diagnostic dès le 21^{ème}, voire le 14^{ème} jour de gestation, et présente une sensibilité bien supérieure à la radiographie : une étude cite 99,3% de sensibilité et une valeur prédictive négative de 100% (**Figures 9 et 10**).^{12,13,66}

L'échographie bidimensionnelle ou l'échographie Doppler permettent de plus un diagnostic de viabilité fœtale par étude des mouvements et des battements cardiaques.^{58,72-76}

Il est couramment reconnu que l'échographie permet également la détermination du nombre de fœtus. Des études annoncent une exactitude dans le dénombrement des fœtus de 31,8% à 36,0% des cas, avec une surestimation des petites portées et une sous-estimation des grandes portées.^{13,30,67} La précision serait meilleure pour les portées de moins de 5 chiots.³⁰ Une étude plus récente annonce un résultat correct dans 65% des cas, et un résultat correct à un chiot près dans 89,5% des cas, avec une tendance à avoir de moins bons résultats dans les grandes races (**Tableau 4**).⁵²

Tableau 4 : Influence de la taille de la chienne sur l'exactitude de la taille de la portée prédite

Différence réalité/prédiction (en nombre de chiots)	Petites races (%)	Races moyennes (%)	Grandes races (%)
0	79,2	100	52,2
+/- 1 chiot	100	100	76,1
+/- 2 chiots	100	100	97,8
Nombre de chiennes	24	6	45

Source : LENARD et al.⁵²

L'échographie permet de plus une détermination de l'âge du fœtus, et donc une détermination de la date du part, à partir de l'étude des structures fœtales et extra-fœtales (**Tableaux 5 à 7**).^{32,51,55,58,62,72-76} Une bonne prédiction peut notamment être obtenue à partir de la mesure du diamètre interne de la cavité chorionique au début de la gestation, et du diamètre bipariétal à la fin. Cependant, la précision pouvant être modifiée par la taille de la chienne, des formules spécifiques selon la taille de la chienne, ou des coefficients correcteurs ont été suggérés.^{7,51,55} Récemment, la mesure de la portion profonde de la vésicule diencephalo-télecephalique s'est avérée être aussi un bon prédicteur de la date du part, à condition d'ajuster les formules utilisées selon la taille de la chienne.⁸

Tableau 5 : Détermination de la date de la parturition (nombre de jours restants) en fonction du diamètre du corps et du diamètre bipariétal de la tête, déterminés par échographie sur des Labradors

Fetal Trunk Diameter (cm)	Fetal Biparietal Head Diameter (cm)																					
	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
0.6	26	25	24	24	23	23	22	21	21	20	20	19	18	18								
0.8	25	24	24	23	23	22	21	21	20	20	19	18	18	17	17							
1.0	24	24	23	23	22	21	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16						
1.2	24	23	23	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	15	14					
1.4	23	23	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	15	14	14	13				
1.6	23	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	15	14	13	13	12				
1.8	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	15	15	14	13	13	12	11			
2.0	22	21	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15	14	13	13	12	12	11	10		
2.2	21	21	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15	14	13	13	12	12	11	10	10		
2.4	21	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15	14	13	13	12	12	11	11	10	9	9	9
2.6	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8
2.8	19	19	18	18	17	16	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8	8
3.0	19	18	18	17	17	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8	7	7
3.2	18	18	17	17	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	7
3.4	18	17	17	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7	6	6
3.6	17	17	16	15	15	14	14	13	13	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7	6	5	5
3.8	17	16	16	15	14	14	13	13	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7	6	5	5	4
4.0	16	16	15	14	14	13	13	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4
4.2	16	15	14	14	13	13	12	11	11	10	10	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3
4.4	15	14	14	13	13	12	11	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	5	4	4	3	3
4.6	14	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	5	4	4	3	3	2
4.8	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	5	4	4	3	3	2	2
5.0		13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1
5.2			12	11	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	0
5.4				10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	0	0
5.6					9	9	8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	0	0	0
5.8						8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	1	0	0	0
6.0							7	6	6	5	5	4	4	3	2	2	1	1	0			
6.2								6	5	5	4	4	3	2	2	1	1	0				
6.4									5	4	4	3	2	2	1	1	0					

Source : ENGLAND et al.³²

Tableau 6 : Table de prédiction de la date du part utilisant les équations de régression pour le diamètre interne de la cavité chorionique (DICC) de 45 à 26 jours avant la mise bas et le diamètre crânial fœtal (DCF) à partir de 25 jours avant la mise bas, chez le Bichon Maltais et le Yorkshire Terrier

DICC ^(mm)	Jours avant le part		DCF ^(mm)	Jours avant le part	
	Bichon Maltais	Yorkshire terrier		Bichon Maltais	Yorkshire terrier
2	43	43	8.5	25	26
3	42	43	9	25	25
4	42	42	9.5	24	24
5	41	41	10	23	23
6	40	41	10.5	22	22
7	40	40	11	22	22
8	39	39	11.5	21	21
9	38	39	12	20	20
10	38	38	12.5	19	19
11	37	37	13	18	18
12	36	37	13.5	18	18
13	35	36	14	17	17
14	35	35	14.5	16	16
15	34	35	15	15	15
16	33	34	15.5	15	14
17	33	33	16	14	13
18	32	33	16.5	13	13
19	31	32	17	12	12
20	30	31	17.5	12	11
21	30	31	18	11	10
22	29	30	18.5	10	9
23	28	30	19	9	9
24	28	29	19.5	8	8
25	27	28	20	8	7
26	26	28	20.5	7	6
27	–	27	21	6	5
28	–	26	21.5	5	4
29	–	26	22	5	4
			22.5	4	3
			23	3	2
			23.5	2	1
			24	2	0
			24.5	1	–
			25	0	–

Source : SON et al.⁶²

Tableau 7 : Âge de gestation en fonction de critères échographiques chez le Beagle

ÉLÉMENTS ÉCHOGRAPHIQUEMENT VISIBLES	NOMBRE DE JOURS APRÈS LE PIC DE LH
<i>Sac gestationnel</i>	20
<i>Paroi utérine :</i> - sac gestationnel échogène - couches placentaires - zone placentaire	20-23 22-24 27-30
<i>Position de l'embryon :</i> - apposé à la paroi utérine - dans la cavité chorionique	23-25 29-33
<i>Membranes fœtales :</i> - membrane vitelline - membrane allantoïdienne - membrane vitelline d'apparence tubulaire - membrane vitelline repliée	25-28 27-31 27-31 31-35
<i>Embryon et fœtus :</i> - battements cardiaques - bipolarité - zone anéchogène au niveau de la tête - plexus choroïdes - bourgeons des membres - mouvements fœtaux - tube sagittal dorsal - squelette - vessie - estomac - poumons hyperéchogènes au foie - foie hyperéchogène au reste de l'abdomen - reins - yeux - cordon ombilical - intestin	23-25 25-28 25-31 31-35 33-35 34-36 30-39 33-39 35-39 36-39 38-42 39-47 39-47 39-47 40-46 57-63
<i>Diamètres relatifs :</i> - diamètre du corps 2 mm > tête - diamètre du corps / cavité chorionique > ½ - distance crânio-caudale > placenta - diamètre du corps / diamètre utérin externe > ½	38-42 38-42 40-42 46-48
<i>Parturition</i>	63-65

Source : YEAGER et al.⁷⁵

L'échographie est donc une méthode de diagnostic plus précoce que la radiographie. C'est une méthode non invasive et non dangereuse, qui permet l'observation des fœtus dans tous les plans et la visualisation des organes internes. Elle présente néanmoins l'inconvénient d'être opérateur-dépendant et de nécessiter un matériel coûteux.

Figure 9 : Diagnostic de gestation par échographie à J₂₅, coupe transversale de l'embryon



Source : Service d'Imagerie, ENVA

Figure 10 : Diagnostic de gestation par échographie à J₂₅, coupe longitudinale de l'embryon



Source : Service d'Imagerie, ENVA

3.2.3.2. La radiographie

La radiographie est un examen d'imagerie simple à mettre en place. La technique radiographique doit néanmoins être parfaitement maîtrisée pour être interprétable. Ainsi, bien que non nécessaire, une diète alimentaire de 24 heures et une préparation du côlon 2 heures avant l'examen peuvent permettre d'optimiser la reconnaissance des fœtus lors de diagnostic de gestation.^{6,9,22,36,37,60}

La radiographie permet de mettre en évidence des signes indirects de gestation, lors des phases précoces, ou des signes directs de visualisation de fœtus après leur début de minéralisation.

Pour un examen radiographique de bonne qualité, l'association d'une vue de face et d'une vue de profil est indispensable. Il est important d'inclure l'ensemble de l'abdomen et de réaliser un cliché ventro-dorsal afin de mettre en évidence d'éventuelles causes de dystocie (lésion du bassin, volume du fœtus s'engageant dans le bassin, existence d'un obstacle au niveau de la filière pelvienne, évaluation du diamètre bi-iliaque, évaluation d'une éventuelle disproportion fœto-maternelle en comparant le diamètre du crâne des fœtus avec le plus petit diamètre de la filière pelvienne).^{9,17,56}

3.2.3.2.1. Signes indirects de gestation

Bien qu'un diagnostic de gestation ne puisse être établi avant l'ossification des fœtus, il est possible d'observer des modifications radiographiques de l'utérus. L'utérus n'est radiographiquement pas visualisable chez un animal non gravide. Cependant, lors de gestation, il est parfois possible de mettre en évidence, 35 jours après le pic de LH, des renflements circulaires de l'utérus.^{34,35} À partir de 36 à 43 jours, l'utérus prend une structure tubulaire lisse, située le long de la paroi abdominale sur une vue dorso-ventrale, mais difficilement différenciable d'anses digestives.^{34,35} Le diagnostic différentiel d'augmentation de taille de l'utérus doit de plus prendre en compte un pyomètre, un hydromètre, un mucomètre, une torsion utérine, un adénomyosis utérin, ou encore une mise bas récente.^{37,58,60}

3.2.3.2.2. Signes directs de gestation : visualisation des fœtus

Le début de minéralisation des fœtus commence au 35^{ème} jour de gestation après le pic de LH. La minéralisation n'est néanmoins suffisante qu'à partir du 45^{ème} jour de gestation après le pic de LH (soit 43 à 54 jours après accouplement) pour être radiographiquement visible.^{22,54,60} La radiographie permet de plus, en fonction des éléments minéralisés, de déterminer l'âge des fœtus, et donc de prévoir approximativement la date du part (**Tableau 8**).

La fiabilité du diagnostic de gestation est de 100% lors du dernier tiers de gestation, et la fiabilité de détermination du nombre de fœtus est 93% (**Figures 11 et 12**).^{6,67}

Tableau 8 : Évolution radiographique de l'évolution de taille de l'utérus et de la minéralisation des fœtus

ÉVÈNEMENTS	JOURS APRÈS LE PIC DE LH	JOURS AVANT LA MISE BAS
Première visualisation de l'utérus	30 (28-34)	35 (32-36)
Renflements utérins	35 (31-38)	30 (27-33)
Renflements tubulaires/ovoïdes utérins	41 (38-44)	24 (22-27)
Première minéralisation fœtale: rachis, crâne, côtes	45 (43-46)	21 (20-22)
Visualisation humérus, scapula, fémur	48 (46-51)	17 (15-18)
Visualisation radius, ulna, tibia	52 (50-53)	11 (9-13)
Visualisation bassin	54 (53-57)	11 (9-13)
Visualisation 13 côtes	54 (52-59)	11 (7-12)
Visualisation vertèbres caudales, fibula, calcaneus, membres	61 (55-64)	5 (2-9)
Visualisation dents	61 (58-63)	4 (3-9)
Mise bas	65 (64-66)	0

Source : *RENDANO*⁶⁰

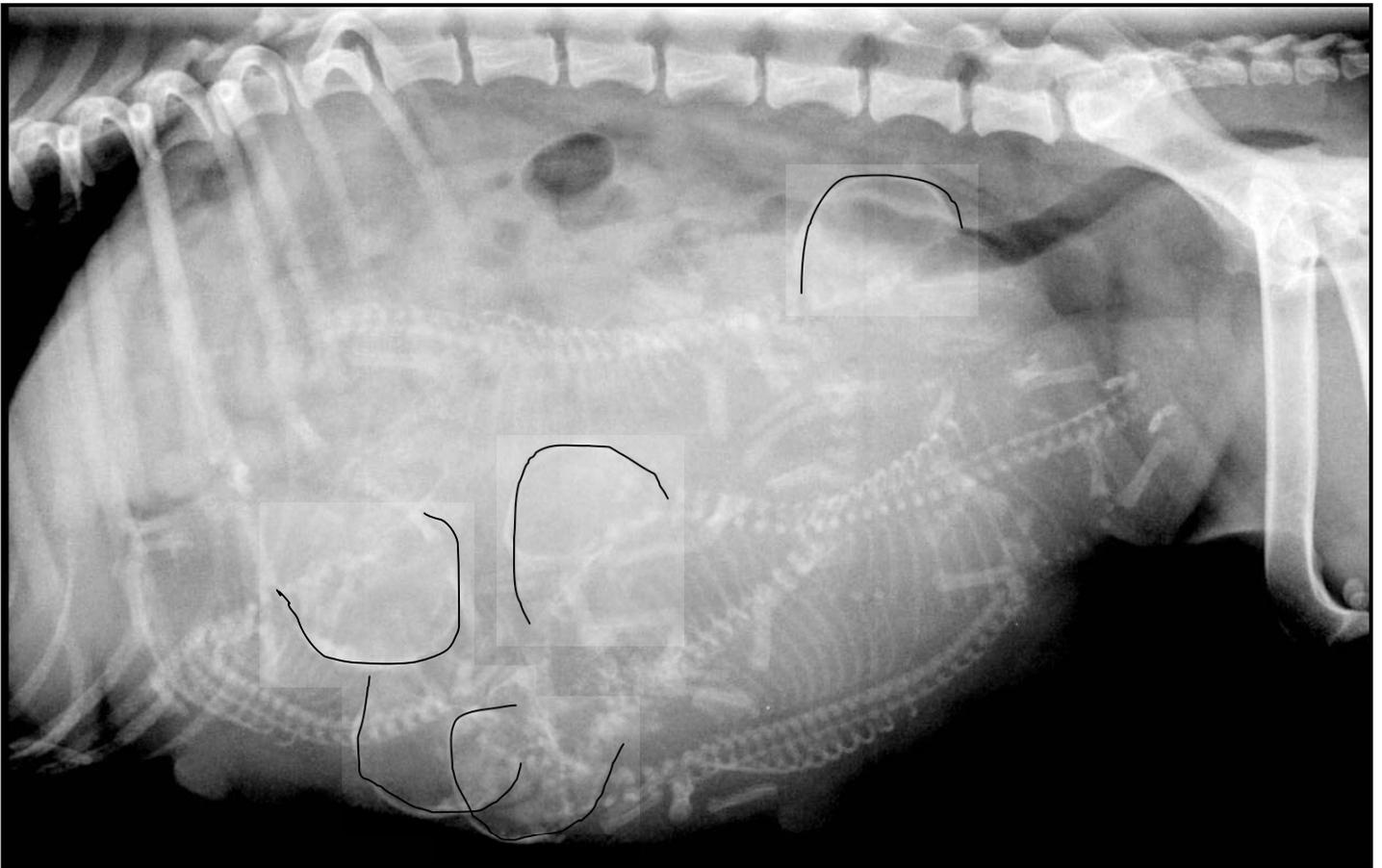
Figure 11 : Diagnostic de gestation par radiographie, vue de face ventro-dorsale



Source : Service d'Imagerie, ENVA

- *Sur cette radiographie abdominale vue de face réalisée chez un Jack Russell Terrier 62 jours après le pic de LH, 5 crânes (contours soulignés par les traits noirs) ainsi que 5 colonnes vertébrales fœtales sont dénombrés, conduisant à une estimation de 5 fœtus.*

Figure 12 : Diagnostic de gestation par radiographie, vue de profil



Source : Service d'Imagerie, ENVA

- Radiographie de la même chienne, vue de profil. Les 5 crânes (contours soulignés par les traits noirs) et colonnes vertébrales sont retrouvés, confirmant l'estimation précédemment avancée.

La radiographie est donc une méthode de diagnostic intéressante, mais malheureusement tardive car elle nécessite l'ossification des fœtus pour être fiable. Elle présente comme avantages d'être un examen disponible, peu onéreux, d'interprétation aisée et informative quant au nombre de fœtus et permettant de suivre une gestation présumée normale ou de rechercher des causes de dystocies. Elle présente comme inconvénients de fournir des images dans un seul plan, d'avoir une faible résolution, d'utiliser des radiations ionisantes et de ne permettre que très tardivement l'évaluation de la viabilité des fœtus.

Tableau 9 : Comparaison des principales méthodes de diagnostic de gestation

EXAMEN	PERIODE OPTIMALE DU DIAGNOSTIC	REMARQUES
Palpation abdominale	28-30 jours après l'ovulation 31-33 jours après le pic de LH	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilité variable, opérateur-dépendant ; - Dénombrement médiocre.
Radiographie	> 42 jours après l'ovulation > 45 jours après le pic de LH ou l'accouplement	<ul style="list-style-type: none"> - Non utilisé pour diagnostic de gestation précoce ; - Donne bonne indication sur le nombre de fœtus.
Échographie	> 22 jours après l'ovulation > 25 jours après le pic de LH	<ul style="list-style-type: none"> - Excellente sensibilité pour le diagnostic de gestation précoce - Donne indication sur le nombre de fœtus et sur leur viabilité.
Concentration en relaxine	> 25 jours après l'ovulation > 28 jours après le pic de LH > 21 jours après l'accouplement	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne sensibilité ; - Signal plus important lors de grandes portées mais pas de dénombrement possible.

4. La mise bas eutocique

Chez la chienne, la mise bas eutocique se produit 64 à 66 jours après le pic de LH, soit 63 jours post-ovulation ou 57 à 72 jours après l'accouplement, et dure de 4 à 8 heures en moyenne (jusqu'à 24 à 36 heures pour une primipare).^{49,58,61}

La date de la parturition peut être déterminée à partir de la date de saillie mais cette détermination reste néanmoins imprécise. En revanche, on aura une idée plus précise si on connaît la date de l'ovulation : 63,1 jours \pm 4,2 jours.¹⁰ On peut également suivre la cinétique de la progestérone au cours de la gestation.

La radiographie (par les événements d'ossification des fœtus), ou l'échographie (par la détermination du diamètre bipariétal) peuvent également permettre d'évaluer la date du part.

Enfin, il est fréquemment observé une chute de la température corporelle de 1°C en moyenne dans les 24 à 48 heures précédant la mise bas (correspond à la chute de la progestéronémie et à l'inversion du rapport œstrogènes/progestérone). Ce signe, bien que facile à suivre, reste relativement imprécis, et ce d'autant plus que plusieurs chutes de température peuvent être observées au cours des 4 derniers jours.^{19,26,30,32,38,49,58,61}

La mise bas est divisée en 3 phases: dilatation et relâchement du col, expulsion des fœtus puis expulsion des annexes.^{48,49}

Lorsque la date du part approche, le comportement de la femelle gestante est modifié : elle est inquiète, dysorexique, "prépare son nid", a tendance à s'isoler, ou au contraire à rechercher le contact. Ces prodromes commencent 2 à 3 jours avant la mise bas et sont souvent également associés à une tuméfaction et à un relâchement vulvaire et à une bascule du bassin (on dit que la chienne semble "cassée"). La turgescence des mamelles apparaît le plus souvent dans les 2 jours précédant le part, mais parfois survient 1 à 2 semaines avant, ou même après la parturition chez certaines primipares.⁵⁶

Après ces rappels bibliographiques sur le cycle sexuel de la chienne, la gestation, le diagnostic de gestation et la mise bas, nous allons nous intéresser à l'étude expérimentale proprement dite.

DEUXIÈME PARTIE :
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

1. Animaux, matériel et méthodes

1.1. *Recrutement des animaux*

Les chiennes ont été recrutées rétrospectivement, sur la période du 1^{er} janvier 2003 au 31 décembre 2006, dans les dossiers de l'ENVA (logiciel Clovis et archives informatisées du CERCA, cf. infra). Pour être incluses dans l'étude, les chiennes devaient avoir bénéficié d'au moins un diagnostic de gestation pendant cette période, échographie et/ou radiographie. Au moment de la mise en route de l'étude, en octobre 2006, une période de 3 ans a semblé suffisante pour recruter un nombre de cas important et ainsi tirer des conclusions significatives. Le décalage temporel important entre la fin des recrutements et la présentation de cette étude tient au fait que l'auteur a par la suite été impliquée dans des cursus nécessitant une présence à temps plein sur le lieu de travail (internat en clinique des animaux de compagnie puis résidence en cardiologie) et repoussant par conséquent la publication de cette étude.

1.2. *Examens d'imagerie*

1.2.1. *Échographie*

Les examens échographiques de diagnostic de gestation ont été effectués soit au CERCA (Centre d'Etude en Reproduction des Carnivores d'Alfort), soit au Service d'Imagerie de l'ENVA. Les chiennes étaient envoyées dans un service ou dans l'autre en fonction des places disponibles, principalement. Certains propriétaires tiennent également à ce que les examens échographiques soient réalisés au CERCA, au sein duquel leur chienne est régulièrement suivie.

Plusieurs opérateurs ont donc participé à l'étude, puisque tous les intervenants du CERCA et du Service d'Imagerie sont susceptibles de pratiquer des examens échographiques abdominaux. Au total, 10 opérateurs du CERCA et 6 du Service d'Imagerie ont été susceptibles de réaliser des examens échographiques de gestation.

Au CERCA, le modèle de l'échographe était un Kontron Medical© Imagic P6 Vet équipé d'une sonde micro-convexe 65C15EAV (fréquences allant 5 à 8 MHz). C'est un échographe portable et à visée vétérinaire uniquement. Au Service d'Imagerie, l'échographe employé était un Philips© ATL 3500 équipé d'une sonde micro-convexe C5-8 (fréquences allant 5 à 8 MHz). Cet échographe, développé pour la médecine humaine, est beaucoup plus perfectionné et comporte notamment le mode Doppler.

Pour les examens échographiques, les chiennes, à jeun et vigiles, sont placées en décubitus dorsal, installées dans un coussin adapté ("doggy relax"), et tondues sur l'abdomen. Un examen échographique génital inclut la visualisation de l'ensemble de l'utérus et des ovaires quand ces derniers sont visibles.

1.2.2. Radiographie

Les examens radiographiques sont effectués exclusivement au Service d'Imagerie de l'ENVA (le CERCA ne possédant pas d'appareil radiographique). Il est également recommandé que les chiennes soient à jeun.

Deux appareils étaient utilisés pour prendre les clichés radiographiques : une table de radiographie Futuralix© (500 mA), utilisée plutôt pour les chiennes de grand format, et une Sedecal© (300 mA), utilisée plutôt pour celles de petit format.

De janvier 2003 à juillet 2005, des cassettes à écran rapide Konica© étaient utilisées, et le développement des clichés argentiques se faisait manuellement.

De septembre 2005 à décembre 2006, c'est le Numériseur Système Numérique Agfa© qui a été utilisé. Puis les clichés étaient interprétés sur la Station Diagnostique Agfa© composée d'un poste CR 75.0 et d'un poste CS 5000.

Les chiennes sont placées vigiles en décubitus latéral droit pour le cliché de profil, et en décubitus dorsal pour le cliché de face. Le cadrage est assez large afin de pouvoir visualiser le bassin. Pour les chiennes de grand format, 2 cassettes par vue peuvent être nécessaires, avec un recouvrement assez important d'un cliché sur l'autre pour permettre un bon comptage. En cas de doute sur le nombre de fœtus, un cliché radiographique en décubitus latéral gauche peut être effectué pour compléter l'examen.

1.3. *Recueil des données*

Pour réaliser notre étude, un certain nombre de dossiers a été sélectionné à l'aide du logiciel informatique de gestion des dossiers cliniques de l'ENVA (Clovis®). Ce dernier dispose d'une application permettant d'effectuer des recherches selon différents critères.

Une recherche à l'aide des mots clefs « gestation » et « diagnostic » a permis dans un premier temps de répertorier plusieurs consultations, dont les références (propriétaire, animal, date, résultats) ont été recueillies. Cependant, jusqu'en 2005, une partie non négligeable des chiennes se rendant à l'ENVA pour diagnostic de gestation n'avaient pas de dossier Clovis renseigné, mais uniquement un dossier CERCA. Ainsi, pour compléter la population de chiennes, la deuxième partie du recrutement s'est faite à l'aide des archives informatisées des plannings de rendez-vous du CERCA. Les dossiers des animaux dont les motifs de rendez-vous comportaient "gestation" ou "DG" ou "diagnostic" étaient systématiquement étudiés, et les renseignements idoines relevés.

Pour chaque portée, les résultats d'au maximum trois examens échographiques et deux examens radiographiques ont été consignés. Ainsi, si une chienne avait bénéficié de plus de 3 examens échographiques lors d'une gestation, seules les 3 premières étaient retenues.

Il est à noter que si une chienne avait eu plusieurs portées pendant cette période, elle apparaissait plusieurs fois dans l'étude, chaque portée étant considérée indépendante des autres.

Pour la plupart des chiennes, le nombre exact de petits nés n'était pas disponible dans les registres de l'ENVA ou du CERCA. Pour ces animaux, les propriétaires ont été contactés par téléphone afin de compléter les données. Les chiennes dont les propriétaires n'étaient pas joignables (numéros obsolètes ou non attribués), celles dont les propriétaires ne se

rappelaient pas avec exactitude la composition de la portée, et celles qui n'avaient pas mené à terme leur gestation ont été exclues de l'étude.

La datation des examens est réalisée à partir du jour de la 1^{ère} saillie ou de la 1^{ère} IA. Ce choix a été fait, plutôt que la date d'ovulation, car dans l'étude, toutes les chiennes n'étaient pas suivies au CERCA et donc la date d'ovulation n'était pas toujours connue. En outre, cette dernière n'est pas toujours connue des propriétaires et des vétérinaires en pratique courante, à la différence de la date de saillie ou d'IA (dans la plupart des cas).

Enfin, certaines chiennes avaient passé des examens d'imagerie supplémentaires en-dehors de l'ENVA. Les résultats de ceux-ci n'ont pas été consignés dans l'étude.

Le tableur définitif a alors été établi, comportant :

- les références des propriétaires : nom et numéro de téléphone ;
- les références des chiennes : nom, race, format (petite, moyenne ou grand race, selon une classification précédemment décrite⁴³), âge ;
- la date de l'ovulation (si celle-ci n'était pas connue, une approximation était faite en retranchant 63 jours de la date de mise-bas²⁷) ;
- la date de la 1^{ère} saillie ou IA ;
- les références du (des) éventuel(s) examen(s) échographique(s) : date, nombre de jours post saillie ou IA, résultat : chiffre unique (« estimation unique », EU) ou fourchette de l'estimation du nombre de fœtus ;
- les références du (des) éventuel(s) examen(s) radiographique(s) : date, nombre de jours post saillie ou IA, résultat : chiffre unique (« estimation unique », EU) ou fourchette de l'estimation du nombre de fœtus ;
- les références de la mise bas : date, nombre de jours post-ovulation, nombre de chiots, si possible proportion mâles/femelles et/ou vivants/mort-nés ;
- pour chaque examen (1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} examen échographique ; 1^{ère}, 2^{ème} examen radiographique) :
 - si le type d'estimation proposée est une EU :
 - l'exactitude ou non de l'estimation (vrai ou faux, soit "V" ou "F") ;
 - la différence entre le nombre de chiots nés et l'estimation proposée. Par exemple, si 7 fœtus ont été diagnostiqués et si 5 chiots sont effectivement nés, la différence est de -2 (surestimation de 2 chiots) ; si 10 chiots sont effectivement nés, la différence est de 3 (sous-estimation de 3 chiots). Le chiffre 0 signifie que le diagnostic est exact ;

- si le type d'estimation proposée est un intervalle ouvert ("au moins tant de chiots", IO) :
 - l'exactitude ou non du diagnostic ("V" ou "F") ;
 - la différence entre la réalité est le nombre minimal prévu. Par exemple, si au moins 4 chiots ont été diagnostiqués et que seulement 2 sont nés, la différence est de -2 (surestimation de 2 chiots) ; si au contraire 7 sont nés, la différence est de 3 (« sous-estimation » de 3, qui reste un bon diagnostic puisque l'estimation est un intervalle ouvert). De même, une différence de 0 indique que la valeur basse de l'intervalle concorde avec le nombre de chiots nés ;

- si le type d'estimation proposée est un intervalle fermé ("entre tant et tant de chiots", IF) :
 - l'exactitude ou non du diagnostic ("V" ou "F") ;
 - la « taille » de l'intervalle proposé. Par exemple, si 3 à 5 chiots ont été diagnostiqués, la taille de l'intervalle est de 3 chiots ;
 - la différence entre la réalité et la limite minimum proposée en cas de surestimation. Par exemple, si 3 à 5 chiots ont été diagnostiqués et que 2 chiots sont nés, la différence est de -1 ;
 - la différence entre la réalité et la limite maximum proposée en cas de sous-estimation. Par exemple, si 3 à 5 chiots ont été diagnostiqués et que 7 chiots sont nés, la différence est de -2 ;
 - si la taille réelle de la portée est incluse dans l'intervalle annoncé, la différence est de 0.

1.4. Analyse statistique

Tous les calculs sont effectués à l'aide de deux logiciels informatiques de statistique (Epi Info®, Version 3.5.1 ; Microsoft Office Excel®) d'un ouvrage de statistique.¹

Les valeurs-p (ou « p-values ») inférieures à 0,05 sont considérées significatives.

Les intervalles de confiance fournis avec les moyennes sont des intervalles de confiance à 95% (c'est-à-dire l'intervalle ayant une probabilité égale à 0,95 de contenir la valeur du paramètre que l'on cherche à estimer).

Les valeurs extrêmes prises par une variable sont représentées par la forme suivante : « [minimum – maximum] ».

Les boîtes à moustaches représentées ici font apparaître la médiane, les 1^{er} et 3^{ème} quartiles ainsi que les 5^{ème} et 95^{ème} centiles.

Pour comparer les variables quantitatives et de distribution normale, des tests de Student (2 groupes) ou des tests ANOVA (plus de 2 groupes) ont été réalisés.

Si les variables quantitatives n'observaient pas de distribution normale, des tests de Mann-Whitney Wilcoxon (2 groupes) ou de Kruskal-Wallis (plus de 2 groupes) ont alors été effectués.

Afin de comparer les variables qualitatives, des tests du χ^2 et de Fisher (si l'effectif total concerné était inférieur à 20) ont été réalisés.

2. Résultats

2.1. Animaux

176 chiennes sont recrutées. 215 portées sont répertoriées. Les races les plus représentées en termes de portées sont le Berger Allemand, le Bouledogue Français, le Bulldog Anglais et le Léonberg (plus de 10 portées chacune). 65 races sont présentes dans l'étude (**Tableau 10**). On dénombre ainsi 31 portées de chienne de petit format, 74 de chiennes de moyen format, et 109 de chiennes de grand format (1 chienne, croisée et de taille inconnue, n'a pas été classée).

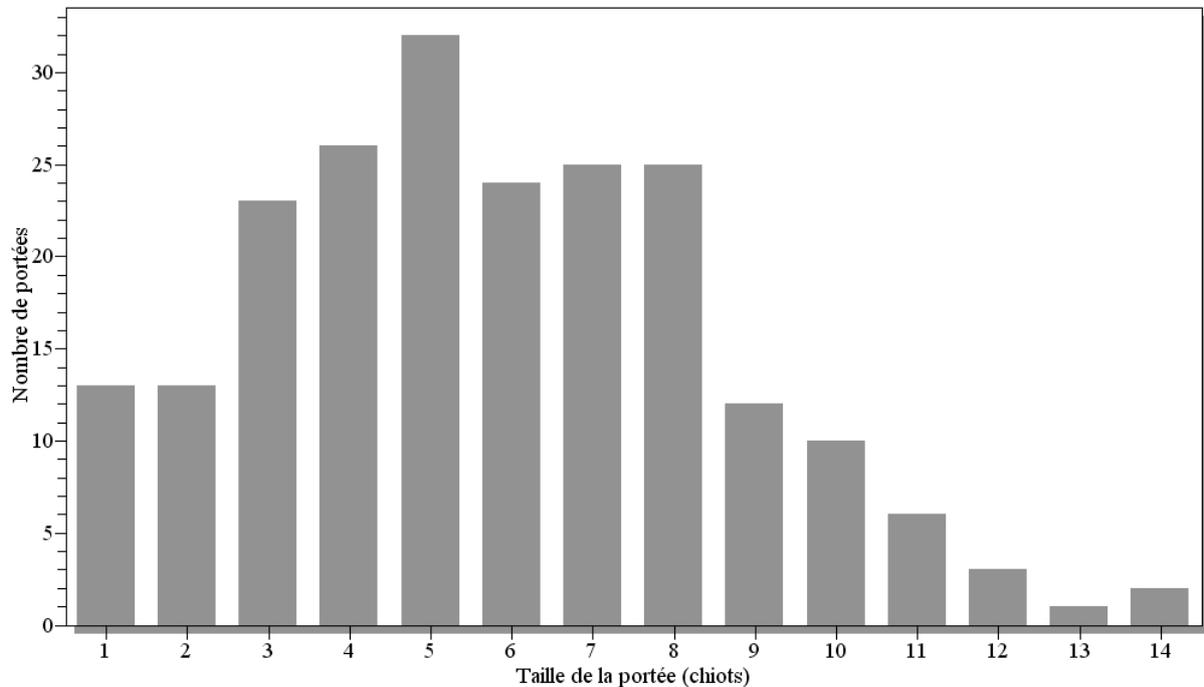
Tableau 10 : Répartition du nombre de portées en fonction de la race

RACES	N	RACES	N	RACES	N
Berger Allemand	18	Teckel	3	Croisé	1
Bouledogue Français	15	Berger du Caucase	2	Dalmatien	1
Bulldog Anglais	13	Briard	2	Dogue Allemand	1
Golden Retriever	12	Caniche	2	Dogue du Tibet	1
Léonberg	11	Colley	2	Epagneul Français	1
Bouvier Bernois	8	Doberman	2	Fila de San Miguel	1
Carlin	8	Dogue de Bordeaux	2	Fox Terrier	1
Chow Chow	8	Epagneul Breton	2	Husky	1
Cavalier King Charles	8	Groenendael	2	Labrador	1
Cocker	6	Jack Russell Terrier	2	Lakeland Terrier	1
Dogue Argentin	6	Labrit	2	Lévrier Afghan	1
Rottweiler	6	Malinois	2	Malamute	1
Terre Neuve	6	Mâtin de Naples	2	Montagne des Pyrénées	1
Beauceron	5	Setter Anglais	2	Schnauzer géant	1
Akita Inu/Américain	4	American Staffordshire	1	Setter Irlandais	1
Bull Terrier	4	Barzoï	1	Shar-Pei	1
Irish Terrier	4	Bearded Collie	1	Shetland	1
Berger Picard	3	Berger Suédois	1	Toy Terrier	1
Boxer	3	Bouvier Australien	1	Welsh Corgi	1
Landseer	3	Braque	1	Whippet	1
Scottish Terrier	3	Bull Mastiff	1	Yorkshire Terrier	1
Staffordshire Terrier	3	Cane Corso	1		

Légende : N : nombre de portées.

La taille des portées varie entre 1 et 14 chiots. La moyenne est de 5,7 chiots par portée (IC : 5,4 – 6,2), et la médiane de 6 chiots. La répartition de la taille des portées est précisée dans la **Figure 13**.

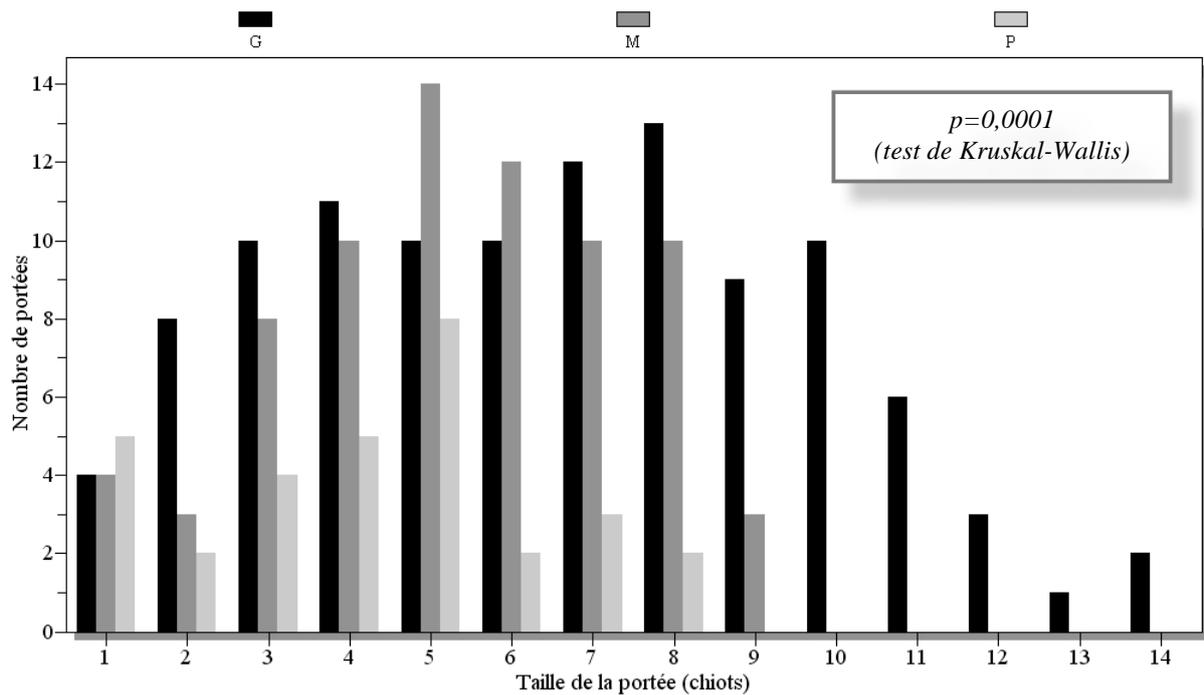
Figure 13 : Répartition de la taille des portées sur l'ensemble des chiennes



➤ Graphique en barres représentant le nombre de portées en fonction de leur taille. La courbe revêt une allure gaussienne. La taille des portées varie entre 1 et 14 chiots. La taille de portée la plus fréquente est de 5 chiots.

La taille de la portée est significativement différente ($p=0,0001$, test de Kruskal-Wallis) selon le format de la chienne. Il y a donc une association entre le format de la chienne et la taille de la portée (**Figure 14, Tableau 11**). En outre, en comparant les formats de chiennes 2 à 2, on retrouve une différence significative entre les races de petit et moyen format ($p=0,014$, test de Student), entre les races de moyen et grand format ($p=0,008$, test de Mann-Whitney Wilcoxon) et entre les races de petit et grand format ($p=0,0002$, test de Mann-Whitney Wilcoxon) (**Figure 15**). Les chiennes de petites races ont en moyenne des portées plus petites (4,2 chiots en moyenne) que les chiennes de moyennes races (5,3 chiots en moyenne), qui ont elles-mêmes des portées plus petites que les chiennes de grandes races (6,6 chiots en moyenne). La taille de la portée a donc tendance à augmenter suivant le format de la chienne.

Figure 14 : Répartition de la taille des portées selon le format



Légende : G : chiennes de grandes races ; M : chiennes de races moyennes ; P : chiennes de petites races.

➤ Graphique en barres représentant le nombre de portées en fonction de leur taille et selon le format. Les barres noires représentent les chiennes de grandes races, les barres gris foncé les chiennes de moyennes races, et les barres gris clair les chiennes de petites races. La répartition de chaque format revêt une allure gaussienne. La répartition de la taille des portées suivant le format est significativement différente.

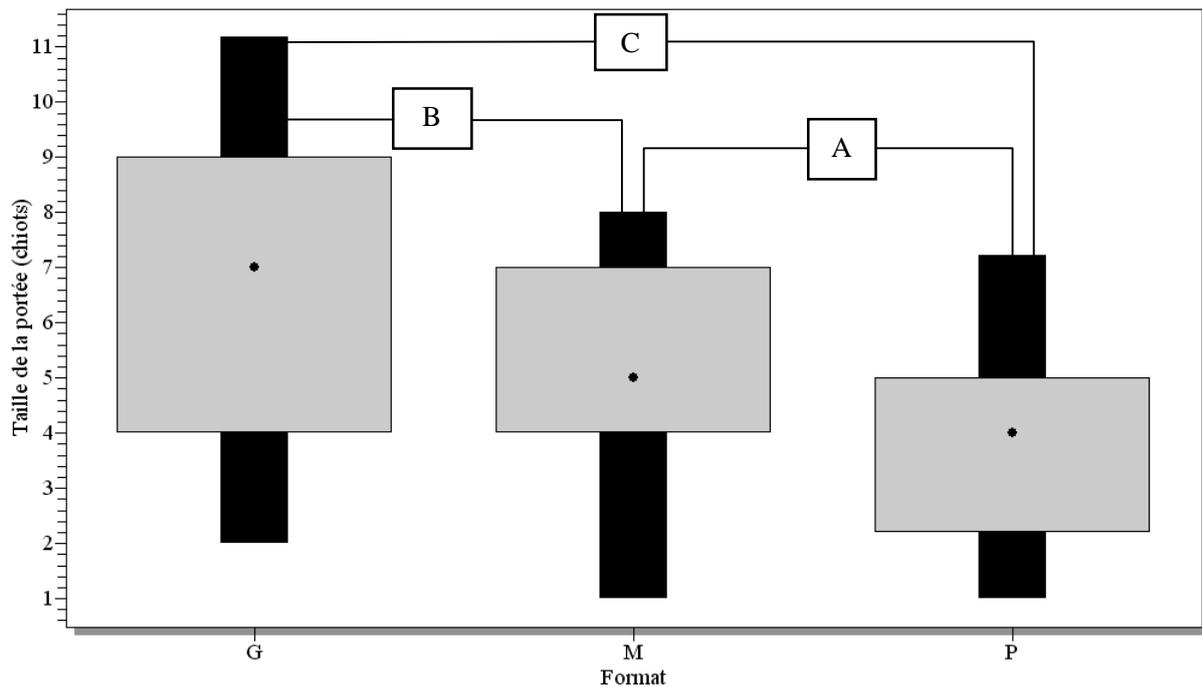
Tableau 11 : Caractéristiques de la taille des portées en fonction du format

Format	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
Total	215	5,7 (5,4 – 6,2)	6	1	14
PR	31	4,2 (3,5 – 4,9)	4	1	8
MR	74	5,3 (4,8 – 5,8)	5	1	9
GR	109	6,6 (6,0 – 7,2)	7	1	14

Légende : PR : chiennes de petites races ; M : chiennes de races moyennes ; G : chiennes de grandes races ; n : nombre de portées ; Moyenne (IC) : taille moyenne (et son intervalle de confiance) des portées (chiots) ; Médiane : taille médiane des portées (chiots) ; Minimum : taille minimale des portées (chiots) ; Maximum : taille maximale des portées (chiots).

➤ Les tailles des portées augmentent avec le format.

Figure 15 : Boîtes à moustaches comparant la taille des portées selon le format



Légende : G : chiennes de grandes races ; M : chiennes de races moyennes ; P : chiennes de petites races.

Différences significatives :

A : $p=0,014$ (test de Student)

B : $p=0,008$ (test de Mann-Whitney Wilcoxon)

C : $p=0,0002$ (test de Mann-Whitney Wilcoxon)

➤ Cette boîte à moustaches met en évidence les différences significatives de la taille des portées entre les chiennes de petites et moyennes races en 1^{er} lieu, de moyennes et grandes races en 2nd lieu, et de petites et grandes races en 3^{ème} lieu.

2.2. Examens

2.2.1. Données générales

Un 1^{er} examen échographique a été réalisé dans 203 cas, en moyenne le 28,3^{ème} jour de gestation (IC : 27,5 – 29,1 ; [13 – 58]). Dans 45 cas, un 2^{ème} examen échographie a été réalisé, en moyenne le 43,1^{ème} jour (IC : 39,9 – 46,3 ; [23 – 63]), et dans 10 cas, un troisième, en moyenne le 49,5^{ème} jour (IC 42,3 – 56,5 ; [29 – 63]). En tout, 258 examens échographiques ont donc été réalisés, entre le 13^{ème} et le 63^{ème} jour de gestation.

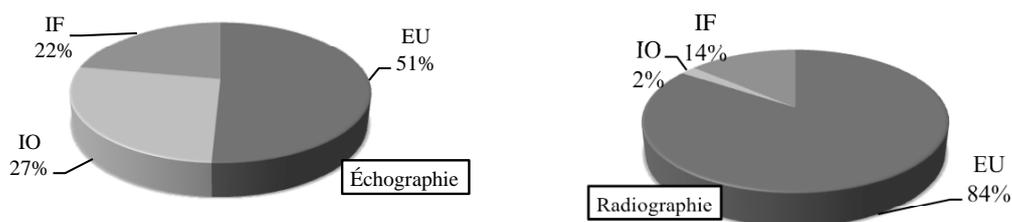
Dans 131 cas sur 258 (50,8% des cas), le résultat de l'examen échographique est une EU (voir définition page 49). Dans 70 cas (27,1%) le résultat est IO, et dans 57 cas (22,1%) un IF (**Figure 16**).

Sur les 258 examens échographiques, 236 (91,5% ; IC : 87,4 – 94,6) ont été réalisés au CERCA et 22 (8,5% ; IC : 5,4 – 12,6) au service d'Imagerie.

Un examen radiographique a été réalisé dans 49 cas, et un deuxième dans 2 cas. Aucune chienne n'a bénéficié d'un 3^{ème} examen radiographique. En tout, 51 examens radiographiques ont donc été faits, entre le 35^{ème} et le 63^{ème} jour de gestation, en moyenne le 54^{ème} jour.

Dans 43 cas sur 51 (84,3%), le résultat de l'examen radiographique est exprimé par une EU, dans 1 cas (2,0%) par un IO, et dans 7 cas (13,7%) par un IF.

Figure 16 : Répartition des différents types d'estimation sur l'ensemble des examens échographiques (n=258) et radiographiques (n=51)

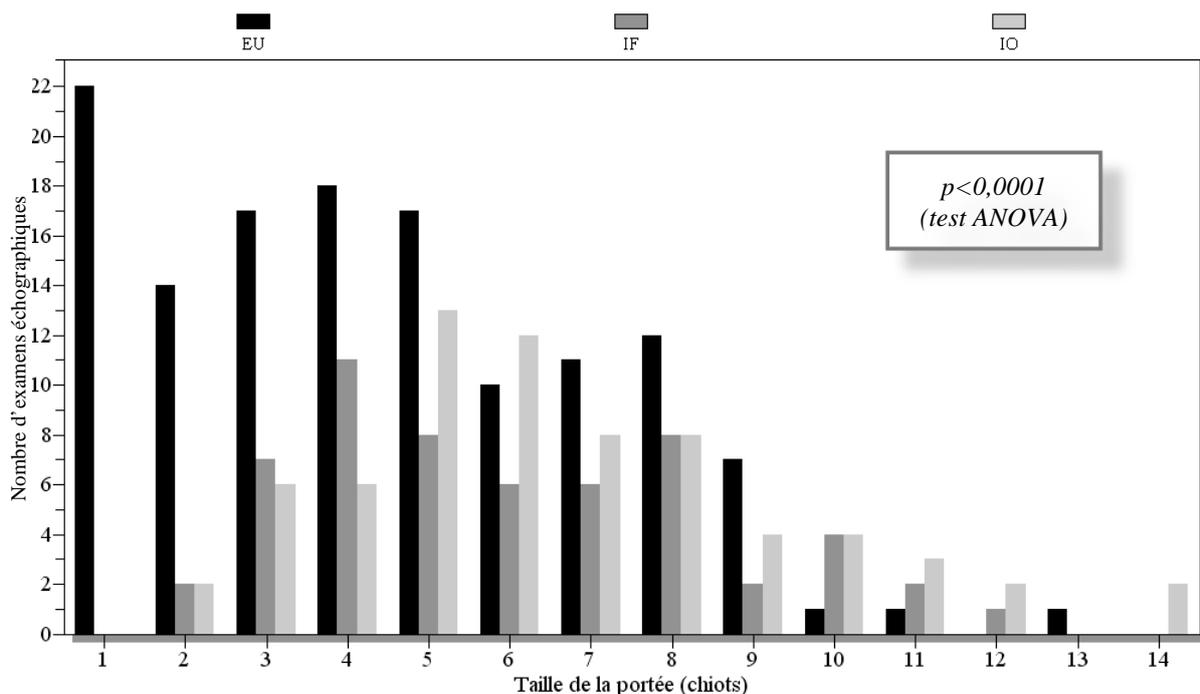


Légende : EU : estimation unique ; IO : estimation par intervalle ouvert ; IF : estimation par intervalle fermé.

➤ Ces diagrammes en camembert montrent que la moitié environ des examens échographiques se solde par une estimation unique, les autres étant à peu près également répartis entre intervalles ouvert et fermé. En revanche, la quasi-totalité des examens radiographiques se solde par une estimation unique.

D'autre part, le type d'estimation employé est significativement différent selon la taille de la portée ($p < 0,0001$, test ANOVA) ; il y a donc une association entre la taille de la portée et le type d'estimation employé (**Figure 17, Tableau 12**). En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la taille de l'intervalle fermé utilisé selon la taille de la portée : ce dernier varie entre 2 chiots (par exemple, entre 2 et 3 chiots, entre 5 et 6 chiots etc.) : 48/57 IF, et 3 chiots (par exemple, entre 1 et 3 chiots, entre 4 et 6 chiots etc.) : 9/57 IF. En outre, en comparant les types d'estimation 2 à 2, on constate que la taille de la portée est significativement plus petite lors des EU par rapport aux IO ($p < 0,0001$, test de Student) et aux IF ($p = 0,0003$, test de Student). En revanche, aucune différence significative n'est notée entre les IO et les IF. La taille des portées lors d'EU est plus petite (4,5 chiots en moyenne ; IC : 4,0 – 5,0 ; médiane : 4) que lors d'IO (6,6 chiots en moyenne ; IC : 6,0 – 7,3 ; médiane : 6) ou d'IF (6,0 chiots en moyenne ; IC : 5,4 – 6,7 ; médiane : 6). Il semble donc que la tendance est de proposer des EU sur les plus petites portées.

Figure 17 : Répartition de la taille des portées selon le type d'estimation employée sur l'ensemble des examens échographiques



Légende : EU : estimation unique ; IO : estimation par intervalle ouvert ; IF : estimation par intervalle fermé.

➤ Graphique en barres représentant le nombre de portées en fonction de leur taille et selon le mode d'estimation. Les barres noires représentent les estimations par EU, les barres gris foncé les estimations par IO, et les barres gris clair les estimations par IF. La répartition de la taille des portées suivant le mode d'estimation est significativement différente. Il semble donc que la tendance est de proposer des EU sur les plus petites portées.

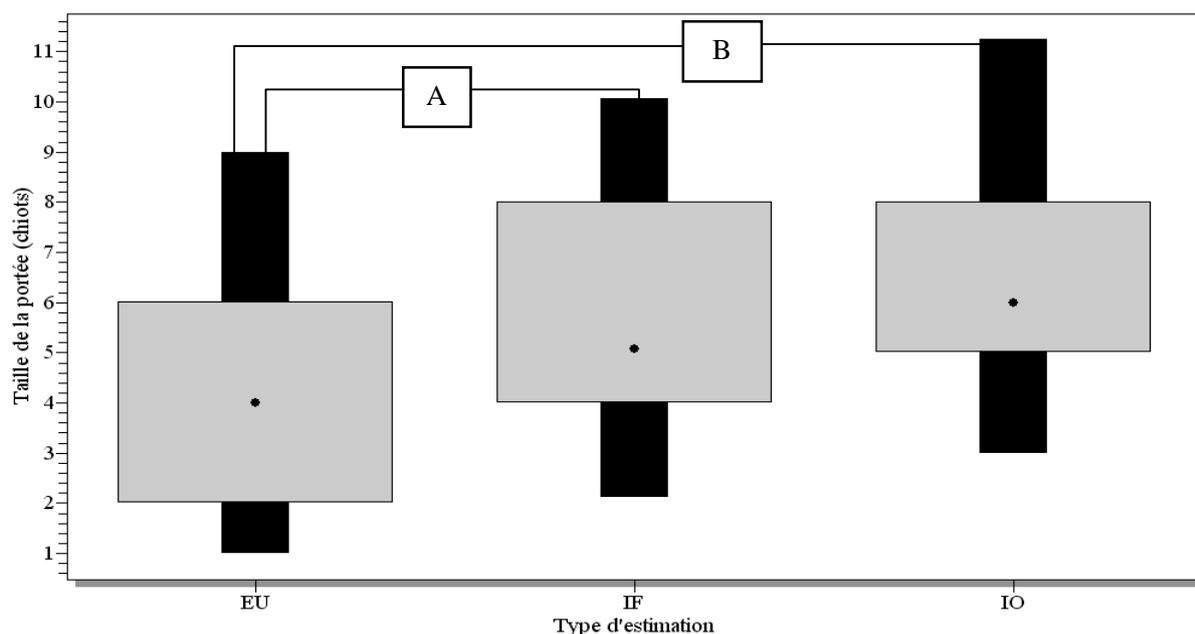
Tableau 12 : Caractéristiques de la taille des portées en fonction du type d'estimation utilisée sur l'ensemble des examens échographiques

Format	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
Total	258	5,4 (5,1 ; 5,8)	5	1	14
EU	131	4,5 (4,0 ; 5,0)	4	1	13
IO	70	6,6 (6,0 ; 7,3)	6	2	14
IF	57	6,0 (5,4 ; 6,7)	6	2	12

Légende : EU : estimation unique ; IO : estimation par intervalle ouvert ; IF : estimation par intervalle fermé ; n : nombre d'exams échographiques ; Moyenne (IC) : taille moyenne (et son intervalle de confiance) des portées (chiots) ; Médiane : taille médiane des portées (chiots) ; Minimum : taille minimale des portées (chiots) ; Maximum : taille maximale des portées (chiots).

➤ La taille des portées lors d'EU est en moyenne plus petite que lors des autres modes d'estimation.

Figure 18 : Boîtes à moustaches comparant la taille des portées selon le type d'estimation employée sur l'ensemble des examens échographiques



Légende : EU : estimation unique ; IO : estimation par intervalle ouvert ; IF : estimation par intervalle fermé.

Différences significatives :

A : $p=0,0003$ (test de Student)

B : $p=<0,0001$ (test de Student)

➤ Cette boîte à moustaches met en évidence les différences significatives de la taille des portées entre les estimations par EU avec les estimations par IF d'une part, et par IO d'autre part.

2.2.2. Fiabilité générale des échographies

Les échographies ont annoncé un résultat exact en nombre de chiots dans 141 cas sur 258, soit 54,7% (IC : 48,4 – 60,8).

La fiabilité de l'échographie (capacité à donner une estimation correcte du nombre de chiots) est significativement différente selon le type d'estimation utilisée ($p < 0,0001$, test du χ^2). Il y a donc une association entre la fiabilité de l'estimation et le type d'estimation employé. La fiabilité est plus forte quand c'est un IO qui est annoncé (88,6% *versus* 43,5% en cas de d'EU ($p < 0,0001$, test du χ^2), et 38,6% en cas d'IF ($p < 0,0001$, test du χ^2)).

Les types d'erreurs rencontrés sont détaillés dans le paragraphe 2.2.6.2.

Il en est de même lorsqu'on s'intéresse uniquement au 1^{er} examen échographique. Lors des 2^{ème} et 3^{ème} examens, cette tendance est retrouvée mais la différence n'est pas significative (probablement en raison du nombre plus faible d'examens : 203 *versus* 45 *versus* 10 pour les 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} examens échographiques, respectivement).

Néanmoins, une amélioration significative de la fiabilité entre la 1^{ère} et la 2^{ème} échographie a été constatée sur :

1. l'estimation par EU : 65,4% lors du 2^{ème} examen *versus* 36,3% lors du 1^{er} ($p = 0,008$, test du χ^2) ;
2. l'estimation par IF : 76,9% lors du 2^{ème} examen *versus* 26,2% lors du 1^{er} ($p = 0,002$, test de Fisher) ;
3. et par conséquent sur la fiabilité globale de l'échographie : 71,1% lors du 2^{ème} examen *versus* 50,2% lors du 1^{er} ($p = 0,012$, test du χ^2).

Il est à noter que l'estimation par IO n'augmente pas significativement en fiabilité du 1^{er} au 2^{ème} examen échographique. En effet, son estimation, déjà très bonne lors du 1^{er} examen échographique (88,7% ; IC : 78,1 – 95,3), reste très bonne lors du 2^{ème} (83,3% ; IC : 35,9 – 99,6).

Les effectifs réduits des chiennes ayant subi un 3^{ème} examen échographique n'ont pas permis de dégager de différence significative avec les autres examens.

Le détail des résultats des examens échographiques est apporté dans le **Tableau 13**.

Tableau 13 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens échographiques

Type d'estimation	1 ^{er} examen échographique		2 ^{ème} examen échographique		3 ^{ème} examen échographique		Total	
	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)
total	203	102 (50,2% ^I ; 43,2 – 57,3)	45	32 (71,1% ^I ; 55,7 – 83,6)	10	7 (70,0% ; 34,8 – 93,3)	258	141 (54,7% ; 48,4 – 60,8)
EU	99	36 (36,4% ^{D,E,G} ; 26,9 – 46,6)	26	17 (65,4% ^G ; 44,3 – 82,8)	6	4 (66,7% ; 22,3 – 95,7)	131	57 (43,5% ^{A,B} ; 34,9 – 52,4)
IO	62	55 (88,7% ^{D,E,F} ; 78,1 – 95,3)	6	5 (83,3% ; 35,9 – 99,6)	2	2 (100% ; ND)	70	62 (88,6% ^{A,B,C} ; 78,7 – 94,9)
IF	42	11 (26,2% ^{D,F,H} ; 13,9 – 42,0)	13	10 (76,9% ^H ; 46,2 – 95,0)	2	1 (50% ; 1,3 – 98,7)	57	22 (38,6% ^{A,C} ; 26,0 – 52,4)

Légende : n : nombre d'examens ; EC : nombre d'estimations correctes parmi les examens ; % : pourcentage d'estimations correctes parmi les examens.

Différences significatives entre les variables :

A, B, C, D, E, F : $p < 0,0001$ (test du χ^2)

G : $p = 0,008$ (test du χ^2)

H : $p = 0,002$ (test de Fisher)

I : $p = 0,012$ (test du χ^2)

➤ Si on considère l'ensemble des examens échographiques, ce sont les IO qui donnent le plus d'estimations correctes du nombre de chiots. Cette différence significative se retrouve lors du 1^{er} examen. En outre, la fiabilité des EU, des IF, et donc de l'échographie en général, s'améliore du 1^{er} au 2^{ème} examen.

2.2.3. Fiabilité de l'échographie selon le service de l'opérateur

Il est en effet intéressant de savoir si le service dans lequel est réalisé l'examen a une incidence sur la fiabilité à accorder au nombre de fœtus estimé.

Sur les 236 examens échographiques réalisés au CERCA, 129 sont des estimations correctes du nombre de fœtus, soit 54,7% (IC : 48,1 – 61,1). Sur les 22 examens échographiques réalisés au service d'Imagerie, 12 sont des estimations correctes du nombre de fœtus, soit 54,5% (IC : 32,2 – 75,6). Ces moyennes ne sont pas significativement différentes ($p = 0,99$, test du χ^2).

La fiabilité de l'échographie est donc tout à fait comparable au CERCA et dans le service d'Imagerie de l'ENVA.

2.2.4. Fiabilité générale des radiographies

La radiographie donne un résultat exact dans 92,2% des cas (47/51). Sur les 4 cas inexacts, la différence avec le nombre de chiot réel est de 1 pour 3 examens (2 portées de 5 et une portée de 8 chiots) et de 3 pour le dernier cas (portée de 8 chiots).

Les 1^{ers} examens radiographiques des deux chiennes ayant subi un 2^{ème} examen radiographique s'étaient soldés par une estimation par IF. Dans les 2 cas, le résultat du 2^{ème} examen radiographique était un EU, plus précis. Il est à noter que dans les 2 cas, les résultats des 1^{ers} et des 2^{nds} examens sont exacts.

La fiabilité de la radiographie est significativement différente ($p < 0,0001$, test du χ^2) de celle de l'échographie dans l'estimation du nombre exact de fœtus : 92,2% (IC : 81,1 – 97,8) de résultats exacts *versus* 54,7% (48,4 – 60,8).

Le détail des résultats des examens radiographiques est apporté dans le **Tableau 14**.

Tableau 14 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens radiographiques

Type d'estimation	1 ^{er} examen radiographique		2 ^{ème} examen radiographique		Total	
	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)
total	49	45 (91,8% ; 80,4 – 97,7)	2	2 (100% ; ND)	51	47 (92,2% ; 81,1 – 97,8)
EU	41	37 (90,2% ; 76,9 – 97,3)	2	2 (100% ; ND)	43	39 (90,7% ; 77,9 – 97,4)
IO	1	1 (100% ; ND)	0	0 (ND)	1	1 (100% ; ND)
IF	7	7 (100% ; ND)	0	0 (ND)	7	7 (100% ; ND)

Légende : n : nombre d'examens ; EC : nombre d'estimations correctes parmi les examens ; % : pourcentage d'estimations correctes parmi les examens ; IC : intervalle de confiance ; ND : non défini.

- La radiographie donne un résultat exact dans plus de 90% des cas, quel que soit le type d'estimation utilisée. Le faible nombre d'examen ne permet pas de dégager de différence significative entre les types d'estimation.

2.2.5. Fiabilité selon les formats

2.2.5.1. Chiennes de petit format

L'échographie donne des résultats de fiabilité assez similaire, quelle que soit la méthode d'estimation utilisée. En effet, l'exactitude de l'estimation varie de 66,7% (IF) à 85,7% (IO), avec une moyenne globale de 77,5%. Dans la majorité des cas (24/40), une EU est avancée, et 19 de ces 24 sont justes (79,2%).

Seules 4 petites chiennes bénéficient d'un examen radiographique. Dans les 4 cas, l'estimation est correcte. Mais ce petit effectif n'a pas permis de dégager une différence significative d'efficacité dans le dénombrement des fœtus par rapport à l'examen échographique.

2.2.5.2. Chiennes de moyen et grand formats

Les résultats sont assez similaires dans ces deux catégories.

Pour chacun de ces formats, il existe une différence significative de la fiabilité selon le mode d'estimation ($p=0,003$ et $p<0,0001$, test du χ^2 , pour les moyennes et grandes races, respectivement) lors des examens échographiques.

Les 2 formats bénéficient d'une fiabilité située autour de 50% pour l'estimation du nombre de fœtus, sur l'ensemble des examens échographiques (54,3% pour les chiennes moyennes et 48,1% pour les grandes chiennes). Dans les 2 formats, la fiabilité est significativement meilleure pour l'IO (80,8% pour les races moyennes et 94,6% pour les grandes races) par rapport à l'EU (43,6%, $p=0,003$, test du χ^2 pour les chiennes moyennes ; 30,3%, $p<0,0001$, test du χ^2 pour les grandes chiennes) et par rapport à l'IF (37,5%, $p=0,004$, test du χ^2 pour les chiennes moyennes ; 31,3%, $p<0,0001$, test du χ^2 pour les grandes chiennes). Ces différences significatives se retrouvent si l'on considère uniquement le 1^{er} examen échographique. Il est à noter la particulièrement mauvaise fiabilité de l'IF lors du 1^{er} examen échographique des grandes chiennes : sur 21, seules 2 se révèlent exactes (soit 9,5%).

Dans les deux formats, la radiographie a une fiabilité proche de 90% (88,9% et 93,1% pour les moyennes et grandes races, respectivement) et est significativement meilleure que l'échographie : $p=0,006$ et $p<0,0001$, test du χ^2 , chez les moyennes et grandes chiennes, respectivement.

2.2.5.3. Comparaison entre les formats

La totalité des résultats et des différences significatives figurent dans le Tableau 15.

La fiabilité des échographies est significativement différente ($p=0,005$, test du χ^2) selon le format des chiennes (77,5%, 54,3% et 48,1% pour les petites, moyennes et grandes races, respectivement). Il y a donc une association entre la fiabilité de l'échographie et le format des chiennes.

Plus particulièrement, il y a une différence significative ($p=0,0002$, test du χ^2) dans la fiabilité de l'échographie lors d'EU selon le format (79,2%, 43,6% et 30,3% pour les petites, moyennes et grandes races, respectivement). Aucune différence significative n'est observée si l'on considère les 2 autres types d'estimation individuellement.

En comparant les formats 2 à 2, il s'avère que la fiabilité de l'échographie est significativement différente chez les petites chiennes (77,5%) par rapport aux chiennes moyennes (54,3%, $p=0,013$, test du χ^2) et aux grandes chiennes (48,1%, $p=0,001$, test du χ^2).

C'est en particulier l'EU qui est meilleure chez les petites chiennes par rapport aux 2 autres formats.

On retrouve les mêmes différences en ne considérant que le 1^{er} examen échographique.

En outre, lors du 1^{er} examen échographique, il y a une différence significative entre l'estimation par IF chez les petites (66,7%) et les grandes chiennes (9,5%, $p=0,01$, test de Fisher).

En revanche, il n'existe pas de différence significative entre la fiabilité de l'échographie des moyennes et des grandes races.

Les radiographies ont une fiabilité élevée dans les trois formats, sans différence significative (100%, 88,9% et 93,1% chez les petites, moyennes et grandes races, respectivement).

Tableau 15 : Taux de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon le format, le type d'estimation employée et son rang sur l'ensemble des examens échographiques et radiographiques

Estim.	1 ^{er} examen échographique		2 ^{ème} examen échographique		3 ^{ème} examen échographique		Total examen échographiques		Total examen radiographiques	
	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)	n	EC (% ; IC)
Total	202	102 (50,5% ; 43,4 – 57,6)	44	31 (70,5% ; 54,8 – 83,2)	10	7 (70,0% ; 34,8 – 93,3)	256	140 (54,7% ^A ; 48,4 – 60,9)	51	47 (92,2% ^A ; 81,1 – 97,8)
PR	31	24 (77,4% ^{T,X} ; 58,9 – 90,4)	8	6 (75,0% ; 34,9 – 96,8)	1	1 (100% ; ND)	40	31 (77,5% ^{P,R,V} ; 61,5 – 89,2)	4	4 (100% ; ND)
MR	70	36 (51,4% ^T ; 39,2 – 63,6)	9	6 (66,7% ; 29,9 – 92,5)	2	2 (100% ; ND)	81	44 (54,3% ^{N,P,R} ; 42,9 – 65,4)	18	16 (88,9% ^N ; 65,3 – 98,6)
GR	101	42 (41,6% ^X ; 31,9 – 51,8)	27	19 (70,4% ; 49,8 – 86,2)	7	4 (57,1% ; 18,4 – 90,1)	185	65 (48,1% ^{O,P,V} ; 39,5 – 56,9)	29	27 (93,1% ^O ; 77,2 – 99,2)
EU	98	36 (36,7% ; 27,2 – 47,1)	25	16 (64,0% ; 42,5 – 82,0)	6	4 (66,7% ; 22,3 – 95,7)	129	56 (43,4% ; 34,7 – 52,4)	43	39 (90,7% ; 77,9 – 97,4)
PR	19	14 (73,7% ^{U,Y} ; 48,8 – 90,9)	4	4 (100% ; ND)	1	1 (100% ; ND)	24	19 (79,2% ^{O,S,W} ; 57,8 – 92,9)	3	3 (100% ; ND)
MR	29	10 (34,5% ^{H,L,U} ; 17,9 – 54,3)	8	5 (62,5% ; 24,5 – 91,5)	2	2 (100% ; ND)	39	17 (43,6% ^{B,D,O,S} ; 27,8 – 60,4)	15	13 (86,7% ; 59,5 – 98,3)
GR	50	12 (24,0% ^{L,K,Y} ; 13,1 – 38,2)	13	7 (53,8% ; 25,1 – 80,8)	3	1 (33,3% ; 0,8 – 90,6)	66	20 (30,3% ^{C,E,O,W} ; 19,6 – 42,9)	25	23 (92,0% ; 74,0 – 99,0)
IO	62	55 (88,7% ; 78,1 – 95,3)	6	5 (83,3% ; 35,9 – 99,6)	2	2 (100% ; ND)	70	62 (88,6% ; 78,7 – 94,9)	1	1 (100% ; ND)
PR	6	6 (100% ; ND)	1	0 (0% ; 0,0 – 97,5)	0	0 (ND)	7	6 (85,7% ; 42,1 – 99,6)	0	0 (ND)
MR	26	21 (80,8% ^{H,L,L} ; 60,6 – 93,4)	0	0 (ND)	0	0 (ND)	26	21 (80,8% ^{B,D,F} ; 60,6 – 93,4)	0	0 (ND)
GR	30	28 (93,3% ^{L,K,M,O} ; 77,9 – 99,2)	5	5 (100% ; ND)	2	2 (100% ; ND)	37	35 (94,6% ^{C,E,G} ; 81,8 – 99,3)	1	1 (100% ; ND)
IF	42	11 (26,2% ; 13,9 – 42,0)	13	10 (76,9% ; 46,2 – 95,0)	2	1 (50% ; 1,3 – 98,7)	57	22 (38,6% ; 26,0 – 52,4)	7	7 (100% ; ND)
PR	6	4 (66,7% ^Z ; 22,3 – 95,7)	3	2 (66,7% ; 9,4 – 99,2)	0	0 (ND)	9	6 (66,7% ; 29,9 – 92,5)	1	1 (100% ; ND)
MR	15	5 (33,3% ^{H,L} ; 11,8 – 61,6)	1	1 (100% ; ND)	0	0 (ND)	16	6 (37,5% ^{B,F} ; 15,2 – 64,6)	3	3 (100% ; ND)
GR	21	2 (9,5% ^{LMZ} ; 1,2 – 30,4)	9	7 (77,8% ; 40,0 – 97,2)	2	1 (50% ; 1,3 – 98,7)	32	10 (31,3% ^{C,G} ; 16,1 – 50,0)	3	3 (100% ; ND)

Légende : Estim. : type d'estimation ; n : nombre d'examens ; EC : nombre d'estimations correctes parmi les examens ; % : pourcentage d'estimations correctes parmi les examens ; IC : intervalle de confiance ; ND : non défini.

Différences significatives entre les variables :

A, C, E, G, I, K, M, O, W: $p < 0,0001$ (test du χ^2)

B, D: $p = 0,003$ (test du χ^2)

F: $p = 0,004$ (test du χ^2)

H, X: $p = 0,0006$ (test du χ^2)

J, N, U: $p = 0,006$ (test du χ^2)

L: $p = 0,002$ (test du χ^2)

P, S: $p = 0,005$ (test du χ^2)

Q: $p = 0,0002$ (test du χ^2)

R, T, V: $p = 0,001$ (test du χ^2)

Y: $p = 0,0001$ (test du χ^2)

Z: $p = 0,01$ (test de Fisher)

NB : les différences significatives relevées dans le tableau 11 sont retrouvées ici mais non notifiées, pour plus de clarté et de lisibilité.

- Les examens échographiques (et en particulier les EU) sont plus fiables chez les petites chiennes que dans les 2 autres formats. Ceci se vérifie en considérant uniquement le 1^{er} examen.
- La radiographie a une fiabilité très élevée, quels que soient le format et le mode d'estimation.

2.2.6. Fiabilité selon la taille de la portée

Seule la fiabilité de l'échographie est développée. En effet, aucune association n'a pu être mise en évidence entre les résultats de la radiographie et la taille de la portée (probablement en raison du faible nombre d'erreurs).

Afin d'augmenter le nombre d'examens et par la même, la puissance statistique, les examens échographiques ne sont pas traités ici selon leur rang, mais sont poolés. Ainsi, si 2 échographies ont été réalisées au cours d'une gestation, elles sont considérées ci-après comme 2 échographies indépendantes.

2.2.6.1. Exactitude des résultats

Sur les 258 examens échographiques, 141 aboutissent à une estimation correcte (54,3%).

La répartition exacte des estimations selon l'exactitude ou non de l'estimation et selon la taille de la portée est apportée par le Tableau 16 et la Figure 19.

La taille moyenne de portée des estimations correctes est de 5,0 chiots (IC : 4,5 – 5,4 ; médiane : 5), celle des estimations incorrectes est de 5,9 chiots (IC : 5,5 – 6,4 ; médiane : 6).

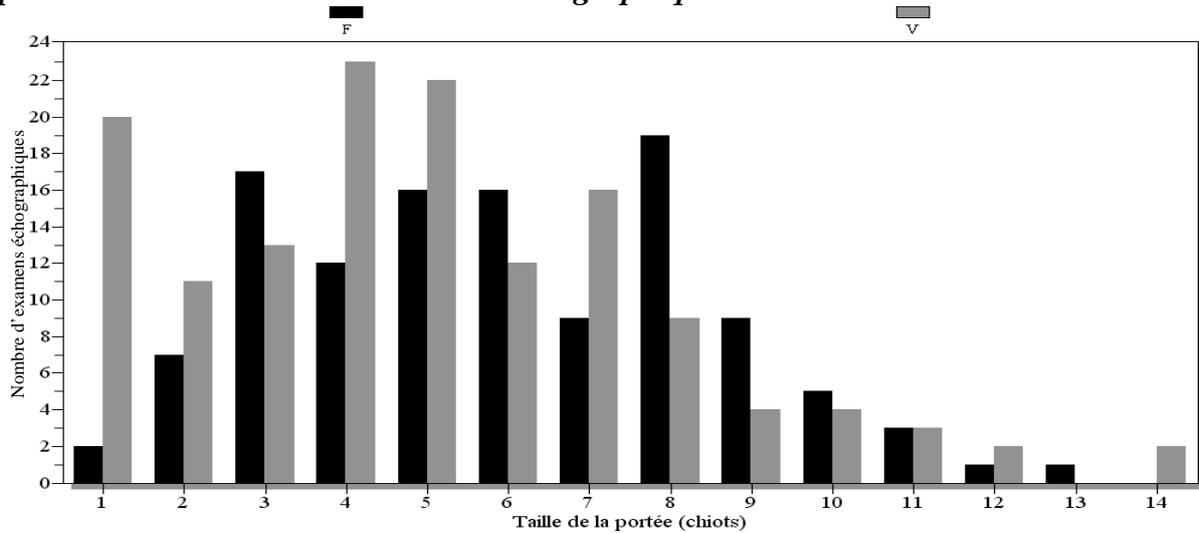
Il existe une différence significative ($p=0,005$, test ANOVA) du pourcentage de réussite de l'estimation du nombre de fœtus par échographie selon la taille de la portée (Figure 20).

Les erreurs d'estimation sont plus fréquentes dans les grandes portées que dans les petites. Il y a donc moins tendance à l'erreur dans les petites portées que dans les grandes portées lors d'estimation du nombre de fœtus par examen échographique.

Tableau 16 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée sur l'ensemble des examens échographiques

Taille de la portée (chiots)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
Vrai	20	11	12	23	22	12	16	9	4	4	3	2	0	2	139
Faux	2	7	16	12	16	16	9	19	9	5	3	1	1	0	117
Total	22	18	28	35	38	28	25	28	13	21	6	3	1	2	256

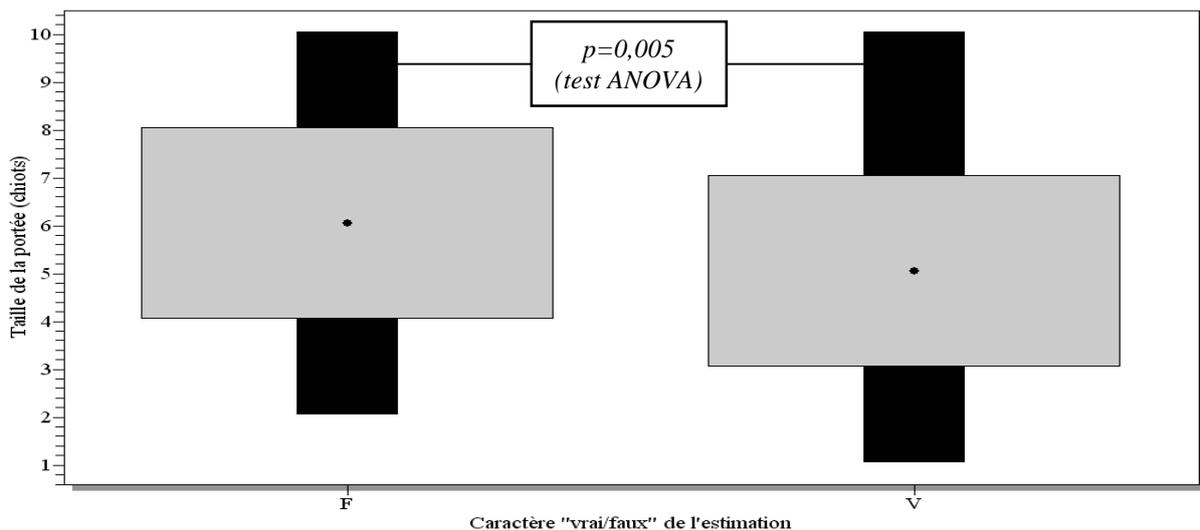
Figure 19 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée sur l'ensemble des examens échographiques



Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Graphique en barres représentant le nombre d'examen échographiques en fonction de la taille des portées, selon l'exactitude de l'estimation, sur l'ensemble des examens échographiques. Les barres noires représentent les estimations « vraies » (ayant donné un nombre de chiots ou un intervalle correspondant à la réalité), les barres gris foncé les estimations « fausses » (ayant donné un nombre ou un intervalle de chiots erroné).

Figure 20 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » sur l'ensemble des examens échographiques



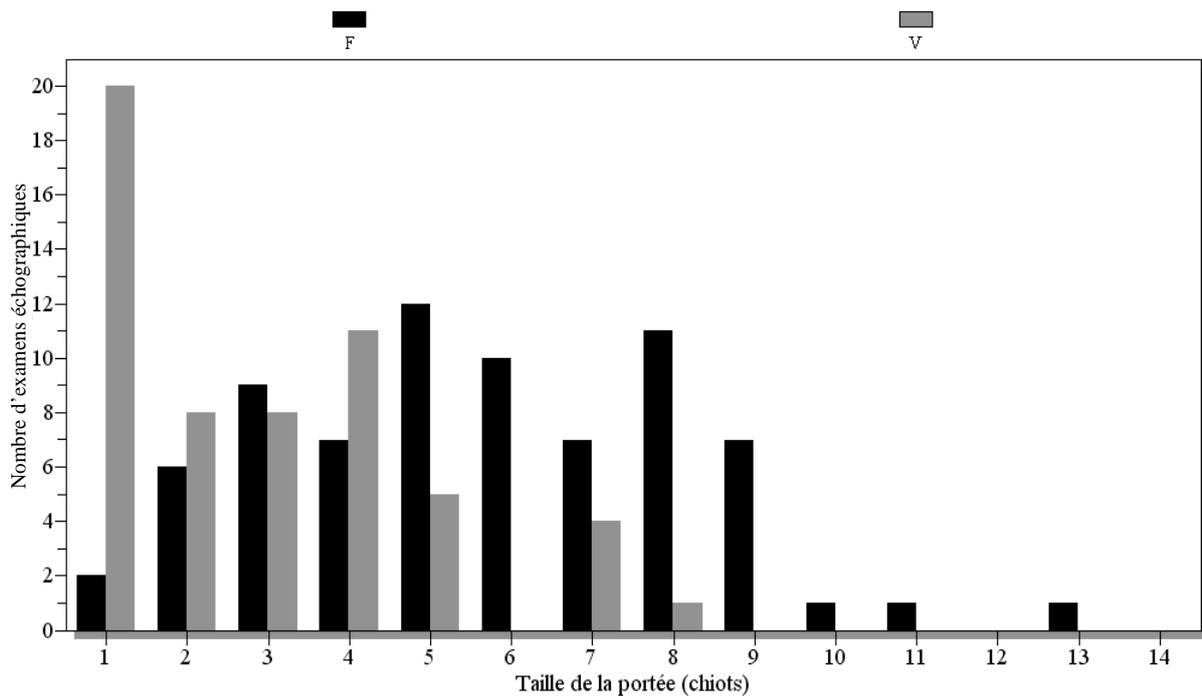
Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Cette boîte à moustache met en évidence que les tailles de portée dont les estimations sont correctes sont plus petites que celles dont les estimations sont incorrectes. Il y a donc moins tendance à l'erreur dans les petites portées que dans les grandes portées lors d'estimation du nombre de fœtus par examen échographique (différence significative).

On retrouve une association entre la taille de la portée et le caractère vrai/faux de l'estimation en considérant les types d'estimation un à un :

- EU : il existe une différence significative ($p < 0,0001$, test de Wilcoxon) du pourcentage de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon la taille de la portée (**Figures 21 et 22**) : la taille de portée moyenne des estimations correctes est de 2,9 chiots (IC : 2,4 – 3,4 ; médiane : 3) *versus* 5,7 chiots (IC : 5,1 – 6,3 ; médiane : 6) pour les estimations incorrectes ; la tendance générale est donc retrouvée.

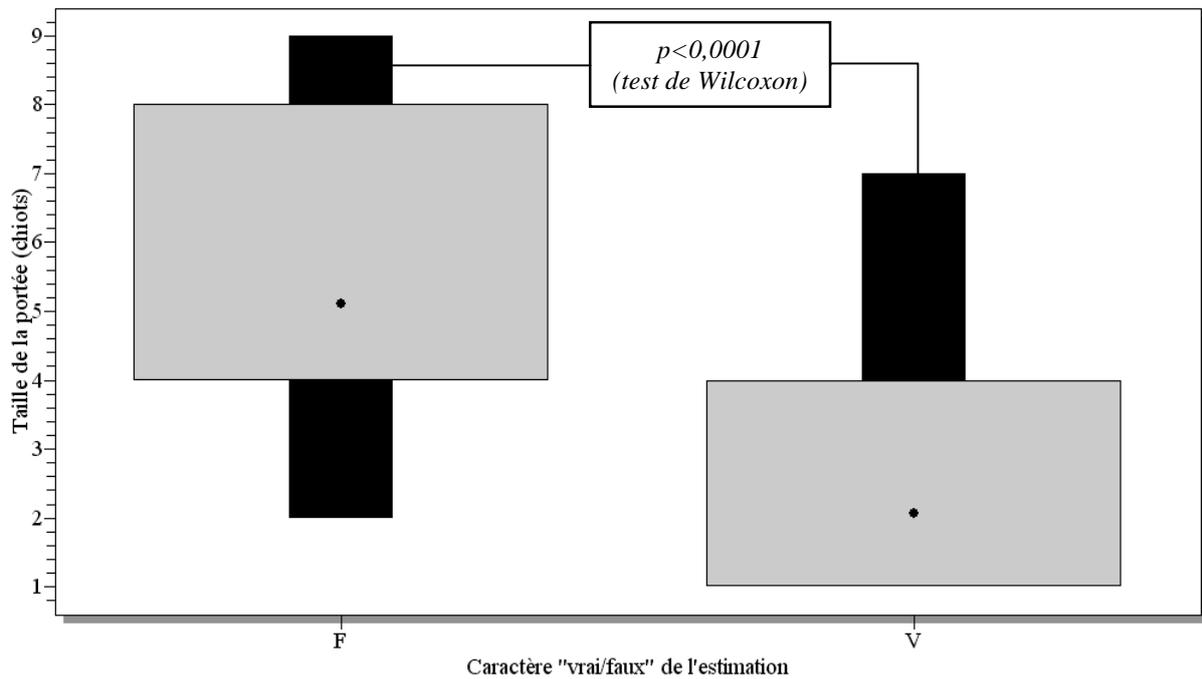
Figure 21 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation unique



Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

➤ Graphique en barres représentant le nombre d'exams échographiques en fonction de la taille des portées, selon l'exactitude de l'estimation, lors d'estimation par chiffre unique.

Figure 22 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation unique

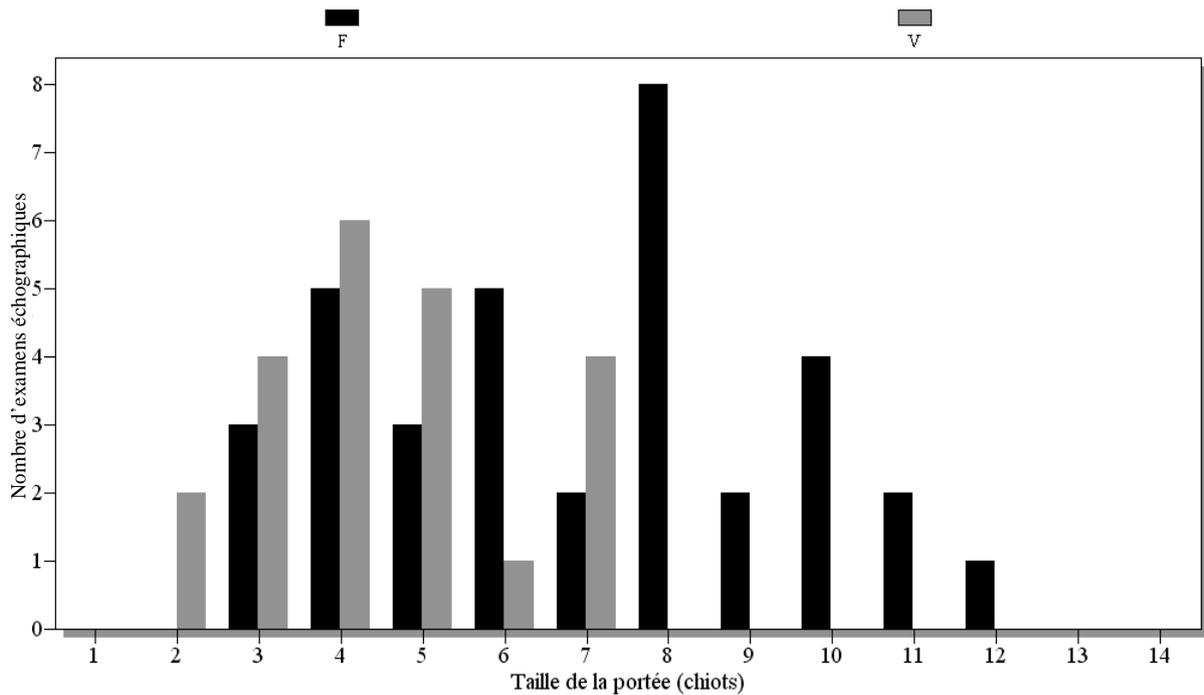


Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Cette boîte à moustaches met en évidence que les tailles de portée dont les estimations sont correctes sont plus petites que celles dont les estimations sont incorrectes (différence significative).

- IF : il existe une différence significative ($p=0,0003$, test de Wilcoxon) du pourcentage de réussite de l'estimation du nombre de fœtus selon la taille de la portée (**Figures 23 et 24**) : la taille de portée moyenne des estimations correctes est de 4,5 chiots (IC : 3,9 – 5,2 ; médiane : 4) *versus* 7,0 chiots (IC : 6,1 – 7,8 ; médiane : 7) pour les estimations incorrectes ; la tendance générale est donc retrouvée.

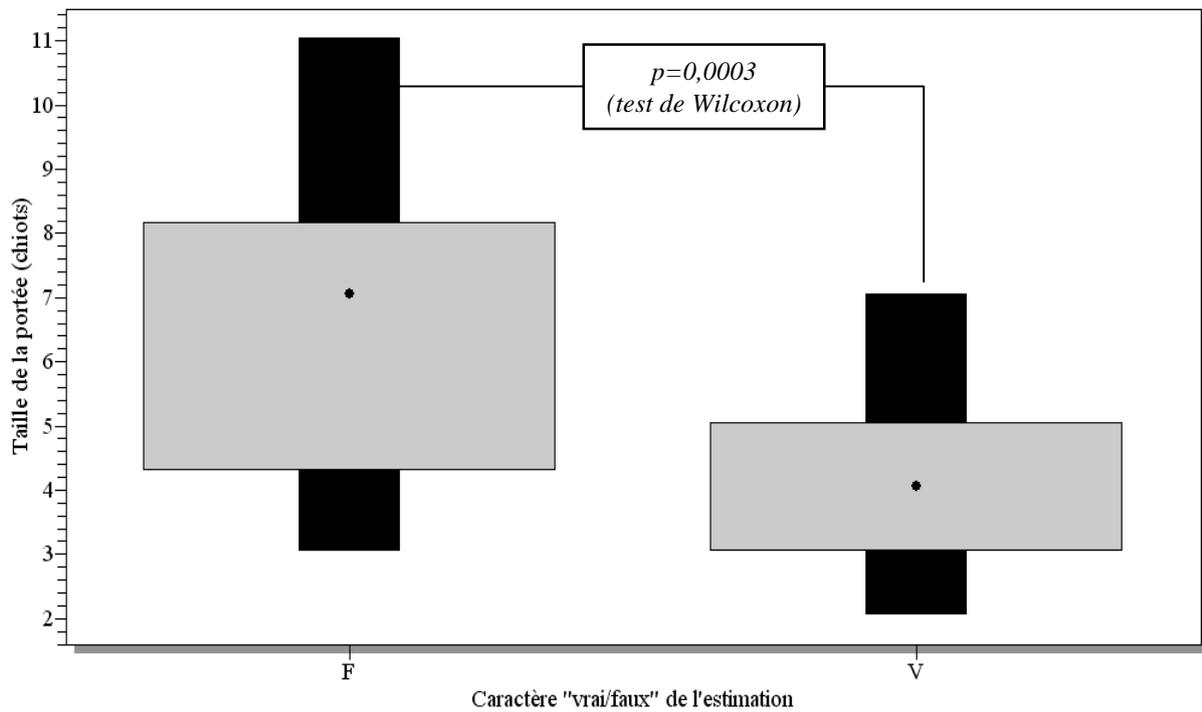
Figure 23 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé



Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

➤ Graphique en barres représentant le nombre d'examen échographiques en fonction de la taille des portées, selon l'exactitude de l'estimation, lors d'estimation par intervalle fermé.

Figure 24 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé

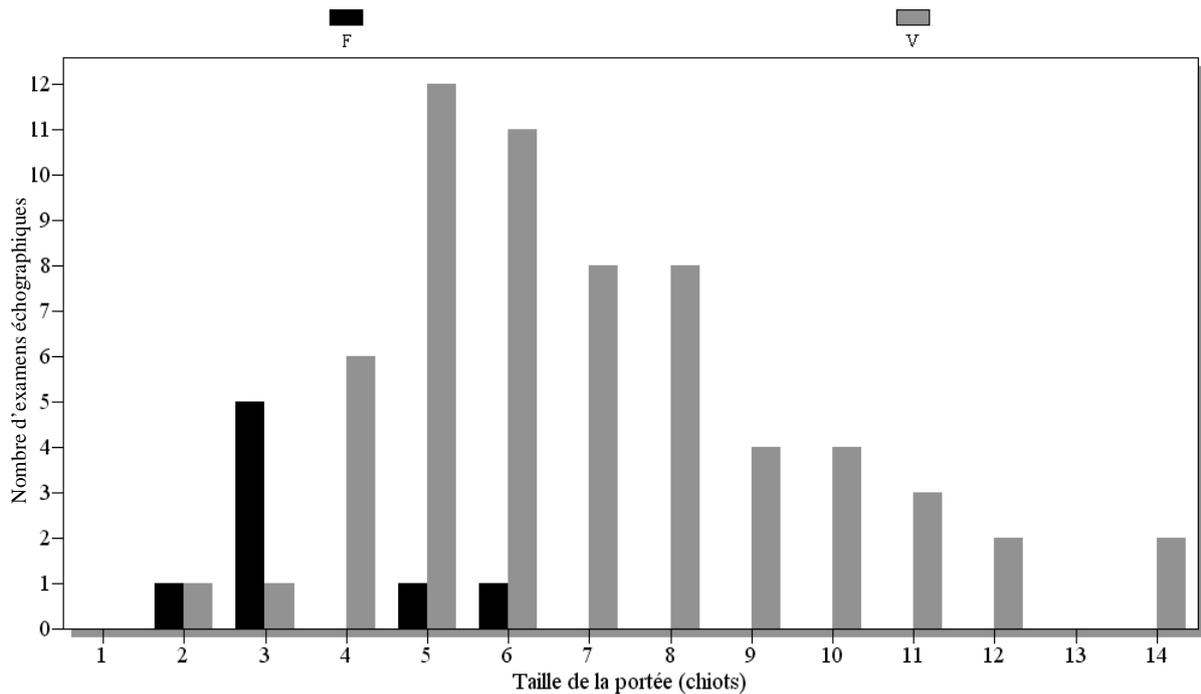


Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Cette boîte à moustaches met en évidence que les tailles de portée dont les estimations sont correctes sont plus petites que celles dont les estimations sont incorrectes (différence significative).

- IO : il existe une différence significative ($p=0,0002$, test de Wilcoxon) de la correction des estimations selon la taille de la portée (**Figures 25 et 26**) : la taille de portée moyenne des estimations correctes est de 7,0 chiots (IC : 6,4 – 7,7 ; médiane : 6,5) versus 3,5 chiots (IC : 2,6 – 4,4 ; médiane : 3) pour les estimations incorrectes. Pour les portées de plus de 7 chiots, aucune erreur d'estimation du nombre de fœtus n'est réalisée lors d'une estimation par IO. À l'inverse des 2 autres types d'estimation et de la tendance générale, les erreurs d'estimation sont plus fréquentes dans les petites portées.

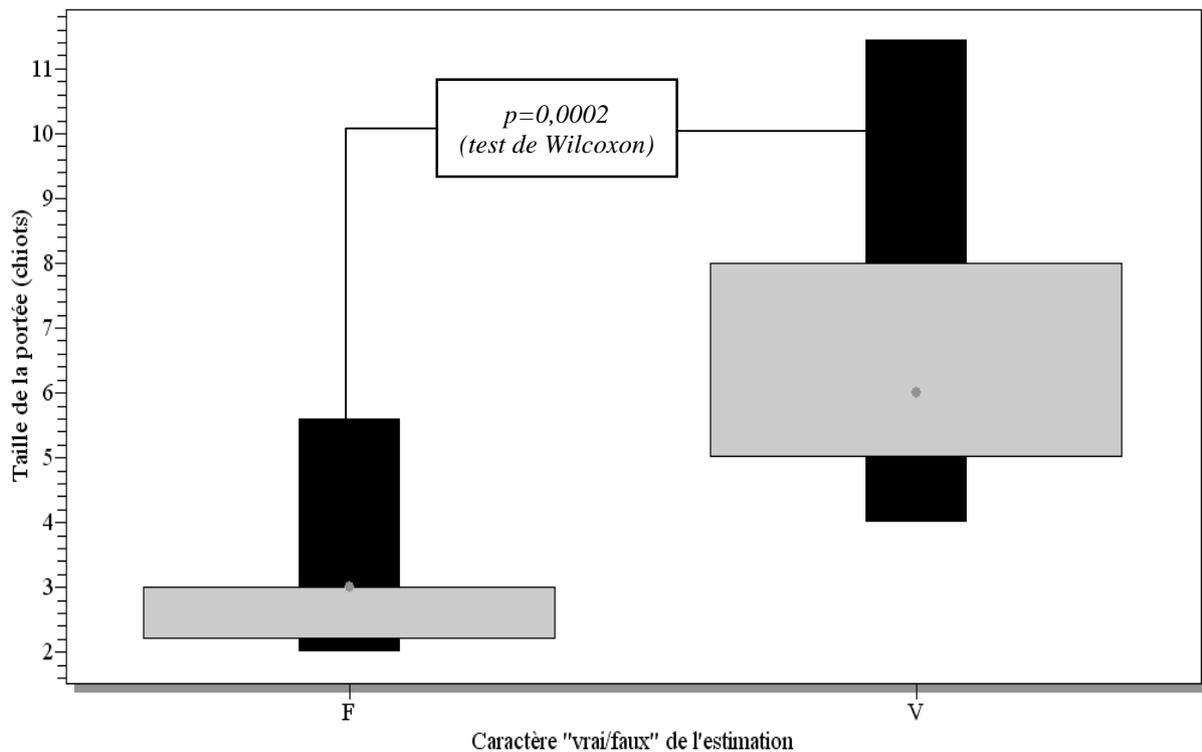
Figure 25 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon la taille de la portée lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert



Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Graphique en barres représentant le nombre d'exams échographiques en fonction de la taille des portées, selon l'exactitude de l'estimation, lors d'estimation par intervalle ouvert.

Figure 26 : Boîtes à moustaches comparant les tailles de portée des estimations « vraies » et « fausses » lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert



Légende : V : estimations « vraies » ; F : estimations « fausses ».

- Cette boîte à moustaches met en évidence que, à l'inverse de la tendance générale et de la situation lors d'estimation par chiffre unique ou à intervalle fermé, les tailles de portée dont les estimations sont correctes sont plus grandes que celles dont les estimations sont incorrectes (différence significative).

2.2.6.2. Importance des erreurs

Par importance des erreurs, il faut comprendre importance numérique, c'est-à-dire combien de chiots de différence il y a entre la réalité et l'estimation.

Aucune association n'a pu être mise en évidence entre la taille de la portée et l'importance des erreurs lors de radiographie, probablement en raison du faible nombre de ces dernières.

Afin de déterminer si la taille de la portée influe sur l'importance des erreurs commises lors d'échographie, plusieurs graphiques ont été réalisés selon le mode d'estimation.

2.2.6.2.1. Les erreurs lors d'estimation par chiffre unique

La **Figure 27** représente les portées selon leur taille réelle et l'écart entre la réalité et l'estimation. Ainsi, les points situés au-dessus de l'axe des abscisses représentent les portées dont la différence entre la réalité et l'estimation est positive, donc les sous-estimations, les points situés sous l'axe des abscisses, les surestimations, et enfin les points sur l'axe des abscisses, les estimations correctes.

On remarque que la majorité des points (58/131) sont situés au-dessus de l'axe des abscisses, traduisant une sous-estimation. Seules 16 surestimations sont présentes, qui paraissent réparties aléatoirement selon la taille de la portée. Enfin, 57 points sont situés sur l'axe, traduisant une estimation correcte du nombre de chiots.

44% des examens échographiques donnent donc une estimation correcte du nombre de chiots.

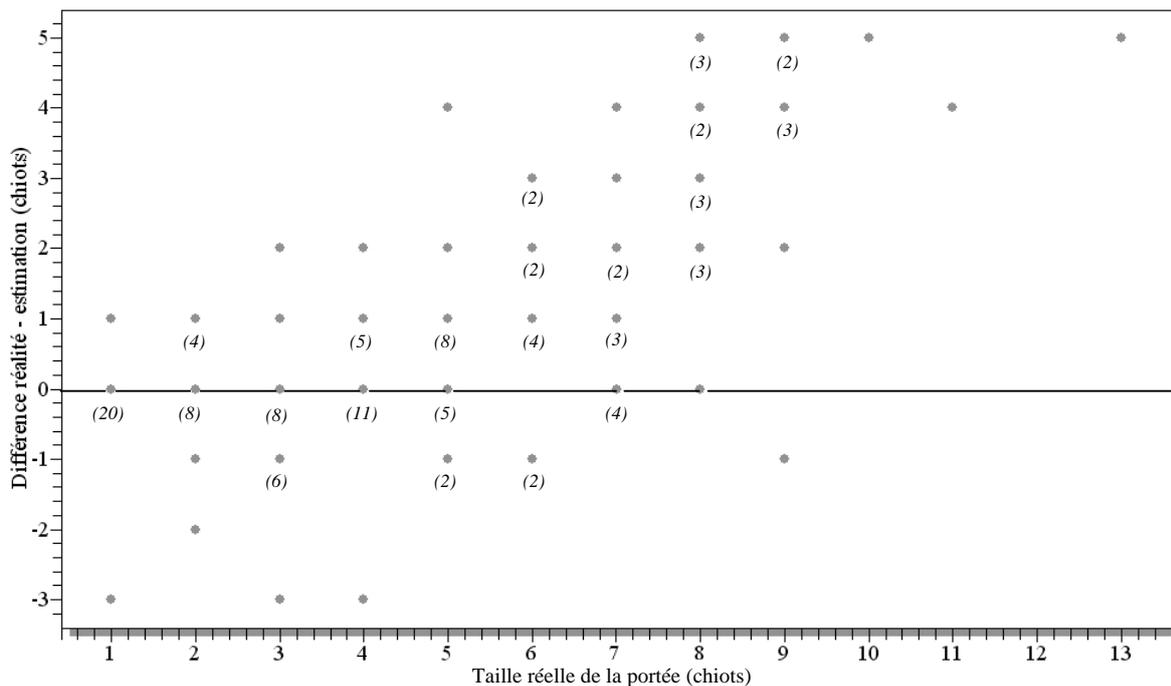
Si l'on considère les estimations qui diffèrent de la réalité de 1 chiot (dans un sens ou dans l'autre), elles sont au nombre de 38. 73% des examens donnent donc une estimation correcte à un chiot près. Enfin, 12 estimations diffèrent de 2 chiots avec la réalité. 82% des examens sont donc corrects à 2 chiots près.

Le **Tableau 17** donne le détail des estimations correctes à 1 ou 2 chiots près selon le format des chiennes.

Les caractéristiques des différences entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée sont résumées dans le **Tableau 18**. En moyenne, sur les 131 examens échographiques à EU, il y a 0,84 chiot de différence entre la réalité et l'estimation, c'est-à-dire qu'en moyenne, il faut « s'attendre » à 0,84 chiot en plus en réalité par rapport à l'estimation (sous-estimation de 0,84 chiot). La médiane est 0 chiot, soit une bonne estimation. Le minimum est -3 chiots, c'est-à-dire une surestimation de 3 chiots (3 chiots de moins par rapport à l'estimation), et le maximum de 5 chiots, c'est-à-dire une sous-estimation de 5 chiots (5 chiots en plus par rapport à l'estimation).

Il existe une différence significative ($p < 0,0001$, test de Kruskal-Wallis) dans l'écart entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée. Il y a donc une association qui existe entre la taille de la portée et l'importance des erreurs numériques lors de l'estimation par chiffre unique du nombre de fœtus : plus la portée est grande, plus les erreurs sont numériquement importantes (**Figure 28**).

Figure 27 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique



➤ Ce graphique en nuage de points représente la répartition de la différence entre le nombre réel de chiots et le nombre estimé de chiots en fonction de la taille de la portée, lors des estimations par chiffre unique. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de portées concernées par l'emplacement en question. Par exemple, il y a 11 portées de 4 chiots dont l'estimation est correcte, 2 portées de 8 chiots dont la sous-estimation s'élève à 4 chiots etc.

Tableau 17 : Influence du format de la chienne sur l'exactitude du dénombrement des fœtus

Différence réalité/prédiction (en nombre de chiots)	Petites races (%)	Races moyennes (%)	Grandes races (%)	Total (%)
0	79,2	43,6	30,3	43,5
+/- 1 chiot	91,7	71,8	65,2	72,5
+/- 2 chiots	91,7	87,2	74,2	81,7
Nombre de chiennes	24	39	66	131

➤ Ce tableau précise, en fonction de chaque format de chienne, la proportion de ces dernières à avoir eu une estimation exacte, exacte à un chiot près, et à 2 chiots près.

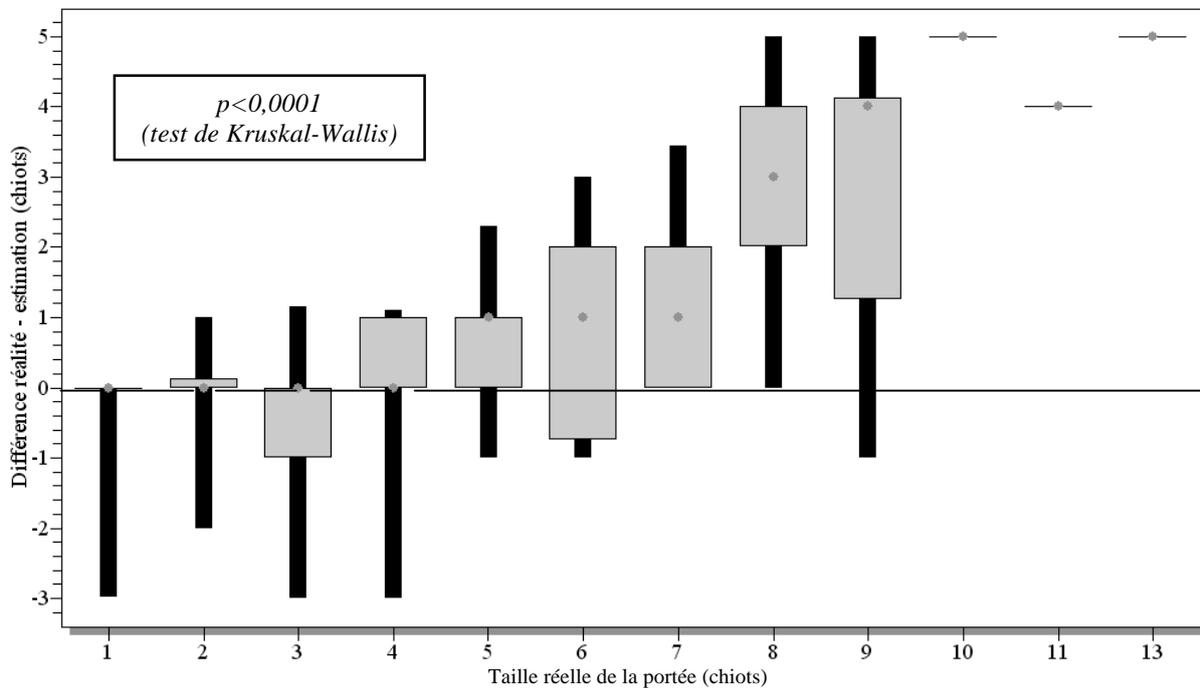
Tableau 18 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
<i>Total</i>	131	0,84 (0,65 ; 1,03)	0	-3	5
1	22	-0,09 (-0,38 ; 0,19)	0	-3	1
2	14	0,07 (-0,36 ; 0,51)	0	-2	1
3	17	-0,35 (-0,86 ; 0,15)	0	-3	2
4	18	0,22 (-0,24 ; 0,69)	0	-3	2
5	17	0,71 (0,15 ; 1,26)	1	-1	4
6	10	1,20 (0,33 ; 2,07)	1	-1	3
7	11	1,27 (0,48 ; 2,07)	1	0	4
8	12	3,17 (2,30 ; 4,03)	3	0	5
9	7	3,29 (1,70 ; 4,87)	4	-1	5
10	1	5,00 (ND)	5	5	5
11	1	4,00 (ND)	4	4	4
13	1	5,00 (ND)	5	5	5

Légende : Taille : Taille réelle de la portée (chiots) ; n : nombre d'examens ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; ND : non défini.

➤ Ce tableau précise, en fonction de chaque taille réelle de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille estimée lors d'estimation par un chiffre unique. Par exemple, pour les portées de 1 chiot, les erreurs extrêmes vont d'une surestimation de 3 chiots (soit 4 chiots annoncés) à une sous-estimation de 1 chiot (soit 0 chiot annoncé), avec en moyenne une surestimation de 0,09 chiot. De même, pour les portées de 3 et 4 chiots, les sous-estimations se limitent à 2 chiots maximum, mais les surestimations vont jusqu'à 3 chiots. D'autre part, pour les portées de 8 chiots, il y a en moyenne une sous-estimation de 3,17 chiots. C'est-à-dire qu'il faut en moyenne ajouter 3,17 chiots à l'estimation pour avoir la taille réelle de la portée.

Figure 28 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique



➤ Cette boîte à moustaches représente la différence numérique entre la taille réelle de la portée et la taille estimée de la portée en fonction de la taille réelle de la portée lors d'estimation par chiffre unique. Cette différence numérique est significativement différente suivant la taille de la portée. La tendance est à l'augmentation de l'importance des sous-estimations avec l'augmentation de taille des portées.

À l'inverse, il est intéressant de savoir, non plus en fonction de la taille réelle de la portée, mais en fonction de la taille estimée de la portée (c'est-à-dire en fonction du résultat annoncé à l'issue de l'examen échographique), quelle est la différence entre la réalité et l'estimation. En effet, lors d'une estimation, on ne connaît évidemment pas le nombre réel de chiots. Mais grâce à cette approche, on peut moduler le résultat annoncé en se fondant sur les erreurs commises lors de cette étude. Par exemple, si l'on estime le nombre de fœtus à x, il suffit de consulter cette table pour constater que sur toutes les examens échographiques au cours desquels x fœtus ont été comptés, il fallait en moyenne ajouter (ou retrancher) y chiots pour obtenir le nombre réel de chiots nés. Ainsi, on peut moduler le résultat obtenu auprès du propriétaire.

Le **Tableau 19** résume, en fonction de la taille estimée de la portée, les différences entre le nombre réel et le nombre estimé de chiots.

En outre, il existe là aussi une différence significative ($p=0,03$, test de Kruskal-Wallis) de l'écart entre la réalité et l'estimation selon la taille estimée de la portée. Il y a donc une association qui existe entre la taille estimée de la portée et l'importance des erreurs numériques lors de l'estimation du nombre de fœtus.

Tout comme pour la taille réelle de la portée, plus la portée estimée est grande, plus les erreurs sont des sous-estimations et sont numériquement importantes.

Tableau 19 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée de la portée, lors des examens échographiques à estimation unique

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
0	1	1,00 (ND)	1	1	1
1	26	0,38 (0,04 ; 0,73)	0	0	4
2	10	0,30 (-0,12 ; 0,72)	0	0	2
3	21	1,48 (0,66 ; 2,29)	1	-1	5
4	34	0,65 (0,03 ; 1,27)	0	-3	5
5	18	1,89 (1,11 ; 2,66)	1,5	0	5
6	9	0,44 (-0,69 ; 1,58)	1	-3	2
7	9	0,11 (-1,17 ; 1,39)	0	-3	4
8	2	2,50 (-2,40 ; 7,40)	2,5	0	5
10	1	-1,00 (ND)	-1	-1	-1

Légende : Taille : Taille estimée de la portée (chiots) ; n : nombre d'examens ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots); ND : non défini.

➤ *Ce tableau précise, en fonction de chaque taille estimée de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille estimée lors d'estimation par un chiffre unique. Par exemple, pour les portées estimées de 5 chiots, il y a en moyenne une sous-estimation de 1,89 chiot. C'est-à-dire qu'il faut en moyenne ajouter 1,89 chiot à l'estimation pour avoir la taille réelle de la portée. D'autre part, pour les portées estimées de 2 chiots, il n'y a aucune surestimation, mais il peut y avoir jusqu'à 2 chiots en plus par rapport à l'estimation réalisée.*

2.2.6.2.2. Les erreurs lors d'estimation par intervalle ouvert

Dans ce cas, les sous-estimations ne sont pas vraiment des erreurs car elles font partie de l'intervalle ouvert annoncé. Néanmoins il est intéressant de savoir de combien de l'estimation s'éloigne la taille de la portée, afin de donner une idée plus précise au propriétaire.

La **Figure 29** représente les portées selon leur taille réelle et l'écart entre la réalité et l'estimation. Ainsi, les points situés au-dessus de l'axe des abscisses représentent les portées dont la différence entre la réalité et l'estimation est positive, donc les sous-estimations, les points situés sous l'axe des abscisses, les surestimations, et enfin les points sur l'axe des abscisses, les estimations correctes.

On remarque que la majorité des points (48/70) sont situés au-dessus de l'axe des abscisses, traduisant une sous-estimation (qui, encore une fois, n'est pas une erreur à proprement parler dans ce genre d'estimation). Seules 8 surestimations sont présentes. Enfin, 14 points sont situés sur l'axe, traduisant un nombre réel de chiots correspondant au bas de l'intervalle annoncé.

Si les surestimations et leur importance numérique paraissent là encore réparties aléatoirement selon la taille de la portée, il semble là aussi que les sous-estimations deviennent de plus en plus importantes numériquement avec l'augmentation de taille de la portée.

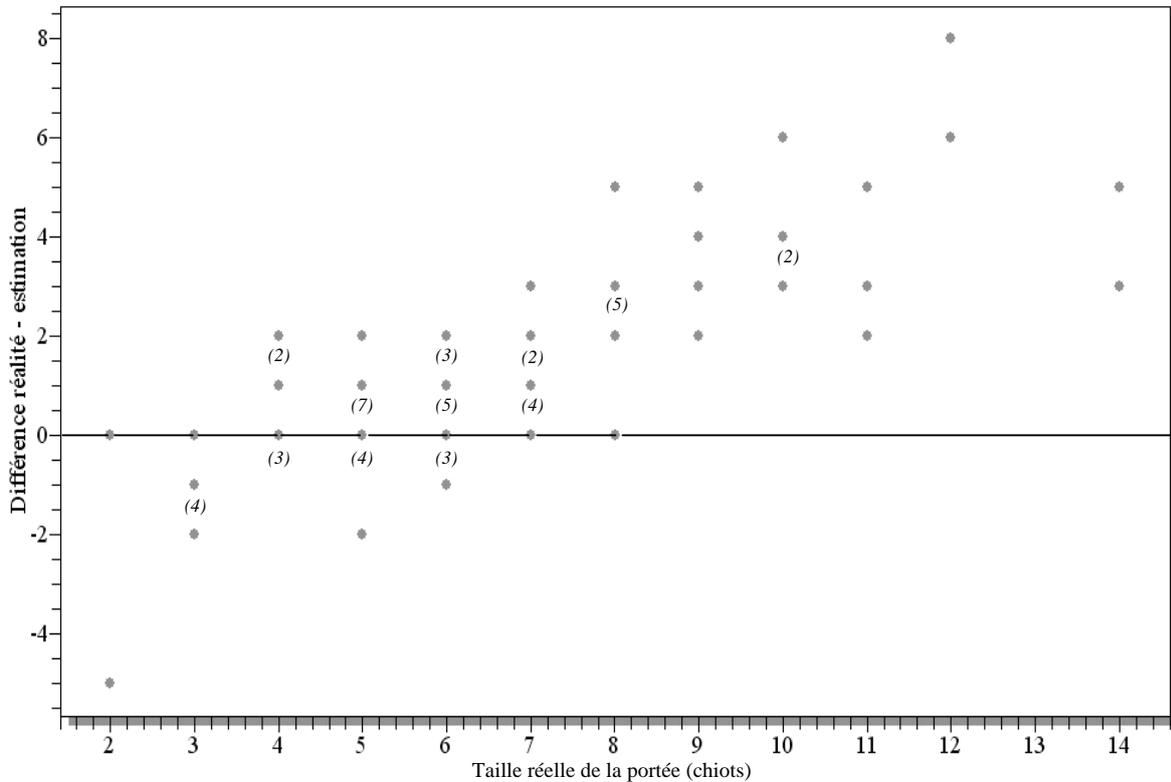
Les caractéristiques des différences entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée sont résumées dans le **Tableau 20**. En moyenne, sur les 70 examens échographiques à estimation par IO, il y a 1,54 chiot de différence entre la réalité et l'estimation, c'est-à-dire qu'en moyenne, il faut « s'attendre » à 1,54 chiot en plus en réalité par rapport à l'estimation (sous-estimation de 1,54 chiot). La médiane est une sous-estimation de 1 chiot. Le minimum est une surestimation de 5 chiots (5 chiots de moins par rapport à l'estimation), et le maximum une sous-estimation de 8 chiots (8 chiots en plus par rapport à l'estimation).

En revanche, pour les portées de 2 et 3 chiots, il faut s'attendre en moyenne à une surestimation (de 2,5 et 1 chiot, respectivement).

Il existe une différence significative ($p < 0,0001$, test de Kruskal-Wallis) dans l'écart entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée. Il y a donc une association qui existe entre la taille de la portée et l'importance numérique de l'écart entre la taille réelle et estimée de la portée lors de l'estimation par IO du nombre de fœtus.

Plus la portée est grande, plus les écarts des sous-estimations sont numériquement importants (**Figure 30**).

Figure 29 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert



➤ Ce graphique en nuage de points représente la répartition de la différence entre le nombre réel de chiots et le nombre estimé de chiots en fonction de la taille de la portée, lors des estimations par intervalle ouvert. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de portées concernées par l'emplacement en question. Par exemple, il y a 3 portées de 4 chiots dont l'estimation est correcte, 7 portées de 5 chiots dont la sous-estimation s'élève à 1 chiot etc.

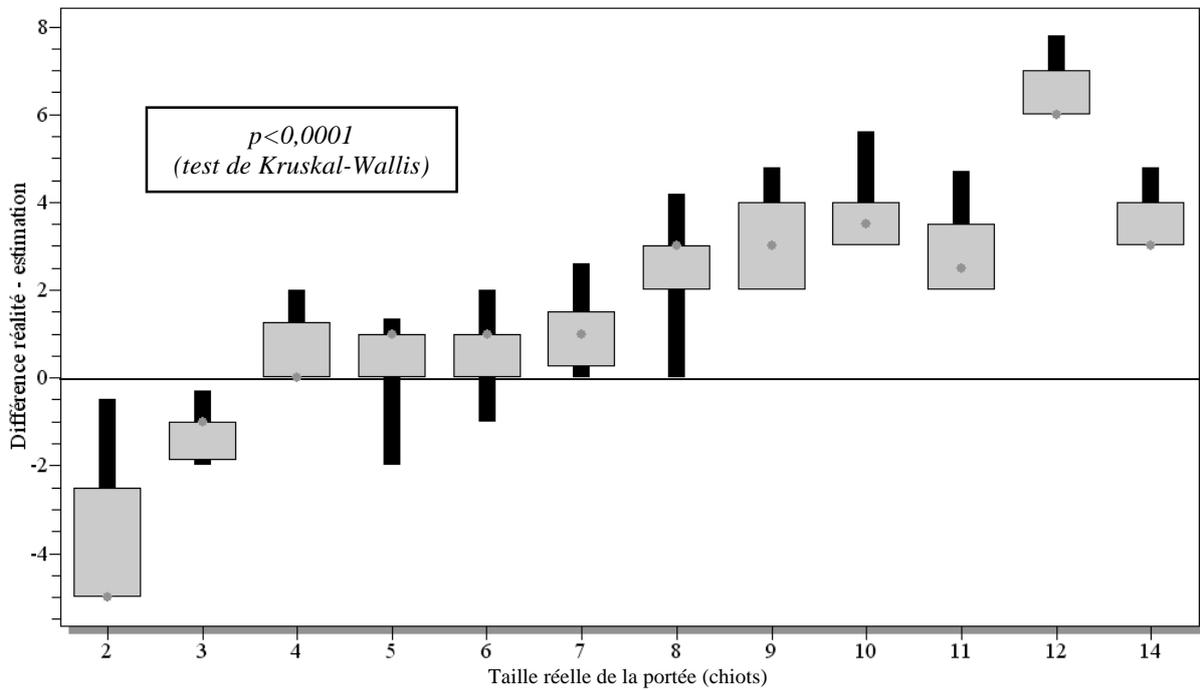
Tableau 20 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
Total	70	1,54 (1,04 ; 2,03)	1	-5	8
2	2	-2,50 (-7,40 ; 2,40)	-2,5	-5	0
3	6	-1,00 (-1,51 ; -0,49)	-1	-2	0
4	6	0,83 (0,05 ; 1,62)	0,5	0	2
5	13	0,54 (0,01 ; 1,06)	1	-2	2
6	12	0,83 (0,30 ; 1,36)	1	1	2
7	8	1,38 (0,74 ; 2,01)	1	0	3
8	8	2,75 (1,79 ; 3,71)	3	0	5
9	4	3,50 (2,23 ; 4,77)	3	2	5
10	4	4,25 (3,02 ; 5,48)	4	3	6
11	3	3,33 (1,60 ; 5,06)	3	2	5
12	2	7,00 (5,04 ; 8,96)	7	6	8
14	2	4,00 (2,04 ; 5,96)	4	3	5

Légende : Taille : Taille réelle de la portée (chiots) ; n : nombre d'examens ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; ND : non défini.

- *Ce tableau précise, en fonction de chaque taille réelle de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille estimée lors d'estimation par un intervalle ouvert. Par exemple, pour les portées de 3 chiots, il y a en moyenne une surestimation de 1 chiot. C'est-à-dire qu'il faut en moyenne retrancher 1 chiot à l'estimation pour avoir la taille réelle de la portée. En revanche, pour les portées de 8 chiots, il y a en moyenne une sous-estimation de 2,75 chiots. D'autre part, pour les portées de 4, 5 et 6 chiots, les sous-estimations se limitent à 2 chiots maximum, mais les surestimations vont jusqu'à 2 chiots (pour les portées de 5 chiots).*

Figure 30 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert



➤ Cette boîte à moustaches représente la différence numérique entre la taille réelle de la portée et la taille estimée de la portée en fonction de la taille réelle de la portée lors d'estimation par intervalle ouvert. Cette différence numérique est significativement différente suivant la taille de la portée. La tendance est là aussi à l'augmentation de l'importance des sous-estimations avec l'augmentation de taille des portées, même si les petites portées (de 2 et 3 chiots) ont plutôt tendance à la surestimation.

Là encore, il est intéressant de savoir, non plus en fonction de la taille réelle de la portée, mais en fonction de la taille estimée de la portée, quelle est la différence entre la réalité et l'estimation.

Le **Tableau 21** résume, en fonction de la taille estimée de la portée, les différences entre le nombre réel et le nombre estimé de chiots.

En revanche, contrairement à l'estimation par chiffre unique, il n'y a pas de différence significative de l'écart entre la réalité et l'estimation selon la taille estimée de la portée lors d'estimation par IO.

Tableau 21 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
2	3	1,33 (0,03 ; 2,64)	2	0	2
3	4	2,00 (-0,12 ; 4,12)	1,5	0	5
4	21	1,48 (0,47 ; 2,48)	1	-1	8
5	18	1,44 (0,73 ; 2,16)	1	-2	4
6	13	2,15 (1,05 ; 3,26)	1	0	6
7	6	-0,50 (-2,81 ; 1,81)	-0,5	-5	3
8	2	1,50 (-1,44 ; 4,44)	1,5	0	3
9	2	3,50 (0,56 ; 6,44)	3,5	2	5
11	1	3,00 (ND)	3	3	3

Légende : Taille : Taille estimée de la portée (chiots) ; n : nombre d'examen ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; ND : non défini.

➤ Ce tableau précise, en fonction de chaque taille estimée de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille estimée lors d'estimation par un intervalle ouvert. Par exemple, pour les portées estimées de 5 chiots, il y a en moyenne une sous-estimation de 1,44 chiot. C'est-à-dire qu'il faut en moyenne ajouter 1,44 chiot à l'estimation pour avoir la taille réelle de la portée. D'autre part, pour les portées estimées de 2 et 3 chiots, il n'y a aucune surestimation d'observée dans l'étude, mais il peut y avoir jusqu'à 5 chiots en plus (portées de 3 chiots) par rapport à l'estimation réalisée.

2.2.6.2.3. Les erreurs lors d'estimation par intervalle fermé

Lors d'estimation par IF, l'écart entre la réalité et l'estimation est calculée de la manière suivante : en cas de surestimation, elle correspond au nombre de chiots entre la réalité et la valeur basse de l'intervalle estimé. Par exemple, si l'estimation est « entre 3 et 5 chiots » et que la portée réelle ne comprend que 2 chiots, la différence est « $2 - 3 = -1$ chiot ». À l'inverse, en cas de sous-estimation, la différence correspond au nombre de chiots entre la réalité et la valeur haute de l'intervalle estimé. Par exemple, si l'estimation est « entre 3 et 5 chiots » et que la portée réelle comprend 8 chiots, la différence est « $8 - 5 = 3$ chiots ». Si le nombre réel de chiots est compris dans l'intervalle estimé, la différence est de 0 chiot.

La **Figure 31** représente les portées selon leur taille réelle et l'écart entre la réalité et l'estimation. Ainsi, les points situés au-dessus de l'axe des abscisses représentent les portées dont la différence entre la réalité et l'estimation est positive, donc les sous-estimations, les points situés sous l'axe des abscisses, les surestimations, et enfin les points sur l'axe des abscisses, les estimations correctes (c'est-à-dire que la taille réelle de la portée est comprise dans l'intervalle fermé fourni lors de l'estimation).

On remarque que la majorité des points (29/57) sont situés au-dessus de l'axe des abscisses, traduisant une sous-estimation. Seules 6 surestimations sont présentes. Enfin, 22 points sont situés sur l'axe, traduisant une estimation correcte du nombre de chiots.

Si les surestimations et leur importance numérique paraissent une fois de plus réparties aléatoirement selon la taille de la portée, il semble que les sous-estimations deviennent ici aussi de plus en plus importantes numériquement avec l'augmentation de taille de la portée.

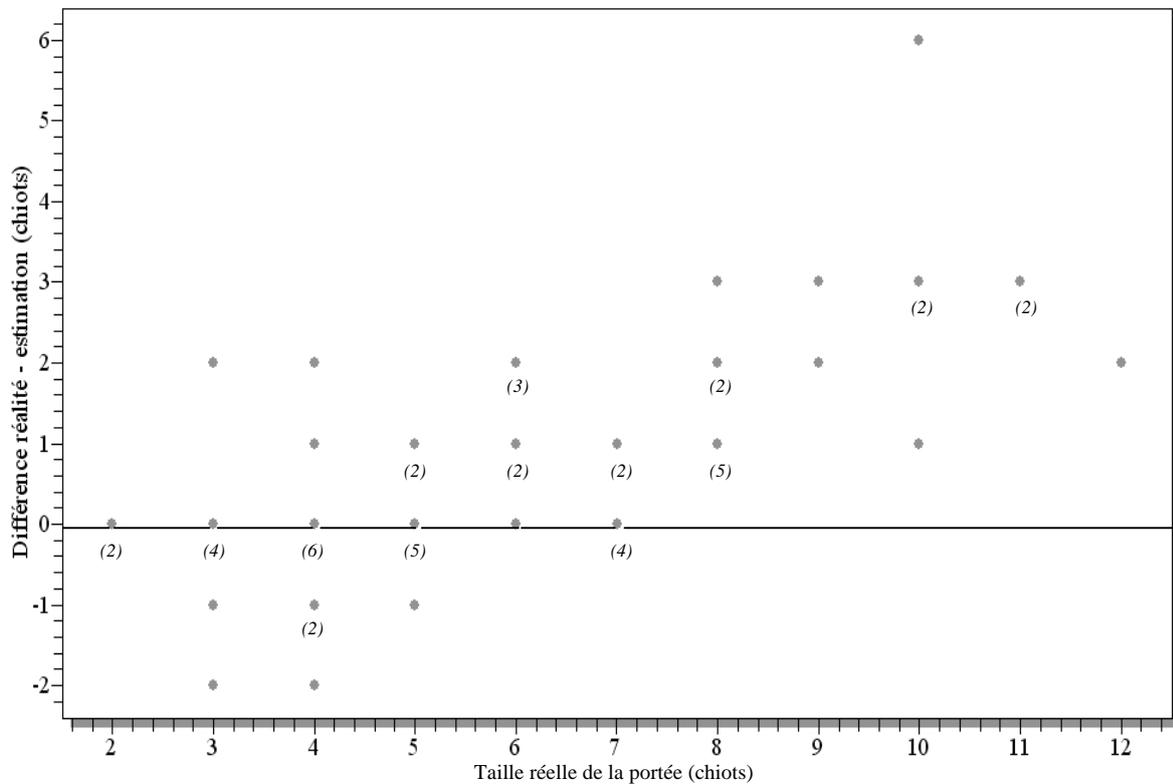
Les caractéristiques des différences entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée sont résumées dans le **Tableau 21**. En moyenne, sur les 57 examens échographiques à estimation par IF, il y a 0,82 chiot de différence entre la réalité et l'estimation, c'est-à-dire qu'en moyenne, il faut « s'attendre » à 0,82 chiot en plus en réalité par rapport à l'estimation (sous-estimation de 0,82 chiot). La médiane est une sous-estimation de 1 chiot. Le minimum est une surestimation de 2 chiots (2 chiots de moins par rapport à l'estimation), et le maximum est une sous-estimation de 6 chiots (6 chiots en plus par rapport à l'estimation).

Il existe une différence significative ($p < 0,0001$, test ANOVA) dans l'écart entre la réalité et l'estimation selon la taille de la portée. Il y a donc une association qui existe entre la taille de la portée et l'importance des erreurs numériques lors de l'estimation par IF du nombre de fœtus.

Plus la portée est grande, plus les erreurs sont numériquement importantes (**Figure 32**).

Une autre manière de se rendre compte des erreurs lors d'intervalle fermé est de représenter l'ensemble des estimations et les valeurs de portée correspondantes sur un même graphique, comme sur la **Figure 33**.

Figure 31 : Nuage de points représentant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé



➤ Ce graphique en nuage de points représente la répartition de la différence entre le nombre réel de chiots et le nombre estimé de chiots en fonction de la taille de la portée, lors des estimations par intervalle fermé. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de portées concernées par l'emplacement en question. Par exemple, il y a 6 portées de 4 chiots dont l'estimation est correcte, 3 portées de 6 chiots dont la sous-estimation s'élève à 2 chiots etc.

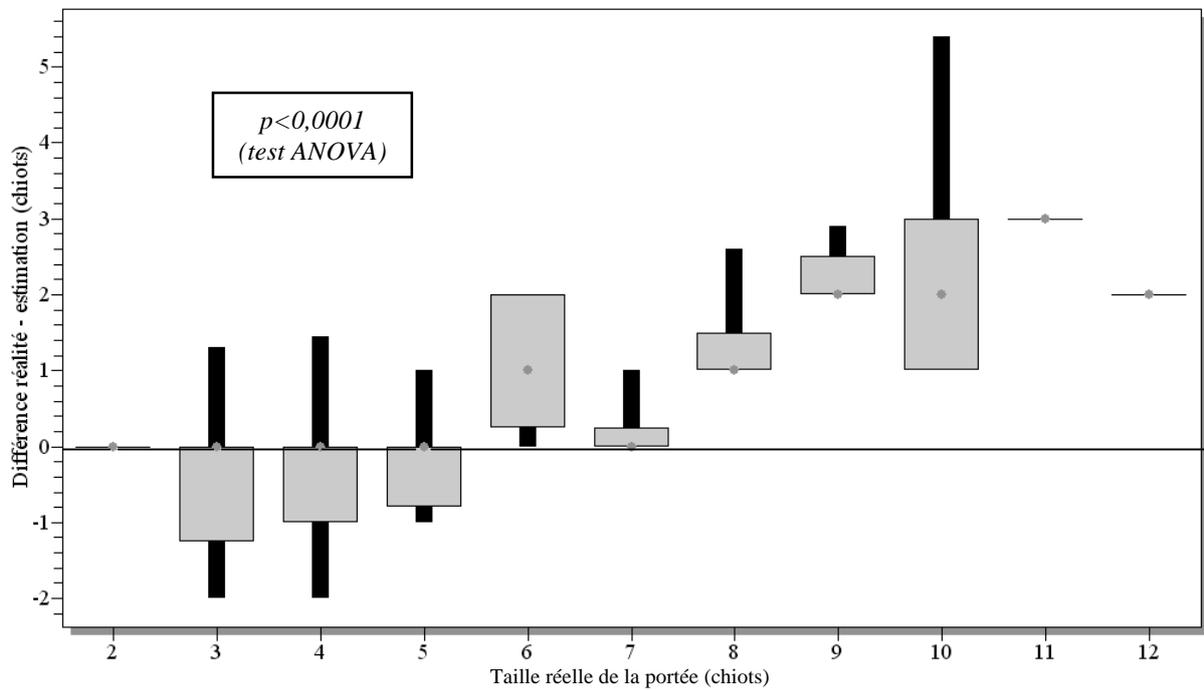
Tableau 22 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
Total	57	0,82 (0,46 ; 1,19)	1	-2	6
2	2	0,00 (ND)	0	0	0
3	7	-0,14 (-1,04 ; 0,76)	0	-2	2
4	11	-0,09 (-0,71 ; 0,53)	0	-2	2
5	8	0,13 (-0,32 ; 0,57)	0	-1	1
6	6	1,33 (0,68 ; 1,99)	1,5	0	2
7	6	0,33 (-0,08 ; 0,75)	0	0	1
8	8	1,50 (0,98 ; 2,02)	1	1	3
9	2	2,50 (1,52 ; 3,48)	2,5	2	3
10	4	3,25 (1,23 ; 5,27)	3	1	6
11	2	3,00 (ND)	3	3	3
12	1	2,00 (ND)	2	2	2

Légende : Taille : Taille réelle de la portée (chiots) ; n : nombre d'examen ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; ND : non défini.

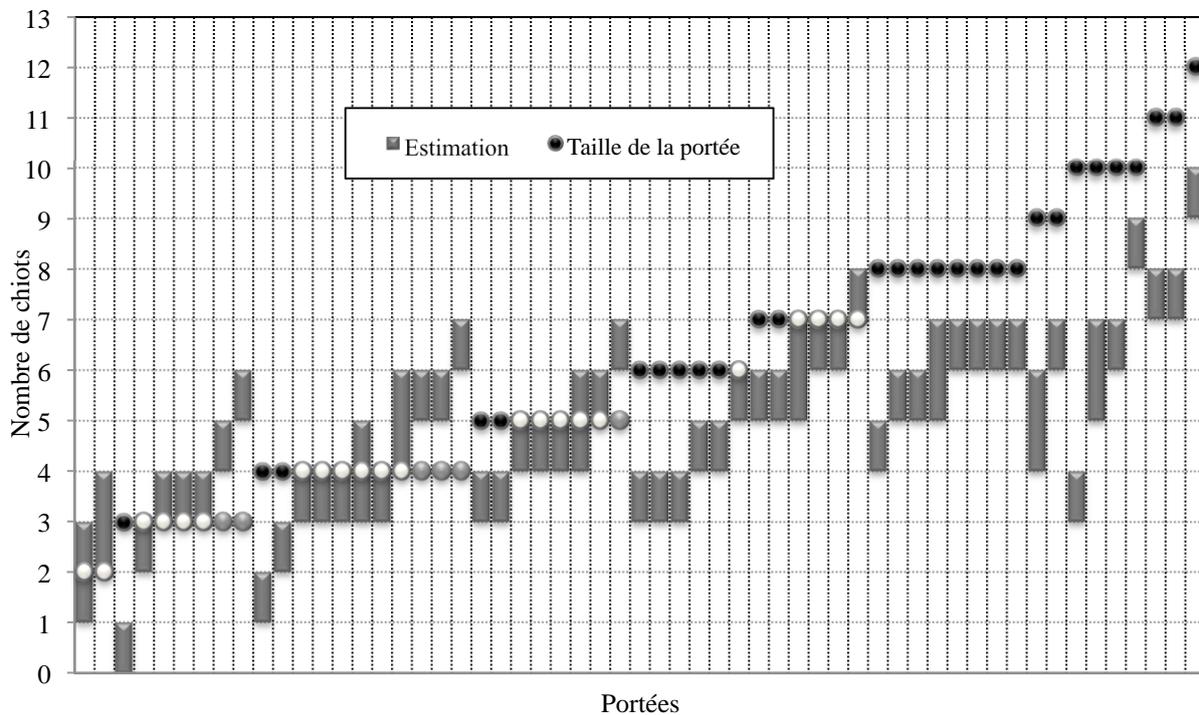
- Ce tableau précise, en fonction de chaque taille réelle de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille estimée lors d'estimation par un intervalle fermé. Par exemple, pour les portées de 3 chiots, il y a en moyenne une surestimation de 0,14 chiot. C'est-à-dire qu'il faut en moyenne retrancher 0,14 chiot à l'estimation pour avoir la taille réelle de la portée. En revanche, pour les portées de 8 chiots, il y a en moyenne une sous-estimation de 1,5 chiot. D'autre part, pour les portées de 3 et 4 chiots, les sous-estimations se limitent à 2 chiots maximum, mais les surestimations vont jusqu'à 2 chiots.

Figure 32 : Boîtes à moustaches comparant la différence entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé



➤ Cette boîte à moustaches représente la différence numérique entre la taille réelle de la portée et la taille estimée de la portée en fonction de la taille réelle de la portée lors d'estimation par intervalle fermé. Cette différence numérique est significativement différente suivant la taille de la portée. La tendance est là-aussi à l'augmentation de l'importance des sous-estimations avec l'augmentation de taille des portées.

Figure 33 : Écarts entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, en fonction de la taille réelle de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle fermé



- *Ce graphique représente l'ensemble des estimations par intervalle fermé. Les rectangles gris foncé représentent l'estimation, et les points, la taille réelle de la portée. Lorsque le nombre réel de chiots est compris dans l'intervalle estimé, le point est blanc. Quand la portée est surestimée, le point est gris. Lorsque la portée est sous-estimée, le point est noir. Il apparaît que plus la taille de portée augmente, plus les estimations sont fausses, dans le sens des sous-estimations. D'ailleurs, à partir de 8 chiots, toutes les estimations faites avec un intervalle fermé se révèlent fausses.*

Là aussi, il est intéressant de savoir, non plus en fonction de la taille réelle de la portée, mais en fonction de la taille estimée de la portée, quelle est la différence entre la réalité et l'estimation.

Les **Tableaux 23 & 24** résument, en fonction des tailles estimées minimale et maximale, respectivement, de la portée, les différences entre le nombre réel et le nombre estimé de chiots.

Là encore, contrairement à l'estimation par chiffre unique, il n'y a pas de différence significative de l'écart entre la réalité et l'estimation selon les tailles estimées (minimale et maximale) de la portée lors d'estimation par IF.

Tableau 23 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée minimale de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
0	1	2,00 (ND)	2	2	2
1	2	1,00 (-0,96 ; 2,96)	1	0	2
2	3	0,33 (-0,32 ; 0,99)	0	0	1
3	14	1,00 (0,13 ; 1,87)	0	0	6
4	10	0,70 (-0,13 ; 1,53)	0	-1	3
5	12	0,50 (-0,32 ; 1,32)	0,5	-2	3
6	10	0,60 (-0,29 ; 1,49)	1	-2	3
7	3	2,00 (0,04 ; 3,96)	3	0	3
8	1	1,00 (ND)	1	1	1
9	1	2,00 (ND)	2	2	2

Légende : Taille : Taille estimée de la portée (chiots) ; n : nombre d'examens ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots); ND : non défini.

➤ Ce tableau précise, en fonction de chaque taille minimale estimée de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille minimale estimée lors d'estimation par un intervalle ouvert.

Tableau 24 : Caractéristiques de l'écart entre la taille réelle et la taille estimée de la portée, selon la taille estimée maximale de la portée, lors des examens échographiques à estimation à intervalle ouvert

Taille	n	Moyenne (IC)	Médiane	Minimum	Maximum
1	1	2,00 (ND)	2	2	2
2	1	2,00 (ND)	2	2	2
3	3	0,33 (-0,32 ; 0,99)	0	0	1
4	14	1,00 (0,13 ; 1,87)	0	0	6
5	8	0,50 (-0,33 ; 1,33)	0	-1	3
6	12	0,42 (-0,40 ; 1,23)	0	-2	3
7	13	0,77 (0,00 ; 1,54)	1	-2	3
8	3	2,00 (0,04 ; 3,96)	3	0	3
9	1	1,00 (ND)	1	1	1
10	1	2,00 (ND)	2	2	2

Légende : Taille : Taille estimée de la portée (chiots) ; n : nombre d'examens ; Moyenne (IC) : différence moyenne (et intervalle de confiance) entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Médiane : différence médiane entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Minimum : différence minimum entre la réalité et l'estimation (chiots) ; Maximum : différence maximum entre la réalité et l'estimation (chiots); ND : non défini.

- *Ce tableau précise, en fonction de chaque taille maximale estimée de portée, le nombre d'écart moyen, médian, minimal et maximal de chiots entre la taille réelle de la portée et sa taille maximale estimée lors d'estimation par un intervalle fermé.*

2.2.7. Fiabilité selon le stade de la gestation

Aucune association n'a pu être mise en évidence entre le stade de gestation et la fiabilité pour le dénombrement des fœtus à la radiographie, probablement en raison du faible nombre d'erreurs lors des examens radiographiques.

La répartition exacte des estimations par examen échographique selon l'exactitude ou non de l'estimation et selon l'avancée de la gestation est apportée par le **Tableau 25** et les **Figures 34 & 35**.

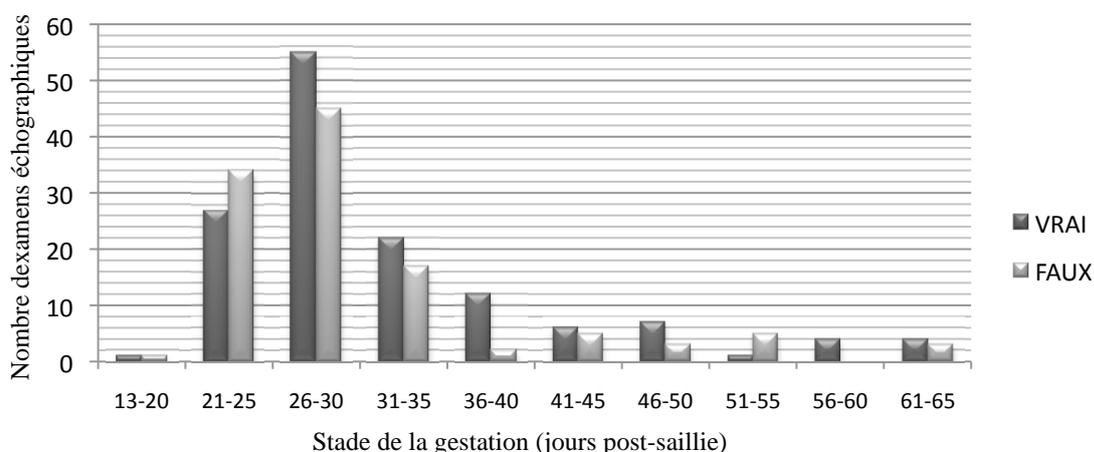
Le jour moyen de l'examen échographique pour les estimations correctes est le 32,4^{ème} jour post-saillie (médiane : 29^{ème} jour) ; celui pour les estimations incorrectes est le 30,6^{ème} jour (médiane : 28^{ème} jour). Cependant, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence dans la fiabilité du dénombrement des fœtus selon le stade de la gestation.

Tableau 25 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon le stade de la gestation sur l'ensemble des examens échographiques

Stade	13 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 40	41 - 45	46 - 50	51 - 55	56 - 60	61 - 65	Total
Vrai	1	27	55	22	12	6	7	1	4	4	139
Faux	1	34	45	17	2	5	3	5	0	3	115
Total	2	61	100	39	14	11	10	6	4	7	254

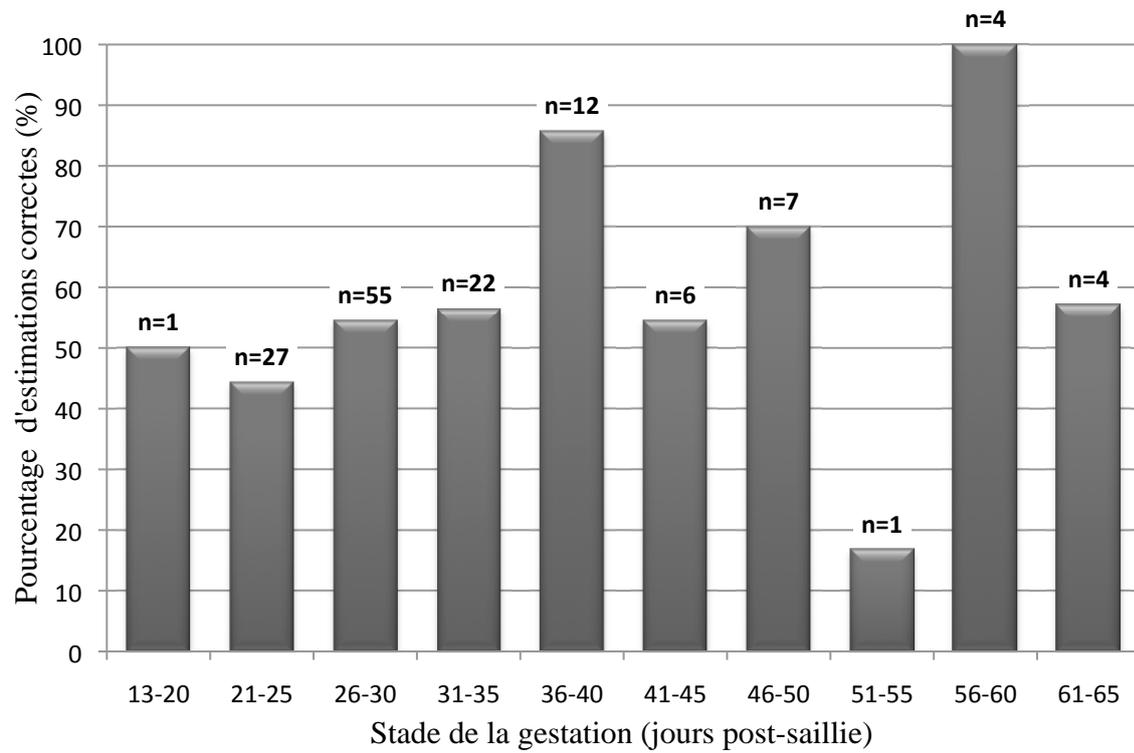
Légende : Stade : stade de la gestation, en jours post-saillie ou IA.

Figure 34 : Répartition des estimations « vraies » et « fausses » selon le stade de la gestation sur l'ensemble des examens échographiques



- *Un pic d'examens est observé en début de gestation, principalement entre le 21^{ème} et le 40^{ème} jour, correspondant aux recommandations pour effectuer un diagnostic de gestation échographique.*

Figure 35 : *Pourcentage d'estimations correctes en fonction du stade de la gestation, sur l'ensemble des examens échographiques*



- *Le pourcentage d'estimations correctes varie entre 17% (entre 51 et 55 jours post-saillie) et 100% (entre 56 et 60 jours post-saillie). Aucune tendance ne semble se dégager selon le stade de la gestation.*

3. Discussion

3.1. Échographie

3.1.1. Bilan des résultats

Les résultats sont confrontés à ceux de la bibliographie dans le paragraphe 3.1.3.

L'échographie ne donne que des résultats moyens dans le dénombrement des fœtus, puisqu'elle ne révèle des résultats exacts que dans 54,7% des cas. Il est important de préciser qu'il n'y a pas de différence significative de fiabilité de l'échographie en fonction de l'opérateur (CERCA *versus* service d'Imagerie de l'ENVA).

Néanmoins, on peut constater qu'il est profitable de répéter l'échographie au cours de la gestation, puisque, sur l'ensemble des chiennes, on passe d'une exactitude de 50,2% à 71,1% entre la 1^{ère} et la 2^{ème} échographie.

Il est intéressant de constater que l'on peut se fier au résultat de l'estimation par échographie chez les petites chiennes dans 2 cas sur 3, avec même 19/24 estimations par chiffre unique exactes. Il est en outre surprenant de constater, toujours chez les chiennes de petit format, que les estimations par chiffre unique sont plus fiables que les estimations à intervalle fermé (79,2% *versus* 66,7%). Cette observation, paradoxale, n'est cependant pas statistiquement significative et semble plutôt résulter d'un hasard (un nombre d'échographies plus important serait nécessaire afin de confirmer ou d'infirmer cette tendance).

Pour les moyennes et grandes races, l'échographie est assez médiocre pour les estimations à chiffre unique et à intervalle fermé du nombre de fœtus (moins de 1 cas sur 2 donnant une estimation exacte).

Ainsi, le comptage des fœtus par échographie est plus fiable chez les chiennes de petites races que chez les chiennes de moyennes et grandes races.

Un autre résultat de cette étude va dans le même sens que cette différence de fiabilité selon les formats : le nombre d'erreurs augmente avec l'augmentation de taille des portées. En effet, les races de plus grand format font plus de chiots.

Ce résultat s'appuie sur l'ensemble des examens échographiques. Lorsque l'on s'intéresse aux différents types d'estimations, cette différence est retrouvée pour les estimations par chiffre unique et par intervalle fermé. À l'inverse, lors d'estimations par intervalle ouvert, le nombre d'erreurs diminue avec l'augmentation de taille des portées.

Il est encore plus remarquable de constater que plus la portée est grande, plus il y a d'erreurs, mais également que l'importance numérique de ces erreurs est importante.

En effet, pour les estimations à chiffre unique, il y a en moyenne 0,84 chiot de plus dans la portée réelle par rapport à sa taille estimée sur l'ensemble des portées, mais quand on s'intéresse aux portées de 9 chiots, ce chiffre augmente à 3,29 chiots.

Lors d'estimation par intervalle ouvert, il y a en moyenne 1,54 chiot de plus au réel que le nombre annoncé comme nombre minimal estimé sur le total des portées (même si les sous-estimations ne sont pas des erreurs avec ce type d'estimation, il est intéressant d'évaluer de combien on s'éloigne du chiffre réel lors du comptage). Sur les portées de 10 chiots, il y a à la naissance en moyenne 4,25 chiots de plus.

Lors d'estimation par intervalle fermé, il y a en moyenne 0,82 chiot de plus au réel que le haut de l'intervalle estimé. Sur l'ensemble des portées. Sur les portées de 10 chiots, ce chiffre s'élève à 3,25 chiots.

Les surestimations sont beaucoup moins fréquentes que les sous-estimations et sont souvent réalisées sur les petites portées.

Enfin, il est surprenant de constater qu'il n'existe apparemment aucune période « privilégiée » pour un comptage plus exact des chiots par échographie, comme on aurait pu s'y attendre (ampoules peu visibles lors de diagnostics trop précoces, ou au contraire occupant trop d'espace lors de diagnostics trop tardifs).

3.1.2. Les aspects positifs et négatifs

Les aspects positifs de cette étude sont tout d'abord que le grand nombre d'examen échographiques réalisés (258) lui donne un fort poids statistique et a permis de dégager un certain nombre de différences significatives, là où d'autres études ne parlaient que de tendance.

En revanche, cette étude, rétrospective, comporte plusieurs biais et limites.

En premier lieu, les différents examens ne sont pas tous comparables en termes de nombre. De plus, le fait que tous les résultats ne soient pas exprimés de la même manière (présence d'intervalles notamment) conduit à la création de sous-groupes dont l'analyse est plus complexe.

Certains de ces sous-groupes, avec de petits effectifs, font perdre de la puissance statistique et peuvent expliquer la non-significativité de certains résultats.

En outre, les examens échographiques sont réalisés et interprétés par des membres de l'équipe du CERCA et du service d'Imagerie de l'ENVA, soit des opérateurs entraînés. Ainsi, les résultats obtenus sont probablement meilleurs qu'en pratique vétérinaire courante. Cependant, il semble acceptable de penser que les tendances observées sont valables quelle que soit la structure dans laquelle ces examens sont effectués.

D'autre part, afin d'augmenter la puissance statistique, tous les examens échographiques ont été poolés pour certains tests. Les 1^{ers}, 2^{èmes} et 3^{èmes} examens échographiques ont donc

été mis sur le même plan et considérés indépendants les uns des autres. Or, il est raisonnable de penser que l'opérateur est au courant des résultats des examens précédents et que son estimation en est probablement influencée.

De plus, une limite de cette étude réside dans le fait qu'il existe des résorptions embryonnaires chez la chienne, estimées à 10%,^{31,33} qui peuvent expliquer certaines surestimations (qui ne seraient donc pas des erreurs au sens strict du terme).

Enfin, il convient de préciser que le nombre de chiots nés n'est quasiment jamais disponible dans les dossiers (CERCA ou ENVA). Il a donc été nécessaire d'appeler de nombreux propriétaires. De nombreuses coordonnées téléphoniques étaient obsolètes, et de nombreuses portées ont ainsi été perdues pour l'étude. D'autre part, il a fallu faire confiance aux dires des propriétaires, sans aucune possibilité de vérifier la véracité de leurs propos. Si certains propriétaires ont pris la peine de rechercher dans leur livre d'élevage les informations requises, d'autres les ont fournies de mémoire. Or certains éleveurs ont plusieurs chiennes, qui font une à deux portées par an. Dans ces cas, il ne reste qu'à espérer que leur mémoire ait été aiguisée...

3.1.3. Comparaison à la bibliographie

Les études datant des années 1980 annoncent des résultats exacts dans le dénombrement des fœtus à l'échographie dans 32 à 36% des cas.

Dans notre étude, ce chiffre s'élève à 55% sur l'ensemble des examens échographiques. Mais si l'on ne considère que les estimations par chiffre unique, comme utilisées dans ces études, la fiabilité est de 44%, ce qui est un peu plus élevé mais reste dans le même ordre d'idée.

Ces études mettent en outre en avant une tendance à la surestimation dans les petites portées, et à la sous-estimation dans les grandes.

Cette tendance à la surestimation dans les petites portées est retrouvée ici, bien que non statistiquement significative. En revanche, il est statistiquement prouvé dans notre étude que plus la portée est grande, plus elle va être sous-estimée à l'examen échographique. Nos résultats sont donc en accord avec ceux de la bibliographie.

Une étude plus récente, de 2007,⁵² annonce de bien meilleurs résultats puisque 65% des examens échographiques aboutissent à un résultat exact, et 89,5% d'entre eux à un résultat exact à un chiot près. Ces résultats sont confrontés à ceux de notre étude dans le **Tableau 26**.

Tableau 26 : Confrontation de l'influence du format de la chienne sur l'exactitude du dénombrement des fœtus dans la présente étude par rapport à une étude récente⁵²

Différence réalité/prédiction (en nombre de chiots)	Petites races (%)	Races moyennes (%)	Grandes races (%)	Total (%)
0	79,2	100	52,2	64,6
	<i>79,2</i>	<i>43,6</i>	<i>30,3</i>	<i>43,5</i>
+/- 1 chiot	100	100	76,1	85,7
	<i>91,7</i>	<i>71,8</i>	<i>65,2</i>	<i>72,5</i>
+/- 2 chiots	100	100	97,8	98,7
	<i>91,7</i>	<i>87,2</i>	<i>74,2</i>	<i>81,7</i>
Nombre de chiennes	24	6	45	75
	<i>24</i>	<i>39</i>	<i>66</i>	<i>131</i>

➤ *Les valeurs en caractères droits sont celles de l'étude récente, en comparaison à celles de la présente étude, en italique.*

Plusieurs éléments méritent d'être précisés à propos de cette étude.

Tout d'abord, seuls 4 échographistes expérimentés ont participé à l'étude, et leur expérience joue probablement dans les bons résultats obtenus. D'autre part, le fait qu'ils soient en nombre restreint diminue possiblement la dispersion des résultats (même si pour l'affirmer, il faudrait connaître leur répétabilité/reproductibilité ainsi que celle des opérateurs de notre étude).

En outre, seulement 75 examens échographiques ont été réalisés, *versus* 131 dans notre étude (afin d'être cohérent avec la bibliographie, seules les estimations par chiffre unique ont été considérées). Nos résultats ont donc un plus grand poids statistique, que ce soit sur les chiennes de petit, grand, et surtout moyen format. En effet, seuls 6 examens ont été réalisés sur des chiennes moyennes dans l'étude de 2007, ce qui rend la comparaison avec les 39 examens de notre étude hasardeuse.

Il est toutefois important de remarquer que, si les résultats dans les petites races sont tout à fait similaires (exactement le même pourcentage de bonnes estimations), en revanche la fiabilité pour les grandes races est bien moins bonne dans notre étude.

Néanmoins, on retrouve la tendance observée en 2007 à une plus grande difficulté de dénombrement sur les grandes races.

Plusieurs explications peuvent être avancées quant à cette différence entre les 2 études. D'abord, il est précisé dans l'étude de 2007 que le dénombrement était répété au moins une fois pour chaque chienne, et que si ce dernier n'était pas semblable au premier, un dénombrement supplémentaire était effectué. Le dénombrement le plus répétable était alors pris en compte. Or dans notre étude, certaines chiennes n'ont bénéficié que d'un seul examen échographique (alors que l'on augmente la fiabilité en répétant les examens). Ensuite, il est possible que leur échographe soit de meilleure qualité que ceux utilisés dans notre étude (le modèle utilisé n'est cependant pas précisé). Enfin, il est envisageable que les échographistes de l'étude de 2007 soient plus habitués à échographier des chiennes de grande race (population australienne) que dans notre étude (population parisienne).

3.1.4. Que faire de plus ?

Les recommandations actuelles sont de réaliser un examen échographique vers 25 à 30 jours de gestation, non pour avoir un dénombrement exact des fœtus, mais déjà pour s'assurer de la gestation. Pour avoir une idée précise de la taille de la portée, un examen radiographique en fin de gestation est le plus approprié.

Néanmoins, si les propriétaires veulent absolument une estimation précoce de la taille de la portée, il nous semble particulièrement important d'encourager les propriétaires et les vétérinaires à répéter l'examen échographique afin d'affiner le résultat obtenu lors du 1^{er} examen.

Pour les moyennes et grandes races ainsi que sur les grosses portées, le clinicien devrait être conscient des résultats médiocres du dénombrement échographique par chiffre unique, et préférer l'utilisation d'intervalles ouverts, moins précis mais donnant à plus de 80% des résultats exacts.

En outre, il est primordial d'expliquer aux propriétaires que le résultat obtenu après cet examen échographique doit être pris pour ce qu'il est : une estimation. Il serait par exemple intéressant de montrer aux propriétaires le **Tableau 19** (page 78). Ainsi, à une propriétaire sur la chienne de laquelle 4 fœtus viennent d'être dénombrés, le vétérinaire pourrait expliquer que sur les 34 examens échographiques au cours desquels 4 fœtus ont été dénombrés, il faut ajouter en moyenne 0,65 chiot pour avoir la taille réelle de la portée (donc une légère tendance à la sous-estimation), et que les portées réelles allaient de 1 à 9 chiots. Un propriétaire sensibilisé à la difficulté de cet examen sera plus compréhensif en cas d'erreur.

Une autre idée pourrait être de calculer ses propres résultats, en demandant systématiquement le nombre de chiots effectivement nés de toutes les chiennes ayant subi un examen échographique de gestation.

3.2. Radiographie

3.2.1. Bilan des résultats

La radiographie donne de bien meilleurs résultats que l'échographie en termes de dénombrement du nombre de fœtus : 92% *versus* 55% (différence significative).

Cette différence significative se confirme pour les chiennes de moyennes et grandes races. En revanche, le petit effectif des chiennes de petit format ayant bénéficié d'un examen radiographique (4) ne permet pas de dégager une supériorité significative de la radiographie sur l'échographie, même si une tendance semble se dégager : aucun erreur sur les examens radiographiques *versus* 78% de fiabilité pour l'échographie.

Sur les 51 examens radiographiques de l'étude, 4 sont source d'erreur : une sous-estimation de 1 chiot sur une portée de 5 chiots et sur une autre de 8 chiots, une surestimation de 1 chiot sur une portée de 5 chiots, et enfin une surestimation de 3 chiots sur une portée de 8 chiots.

3.2.2. Les aspects positifs et négatifs

Les aspects positifs de cette étude sont tout d'abord que là aussi, le nombre important d'examens radiographiques réalisés (51) lui donne un poids statistique non négligeable.

Elle permet notamment de confirmer, chiffres à l'appui, que la radiographie montre donc une grande supériorité sur l'échographie dans le dénombrement des fœtus. Cependant, la problématique de cet examen est différente, puisqu'on veut pouvoir lui faire confiance à 100%. Or, sur les 51 radiographies de l'étude, 4 sont source d'erreur.

De telles situations peuvent être réellement problématiques. Par exemple, un des chiots de la portée de 5 sur laquelle une sous-estimation a été faite est mort-né. La mise bas s'est interrompue après 4 chiots, et puisque la propriétaire pensait que tous les chiots étaient nés, elle ne s'est pas préoccupée du dernier chiot, dont elle ignorait même l'existence.

À l'inverse, une surestimation peut entraîner la réalisation d'une intervention chirurgicale pour « récupérer » le ou les chiot(s) « coincé(s) à l'intérieur », et créer des risques pour la chienne et une source de mécontentement non négligeable pour le propriétaire....

En outre, ces 4 erreurs ont été réalisées sur des estimations par chiffre unique (comme l'exigent souvent les propriétaires) et représentent 9,3% de ces estimations par chiffre unique, soit quasiment 1 cas sur 10.

Certaines situations sont à l'origine de doutes dans le dénombrement radiographique : estomac rempli (d'où la nécessité de mettre la chienne à jeun avant la réalisation des clichés), côlon rempli, format trop important nécessitant 2 clichés par incidence. Ces situations sont systématiquement consignées dans le compte-rendu radiographique, de manière à préciser au propriétaire qu'une difficulté a été rencontrée. Cependant, aucune de ces situations n'a entraîné d'erreur d'estimation dans l'étude (au pire, le résultat est un

intervalle et non un chiffre unique). Les erreurs commises sont d'autant plus préoccupantes qu'aucune difficulté n'avait été rencontrée au cours de l'interprétation des clichés.

Afin d'essayer de comprendre ces erreurs a posteriori, les clichés correspondants ont été recherchés dans les archives du Service d'Imagerie. Les 4 examens étaient antérieurs à la radiographie numérique. Cependant, seuls 3 examens ont pu être récupérés.

Pour le 1^{er} examen, 11 chiots ont été prévus et 8 sont nés. En ce qui concerne la qualité des clichés, le cliché de profil était sous-exposé, et le cliché de face surexposé. Ainsi, toute une partie des tissus mous n'était que peu visualisée.

Pour le 2^{ème} examen, 4 chiots ont été prévus, et 5 sont nés. Là encore, les réglages étaient mauvais et masquaient le crâne d'un fœtus. En outre, 2 fœtus étaient enchevêtrés et pouvaient donner l'impression d'un seul squelette.

Pour le 3^{ème} examen, 7 chiots ont été prévus et 8 sont nés. Seuls 2 profils ont été réalisés, dont l'un très sous-exposé, n'apportait aucune information. De plus, le côlon était très rempli et empêchait une bonne visualisation de l'ensemble de l'abdomen.

Sur ces 3 examens, seul le compte-rendu du 2^{ème} a été validé par un enseignant d'imagerie. Les 2 autres ont uniquement été signés par un interne.

Ces 3 examens ont été soumis à une relecture en aveugle par une résidente du Service d'Imagerie, présentant une expérience de 4 ans dans le service. Cette dernière a fait une estimation correcte sur les 3 examens.

Enfin, les mêmes biais et limites que pour les examens échographiques sont retrouvés pour les examens radiographiques.

3.2.3. Comparaison à la bibliographie

Une étude de 1986, réalisée sur 55 chiennes, annonce une fiabilité de 93% dans le dénombrement des fœtus par radiographie.⁶⁷ Or seulement 14 des chiennes de l'étude ont subi un examen radiographique. Sur ces 14 examens, un dénombrement s'est révélé inexact, en raison d'une mauvaise qualité des clichés.

Dans notre étude, sur 51 examens radiographiques, 92% des estimations sont correctes, ce qui est similaire à l'étude de 1986.

Si l'on ne considère que les estimations par chiffre unique, qui sont les plus intéressantes et les plus demandées, 91% des 43 estimations sont correctes. Là encore, ce résultat est en accord avec la bibliographie, avec néanmoins un poids statistique plus important puisque le nombre d'examen est plus du triple de celui de 1986.

3.2.4. Que faire de plus ?

Il est primordial que le propriétaire mette à jeun la chienne pour l'examen afin de faciliter l'interprétation. Dans le cas contraire, le vétérinaire devrait répéter voire repousser l'examen, et émettre d'importantes réserves quant à son interprétation sur le compte-rendu s'il est réalisé.

De même, toute difficulté rencontrée devrait inviter à répéter l'examen et émettre une réserve sur l'interprétation douteuse sur le compte-rendu délivré au propriétaire.

En outre, l'analyse des erreurs réalisées met en évidence en premier lieu l'importance de l'expérience dans la lecture des clichés radiographiques. Toute estimation, avant d'être transmise au propriétaire, devrait être validée par un « senior » (ce qui est le cas maintenant).

En second lieu, les erreurs nous renseignent sur l'importance de la qualité des clichés. De mauvais réglages peuvent en effet conduire à une estimation erronée. Il apparaît donc primordial de refaire les clichés mal exposés. L'avènement de la radiographie numérique minimise ces erreurs car il est à présent possible, dans une certaine limite, de corriger une mauvaise exposition.

Enfin, il apparaît important de ne pas hésiter à utiliser un intervalle si le compte exact ne peut être établi pour une raison ou pour une autre, et à répéter l'examen. En effet, même si le propriétaire insiste pour avoir un chiffre unique, il sera toujours moins mécontent d'avoir une estimation moins précise mais correcte qu'une estimation précise mais fausse.

3.3. Au final, que recommander ?

Au moment de la prise de rendez-vous pour un examen, tant échographique que radiographique, il est indispensable de demander aux propriétaires de mettre leur chienne à jeun (soit une diète hydrique d'au moins 12 heures).

On peut d'autre part se poser la question de proposer en outre l'emploi d'un laxatif par voie rectale (type Microlax©) car il semble que plus le tube digestif est vide, meilleure est la visualisation des fœtus (si ce n'est à l'échographie, tout du moins en radiographie).

Tout d'abord, le vétérinaire doit être conscient que l'échographie n'est pas l'examen de choix pour le dénombrement des fœtus. Cependant, c'est une méthode excellente pour le diagnostic de gestation, et à cette occasion, une 1^{ère} estimation pourra être effectuée, et ce dès 21 jours.

Il est conseillé de répéter les examens échographiques, les résultats de ces derniers devenant meilleurs dès la 2^{ème} échographie réalisée.

Pour les chiennes de petit format, la répétition des examens permet d'obtenir un dénombrement assez fiable des fœtus, même avec une estimation par chiffre unique.

En revanche, pour les chiennes de moyen et grand format, il est vivement recommandé de ne pas avancer de chiffre unique, mais de préférer l'emploi d'intervalles ouverts, qui sont de moindres sources d'erreurs.

Il est de même nécessaire de prévenir les propriétaires que plus la portée est grande, plus il y a de risques de sous-estimer le nombre de chiots avec l'échographie. Il peut alors être utile d'utiliser les tableaux fournis dans cette étude (paragraphe 2.2.6.2.) pour modérer les résultats en fonction des erreurs commises en fonction du format et du type d'estimation employé.

Dans tous les cas, seul un examen radiographique, à partir du 50^{ème} jour, pourra donner une réponse définitive au nombre de chiots à venir. Il convient néanmoins de se mettre dans les conditions optimales afin de minimiser le risque d'erreur (qui existe toujours, bien que

faible, et duquel il faut prévenir les propriétaires) : radiographie numérique et/ou réglages corrects et relecture par un radiologue expérimenté.

Il est fortement recommandé de consigner toute difficulté rencontrée au cours d'un examen, échographique ou radiographique (estomac, intestins ou côlon remplis, nécessité d'utiliser plusieurs cassettes, résultats discordants sur les 2 incidences...), qui pourrait entraîner un mauvais comptage, et d'inviter les propriétaires à répéter l'examen ultérieurement.

Au bilan, l'échographie apparaît comme un bon moyen de se faire une idée de la taille de la portée, entre le 20^{ème} et le 45^{ème} jour.

Ainsi, les clients, mieux informés, seront plus satisfaits des services offerts par leur vétérinaire, et certaines situations litigieuses, délétères pour le praticien, pourront être évitées.

CONCLUSION

Dans notre étude rétrospective sur la fiabilité de l'estimation du nombre de fœtus chez la chienne par échographie et radiographie, à travers l'analyse de 215 gestations, 258 examens échographiques et 51 examens radiographiques, nous avons tenté de déterminer d'une part quelle est la fiabilité de ces examens, et d'autre part les facteurs qui peuvent l'influencer.

Les résultats, montrant une fiabilité plutôt médiocre de l'échographie et excellente de la radiographie, sont en accord avec la bibliographie.

Les facteurs influençant cette fiabilité sont principalement le format de la chienne et la taille de la portée (ces 2 facteurs étant liés).

En revanche, le moment de la réalisation de l'examen échographique au cours de la gestation ne semble pas avoir d'influence sur la fiabilité du résultat, pas plus que l'opérateur qui le pratique (résultats similaires selon que l'échographie est réalisée au CERCA ou au Service d'Imagerie de l'école), à condition que ce dernier soit déjà formé en diagnostic échographique de gestation.

Cette étude est la première à étudier la fiabilité du dénombrement des fœtus avec autant de cas, et les résultats obtenus devraient être utilisés dans la pratique vétérinaire courante afin d'informer les propriétaires de chiennes désireux de connaître le nombre de petits des avantages, mais aussi des limites de chacune des méthodes utilisées.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANCELLE T. *Statistique – Épidémiologie*. 2^{ème} éd. Paris, Maloine, 2006, 799 p.
2. ANDERTON DJ, JONES MA. Blood sampling bitches for pregnancy tests. *Vet Rec*, 1990, 127:119-120.
3. BADINAND F, FONTBONNE A, MAUREL MC, SILIART B. Fertilization time in the bitch in relation to plasma concentration of oestradiol, progesterone, and luteinizing hormone and vaginal smears. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1993, 47:63-67.
4. BARONE R. Développement des os. In : *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Paris, Vigot, 1990, 64-66.
5. BARONE R. Appareil urogénital, fœtus et ses annexes, péritoine et topographie abdominale. In : *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Paris, Vigot, 1990, 267-674.
6. BARR FJ. Pregnancy diagnosis and assessment of fetal viability in the dog: a review. *J Small Anim Pract*, 1988, 29:647-656.
7. BECCAGLIA M, LUVONI GC. Comparison of accuracy of two ultrasonographic fetal measurements in predicting the parturition date in the bitch. *J Small Anim Pract*, 2006, 47:670-673.
8. BECCAGLIA M, FAUSTINI M, LUVONI GC. Ultrasonographic study of deep portion of diencephalo-telecephalic vesicle for the determination of gestational age of the canine fœtus. *Reprod Dom Anim*, 2008, 43:367-370.
9. BERNARD E. *Diagnostic et suivi de la gestation par échographie chez la chienne : élaboration d'un document pédagogique*. Thèse Méd. Vét., Lyon, 2002, 89 p.
10. BILLAULT C. *La durée de gestation réelle chez la chienne et les facteurs l'influençant : étude rétrospective effectuée au Centre d'Etude en Reproduction des Carnivores entre 2001 et 2006*. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2008, 129 p.
11. BOCQUET C. *Utilisation de la méthode échographique pour le suivi de gestation chez la chienne*. Thèse Méd. Vét., Lyon, 1992, 173 p.
12. BONDESTAM S, ALITALO I, KARKKAINEN M. Real-time ultrasound pregnancy diagnosis in the bitch. *J Small Anim Pract*, 1983, 24:145-151.
13. BONDESTAM S, KARKKAINEN M, ALITALO I, FORSS M. Evaluating the accuracy of canine pregnancy diagnosis and litter size using real-time ultrasound. *Acta Vet Scand*, 1984, 25:327-332.

14. BUFF S, SALESSE H. Suivi de chaleurs chez une chienne. *Point Vét*, 2000, 31:341-344.
15. BUFF S, FONTBONNE A, LOPEZ P, RAUER M, CREVAT D. Circulating relaxin concentrations in pregnant and nonpregnant bitches: evaluation of a new enzyme immunoassay for determination of pregnancy. *J Reprod Fertil Suppl*, 2001, 57:187-191.
16. BURKE TJ. *Small Animal Reproduction and Fertility, a clinical approach to diagnosis and treatment*. Philadelphia, Lea and Febiger, 1986, 408 p.
17. CHOQUART V. *Suivi échographique et datation de la gestation chez la chienne à partir du pic de LH*. Thèse Méd. Vét., Nantes, 2002, 185 p.
18. CLERO D. *Détermination du moment de l'ovulation : évaluation de la fiabilité de l'Ovulstart® chez la chienne Beagle*. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2009, 168 p.
19. CONCANNON PW. Canine pregnancy and parturition. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1986, 16:453-475.
20. CONCANNON PW. Biology of gonadotrophin secretion in adult and prepubertal female dogs. *J Reprod Fertil*, 1993, 47:3-27.
21. CONCANNON PW. Reproductive cycles of the domestic bitch. *Anim Reprod Sci*, à paraître.
22. CONCANNON PW, RENDANO VT. Radiographic diagnosis of canine pregnancy: onset of fetal skeletal radiopacity in relation to times of breeding, preovulatory luteinizing hormone release, and parturition. *Am J Vet Res*, 1983, 44:1506-1511.
23. CONCANNON PW, LEIN DH. Hormonal and clinical correlates of ovarian cycles, ovulation, pseudopregnancy and pregnancy in dogs. *Small Anim Pract*, 1989, 10:1269-1282.
24. CONCANNON PW, VERSTEGEN J. Pregnancy in dogs and cats. *In : Knobil's and Neill's Encyclopedia of reproduction*. San Diego, Academic Press, 1998.
25. CONCANNON PW, HANSEL W, VISEK WJ. The ovarian cycle of the bitch: plasma estrogen, LH and progesterone. *Biol Reprod*, 1975, 13:112-121.
26. CONCANNON PW, POWERS ME, HOLDER W, HANSEL W. Pregnancy and parturition in the bitch. *Biol Reprod*, 1977, 16:517-526.
27. CONCANNON PW, WHALEY S, LEIN DH, WISSLER R. Canine gestation length: variation related to time of mating and fertile life of sperm. *Am J Vet Res*, 1983, 44:1819-1821.
28. CONCANNON PW, McCANN JP, TEMPLE M. Biology and endocrinology of ovulation, pregnancy and parturition in the dog. *J Reprod Fertil Suppl*, 1989, 39:3-25.

29. DUMON C. Physiologie sexuelle de la chienne. *In : Les indispensables reproduction*. Paris, PMCAC, 1992, 11-18.
30. ENGLAND GC, ALLEN WE. Studies on canine pregnancy using B-mode ultrasound: diagnosis of early pregnancy and the number of conceptuses. *J Small Anim Pract*, 1990, 31:321-323.
31. ENGLAND GC, RUSSO M. Ultrasonographic characteristics of early pregnancy failure in bitches. *Theriogenology*, 2006, 66:1694-1698.
32. ENGLAND GC, ALLEN WE, PORTER DJ. Studies on canine pregnancy using B-mode ultrasound: development of the conceptus and determination of gestational age. *J Small Anim Pract*, 1990, 31:324-329.
33. ENGLAND GC, RUSSO M, FREEMAN SL. Follicular dynamics, ovulation and conception rates in bitches. *Reprod Domest Anim*, 2009, 44:53-58.
34. EVANS HE. Prenatal development. *In : Miller's Anatomy of the dog*. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1993, 32-54.
35. EVANS HE, SACK WO. Prenatal development of domestic and laboratory mammals: growth curves, external features and selected references. *Zentralbl Veterinarmed*, 1973, 2:11-45.
36. FARROW CS, MORGAN JP, STORY EC. Late term fetal death in the dog: early radiographic diagnosis. *Vet Radiol*, 1976, 17:11-17.
37. FEENEY DA, JOHNSTON GR. The uterus, ovaries and testes. *In : Thrall's Textbook of veterinary diagnostic radiology*. Philadelphia, WB Saunders, 1998, 511-516.
38. FELDMAN EC, NELSON RW. *Canine and feline endocrinology and reproduction*. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders, 2003, 1104 p.
39. GOODMAN MF. Canine ovulation timing. *Probl Vet Med*, 1992, 4:433-444.
40. GOODMAN MF. Ovulation timing. Concepts and controversies. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2001, 31:219-235.
41. GOODMAN MF. Demystifying ovulation timing. *Clin Tech Small Anim Pract*, 2002, 17:97-103.
42. GRADIL CM, YEAGER AE, CONCANNON PW. Pregnancy diagnosis in the bitch. *In : Kirk's Current Veterinary Therapy, Small Animal Practice, Vol XIII*. Philadelphia, WB Saunders, 2000, 918-923.
43. GRANDJEAN D, HAYMANN F. *Encyclopédie Royal Canin du Chien*. Paris, Royal Canin, 2010, 54-495.

44. HOFFMANN B, HOVELER R, NOHR B, HASAN SH. Investigations on hormonal changes around parturition in the dog and the occurrence of pregnancy-specific non conjugated oestrogens. *Exp Clin Endocrinol*, 1994, 102:185-189.
45. HOFFMANN B, RIESENBECK A, KLEIN R. Reproductive endocrinology. *Anim Reprod Sci*, 1996, 42:275-288.
46. HOLST PA, PHEMISTER RD. The prenatal development of the dog: preimplantation events. *Biol Reprod*, 1971, 5:194-206.
47. JEFFCOATE IA, LINDSAY FE. Ovulation detection and timing of insemination based on hormone concentrations, vaginal cytology and the endoscopic appearance of the vagina in domestic bitches. *J Reprod Fertil Suppl*, 1989, 39:277-287.
48. JOHNSON CA. Disorders of pregnancy. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1986, 16:477-482.
49. JOHNSTON SD, ROOT KUSTRITZ MV, OLSON PNS. *Canine and Feline Theriogenology*. Philadelphia, WB Saunders, 2001, 592 p.
50. KANEKO M, NAKAYAMA H, IGARASHI N, HIROSE H. Relationship between the number of fetuses and the blood constituents of beagles in late pregnancy. *J Vet Med Sci*, 1993, 55:681-682.
51. KUTZLER MA, YEAGER AE, MOHAMMED HO, MEYERS-WALLEN VN. Accuracy of canine parturition date prediction using fetal measurements obtained by ultrasonography. *Theriogenology*, 2003, 60:1309-1317.
52. LENARD ZM, HOPPER BJ, LESTER NV, RICHARDSON JL, ROBERSTON ID. Accuracy of prediction of canine litter size and gestational age with ultrasound. *Aust Vet J*, 2007, 85:222-225.
53. LINDE C, KARLSSON I. The correlation between the cytology of the vaginal smear and the time of ovulation in the bitch. *J Small Anim Pract*, 1984, 25:77-82.
54. LOPATE C. Estimation of gestational age and assessment of canine fetal maturation using radiology and ultrasonography: a review. *Theriogenology*, 2008, 70:397-402.
55. LUVONI GC, BECCAGLIA M. The prediction of parturition date in canine pregnancy. *Reprod Domest Anim*, 2006, 41:27-32.
56. MILLION CM. *Déroulement de la mise bas chez la chienne : analyse des dossiers cliniques du centre d'études en reproduction des carnivores de 1989 à 2002*. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2004, 125 p.
57. NICOLAS C. *La gestation chez la chienne: Diagnostic, suivi par échographie, estimation de la date de la mise bas chez des chiennes de grandes races (>30kg) à partir des mesures échographiques sur les fœtus (diamètre bipariétal et abdominal transverse)*. Thèse Méd. Vét., Nantes, 2000, 147 p.

58. NOAKES DE, PARKINSON TJ, ENGLAND GC. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. 8th ed. Philadelphia, WB Saunders, 2001, 864 p.
59. ONCLIN K, VERSTEGEN J. *In vivo* investigation of luteal function in dogs: effects of cabergoline, a dopamine agonist, and prolactin on progesterone secretion during mid-pregnancy and diestrus. *Dom Anim Endocrin*, 1997, 14:25-38.
60. RENDANO VT, LEIN DH, CONCANNON PW. Radiographic evaluation of prenatal development in the beagle. *Vet Radiol*, 1984, 25:132-141.
61. SIMPSON G, ENGLAND GC, HARVEY HJ. *Manuel of Small Animal Reproduction and Neonatology*. BSAVA, 1998, 235 p.
62. SON CH, JEONG KA, KIM JH, PARK IC, KIM SH, LEE CS. Establishment of the prediction table of parturition day with ultrasonography in small pet dogs. *J Vet Med Sci*, 2001, 63:715-721.
63. STEINETZ BG, GOLDSMITH LT, LUST G. Plasma relaxin levels in pregnant and lactating dogs. *Biol Reprod*, 1987, 37:719-725.
64. STEINETZ BG, GOLDSMITH LT, HARVEY HJ, LUST G. Serum relaxin and progesterone concentrations in pregnant, pseudopregnant, and ovariectomized, progestin-treated pregnant bitches: detection of relaxin as a marker of pregnancy. *Am J Vet Res*, 1989, 50:68-71.
65. STEINETZ BG, GOLDSMITH LT, BROWN MC, *et al.* Use of serum relaxin for pregnancy diagnosis in the bitch. *In : Kirk's Current Veterinary Therapy, Small Animal Practice, Vol XIII*. Philadelphia : WB Saunders, 2000, 924-925.
66. TAVERNE MA, OKKENS AC, VAN OORD R. Pregnancy diagnosis in the dog: a comparison between abdominal palpation and linear-array real-time echography. *Vet Q*, 1985, 7:249-255.
67. TOAL RL, WALKER MA, HENRY GA. A comparison of real-time ultrasound, palpation, and radiography in pregnancy detection and litter size determination in the bitch. *Vet Radiol*, 1986, 27:102-108.
68. VERSTEGEN JP, SILVA LD, ONCLIN K, DONNAY I. Echocardiographic study of heart rate in dog and cat fetuses in utero. *J Reprod Fertil Suppl*, 1993, 47:175-180.
69. VERSTEGEN JP, SILVA LD, ONCLIN K. Mise au point sur le diagnostic de gestation chez les carnivores domestiques. *Ann Méd Vét*, 1996, 140:81-98.
70. VERSTEGEN-ONCLIN K, VERSTEGEN J. Endocrinology of pregnancy in the dog: a review. *Theriogenology*, 2008, 70:292-299.
71. WILLIAMS RC, EVANS HE. Prenatal dental development in the dog, *Canis familiaris*: chronology of tooth germ formation and calcification of deciduous teeth. *Anat Histol Embryol*, 1978, 7:152-163.

72. YAMAGA Y, TOO K. Diagnostic ultrasound imaging in domestic animals: fundamental studies on abdominal organs and fetuses. *Nippon Juigaku Zasshi*, 1984, 46:203-212.
73. YEAGER AE, CONCANNON PW. Serial ultrasonographic appearance of postpartum uterine involution in beagle dogs. *Theriogenology*, 1990, 34:523-535.
74. YEAGER AE, CONCANNON PW. Association between the preovulatory luteinizing hormone surge and the early ultrasonographic detection of pregnancy and fetal heartbeats in beagle dogs. *Theriogenology*, 1990, 34:655-665.
75. YEAGER AE, MOHAMMED HO, MEYERS-WALLEN V, *et al.* Ultrasonographic appearance of the uterus, placenta, fetus, and fetal membranes throughout accurately timed pregnancy in beagles. *Am J Vet Res*, 1992, 53:342-351.
76. ZONE MA, WANKE MM. Diagnosis of canine fetal health by ultrasonography. *J Reprod Fertil Suppl*, 2001, 57:215-219.