



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 17911

To cite this version :

Pavard, Christophe. *Comparaison des mesures échographiques et tomodensitométriques des glandes surrénales chez le chien*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2017, 105 p.

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

COMPARAISON DES MESURES ECHOGRAPHIQUES ET TOMODENSITOMETRIQUES DES GLANDES SURRENALES CHEZ LE CHIEN

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

PAVARD Christophe
Né, le 1^{er} mars 1992 à Bourges (18)

Directeur de thèse : M. Fabrice CONCHOU

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul -Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Fabrice CONCHOU

Mme. Alexandra DEVIERS

Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de conférences à L'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE

Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

Praticien Hospitalier, Attachée d'Enseignement et de Recherche à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

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

Directrice : **Madame Isabelle CHMITELIN**

**PROFESSEURS CLASSE
EXCEPTIONNELLE**

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

**PROFESSEURS 1°
CLASSE**

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

**PROFESSEURS 2°
CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT
AGRICOLE**

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

**MAITRES DE CONFERENCES HORS
CLASSE**

M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
Mme **PRIYENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

**MAITRES DE CONFERENCES (classe
normale)**

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

**ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE
CONTRACTUELS**

Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **SABY-CHABAN Claire**, *Gestion de la santé des troupeaux bovins*

REMERCIEMENTS

À ma Présidente de thèse,

Madame le Professeur Isabelle BERRY

Professeur des Universités à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

Praticien hospitalier

Biophysique, Imagerie Médicale

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

Qu'elle trouve ici le témoignage de mon profond respect.

À mon Jury de thèse,

Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU,

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anatomie et Imagerie Médicale

Qui nous fait l'honneur de diriger cette thèse.

Mes salutations respectueuses.

Et

Madame le Docteur Alexandra DEVIERS,

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Anatomie et Imagerie Médicale

Qui nous fait l'honneur d'avoir accepté le rôle d'assesseur de cette thèse.

Sincères remerciements.

Et

Madame le Docteur Catherine LAYSSOL-LAMOUR

Praticien Hospitalier, Attachée d'Enseignement et de Recherche en Imagerie Médicale

à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui nous fait l'honneur d'être membre invité,

Pour son investissement, sa disponibilité, son encadrement et ses conseils avisés.

Qu'elle trouve ici l'expression de ma sincère gratitude pour la confiance qu'elle m'a accordée.

Aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet

A Mademoiselle le Docteur Lucile GROS,

Chargée de consultations attachée au service d'Imagerie Médicale de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse qui a pris part à la réalisation de cette thèse.

A Messieurs les Professeurs Faouzi LYAZHRI et Didier CONCORDET

Maîtres de Conférence en biostatistiques à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

À l'équipe d'imagerie de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse :

Les deux assistantes d'imagerie,

Mesdemoiselles le Docteur Emilie PARAN et le Docteur Maheva LAUNAY

Et les deux manipulatrices en radiologie,

Madame Sandrine LAROCHE et Madame Sandy SANTIN

A l'équipe d'anesthésie, qui a permis la réalisation de ce projet dans des conditions éthiques et de bien-être optimal.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance pour l'aide apportée à l'élaboration de cette thèse.

. TABLE DES MATIERES

. TABLE DES MATIERES.....	6
. TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	8
I. FIGURES.....	8
II. TABLEAUX.....	9
. INTRODUCTION.....	11
. PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	13
I. Principes et facteurs influençant la qualité d'image en tomодensitométrie et échographie...14	
1. Tomодensitométrie.....	14
2. Echographie.....	20
II. Les glandes surrénales du chien.....	27
1. Anatomie, topographie, histologie et physiologie.....	27
2. Aspect et exploration échographique des glandes surrénales.....	30
3. Aspect et exploration tomодensitométrique des glandes surrénales.....	33
III. Mesures échographiques des glandes surrénales : revue bibliographique.....	35
1. L'examen échographique en pratique.....	35
2. Performance de l'examen échographique des surrénales.....	37
3. Importance de la mesure de la taille des glandes surrénales et résultats obtenus dans les études métrologiques.....	45
IV. Mesures tomодensitométriques des glandes surrénales : revue bibliographique.....	53
1. L'examen tomодensitométrique des glandes surrénales en pratique.....	53
2. Facteurs de variations des mesures tomодensitométriques.....	56
3. Revue bibliographique de l'examen tomодensitométrique des surrénales chez le chien....	57
V. Comparaisons entre mesures directes, échographiques et tomодensitométriques des glandes surrénales.....	62
1. Comparaison entre échographie et tomодensitométrie.....	62
2. Comparaison entre échographie et anatomo-pathologie.....	63
3. Comparaison entre tomодensitométrie et anatomo-pathologie.....	64
4. Bilan des comparaisons de méthodes.....	65
VI. Conclusion de la partie bibliographique.....	66

. DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE	67
I. Objectifs.....	68
II. Matériel et méthode	69
1. Animaux inclus	69
2. Procédures	70
III. Résultats	75
1. Caractéristiques des mesures	75
2. Comparaison entre les différentes coupes d'une même dimension au sein d'une même technique d'imagerie	78
3. Comparaisons des mesures tomodensitométriques avec et sans produit de contraste	81
4. Comparaison entre mesures échographiques et mesures tomodensitométriques.....	83
5. Comparaison entre mesures tomodensitométriques et échographiques selon la localisation gauche/droite	86
IV. Discussion	89
1. Pour la comparaison de coupe.....	89
2. Pour l'effet du produit de contraste.....	90
3. Comparaisons entre techniques d'imagerie	90
. CONCLUSION	94
. ANNEXES	98
. BIBLIOGRAPHIE	100

. TABLE DES ILLUSTRATIONS

I. FIGURES

Figure 1: Principe physique de la tomodensitométrie : atténuation des rayons X par la matière.....	14
Figure 2 : Schéma d'un scanner hélicoïdal multicoupe (gauche) ; Représentation de la collimation (droite).....	15
Figure 3 : Du voxel au pixel.....	15
Figure 4 : Echelle de Hounsfield	16
Figure 5 : Illustration de l'influence de l'incrément de reconstruction :	17
Figure 6 : Principaux facteurs influençant la qualité d'image ;.....	18
Figure 7 : Paramètres influant sur la taille des voxels.....	20
Figure 8 : Variation du facteur de qualité Q et de la longueur d'impulsion émise (SPL),.....	21
Figure 9 : Notion d'atténuation, d'amplification et de gain	22
Figure 10 : Influence de la longueur d'impulsion émise sur la résolution axiale	23
Figure 11 : A : Illustration de la résolution axiale ; B : Illustration de la résolution latérale	24
Figure 12 : Aspect anatomique d'une glande surrénale gauche sectionnée dans le plan sagittal.....	27
Figure 13 : Aspect anatomique de la surrénale droite d'un chien.....	27
Figure 14 : Anatomie régionale et vasculaire des glandes surrénales, aspect ventral	28
Figure 15 : Aspect échographique de la glande surrénale gauche.....	30
Figure 16 : Aspect échographique de la glande surrénale droite.....	30
Figure 17 : Aspect tomographique des glandes surrénales :	33
Figure 18 : Topographie tomodensitométrique des glandes surrénales gauche et droite en coupes transverse (à gauche) et frontale (droite).....	34
Figure 19 : Erreur due à la pixellisation et la mise en place de curseurs.....	39
Figure 20 : Matrice de pixels obtenue à partir du faisceau acoustique émis par la sonde	39
Figure 21 : Illustration des différents plans de coupe au scanner	55
Figure 22 : Exemple de reconstruction	72
Figure 23 : Mesures tomodensitométriques.....	72
Figure 24 : Mesures échographiques	73
Figure 25 : Corrélation entre coupe transverse et coupe longitudinale pour l'épaisseur caudale et crâniale	78
Figure 26 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour la longueur.....	98
Figure 27 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour l'épaisseur caudale.....	98
Figure 28 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour l'épaisseur crâniale.....	99
Figure 29 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour la largeur caudale.....	99

II. TABLEAUX

Tableau 1 : Fréquence et résolution axiale maximale dans les tissus mous	23
Tableau 2 : Variations intra- et inter-observateur et variations entre chiens pour différentes mesures échographiques des surrénales.....	42
Tableau 3 : Variation du volume des glandes surrénales du chien en fonction du poids.....	56
Tableau 4 : Intervalles des mesures obtenues en tomодensitométrie pour les différentes dimensions étudiées.....	59
Tableau 5 : Différentes mesures et rapports obtenus par tomодensitométrie.....	60
Tableau 6 : Comparaison de la sensibilité et de la spécificité de l'échographie et de la tomодensitométrie pour la détection de maladies surrénales.....	62
Tableau 7 : Sensibilité, spécificité et précision de la tomодensitométrie face à l'échographie pour l'exploration des maladies surrénales.....	62
Tableau 8 : Caractéristiques principales de la population canine étudiée.....	69
Tableau 9 : Exemple d'un test de Tuckey réalisé pour l'analyse statistique d'une comparaison entre échographie et tomодensitométrie sans produit de contraste pour l'épaisseur caudale	74
Tableau 10 : Moyennes et écarts types des mesures échographiques dans la comparaison USxTD	76
Tableau 11 : Moyennes et écarts types des mesures tomодensitométriques dans la comparaison USxTD	76
Tableau 12 : Moyennes et écarts types des mesures échographiques dans la comparaison USxTDI	76
Tableau 13 : Moyennes et écarts types des mesures tomодensitométriques dans la comparaison USxTDI	77
Tableau 14 : Moyennes et écarts types des mesures TD dans la comparaison TDxTDI.....	77
Tableau 15 : Moyennes et écarts types des mesures TDI dans la comparaison TDxTDI.....	77
Tableau 16 : Comparaison des coupes échographiques pour l'épaisseur caudale.....	78
Tableau 17 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomодensitométrique pour la longueur.....	79
Tableau 18 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomодensitométrique pour l'épaisseur caudale.....	79
Tableau 19 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomодensitométrique pour l'épaisseur crâniale	79
Tableau 20 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomодensitométrique pour la largeur caudale	80
Tableau 21 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomодensitométrique pour la largeur crâniale	80
Tableau 22 : Moyennes et écarts types de la longueur des surrénales en coupes sagittales et transverses en TDI et TD	81
Tableau 23 : Comparaison entre TDI et TD pour la longueur.....	81
Tableau 24 : Moyennes et écarts types de l'épaisseur caudale des surrénales en coupes sagittales et transverses en TDI et TD	81
Tableau 25 : Comparaison entre TDI et TD pour l'épaisseur du pôle caudal	81
Tableau 26 : Moyennes et écarts types de l'épaisseur crâniale en coupes sagittales et transverses en TDI et TD.....	82
Tableau 27 : Comparaison entre TDI et TD pour l'épaisseur du pôle crânial	82
Tableau 28 : Moyennes et écarts types de la largeur caudale des surrénales en coupes frontales et transverses en TDI et TD	82
Tableau 29 : Comparaison entre TDI et TD pour la largeur du pôle caudal.....	82

<i>Tableau 30 : Moyennes et écarts types de la largeur du pôle crânial des surrénales en coupes frontales et transverses en TD et TDI.....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 31 : Comparaison entre TDI et TD pour les mesures de la largeur du pôle crânial pour les coupes frontales et transverses.....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 32 : Moyennes et écarts types des différentes coupes pour la longueur des surrénales lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 33 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour la longueur.....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 34 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour l'épaisseur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 35 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour l'épaisseur du pôle caudal.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 36 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour l'épaisseur du pôle crânial lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 37 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour l'épaisseur du pôle crânial.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 38 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour la largeur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau 39 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour la largeur du pôle caudal.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau 40 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour la longueur lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>86</i>
<i>Tableau 41 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour l'épaisseur caudale lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 42 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour l'épaisseur crâniale lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 43 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour la largeur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux.....</i>	<i>88</i>

. INTRODUCTION

Dans l'exploration par imagerie des glandes surrénales, la taille est un paramètre important, notamment dans l'exploration de l'hypercorticisme d'origine hypophysaire. Ainsi de nombreuses études ont tenté de définir des seuils échographiques de dimensions dans le but de différencier les glandes surrénales saines des glandes surrénales anormales.

L'échographie est restée pendant longtemps l'outil de choix dans l'observation de ces organes, car facilement accessible, non invasive et sans risque. La tomodensitométrie est restée peu utilisée en médecine vétérinaire car peu accessible du fait de son prix et plus invasive à cause de l'anesthésie générale nécessaire systématiquement chez l'animal. Aujourd'hui, ce moyen diagnostique se démocratise et avec cette expansion, vient le besoin de nouvelles données pour pouvoir utiliser pleinement cet outil.

Très peu d'études se sont intéressées à l'utilisation de la tomodensitométrie dans l'exploration des maladies surrénales par comparaison avec l'échographie. Ainsi il apparaît important de pouvoir déterminer la précision et la fiabilité de la tomodensitométrie par rapport à l'échographie dans l'évaluation des surrénales.

Notre étude vise principalement à comparer l'échographie et la tomodensitométrie dans l'exploration de la taille des glandes surrénales et ainsi de déterminer si les mesures réalisées par ces deux techniques sont proches ou significativement différentes, si ces différences évoluent dans le même sens, c'est-à-dire si l'une des méthodes sous-estime les tailles par rapport à l'autre, ou si elles sont totalement aléatoires. Notre étude vise également à voir si ces différences sont influencées par certains paramètres comme l'utilisation de produit de contraste, la qualité de l'image, les facteurs épidémiologiques.

Afin d'exploiter au mieux les résultats obtenus, nous présenterons tout d'abord une revue bibliographique sur les facteurs influençant la qualité de l'image en échographie et tomodensitométrie. Elle portera également sur quelques points techniques de l'observation échographique et tomodensitométrique des glandes surrénales et sur les mesures des glandes surrénales réalisées par le passé, leur fiabilité, reproductibilité et répétabilité ainsi que la place de ces mesures dans l'exploration de maladies surrénales. Cette revue bibliographique rapportera aussi les comparaisons qui ont été réalisées entre échographie, tomodensitométrie et mesures directes des glandes afin de pouvoir interpréter au mieux les résultats obtenus.

Dans une deuxième partie nous présenterons l'étude clinique réalisée depuis avril 2015 avec le service d'imagerie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

.PREMIERE PARTIE :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Principes et facteurs influençant la qualité d'image en tomodensitométrie et échographie

1. Tomodensitométrie

1.1. Bases de l'examen tomodensitométrique

1.1.1 Principes Physiques [1-3]

La tomodensitométrie repose sur la différence d'atténuation d'un faisceau de rayons X (rayonnement électromagnétique) selon les tissus traversés. Cette atténuation dépend de la composition chimique, de l'état physique et de l'épaisseur de la structure traversée ainsi que de l'énergie des rayons X.

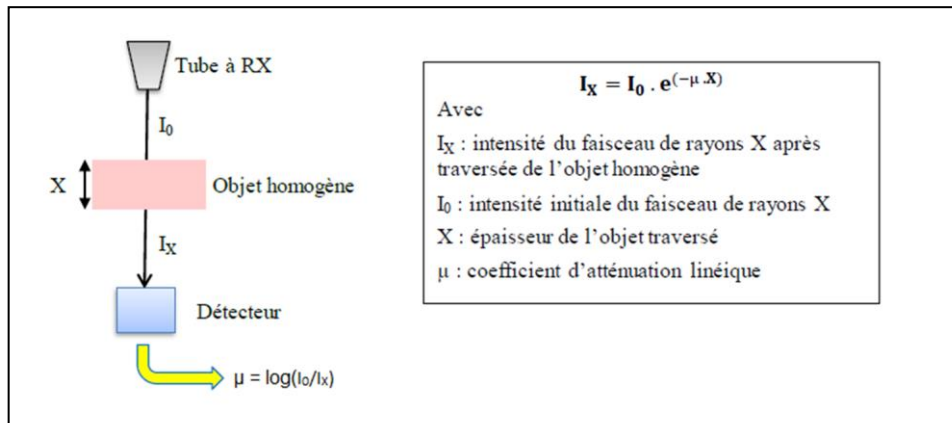


Figure 1: Principe physique de la tomodensitométrie : atténuation des rayons X par la matière d'après [2]

La technique de tomodensitométrie est un moyen d'étude du coefficient d'atténuation μ des éléments constitutifs d'un volume grâce à la formule $\mu = \log (I_0/I_X)$. Son but est d'effectuer la plus grande discrimination possible parmi les différentes valeurs de μ . Un tel examen consiste donc en l'exploration de l'objet plan par plan avec une meilleure résolution en densité que la radiographie, ce qui permet de distinguer les composantes tissulaires macroscopiques jusqu' alors confondues en radiologie conventionnelle.

1.1.2 Acquisition des images

Elle est permise par un portique : il s'agit d'un ensemble qui réalise une rotation à 360 degrés pour chaque cliché et avance le long d'une table où est positionné le patient. Il comprend un anneau constitué d'un couple [source de rayons X- système de détection]. La source de rayons X est un tube radiogène, composé d'une cathode et d'une anode, alimenté par un générateur haute tension. Le faisceau de rayons X produit est collimaté, puis traverse l'animal. L'intensité résiduelle du faisceau (après atténuation dans les structures anatomiques) est mesurée par les récepteurs du système de détection.

Les scanners dernière génération (comme celui utilisé dans cette étude) sont :

- **Hélicoïdaux** : on observe une rotation continue du tube autour du lit en déplacement linéaire pendant l'acquisition des données brutes. Le tube décrit autour du patient une figure géométrique de type hélice. (Ce type d'acquisition s'oppose au mode

d'acquisition séquentiel où une coupe est acquise à chaque rotation de 360 °, dans un plan de coupe fixe, puis le lit avance pour réaliser la coupe suivante).

- **Multicoupes ou multibarrettes** : Cela signifie qu'ils possèdent plusieurs rangées de détecteurs qui permettent ainsi l'acquisition de plusieurs coupes à chaque rotation du statif.

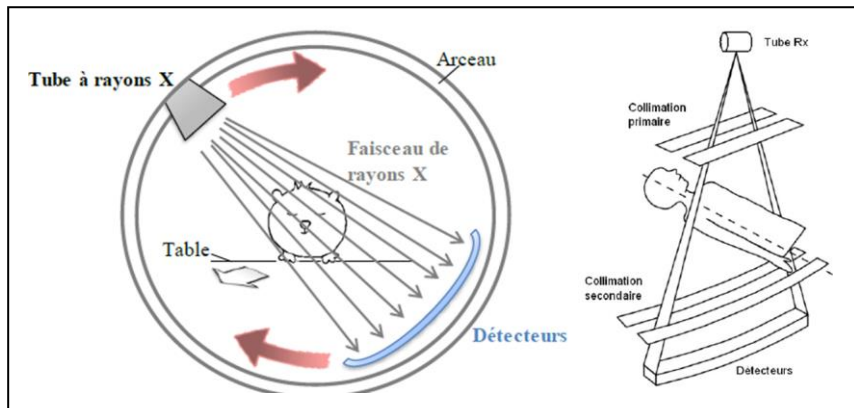


Figure 2 : Schéma d'un scanner hélicoïdal multicoupe (gauche) ; Représentation de la collimation (droite) d'après [2, 4]

1.1.3 Traitement et reconstruction des images

Elles sont permises par un **ordinateur** qui traduit en informations numériques l'intensité des rayons X perçus par les détecteurs du portique.

➤ Le voxel, unité de volume centrale dans la reconstruction :

C'est une unité de volume de forme parallélépipédique (un voxel est un pixel en 3D). Suite à l'acquisition, le système informatique recueille l'information de façon volumétrique et reconstruit des tranches axiales du patient. Chaque tranche est alors découpée en voxels.

Le système informatique détermine ensuite tous les coefficients d'atténuation μ qu'il reçoit à partir des intensités mesurées par les détecteurs. Il calcule alors un μ moyen pour chaque voxel qui correspond à une densité donnée. L'ordinateur affiche ensuite ces résultats sous forme d'images en deux dimensions composées de pixels (un pixel correspond à la surface de section d'un voxel ou à une unité de surface).

La taille des voxels est un paramètre important car sa variation va agir sur les deux paramètres principaux influençant la qualité de l'image.

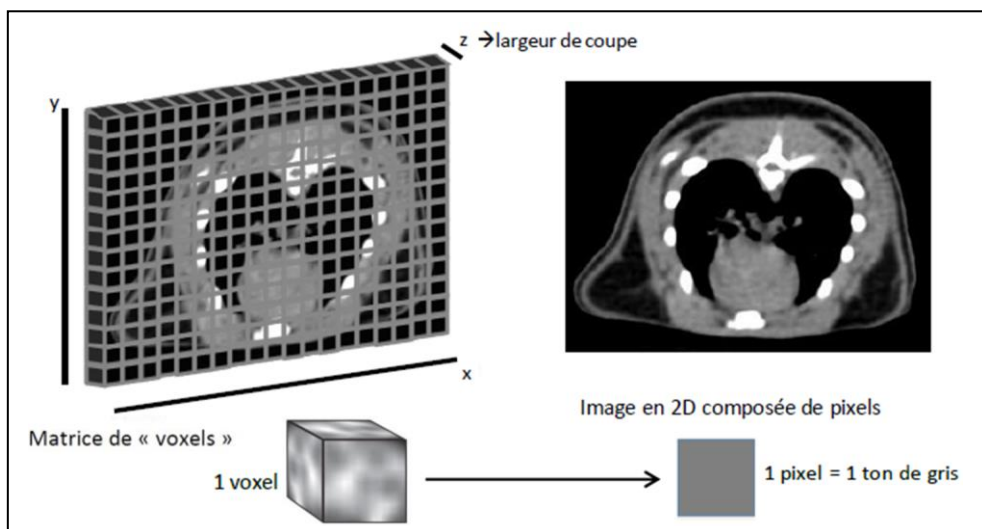


Figure 3 : Du voxel au pixel d'après [2, 5]

1.1.4 Visualisation de l'image

▪ Visualisation basée sur l'échelle Hounsfield [2, 6]

Suite à la reconstruction, à chaque pixel correspond un coefficient d'atténuation μ . Le système informatique peut calculer 4000 à 6000 valeurs différentes de μ qui correspondent à des densités. Chaque densité correspond à un niveau de gris et est exprimée en unité Hounsfield (UH) ou indice Hounsfield (IH) selon la relation suivante :

$$UH \text{ d'un corps} = (\mu_{\text{corps}} - \mu_{\text{eau}}) / \mu_{\text{eau}} \times 1000$$

Les densités sont ensuite placées sur l'échelle de Hounsfield (du nom de son concepteur), allant de -1000 à +1000 (UH) :

- UH= -1000 : attribuée à l'air et correspond à un pixel noir sur l'écran
- UH= 0 : attribuée à l'eau.
- UH= +1000 : attribuée à l'os compact et correspond à un pixel blanc sur l'écran

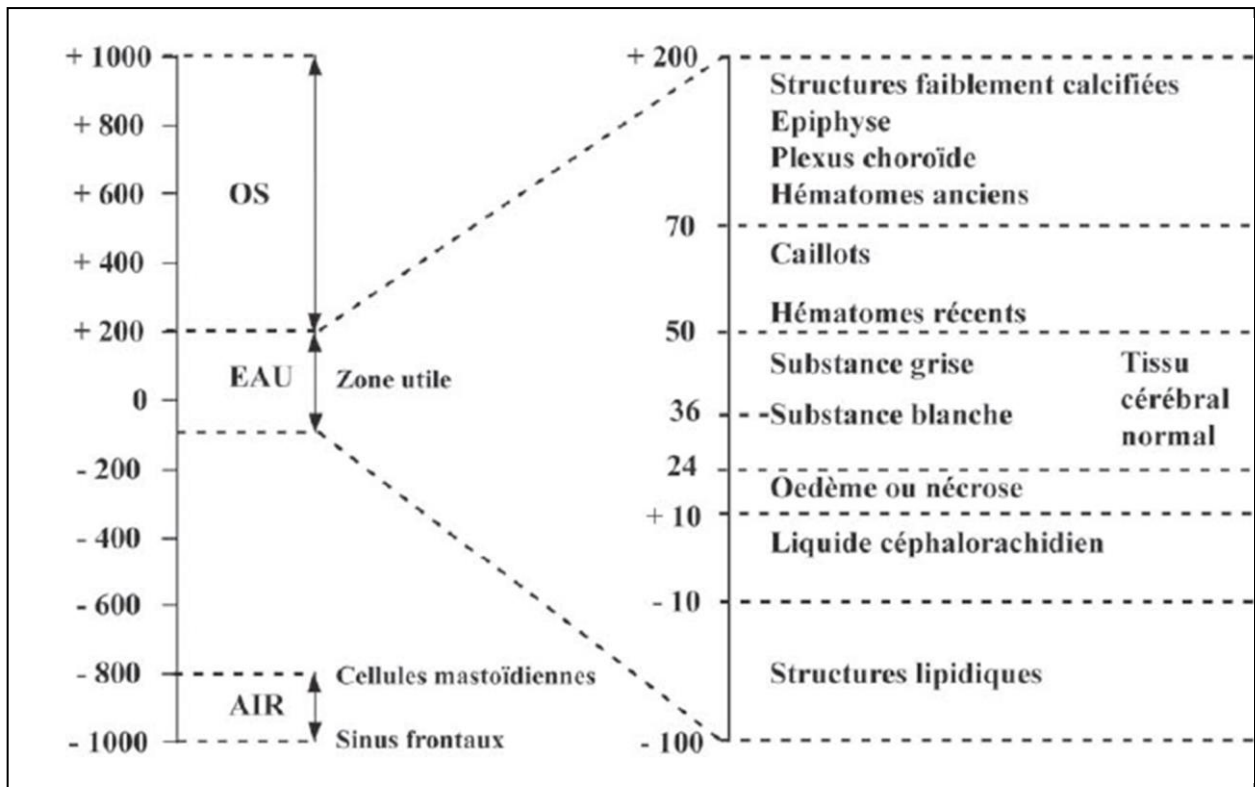


Figure 4 : Echelle de Hounsfield
d'après [7, 8]

▪ Obligation d'utilisation d'une fenêtre [2]

L'œil humain ne distingue pas plus de 20 niveaux de gris différents entre le noir et le blanc, et non des milliers ! Il faut donc appliquer un fenêtrage, c'est-à-dire n'afficher que les pixels contenus dans une fourchette d'unités Hounsfield :

- les densités supérieures à la valeur maximale de la fenêtre apparaissent arbitrairement « blanches » ;
- les densités inférieures à la valeur minimale de la fenêtre apparaissent arbitrairement « noires ».

Le contraste est ainsi augmenté.

1.1.5 Paramètres d'acquisition et de reconstruction [2, 6, 9]

1.1.5.1 Paramètres d'acquisition

▪ **La collimation ou épaisseur nominale de coupe** : largeur de collimation du faisceau de rayons X à la sortie du tube radiogène.

▪ **L'épaisseur de coupe effective** : C'est l'épaisseur de coupe perçue par les détecteurs. Elle correspond à la longueur des voxels. Elle dépend de la collimation, du pitch et de l'algorithme de reconstruction.

▪ **Le nombre de coupes et l'espacement entre elles** : ces paramètres dépendent de la région à étudier. Le choix de l'espace entre les coupes conditionne l'existence de zones aveugles.

▪ **Le pitch** : rapport de la distance parcourue par le corps du patient pendant une rotation de 360 ° du tube à rayons X sur l'épaisseur nominale de coupe. Ainsi si le pitch est placé à 2, le corps bougera sur une distance correspondant à 2 fois l'épaisseur de coupe nominale.

▪ **La tension (kV), l'intensité de courant (mA), le temps d'exposition** : ce sont des paramètres qui influent sur la dose de rayons X reçus par l'animal. L'augmentation de la tension permet également de diminuer le contraste.

1.1.5.2 Paramètres de reconstruction

▪ **Matrice de reconstruction** : C'est une matrice de voxels (habituellement de 512x512 voxels) qui permet de déterminer la taille des pixels définissant l'image finale.

▪ **Champ de vue** : il s'agit du diamètre de la tranche anatomique visualisée sur l'image.

▪ **Filtres de reconstruction** : Ils permettent le filtrage des différents profils d'atténuation transformés en fréquence avec une sélection ou élimination des fréquences élevées

▪ **Algorithme de reconstruction** : ce sont des algorithmes qui permettent d'éliminer les artefacts (de mouvement notamment).

▪ **Incrément de reconstruction** : En scanner spiralé il est possible de reconstruire les images avec différentes distances intercoupes possibles. Les coupes pourront alors être :

- Jointives : l'espacement entre deux coupes est égal à la largeur des coupes.
- Non jointives : la distance entre elles est supérieure à la largeur de la coupe.
- Chevauchantes (« overlapping ») : l'espacement est inférieur à la largeur des coupes.

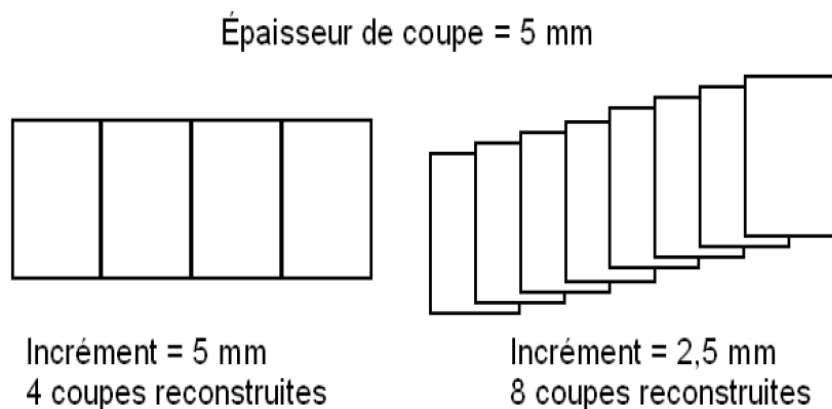


Figure 5 : Illustration de l'influence de l'incrément de reconstruction :
à gauche : coupes jointives ; à droite : coupes chevauchantes
d'après [9]

1.2. Paramètres influençant la qualité de l'image

La qualité de l'image est un paramètre important à explorer dans notre étude car elle influera sur la précision des mesures.

Elle est influencée par 4 paramètres principaux :

- La résolution spatiale
- Le bruit
- La résolution en contraste
- Les artefacts

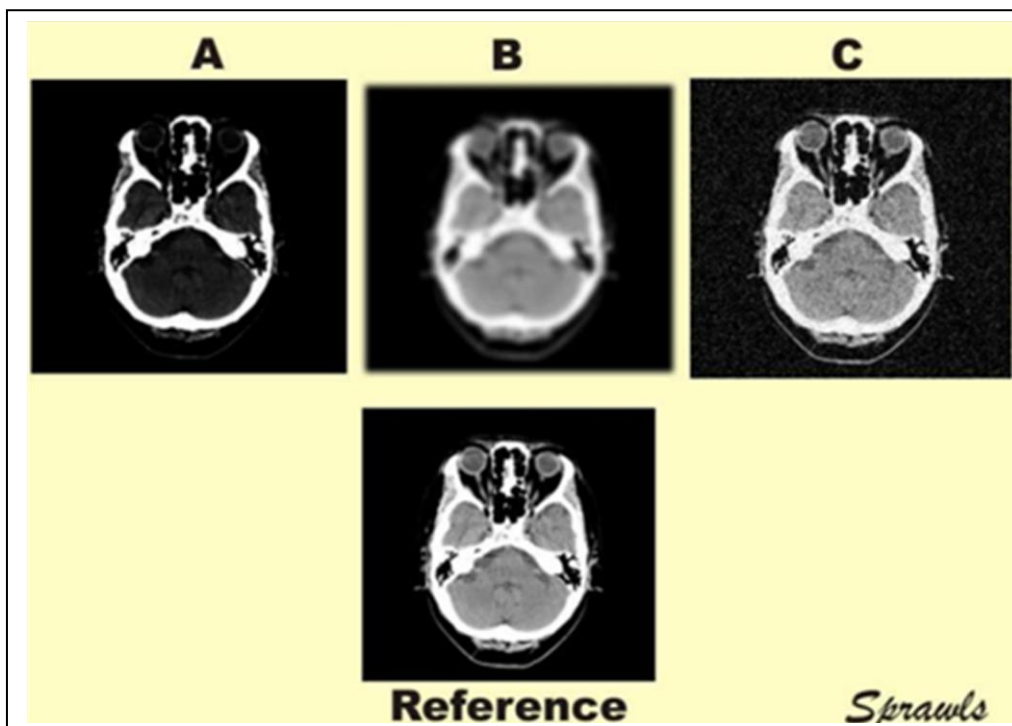


Figure 6 : Principaux facteurs influençant la qualité d'image ;
A : le contraste ; B : la résolution spatiale ; C : le bruit
d'après [6]

1.2.1 La résolution spatiale [3, 6]

Elle correspond au plus petit détail visible sur l'image.

L'augmentation de la résolution spatiale passe par la diminution de la taille des rayons qui elle-même est influencée par la taille du faisceau émis et la taille des détecteurs. De plus, un pitch élevé provoque une « dispersion » des rayons et ainsi diminue la résolution.

La résolution spatiale augmente aussi avec la diminution de la taille des voxels.

Les différents paramètres permettant de modifier la résolution spatiale peuvent être divisés entre paramètres d'acquisition et paramètres de reconstruction :

- **Les paramètres d'acquisition:**
 - Le pitch
 - La collimation (ou épaisseur de coupe nominale)
- **Les paramètres de reconstruction:**
 - Les filtres de reconstructions utilisés
 - La taille des voxels dépendant de l'épaisseur de coupe effective, la taille de la matrice, et le champ

1.2.2 Le bruit [3, 6]

C'est en général une caractéristique indésirable qui réduit la visibilité de certains objets, plus spécifiquement celle de structures de faible contraste. Il est dû à l'aspect non homogène et non stable d'un rayonnement X (bruit quantique).

La différence entre le bruit et une faible résolution spatiale, est que le bruit réduit la visibilité de structures de faible contraste, alors qu'une faible résolution spatiale diminue la visibilité d'objets de petite taille ou de détails sur l'objet.

Le bruit diminue avec l'augmentation du nombre de photons par voxel. Ainsi, il peut être diminué en augmentant la dose de rayonnement ou en augmentant la taille des voxels. Les différents paramètres permettant de modifier le bruit peuvent être divisés entre des paramètres d'acquisition qui agissent sur la dose de rayonnement et des paramètres de reconstruction :

- **Paramètres d'acquisition :**
 - Les kV, les mA, le temps d'exposition
 - La collimation (ou épaisseur de coupe nominale)
 - Le pitch
- **Paramètres de reconstruction :**
 - Les filtres utilisés
 - La taille des voxels dépendant de l'épaisseur de coupe effective, la taille de la matrice, et le champ

L'un des enjeux du réglage des paramètres est d'obtenir une image de qualité suffisante tout en ayant une dose de rayonnement la plus faible possible.

1.2.3 La résolution en contraste [3, 6]

Il s'agit du plus faible contraste de densité décelable par l'appareil. Plus elle est élevée, plus il sera possible de distinguer des tissus mous avec une faible différence de densité.

1.2.4 Les artefacts [3, 6]

Il s'agit de parasites plus ou moins structurés de l'image construite mais qui n'existent pas au niveau de l'objet. Certains sont facilement identifiables, d'autres sont plus insidieux et peuvent alors nuire à la lecture de l'image et donc altérer la qualité diagnostique voire provoquer une erreur diagnostique.

1.2.5 La taille des voxels et les filtres de reconstruction : paramètres important de la qualité d'image [3, 6]

- **La taille des voxels :** c'est un paramètre central de la qualité d'image au scanner puisqu'elle permet d'agir en sens contraire sur le bruit et la résolution spatiale. Un voxel de petite taille permet d'augmenter la résolution spatiale. Un voxel de grande taille capte davantage de photons et permet donc de diminuer le bruit. Ainsi bruit et résolution spatiale s'opposent à travers la taille des voxels.

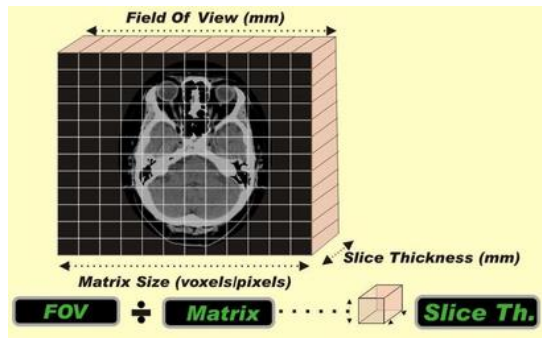


Figure 7 : Paramètres influant sur la taille des voxels d'après [6]

Trois paramètres permettent de modifier la taille d'un voxel :

- Le champ de vue
- La matrice de reconstruction
- L'épaisseur de coupe effective

L'épaisseur de coupe effective est le principal moyen de modifier la taille des voxels. Elle influe aussi sur le bruit comme montré sur le schéma ci-dessus. Une diminution de l'épaisseur de coupe augmente la résolution spatiale, mais augmente également le bruit. Une augmentation de la dose de rayonnement est alors nécessaire pour diminuer le bruit.

- **Les filtres de reconstruction utilisés** : Ils permettent également d'agir sur le bruit et la résolution spatiale et ont des effets antagonistes. Certains filtres améliorent la résolution spatiale et donc la visualisation des détails, mais augmentent aussi le bruit. D'autres diminuent le bruit, mais diminuent aussi la résolution.

Au bilan, la qualité de l'image est un équilibre entre la résolution voulue, le niveau de bruit acceptable pour l'exploitation des données, et la dose de rayonnement reçue par le patient qui doit être la plus faible possible.

2. Echographie

2.1. Principe Physique [3]

L'échographie est basée sur la propagation d'ondes ultrasonores de hautes fréquences (1 à 20 mégahertz) dans les différents tissus de l'organisme.

Les ondes ultrasonores sont générées par des cristaux piézo-électriques contenus dans le transducteur : à partir d'une différence de potentiel entre leurs faces, le cristal entre en vibration et génère un train d'ondes ultrasonores.

Les ondes ultrasonores générées par la sonde vont traverser les différents tissus de l'organisme, y subir des modifications (réflexion, réfraction, absorption) et être renvoyées vers la sonde où elles seront reçues par des récepteurs, transformées en un signal électrique pour être ensuite analysées. Une partie des ondes ultrasonores est absorbée par le milieu traversé et est alors dissipée et participe au phénomène d'atténuation, qui limite la profondeur maximale atteinte par les ultrasons.

2.2. Visualisation de l'image [3] :

Les tissus mous vont être identifiés à l'échographie par des nuances de gris. Lorsqu'aucun rayon n'est réfléchi (eau), aucune information n'est transmise au récepteur, l'image obtenue sera anéchogène (noire). Lorsqu'une partie importante du faisceau est réfléchi (tendon, gaz), l'image est hyperéchogène (blanche).

2.3. Paramètres influençant la qualité de l'image [3]

La qualité de l'image est dépendante de certaines caractéristiques de l'équipement, mais aussi des capacités de l'opérateur à effectuer les bons réglages et à choisir les bonnes fréquences d'exploration.

Les principaux paramètres qui agissent sur la qualité de l'image sont très semblables à ceux du scanner :

- La résolution spatiale
- Le bruit
- La résolution de contraste

Nous allons aborder rapidement ces paramètres, dont le principal est la résolution spatiale, et présenter les facteurs qui les influencent.

2.3.1 Notions essentielles pour comprendre les facteurs de qualité d'image

2.3.1.1 Quelques caractéristiques des ultrasons

▪ **L'intensité acoustique** : c'est la quantité totale d'énergie traversant l'unité de surface par unité de temps. Elle permet d'agir sur le bruit.

▪ **La fréquence acoustique** : nombre de cycles d'une onde par seconde

▪ **La longueur d'onde** : distance séparant à un instant donné deux points successifs où la pression est identique et évolue dans le même sens sur le trajet de l'onde.

▪ **La longueur d'impulsion** (ou durée du train d'onde) : Les ondes ultrasonores libérées par la sonde sont souvent émises sous forme de salves d'une longueur de 2 à 3 longueurs d'ondes. La longueur d'impulsion émise correspond à la longueur d'une de ces salves et influe sur la résolution axiale. En effet, si deux salves se superposent, même partiellement, elles ne sont pas distinguables et ainsi les deux points qu'elles permettent de représenter ne sont plus distinguables.

▪ **Facteur de qualité Q** ($Q = F_0 / (\text{largeur de la gamme de fréquences émises})$) : Une sonde échographique n'émet pas seulement des ondes à la fréquence F_0 voulue, mais émet une gamme d'ondes autour de la fréquence F_0 . Le facteur de qualité Q permet de traduire l'étendue de la gamme de fréquences alors émises. La notion de facteur de qualité est illustrée par la figure 8. Ce paramètre influe sur la résolution axiale car il agit sur la durée du train d'onde. Plus la largeur de la gamme de fréquences émises est grande, plus la durée de train d'onde est courte et donc plus la résolution axiale est élevée.

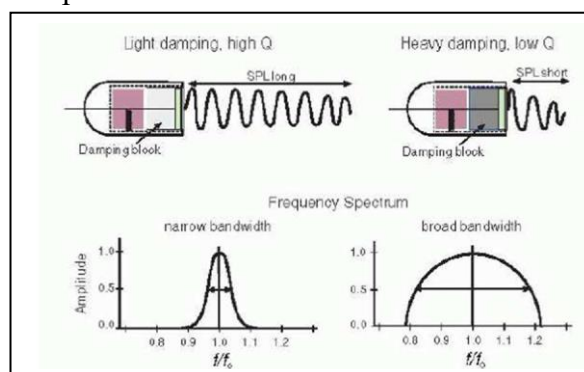


Figure 8 : Variation du facteur de qualité Q et de la longueur d'impulsion émise (SPL), d'après [3]

2.3.1.2 Notion de faisceau acoustique et de focalisation

▪ **Le faisceau ultrasonore** : il correspond à la zone étudiée. C'est la zone dans laquelle se propagent l'ensemble des ondes ultrasonores unidirectionnelles émises. Il peut être divisé en deux zones. La première (zone de Fresnel) est la zone proche de la sonde et permet une bonne visualisation. La deuxième (zone de Fraunhofer) est plus éloignée et la visualisation et la qualité de l'image diminuent avec l'éloignement à la sonde

▪ **La focalisation** : Elle permet d'améliorer la résolution de l'image par réduction de la largeur du faisceau à la profondeur désirée. La zone de focalisation se situe sur la portion terminale de la zone de Fresnel.

2.3.1.3 Notion d'atténuation et d'amplification par le gain

▪ **Atténuation du faisceau** : Plus le faisceau acoustique va en profondeur plus les ultrasons sont atténués et donc plus leur amplitude est faible comme illustré par la figure 9.

▪ **Le gain** : C'est un outil de prétraitement des images permettant d'amplifier uniformément tous les échos retour, quelle que soit la profondeur des tissus. S'il est trop élevé il diminue le contraste par excès de brillance, s'il est trop faible la visualisation des structures est très diminuée.

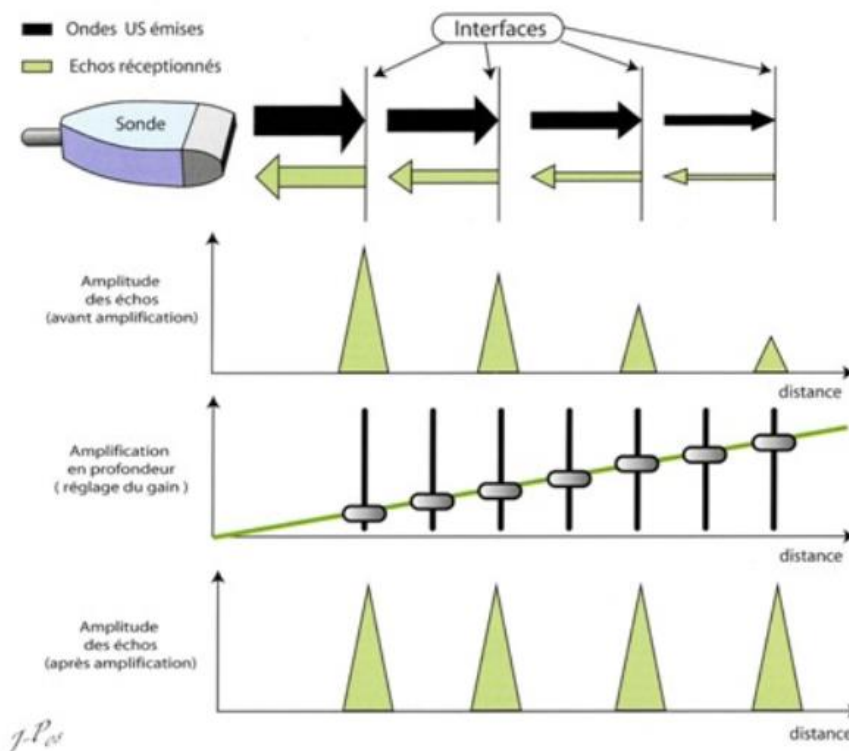


Figure 9 : Notion d'atténuation, d'amplification et de gain d'après [3]

▪ **Le Temps-Gain-Compensation** (ou gain différentiel) : Il compense les signaux plus faibles (dus à l'atténuation) des structures plus profondes.

2.3.2 La résolution spatiale

La résolution est la capacité à distinguer deux structures distinctes très proches l'une de l'autre. Elle correspond au plus petit détail visible au niveau d'une image. Elle est caractérisée par les résolutions axiale et latérale et la résolution de l'épaisseur de coupe.

2.3.2.1 La résolution axiale ou longitudinale

C'est la capacité de distinguer deux structures séparées le long de l'axe du faisceau acoustique correspondant à la distance minimale séparant deux points distincts localisés le long de cet axe. Elle dépend principalement de :

- **La fréquence acoustique** : Plus cette fréquence est élevée plus la résolution est haute (car la longueur d'impulsion émise diminue avec la fréquence).
- **La longueur d'impulsion** : plus cette longueur est courte, plus la résolution sera améliorée, comme vu ci-dessus et illustré par la figure ci-dessous.
- **Le facteur de qualité Q** : Comme vu ci-dessus, plus il est petit, plus la résolution axiale est grande

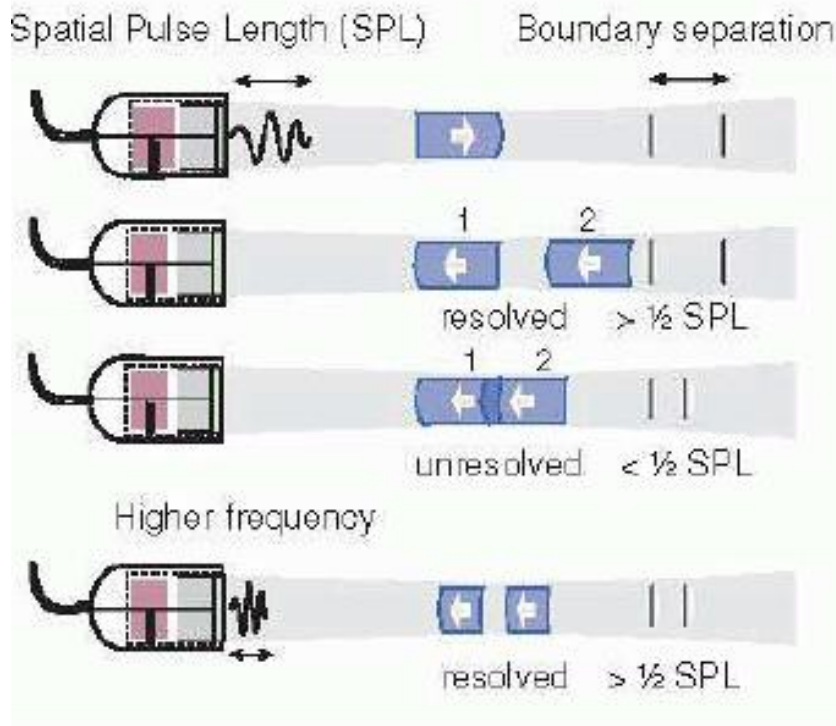


Figure 10 : Influence de la longueur d'impulsion émise sur la résolution axiale d'après [3]

La fréquence acoustique est le principal paramètre agissant sur la résolution axiale, mais plus cette fréquence est importante plus l'atténuation est grande et moins l'onde peut aller en profondeur. Il y a donc un compromis à faire entre résolution et profondeur du faisceau ultrasonore.

La résolution peut être estimée comme dans le tableau ci-dessous en prenant une vitesse de propagation des ondes de 1540 m/s et une longueur de pulsation de 2 longueurs d'onde.

Fréquence acoustique	1 MHz	3,5 MHz	5 MHz	7,5 MHz	10 MHz	15 MHz
Résolution axiale maximale dans les tissus mous (mm)	1,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10

Tableau 1 : Fréquence et résolution axiale maximale dans les tissus mous (vitesse de propagation estimée à 1540 m/s et longueur de pulsation estimée à 2 longueurs d'onde) d'après [10]

2.3.2.2 La résolution latérale

C'est la capacité à différencier deux points proches distincts, perpendiculairement à la propagation du faisceau ultrasonore. Elle correspond ainsi à la distance minimale séparant deux points de l'axe perpendiculaire à l'axe de la sonde visibles sur l'image. Elle dépend de :

- **La fréquence des ondes** : La résolution augmente quand la fréquence augmente.
- **La finesse du faisceau ultrasonore** : la résolution augmente avec la diminution de la largeur du faisceau.
- **La focalisation** : La meilleure résolution se situe dans la zone focale optimale qui est modifiable par une focalisation mécanique, électrique ou par une lentille acoustique comme le montre la figure ci-dessous. La focalisation électronique permet de déplacer la zone focale. La résolution latérale est meilleure dans la zone de Fresnel du faisceau car les faisceaux ultrasonores y sont plus fins.

On peut noter que la résolution axiale est généralement deux à trois fois supérieure à la résolution latérale.

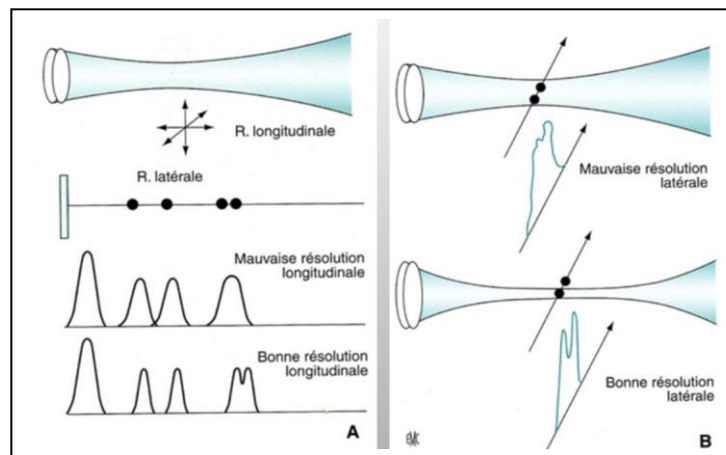


Figure 11 : A : Illustration de la résolution axiale ; B : Illustration de la résolution latérale d'après [11]

Une étude réalisée en 1996 s'est intéressée à obtenir des mesures de résolution en utilisant un modèle tissulaire simplifié. Pour des sondes de 5 MHz et 7,5 MHz, on a obtenu respectivement une résolution axiale de 0,8 mm et de 0,6 mm et une résolution latérale de 2,1 mm et 1,3 mm. Cette étude confirme ainsi que la résolution axiale est 2 à 3 fois supérieure à la résolution latérale et que l'augmentation de la fréquence améliore la résolution [12]

2.3.2.3 La résolution due à l'épaisseur de coupe

L'épaisseur du faisceau correspond à la dimension perpendiculaire au plan de coupe (c'est-à-dire celui donnant l'image). L'épaisseur de coupe varie avec la profondeur et diminue en allant de la sonde jusqu'à la zone optimale de focalisation puis s'élargit de nouveau en s'en éloignant. Plus l'épaisseur de coupe est large plus la résolution est faible et le risque d'artefact est important.

La résolution de l'épaisseur de coupe peut être améliorée par focalisation (par une lentille acoustique ou par focalisation électronique).

2.3.2.4 La résolution en contraste

Elle définit la capacité d'un système échographique à différencier de faibles écarts d'amplitude d'ondes différentes et ainsi de différencier de faibles écarts de niveau de gris et donc d'échogénicité sur l'image finale. Plus le contraste est faible, plus on pourra distinguer des gammes de gris proches.

La distinction entre les différents tissus se réalise à partir de la différence de densité et de vitesse des ondes de ces deux tissus. Ainsi, un faible contraste permettra d'améliorer la distinction entre deux tissus différents de composition proche.

Le contraste peut être amélioré par :

- **Des facteurs dépendant de l'opérateur et de certains points techniques** : les capacités de l'opérateur à bien se placer, l'utilisation de produit de contraste, l'imagerie harmonique.

- **L'amélioration de la résolution spatiale**
- **L'augmentation ou la diminution du gain selon les besoins**
- **La diminution du bruit**

2.3.3 Le bruit

Le bruit correspond à des ultrasons d'aspect plus ou moins différents de petite à moyenne taille, qui viennent se superposer et masquer les ultrasons de la zone d'intérêt. Ils apparaissent généralement dans les zones anéchogènes et plus la profondeur est grande plus le bruit est important.

Ils peuvent être provoqués par un gain trop élevé, ou par des interférences dues à d'autres appareils électriques qui produisent des bruits de fond électriques.

Les principaux paramètres permettant de diminuer le bruit sont :

- **Le Temps-Gain-Compensation** : sa réduction ou son augmentation localisée à la profondeur où le bruit est important, permet de le diminuer.

- **L'intensité acoustique** : son augmentation permet d'augmenter le rapport contraste sur bruit.

- **L'augmentation du nombre d'émission d'onde par image et du temps d'acquisition** : cette notion est vue dans la partie cadence d'acquisition. Elle permet d'augmenter le rapport contraste sur bruit, mais diminue alors la résolution temporelle.

2.3.4 Les artefacts

Les artefacts sont omniprésents en échographie. Ils résultent d'erreurs de localisation, d'échogénicité ou de taille des interfaces tissulaires. Ils sont souvent nuisibles, mais il leur arrive aussi de contribuer à l'interprétation. Les principaux artefacts sont issus d'une altération de l'échogénicité réelle des structures imagées. Dans le cas des surrénales, ces artefacts agissent plus sur la visualisation que sur la qualité de l'image en tant que telle. L'enjeu pour l'opérateur sera alors de se placer de manière à éviter ces artefacts.

2.3.5 Autres paramètres

2.3.5.1 La cadence d'acquisition (frame rate)

Pour obtenir une image à un instant donné, un certain nombre N de salves d'ultrason sont émises. Plus N est grand, plus la qualité de l'image est importante, mais plus le temps pour obtenir une image est important et ainsi plus la résolution temporelle (nombre d'images

obtenues par unité de temps) est faible. Le temps pour obtenir l'image est appelé temps d'acquisition (T_{frame}) et la cadence d'acquisition est son inverse ($1/T_{\text{frame}}$).

La cadence d'acquisition est un paramètre réglable qui permet de modifier la qualité de l'image et la résolution temporelle. Si cette cadence est augmentée, la résolution temporelle augmente et la qualité de l'image diminue (par diminution du nombre de salves et donc du temps d'acquisition). Elle est peu importante sauf en cas d'examen de structures en mouvement.

2.3.5.2 L'influence des pixels

Les ultrasons reçus par les récepteurs sont convertis pour donner une image composée de pixels. Plus la densité en pixels est importante plus la résolution est importante. L'image formée contient généralement 640x480 ou 520x520 pixels, ce qui correspond aux images obtenues par tomodensitométrie.

II. Les glandes surrénales du chien

1. Anatomie, topographie, histologie et physiologie

1.1. Anatomie des glandes surrénales

On note une différence de forme marquée entre les glandes surrénales droites et gauches, avec une variabilité selon les différents animaux [12].

1.1.1 Glande surrénale gauche

Elle apparaît bilobée avec un diamètre plus élevé à ses extrémités qu'en son centre [13, 14]. Sa portion crâniale peut être aplatie dorso-ventralement et de contour ovale. Cette portion crâniale peut être jusqu'à deux fois plus large que les autres portions [15]. Sa portion caudale est le plus souvent cylindrique et plus large que la portion centrale [13]. Une diminution de l'épaisseur de la glande peut être observée dans certains cas, dans la zone où sa surface ventrale croise la veine phrenico-abdominale [12].



Figure 12 : Aspect anatomique d'une glande surrénale gauche sectionnée dans le plan sagittal d'après [16]

1.1.2 Glande surrénale droite

Elle peut être ovale, mais elle prend souvent une forme de V avec une largeur croissant graduellement du pôle crânial jusqu'à la zone centrale de la glande où elle est maximale. Juste caudalement au centre, elle peut se séparer en deux ailes caudales. L'aile la plus longue se projette caudalement parallèlement à la veine cave, alors que la plus petite aile, qui est de très petite taille se projette caudo-latéralement vers le rein droit. Ainsi la largeur de la glande varie selon la position. L'épaisseur de la glande reste plutôt constante entre les différentes régions [12].



Figure 13 : Aspect anatomique de la surrénale droite d'un chien d'après [17]

1.2. Topographie et visualisation des glandes surrénales

Les glandes surrénales sont deux structures glandulaires, localisées dans l'espace rétro-péritonéal, intimement associées à l'artère aorte et la veine cave caudale dans l'abdomen crânial. Elles sont généralement largement entourées par de la graisse rétro-péritonéale [13].

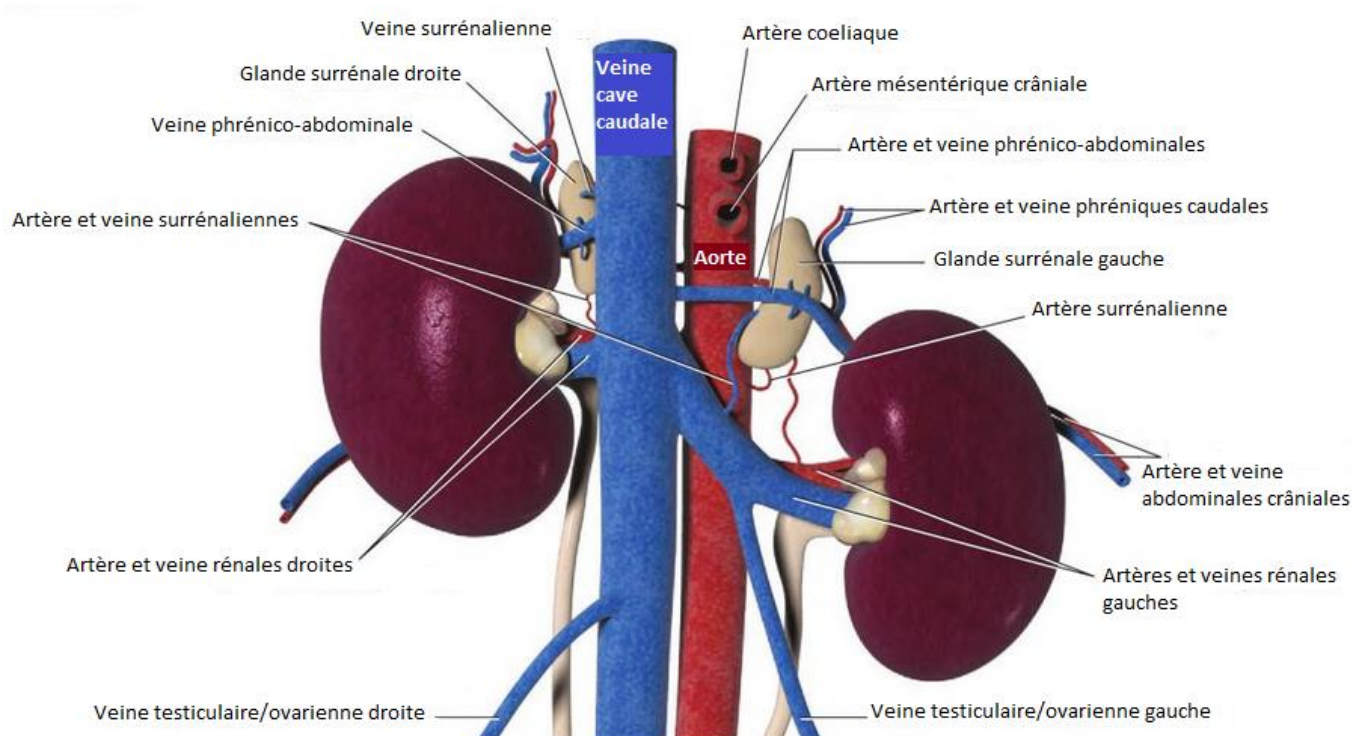


Figure 14 : Anatomie régionale et vasculaire des glandes surrénales, aspect ventral d'après [18]

1.2.1 Glande surrénale gauche:

Elle est médiale au pôle crânial du rein gauche. Elle est légèrement adhérente au processus transverse de la deuxième vertèbre lombaire et également reliée au fascia du muscle psoas mineur. Par sa position, elle est structurellement davantage reliée à l'aorte abdominale qu'au rein gauche[13].

Son bord dorsal est relié intimement au corps du muscle psoas mineur et au processus transverse de la deuxième vertèbre lombaire[13].

Médialement, elle est maintenue par l'artère aorte dans une position caudale à l'origine de l'artère mésentérique crâniale et adjacente à l'origine du tronc commun des artères phréniques abdominales crâniale et caudale. Ce tronc commun effectue un trajet transversal par rapport à l'axe longitudinal en passant par-dessus la partie centrale de la glande [13].

Le bord caudal de la glande est longé par l'artère et la veine rénales. Sa partie ventrale est coupée en deux transversalement par le tronc commun des veines phréniques, qui passe ventralement. Sa partie ventrale peut être recouverte à différents degrés par la rate [13].

Latéralement elle est proche du rein [13].

1.2.2 Glande surrénale droite

La glande surrénale droite est également en position rétro-péritonéale, mais elle est proche du hile du rein correspondant. Elle est également plus crâniale que la glande surrénale gauche [13, 19, 20]. Elle est en effet localisée ventralement à la treizième vertèbre thoracique. Un solide tissu d'attachement rend sa partie médiale très proche de la veine cave caudale à sa limite médiale. Souvent la capsule de la glande surrénale droite est en continuité avec l'adventice de la veine cave caudale [13].

Dorsalement, elle est délimitée par les piliers du diaphragme et le muscle psoas mineur. On observe également le tronc commun, avec les artères phréniques caudales et les artères abdominales crâniales, qui croise la surface dorsale de la glande [13].

Le parenchyme rénal peut la recouvrir ventrolatéralement [13].

Sa partie ventrale est coupée en deux transversalement par le tronc commun des veines phréniques qui la recouvre. Les deux tiers crâniaux de la glande sont couverts par l'extension caudale du lobe hépatique caudal droit [13].

1.3. Histologie et physiologie des glandes surrénales

Les surrénales sont composées d'un cortex externe et d'une médulla interne.

1.3.1 Caractéristiques du cortex

Il possède trois zones histologiquement distinctes :

- **La zone glomérulée** qui synthétise les minéralocorticoïdes et notamment l'aldostérone qui a pour rôle principal la réabsorption de sodium, de chlorure et d'eau ainsi que l'excrétion de potassium, notamment au niveau des tubules rénaux [21, 22].

- **La zone fasciculée** qui synthétise essentiellement des glucocorticoïdes (cortisone et corticostérone), mais aussi des stéroïdes sexuels. Les rôles biologiques des glucocorticoïdes sont multiples. Ils constituent un composant clé dans le métabolisme de la réponse au stress. Ils agissent principalement sur le métabolisme du glucose, des protéines et des lipides. Ils favorisent la néoglucogenèse et ainsi la synthèse de glucose à partir de substrats non hydrocarbonés comme les acides aminés. Par ailleurs, ils inhibent la réponse immunitaire et le processus inflammatoire à de nombreux niveaux [21, 22].

- **La zone réticulée** synthétise essentiellement des androgènes, mais également des glucocorticoïdes [21].

1.3.2 Caractéristiques de la médulla

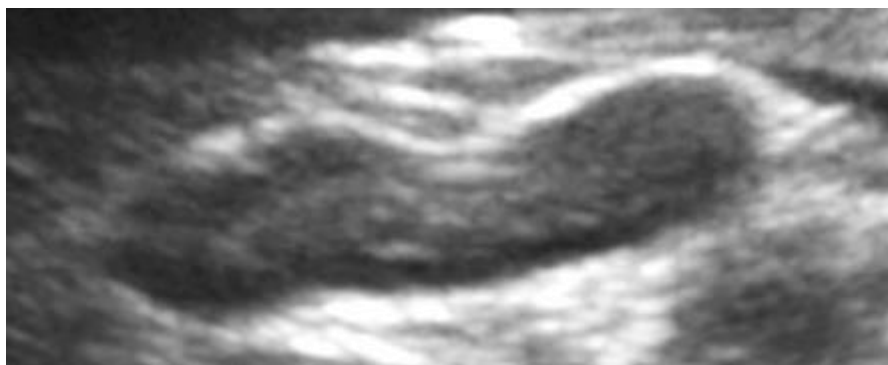
La médulla est un tissu neuroendocrine spécialisé dans la sécrétion de catécholamines dans le courant sanguin. Les principales sont l'adrénaline et la noradrénaline. La libération des catécholamines peut être provoquée par de nombreux stimuli, dont notamment : l'hypovolémie, l'hypotension, les hémorragies, l'hypoxie, l'hypoglycémie, la perception de danger. Une fois libérées, ces molécules vont agir sur les récepteurs alpha et bêta adrénergiques et avoir de nombreux effets physiologiques : vasoconstriction, vasodilatation, bronchodilatation, augmentation du rythme cardiaque, contraction de sphincters, relaxation du détroite... [23]

2. Aspect et exploration échographique des glandes surrénales

2.1. Aspect échographique des glandes surrénales

2.1.1 Glande surrénale gauche

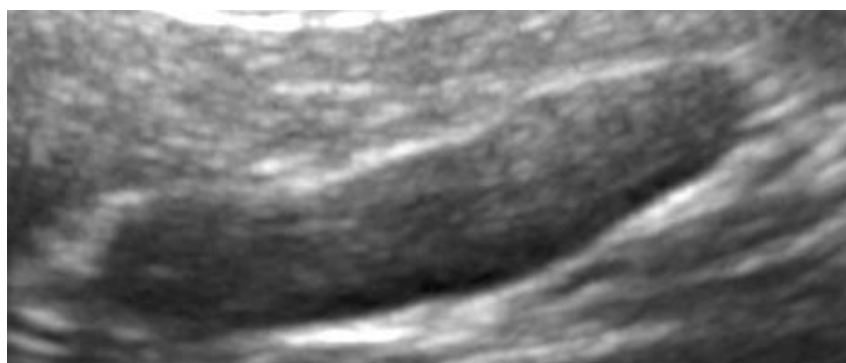
Elle a le plus souvent une forme bilobée dite de cacahuète ou d'haltère dans une coupe sur le plan sagittal, mais peut aussi être ovale [12, 15, 24]. Son contour apparaît lisse et elle est le plus souvent hypoéchogène par rapport à la graisse rétro-péritonéale alentour et par rapport au parenchyme du cortex rénal adjacent, avec une échogénicité homogène [12, 15, 25]. Occasionnellement, on peut distinguer la médulla hyperéchogène par rapport au cortex qui est hypoéchogène. Il faut faire particulièrement attention à ne pas confondre la glande surrénale avec un vaisseau qui apparaît également hypoéchogène [24]. Pour certains chiens la veine phrénico-abdominale peut être observée sur la surface ventrale, au niveau du centre de la glande [12].



*Figure 15 : Aspect échographique de la glande surrénale gauche
(Service d'imagerie de l'ENVT)*

2.1.2 Glande surrénale droite

Elle a une forme plus variable qui peut être décrite comme une forme ovale, une forme de virgule, de flèche courbée ou encore une forme de V avec l'apex pointant crânialement [12, 15, 24, 26]. La veine phrénico-abdominale peut également être observée sur sa surface ventrale [15]. Son parenchyme apparaît également homogène et le plus souvent hypoéchogène par rapport à la graisse rétro-péritonéale alentour et au cortex rénal adjacent [12, 15, 25].



*Figure 16 : Aspect échographique de la glande surrénale droite
(Service d'imagerie de l'ENVT)*

2.2. Topographie et visualisation à l'échographie

2.2.1 Position de la sonde

L'échographie des surrénales peut s'effectuer selon un abord subcostal ou intercostal :

- Abord subcostal : on place le transducteur en position médiale par rapport à l'arche costale, au niveau du douzième espace intercostal, du côté droit ou du côté gauche [15].
- Abord intercostal : le transducteur est placé 2-3 cm dorsolatéralement par rapport à l'arche costale au niveau du onzième ou du douzième espace intercostal [15].

2.2.2 Description des techniques échographiques d'observation

La localisation des glandes surrénales s'appuie largement sur l'observation et l'exploration de la vascularisation et la procédure s'effectue avec l'obtention d'images en temps réel par des plans parasagittaux, dorsaux ou obliques et transverses du corps de l'animal afin de pouvoir effectuer les coupes nécessaires [24].

2.2.2.1 Glande surrénale gauche

Une approche par l'abdomen latéral est préférée afin d'éviter une interposition des structures digestives [27]. Deux techniques principales ont été décrites :

- Afin d'observer la glande surrénale gauche, il faut avant tout trouver l'artère aorte dans le plan sagittal [28]. On localise d'abord le pôle crânial du rein gauche dans le plan sagittal. Ensuite on oriente la sonde ou on balaie médialement jusqu'à avoir trouvé l'artère aorte abdominale. La glande surrénale gauche se situe ventro-latéralement par rapport à l'aorte (et donc plus proche de la sonde) [24, 28]. Elle apparaît, comme, une petite cacahuète, qui est le plus souvent hypoéchogène par rapport à la graisse rétro-péritonéale qui l'entoure [24, 29]. La glande surrénale gauche apparaît plus proche du capteur que l'aorte.

- Une autre technique peut être utilisée. Une fois l'artère aorte repérée, on recherche l'artère rénale au niveau de sa bifurcation avec l'aorte. La glande surrénale gauche est alors identifiée crânialement à l'artère rénale [29].

On obtient ainsi une coupe sagittale/longitudinale de la glande surrénale gauche. Afin d'obtenir une coupe transverse du pôle crânial et du pôle caudal, on tourne la sonde de 90° et on ajuste crânialement et caudalement [29].

Il faut faire particulièrement attention à ne pas confondre la surrénale avec un vaisseau qui peut apparaître également hypoéchogène [30]. Pour éviter une telle confusion, l'utilisation du mode doppler ou un changement de plan peuvent être réalisés. Ainsi le passage d'une coupe transverse à une coupe longitudinale permet, pour un vaisseau, d'observer une structure tubulaire [26].

De plus, l'axe longitudinal de la glande surrénale gauche est fréquemment non parallèle à l'axe longitudinal de l'aorte. Le transducteur doit alors faire une rotation d'environ 10-15° dans le sens horaire pour obtenir une vraie vue longitudinale [24, 27]. La surrénale gauche peut être, très rarement, artéfactuellement visualisée caudale par rapport au rein correspondant chez les chiens de petit format. L'axe de coupe oblique nécessaire pour visualiser la glande explique cet artefact [30].

2.2.2.2 Glande surrénale droite

Elle est souvent plus difficile à visualiser [12, 20, 26, 31–33] car elle est localisée plus crânialement, dans une région où l'acquisition d'images peut être rendue plus difficile par les côtes, les mouvements thoraciques dus à la respiration, les gaz du système digestif (fundus, duodénum, côlon et intestins)[20, 26]

Elle est souvent mieux visualisée en utilisant une approche latérale droite juste caudale à la dernière côte. Une approche intercostale peut être utilisée chez les chiens à poitrine profonde [12, 27]. Trois techniques principales ont été décrites :

- Une première méthode consiste en la visualisation de la veine cave caudale dans son axe longitudinal dans la région du rein droit en utilisant une approche longitudinale. Le transducteur est ensuite déplacé lentement latéralement et la glande surrénale apparaît comme une structure petite, allongée et hypoéchogène, médialement au rein droit. Son axe longitudinal est parallèle à la veine cave caudale [12, 26, 27].

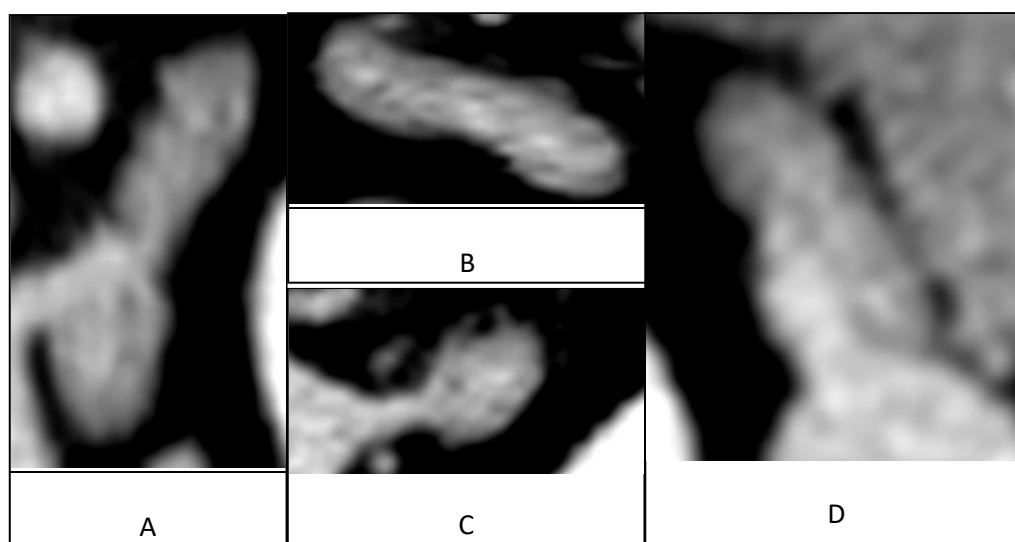
- Une autre méthode consiste à visualiser la veine cave caudale transversalement au niveau de la veine porte hépatique. Il faut alors la suivre caudalement jusqu'à ce que la glande surrénale droite soit visible sur son bord latéral. Elle apparaît alors avec une forme plate ou ovale [15, 28].

- Une troisième méthode décrit un abord intercostal. Il faut alors repérer la veine cave caudale dans un plan sagittal, caudalement à la veine porte du foie. Il faut alors porter son attention sur la région dorso-latérale de la veine cave caudale en angulant légèrement la sonde vers la région médiale : la surrénale droite est repérée dans un plan longitudinal, juste latéralement à la veine cave caudale. Elle apparaît alors avec une forme ovale ou de virgule [15, 28].

3. Aspect et exploration tomodensitométrique des glandes surrénales

3.1. Aspect tomographique des glandes surrénales

Les glandes surrénales apparaissent comme des structures de densité tissulaire ovales, rondes, triangulaires, bipartites ou en forme de haricot, selon la localisation de l'image tomographique, selon la coupe réalisée (coupe frontale, sagittale ou coupe transverse), ainsi que selon l'orientation de l'axe longitudinal de la glande. Certaines portions de la glande surrénale droite peuvent apparaître bipartites [24, 26, 34]. L'orientation de chaque glande dans le plan transverse affecte également la largeur et l'épaisseur mesurées et la glande peut être orientée de biais notamment pour le pôle crânial [24]. L'acquisition après injection de produit de contraste entraîne un rehaussement avec un produit de contraste qui peut aider à distinguer les glandes surrénales des vaisseaux et des autres structures environnantes [26].



*Figure 17 : Aspect tomographique des glandes surrénales :
A : coupe frontale, B coupe sagittale, C et D : coupe transverse du pôle caudal et crânial respectivement
(Service d'imagerie de l'ENVT)*

3.2. Topographie au scanner

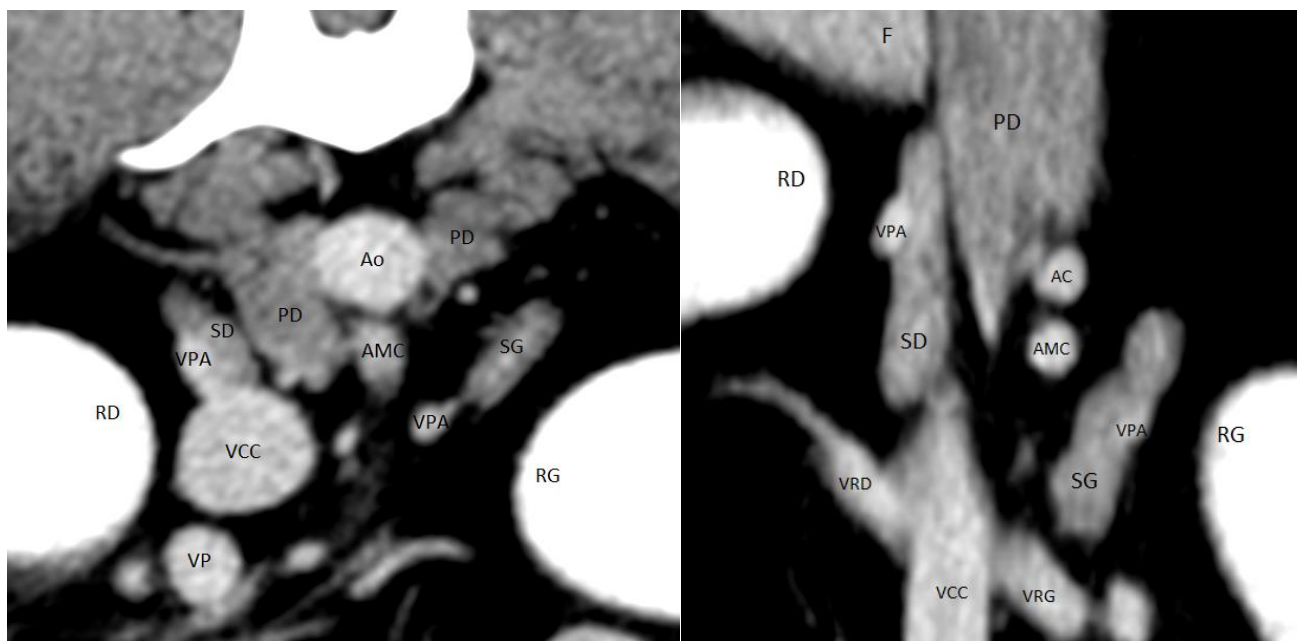
La visualisation des glandes surrénales au scanner s'inspire beaucoup des relations anatomiques vues précédemment.

3.2.1 Glande surrénale gauche

Elle est située plus caudalement et ventralement que la glande surrénale droite. Elle est située ventrolatéralement ou latéralement par rapport à l'artère aorte abdominale, entre le muscle psoas mineur et le pôle crânial du rein gauche [24, 34]. Dans 50% des cas, la partie la plus crâniale de la glande peut être visualisée sur le même plan tomographique que l'origine de l'artère mésentérique crâniale. Pour l'autre moitié des cas, la partie la plus crâniale de la glande est visualisée immédiatement caudale à cette origine [34].

3.2.2 Glande surrénale droite

Elle est localisée dorsalement ou dorsolatéralement par rapport à la veine cave caudale, entre le pilier diaphragmatique droit, le pôle crânial du rein et caudalement à l'aspect médial du processus caudé du lobe caudé du foie [24, 34]. Dans la majorité des cas, la partie caudale ou le centre de la glande peuvent être visualisés dans le même plan tomographique que l'origine de l'artère mésentérique crâniale. Elle peut également être visualisée immédiatement crânialement à l'origine de cette artère mésentérique crâniale [34].



*Figure 18 : Topographie tomodensitométrique des glandes surrénales gauche et droite en coupes transverse (à gauche) et frontale (droite)
(Service d'imagerie de l'ENVT)*

SG : Surrénale gauche ; SD : Surrénale droite ; RG : Rein gauche ; RD : Rein droit ; F : Foie ; PD : Pilier du diaphragme ; Ao : Aorte abdominale ; VCC : Veine cave caudale ; VPA : Veine phrénico abdominale ; VRG : Veine rénale gauche ; VRD : Veine rénale droite ; AMC : Artère mésentérique crâniale ; AC : Artère coeliaque

III. Mesures échographiques des glandes surrénales : revue bibliographique

1. L'examen échographique en pratique

1.1. Préparation des animaux

1.1.1 Sédation/mise à jeun

Les échographies pouvaient être réalisées dans une pièce calme avec le minimum de contention physique [32]. Dans la grande majorité des études, aucun des animaux examinés n'a été sédaté ou anesthésié [12, 25, 31, 32, 35, 36]. Dans de très rares cas une sédation a été nécessaire : 2 animaux sur 50 pour gérer la douleur [28], 1 animal sur 10 [37].

Le fait de mettre l'animal à jeun avant une échographie abdominale est assez controversé. Certains auteurs ont réalisé une mise à jeun au moins 12h avant les manipulations et soit n'ont rien rapporté soit ont noté que les gaz intestinaux ne gênaient pas les observations [31, 37]. D'autres ont observé que le jeûne n'a pas d'effet sur l'échographie [12, 29].

1.1.2 Décubitus, tonte, durée de l'examen

Dans de très nombreuses études, les échographies étaient réalisées sur des animaux en décubitus dorsal uniquement [12, 24, 32, 35–38]. Mais elles pouvaient être initialement réalisées en décubitus dorsal, puis les animaux étaient placés latéralement ou obliquement afin de réaliser des observations intercostales [28, 33]. Enfin, dans certaines études les animaux étaient placés uniquement en décubitus latéral. Les images étaient alors réalisées dans la fenêtre acoustique du côté controlatéral à la table d'examen [20, 25, 31].

Une tonte abdominale de l'animal était rapportée dans les études suivantes associée à l'utilisation de gel échographique: [24, 33–35, 37, 38].

Lorsqu'elle était rapportée, la durée de l'exploration des surrénales faisait partie d'un examen abdominal complet de 30 minutes [28].

1.2. Aspect technique

1.2.1 Matériel utilisé

Le transducteur avec la plus grande fréquence permettant une observation adéquate doit être utilisé. Dans l'ensemble des études, les auteurs utilisent des sondes de fréquences comprises entre 2 MHz et 10 MHz. Plus généralement, des capteurs de 7,5 ou 5 MHz sont utilisés selon les examens réalisés [12, 19, 20, 24, 28, 30, 32, 38]. Un transducteur de 5 MHz est fréquemment requis pour les chiens de grand format, bien que la compression abdominale ventrale puisse permettre l'utilisation d'un transducteur de 7,5 MHz chez les patients coopératifs [24].

Des sondes linéaires avec des capteurs de 10 MHz pouvaient également être utilisées alternativement avec des sondes convexes de 7,5 MHz [25] ou encore uniquement des capteurs de 7,5 MHz [36, 39].

Plus récemment, on observe des études qui utilisent des sondes convexes avec des capteurs de 5-2 MHz [31], 8-5 MHz [31, 40] et des sondes microconvexes de 6-10 MHz [33, 37]. Dans ce dernier cas une des études n'utilisait que la fréquence de 8 MHz [37].

1.2.2 Manipulateurs

La plupart des mesures et des observations échographiques sont réalisées par des imageurs diplômés du collège européen ou américain (ECVDI ou ACVDI) , des résidents en imagerie ou des personnes d'expérience équivalente [12, 15, 25, 29, 31, 33, 35, 40]. Les autres études ne précisent pas le niveau d'expérience des manipulateurs.

1.2.3 Position de la sonde

Comme nous avons pu le voir précédemment, la sonde peut être placée en position subcostale ou intercostale [15]. De nombreuses études indiquent préférer une position subcostale plutôt qu'une position intercostale [12, 15, 25, 28, 29, 31, 40]. Les manipulations sont ainsi plus facilement réalisables et les images ne sont pas limitées par les ombres acoustiques provoquées par les côtes, contrairement à une approche intercostale [28]. Cependant, à cause de sa position plus crâniale la glande surrénale droite n'est visualisée systématiquement que chez les chiens de petit format avec l'approche subcostale. Chez les grands chiens (>10kg) une approche intercostale est souvent nécessaire pour compléter l'évaluation [15, 29, 31].

1.3. Les différentes coupes réalisées pour étudier les glandes surrénales

Dans le cadre de la métrologie des glandes surrénales, les différentes coupes réalisées pour calculer les différentes dimensions des glandes surrénales sont très importantes à définir afin de pouvoir comparer les résultats des différentes études. Il est, dès lors, très important de définir les plans utilisés ainsi que les coupes réalisées.

1.3.1 Définition des plans des glandes surrénales

- **Le plan sagittal** : défini comme l'axe long des glandes surrénales qui correspond au plan sagittal du corps, c'est-à-dire le plan selon lequel le corps est coupé dorso-ventralement sur sa longueur. Ce plan permet d'estimer la longueur maximale et l'épaisseur maximale des glandes surrénales [31].

- **Le plan transverse** : est défini comme l'axe court des glandes surrénales obtenu en tournant la sonde de 90° depuis l'axe longitudinal. Cette coupe permet d'estimer l'épaisseur maximale et la largeur maximale [31]. Un effort particulier doit être fait pour obtenir une vue transverse dans un plan orthogonal au plan longitudinal de la glande et pour obtenir des coupes au niveau du diamètre maximal [32].

1.3.2 Définition des coupes effectuées sur les glandes surrénales

- **La longueur (length en anglais)** : distance linéaire crânio-caudale maximale de chaque glande mesurée dans le plan sagittal [31, 32, 35]
- **L'épaisseur (thickness en anglais)** : distance linéaire dorso-ventrale maximale de chaque glande surrénale, mesurée dans le plan sagittal ou transverse, grâce à une mesure perpendiculaire à l'axe longitudinal de la glande [12, 31].
 - L'épaisseur du pôle crânial ou du pôle caudal de la glande surrénale : dimension dorso-ventrale maximale du pôle crânial ou caudal de chaque glande surrénale mesurée dans le plan sagittal ou transverse [31].
- **La largeur (width en anglais)** : dimension médio-latérale maximale de chaque glande mesurée dans le plan transverse[31].
 - La largeur du pôle crânial ou du pôle caudal de la glande surrénale : dimension médio-latérale maximale de chaque pôle de chaque glande mesurée dans le plan transverse[35].

Il faut être très prudent avec les termes utilisés pour désigner l'épaisseur dans la littérature. En effet cette mesure peut être désignée soit comme épaisseur (thickness en anglais) [12, 15, 31, 41], ou largeur (width en anglais) ou diamètre maximum [20, 25, 32, 33], ou hauteur (height en anglais) [35].

Les mesures échographiques obtenues sur ces coupes sont réalisées grâce à 2 curseurs électroniques [12, 31, 33].

Par la suite les termes longueur, épaisseur et largeur seront utilisés et correspondront aux définitions données ci-dessus.

2. Performance de l'examen échographique des surrénales

2.1. Visualisation et évaluation échographiques des surrénales

2.1.1 Sensibilité de l'échographie

La fréquence de visualisation et d'évaluation complète a été rapportée dans différentes études. On observe des résultats variables :

- **Dans une étude publiée en 1990 menée sur 10 chiens**, la glande surrénale gauche était observable dans 80% des cas et la glande surrénale droite dans 50% des cas [34].
- **Dans une étude menée en 1994 sur 50 chiens**, les glandes surrénales gauches ont été identifiées dans 96% des cas et une évaluation complète a été réalisée (observation de l'échogénicité, mesure de la longueur et de l'épaisseur) dans 94% des cas. La glande surrénale droite a été identifiée dans 72% des cas et une évaluation complète a été réalisée dans 58% des cas lors d'une échographie abdominale de routine [28].
- **Une étude menée en 1996** sur 10 chiens rapporte une fréquence de visualisation de 100% pour les 2 glandes. L'évaluation complète était alors possible dans 100% des cas pour la glande surrénale gauche contre 93% des cas pour la glande surrénale droite [12].

▪ **Dans une étude rétrospective menée en 2008** sur 189 chiens sains et 22 chiens atteints d'hypercorticisme hypophysaire, qui avaient eu un examen échographique abdominal classique sans insister sur les surrénales, la glande surrénale gauche a été identifiée chez 92% des chiens sains étudiés (175/189), la droite chez 42% (80/189). Les deux glandes ont été identifiées sur tous les chiens (22) atteints d'hypercorticisme [25].

▪ **Dans une étude publiée en 2013** qui comparait les glandes surrénales des Yorkshires terriers et des Labradors retrievers, une fréquence de visualisation de 100% pour les deux glandes est rapportée. L'évaluation complète de la glande surrénale gauche a été possible chez 91,7% des Yorkshires terriers (21/24) contre 100% des Labradors retrievers (17/17). L'évaluation complète de la glande surrénale droite n'a été possible que chez 37,5% des Yorkshires terriers (9/24) contre 88% des Labradors (15/17) faute d'obtenir une image et des mesures adéquates du pôle crânial dans le plan transverse [35].

▪ **Dans une étude publiée en 2011** comparant 3 observateurs d'expériences différentes (270 observations sur 5 Beagles), la fréquence moyenne de visualisation était de 94% pour la glande surrénale gauche et de 85% pour la glande surrénale droite (100% et 98% pour un observateur de 10 ans d'expérience, 93% et 84% pour un observateur de 4 ans d'expérience, 89% et 73% pour un observateur d'un an d'expérience)[33].

▪ **Dans une étude publiée en 2011 menée sur 146 chiens** des fréquences de visualisation de 96% des glandes surrénales gauches et de 86% des glandes surrénales droites ont été obtenues [33].

2.1.2 Les facteurs compliquant l'évaluation échographique des surrénales

Les facteurs qui compliquent la visualisation des glandes surrénales incluent la présence de gaz pylorique et duodénal (10% des cas pour la SG, 16% des cas pour la SD), les cages thoraciques profondes (4 % des cas pour la SG, 14% des cas pour la SD) et l'obésité (8% des cas SG, 10% des cas SD) [12, 28]. On rapporte également que l'examen de la glande surrénale droite est plus difficile à réaliser complètement chez les grands chiens (chiens de plus de 10 kg) que chez les petits chiens (chiens de moins de 10 kg) [28]:

▪ Les poitrines profondes et les chiens de grand format rendent difficile l'évaluation échographique car une position intercostale est alors nécessaire surtout pour la surrénale droite[28].

▪ L'obésité rend l'évaluation échographique difficile en atténuant les ondes et en augmentant la distance entre la sonde et la glande[28].

On peut également noter que la visualisation et les mesures de la glande surrénale gauche sont plus simples à obtenir que celles de la glande surrénale droite [15, 20, 24, 32–35, 42]. La glande surrénale droite est significativement plus difficile à évaluer, notamment à cause de sa position plus crâniale, de la superposition du duodénum et du fundus [26, 28]. De plus, la mesure du pôle caudal des glandes surrénales est plus simple que celle du pôle crânial, notamment à cause de la proximité des vaisseaux qui diminuent la visualisation de ses marges [37].

2.2. Imprécisions de mesure dues au matériel

2.2.1 Les facteurs de la qualité de l'image échographique

Les imprécisions de mesure dues au matériel ont été exposées dans le paragraphe qualité de l'image de la partie théorique sur l'échographie. On rappellera seulement ici que la résolution semble être le facteur principal d'imprécision et que la résolution axiale est supérieure à la résolution latérale [10, 12].

2.2.2 Les erreurs dues à la pixellisation qui sont présentes pour toutes les images digitales

Un facteur d'erreur qui n'a pas été présenté plus haut est l'erreur de mesure due à la pixellisation. Ce sont des erreurs dues au positionnement des curseurs dans un pixel donné comme le montre le schéma suivant.

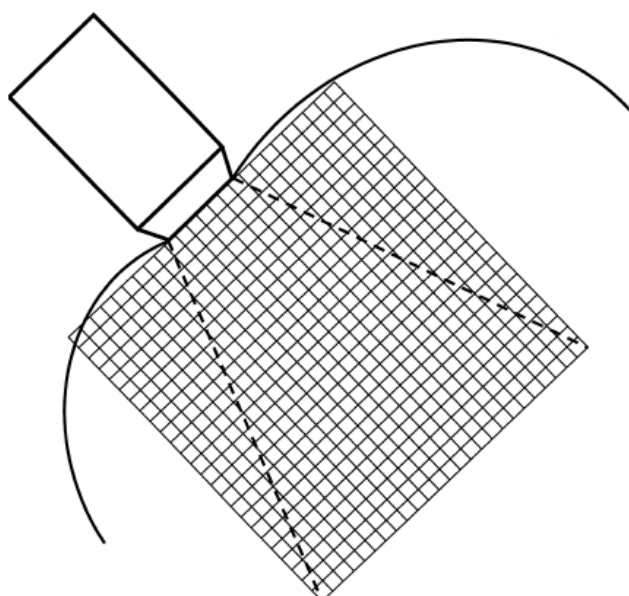


Figure 20 : Matrice de pixels obtenue à partir du faisceau acoustique émis par la sonde d'après [43]

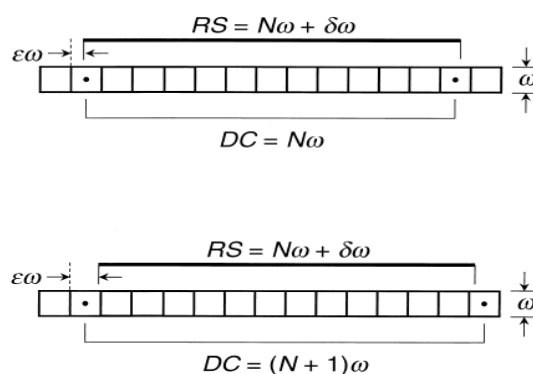


Figure 19 : Erreur due à la pixellisation et la mise en place de curseurs d'après [43] :

La distance à mesurer (RS) est supérieure à la largeur d'un pixel de $\delta\omega$. Selon la variabilité $\delta\omega$ du positionnement du curseur dans un pixel, deux mesures différentes sont possibles. La première illustration correspond à un $\delta\omega$ petit où la mesure sera alors plus faible et la deuxième illustration correspond à un $\delta\omega$ grand où la mesure sera plus grande.

Les mesures verticales sont considérées comme n'ayant pas d'erreur de pixellisation car elles ne prennent en compte que la résolution axiale de la cible, alors que les mesures horizontales prennent aussi en compte la largeur du faisceau ce qui entraîne une résolution latérale plus faible de l'image cible. Ainsi, il a été estimé qu'avec une technique bien maîtrisée, les mesures horizontales ont une imprécision de +/- 1 pixel pour chaque curseur [43].

Finalement les erreurs de pixellisation sont estimées comme faibles dans les images cliniques. Ainsi, pour un pixel de 0,30 mm, l'erreur maximale serait de $\pm 0,64$ mm, $\pm 1,20$ mm, et $\pm 1,80$ mm pour une incertitude sur le placement des curseurs de ± 1 , ± 2 et ± 3 pixels, respectivement [43].

De plus, ces erreurs de pixellisation sont les mêmes pour la tomodensitométrie.

2.3. Les erreurs dues aux modalités d'acquisition d'image

2.3.1 Les modalités d'acquisition qui influent sur les mesures

La précision des mesures dépend surtout de la capacité de l'opérateur à se positionner correctement de façon à avoir le bon axe de la glande, de sa capacité à obtenir les meilleurs paramètres de qualité de l'image (meilleure résolution et contraste possible) et de sa capacité à placer les curseurs. Les erreurs sont dues à un mauvais cadrage, un mauvais réglage du gain, une mauvaise orientation et au choix des limites de l'organe observé.

Ainsi :

- L'axe longitudinal de la glande surrénale gauche est fréquemment non parallèle à l'axe longitudinal de l'aorte. Le transducteur doit alors faire une rotation d'environ 10-15° dans le sens horaire pour obtenir une vraie vue longitudinale [24, 27].
- Cette orientation de biais par rapport au corps influe aussi sur les coupes transverses qui peuvent dès lors être obliques. Une surestimation des mesures est alors possible [44].

2.3.2 Recommandations pour minimiser ces erreurs

Les recommandations suivantes ont été données [31] :

1) Réaliser plusieurs mesures et faire une moyenne des résultats ce qui permet d'augmenter l'exactitude des mesures. L'exactitude sera plus élevée en faisant des mesures sur des images différentes, plutôt qu'en refaisant plusieurs mesures sur la même image. Si les mesures échographiques sont bien réalisées, cela permet de les rendre indépendantes de la taille des pixels. Le degré d'exactitude dépend toutefois de la qualité des mesures.

2) Placer la structure à mesurer au centre de l'écran permet d'améliorer la répétabilité des mesures car la géométrie des bords de la structure étudiée sera moins déformée.

3) Ajuster le grossissement, pour que la structure à mesurer occupe au moins la moitié de l'écran, augmente le nombre de pixels et diminue l'erreur de pixellisation.

4) Orienter la structure dans le plan du faisceau pour rendre la distance à mesurer le plus parallèle possible aux lignes de l'image ou à un angle standardisé avec ces lignes permet à la résolution des bords de la structure d'être dominée par la durée d'impulsion sonore axiale, plus précise, plutôt que par la largeur latérale du faisceau ou d'avoir une combinaison reproductible des deux.

Ajuster le gain pour obtenir une échelle de gris standardisée permet d'obtenir une localisation des bords de la structure plus reproductible.

2.4. Variations dues aux manipulateurs

2.4.1 Variation inter-observateur et intra-observateur

L'échographie est très dépendante du manipulateur [45]. Cela signifie que les mesures peuvent dépendre de son expertise. Le nombre de manipulateurs et leur expérience est donc une information pertinente [33]. De plus, le diamètre maximal des glandes surrénales peut être situé à différentes localisations anatomiques (pôle crânial ou caudal) et peut être mesuré selon différentes orientations (dorso-ventrale ou médio-latérale) qui sont chacune associées avec une variabilité inter ou intra-observateur [35, 37]. Ainsi étudier plus précisément ces facteurs est très important pour évaluer leur influence sur les mesures.

2.4.1.1 Protocoles d'études de la variation inter et intra-observateur

Pour étudier cette variabilité inter et intra-observateur, le protocole des études s'y étant spécifiquement intéressé faisait intervenir 3 imageurs d'expériences différentes (10 ans, 4 ans et 1 an d'expérience dans une étude [33], deux diplômés ECVDI et un résident ECVDI dans une autre [37]), qui effectuaient chacun 3 examens échographiques de chaque glande pour chaque animal. Chaque examen échographique était séparé de 30 minutes à 12 heures [33, 37]. Les mesures comparées étaient la longueur, la largeur et l'épaisseur des glandes surrénales gauches et droites [37], ou seulement la longueur et l'épaisseur pour la deuxième étude [33].

2.4.1.2 Variations inter et intra-observateur selon les mesures effectuées [37]

Dans une étude réalisée spécifiquement pour étudier la variation inter- et intra-observateur de la mesure des surrénales, on note grâce au tableau présenté ci-dessous [37]:

- Que l'épaisseur du pôle caudal des surrénales en coupe longitudinale a la plus faible variation inter- et intra-observateur. De plus c'est quasiment la seule mesure pour laquelle ces variations sont inférieures à la variation inter-chien.
- Une faible variation intra- et inter-observateur pour l'épaisseur du pôle caudal en coupe longitudinale, l'épaisseur et la largeur du pôle caudal en coupe transverse ainsi que l'épaisseur du pôle crânial en coupe longitudinale.
- Une forte variation inter et intra-observateur pour l'épaisseur et la largeur du pôle crânial en coupe transverse; ces variations sont notamment plus élevées que la variation inter-chien surtout pour la largeur.
- Une variation intra-observateur maximale pour la longueur des glandes surrénales. Cette variation est cependant inférieure à la variation inter-chien.

Glande surrénale	Dimension mesurée	Variation intra-observateur (mm)	Variation inter-observateur (mm)	Variation entre chiens (mm)
Gauche	Longueur	2,2277	0,2613	5,9808
	Hauteur du pôle crânial (coupe longitudinale)	0,3367	0,000751	0,2882
	Hauteur du pôle caudal (coupe longitudinale)	0,1718	0,000464	0,2599
	Hauteur du pôle crânial (coupe transversale)	1,2057	0,3934	0,09382
	Hauteur du pôle caudal (coupe transversale)	0,5520	0,006041	0,1707
	Largeur du pôle crânial (coupe transversale)	2,0653	2,5481	0,8849
	Largeur du pôle caudal (coupe transversale)	0,9869	0,8898	0,1195
Droite	Longueur	3,8572	0,0256	2,1338
	Hauteur du pôle crânial (coupe longitudinale)	0,7376	0,3087	0,6439
	Hauteur du pôle caudal (coupe longitudinale)	0,2432	0,02835	0,3494
	Hauteur du pôle crânial (coupe transversale)	1,4351	2,5374	0,1849
	Hauteur du pôle caudal (coupe transversale)	0,7094	0,6535	0,4496
	Largeur du pôle crânial (coupe transversale)	3,6649	1,2429	0,3491
	Largeur du pôle caudal (coupe transversale)	0,9327	0,04338	0,4180

Tableau 2 : Variations intra- et inter-observateur et variations entre chiens pour différentes mesures échographiques des surrénales d'après [37]

Dans deux autres études qui se sont intéressées à ces variations, on note que :

- La variation intra-observateur est faible [33] voire non significative [31].
- La variation inter-observateur est significative et considérée comme essentiellement reliée à l'expérience du manipulateur [31, 33].
- On retrouve le fait que la variation inter-observateur est minimale pour la mesure du pôle caudal des glandes surrénales en coupe longitudinale, mais aussi en coupe transverse (0,04 cm à 0,07 cm de différence, ce qui correspond seulement à une différence de 10-13% de la mesure) [31].
- De plus, on peut quand même noter que la différence moyenne entre les mesures des deux observateurs reste faible pour l'ensemble des mesures (0,04-0,28 cm d'écart) [31]

2.4.2 Répétabilité, reproductibilité des mesures

La répétabilité et la reproductibilité des mesures échographiques sont importantes à évaluer pour pouvoir effectuer des comparaisons de mesures par exemple pour évaluer l'effet d'un médicament [33], pour le suivi du patient, ou encore pour la comparaison avec les valeurs issues de mesures au scanner.

2.4.2.1 Définition

- **Répétabilité :**
 - « Étroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués avec l'application de la totalité des mêmes conditions de mesure » [46]
 - Dans l'étude présentée ci-dessous, avec des mesures répétées sur les mêmes animaux plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours, la répétabilité est considérée comme la variation intra-jour

▪ **Reproductibilité :**

- « Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages du même mesurande, mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure » [46]
- On peut noter qu'à partir de cette définition, la variation inter-observateur est une mesure de reproductibilité [46]
- Dans l'étude présentée ci-dessous, avec des mesures répétées sur les mêmes animaux plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours, la reproductibilité est considérée comme la variation inter-jour.

2.4.2.2 Résultats obtenus

Ces variables ont été évaluées dans une étude où les deux glandes surrénales de 5 chiens étaient échographiées 3 fois par jour pendant 3 jours par 3 manipulateurs d'expérience en échographie différente (10 ans, 4 ans, 1 an). La répétabilité était alors définie comme la variabilité intra-jour pour un même manipulateur et la reproductibilité comme la variabilité inter-jour pour un même manipulateur. La moyenne des écarts observés et le coefficient de variation ont alors été utilisés pour comparer les valeurs obtenues. La différence entre deux ou trois mesures pour le même animal, estimée par la moyenne des écarts, est intéressante car elle permet de savoir si les mesures d'organes doivent être interprétées avec prudence. Dans cette étude, on observe des moyennes d'écarts de mesure de 2 mm et 2,5 mm pour la longueur des glandes surrénales gauches et droites respectivement et de 0,5 et 0,7 mm pour leur épaisseur. Ces écarts de mesures restent faibles comparés aux dimensions de la glande elle-même.

De plus, les coefficients de variation intra- et inter-jour ne sont pas significativement différents pour les mesures de la glande surrénale gauche. Cependant une différence significative pour la glande surrénale droite entre les différents manipulateurs est notée [33].

Ainsi, les répétabilités et reproductibilités sont élevées pour les mesures des surrénales. Le coefficient de variation de la mesure de l'épaisseur de la glande surrénale gauche est le plus faible. Ainsi cette mesure apparaît comme la plus pertinente pour évaluer la taille des surrénales. On peut noter une faible variation intra-observateur mais une assez forte variation inter-observateur avec de meilleures performances pour des manipulateurs expérimentés [33].

Au bilan de cette partie :

- *Pour les variations inter et intra-observateurs :*
 - *La variation intra-observateur peut être estimée comme faible pour la mesure des glandes surrénales, sauf pour le pôle crânial en coupe transverse*
 - *La variation inter-observateur peut être estimée comme la plus faible pour l'épaisseur du pôle caudal en coupe longitudinale, mais aussi en coupe transverse*
 - *Les variations inter et intra-observateur du pôle crânial sont très élevées.*
 - *Plus le manipulateur est expérimenté en échographie, plus les variations inter et intra-observateur diminuent*
- *Pour la répétabilité et la reproductibilité :*
 - *Elles sont maximales pour l'épaisseur de la glande surrénale gauche*
 - *Elles sont estimées comme globalement élevées*

2.5. Bilan : Variations, avantages et inconvénients des différentes coupes et dimensions mesurées

Nous avons pu voir précédemment de nombreuses données sur la visualisation, la précision, l'exactitude des mesures selon les coupes et la glande observée. Un élément qu'il semble utile de préciser ici est que le pôle crânial des deux glandes surrénales a été rapporté comme plus difficile à évaluer que le pôle caudal [31, 33], sûrement à cause de la forme que prennent les pôles crâniens de ces deux glandes qui rend la délimitation et les mesures compliquées [31]. Cela peut également être dû au contact étroit entre le pôle crânial et les grands vaisseaux rendant les bords des glandes plus durs à distinguer. De plus le pôle crânial peut avoir une orientation oblique par rapport aux vaisseaux ce qui peut expliquer une variation dans le placement des curseurs de mesure [37]. A l'opposé, le pôle caudal a une forme plus régulière, ronde et consistante dans le plan transverse que le pôle crânial [15, 37]. Ceci permet de mettre les curseurs plus facilement et de manière plus reproductible.

Cela nous permet de dire que la meilleure mesure échographique pour évaluer la taille des glandes surrénales est l'épaisseur du pôle caudal dans le plan sagittal [12, 31]. En effet, en plus de ce qui a été dit plus haut, on peut rappeler les nombreux avantages de cette mesure:

- Tous les observateurs étaient toujours capables de visualiser facilement et de manière fiable le pôle caudal des glandes surrénales dans le plan sagittal [31]
- L'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales est l'une des mesures échographiques la mieux corrélée aux mesures directes nécropsiques [15, 16, 27, 32]
- Les autres dimensions sont plus variables [15]
- La plus faible variation intra et inter-observateur a été observée pour cette mesure [37] et aucune différence intra-observateur significative n'a été observée pour cette mesure [31]
- Bien que des différences inter-observateur aient été observées, elles étaient jugées cliniquement insignifiantes et la moyenne des différences était minimale pour cette mesure par rapport aux autres coupes. Les disparités entre observateurs sont essentiellement dues à la différence d'expérience et elles restent minimales (0,04-0,07 cm de différence moyenne) [31]
- Enfin, pour certaines études, il n'y a pas de différence significative notée pour cette mesure entre le pôle caudal des deux glandes droite et gauche [31]

Il faut cependant être prudent, car l'épaisseur était toujours retrouvée significativement plus élevée pour les mesures réalisées sur les coupes transverses par rapport aux mesures réalisées sur les coupes longitudinales [37]. Sans comparaison avec les tailles physiques, on ne peut pas savoir s'il y a surestimation par les coupes transverses ou sous-estimation par les coupes longitudinales [37].

De plus, il faut savoir que l'évaluation de la glande surrénale droite est plus difficile du fait de sa position dans l'abdomen, ce qui la rend moins fiable à l'échographie :

- La glande surrénale gauche est unanimement plus facile à visualiser et à évaluer que la glande surrénale droite [12, 20, 28, 31–35].
- Les variations inter-observateur étaient non significatives pour l'épaisseur de la glande surrénale gauche et significative pour l'épaisseur de la glande surrénale droite [33].
- Une bonne reproductibilité et répétabilité sont notées pour la surrénale gauche [33].

3. Importance de la mesure de la taille des glandes surrénales et résultats obtenus dans les études métrologiques

Dans cette partie, nous allons nous intéresser aux dimensions des glandes surrénales répertoriées dans la littérature. Avant tout, nous verrons l'influence des facteurs individuels sur les dimensions, puis les valeurs seuils chez les chiens sains, enfin nous nous intéresserons à la place de la taille des surrénales pour les trois principales maladies surrénales : les hypercorticismes d'origine hypophysaire et surrénalienne ainsi que l'hypocorticisme.

3.1. Association entre les dimensions des surrénales et les facteurs individuels chez le chien

Le poids des glandes surrénales varierait avec le poids, le sexe et la maturité du chien [14]. Ces paramètres sont importants à étudier pour évaluer la performance des techniques de mesure. Étudier ces paramètres pour connaître leur influence sur la taille des glandes surrénales est également très important pour pouvoir mettre en place les intervalles de référence les plus adaptés [47].

3.1.1 Relation entre le poids ou le format de l'animal et la taille des surrénales

Assez unanimement, la longueur des glandes surrénales serait reliée à la taille et au poids du chien et ce serait la dimension la plus fortement corrélée au poids [20, 32, 33, 39, 48]. Cependant une étude a montré que pour les Labradors retrievers, cette corrélation n'était pas retrouvée. Il a alors été observé que le poids moyen du Labrador retriever était plus élevé dans cette étude que les poids moyens étudiés dans les autres études [35].

D'autres études se sont intéressées à la relation entre le poids du chien et la taille du pôle caudal ou l'épaisseur des glandes surrénales. Des résultats variés et contradictoires ont été observés : des études ont montré qu'il n'y avait pas de relation [20, 32, 33], alors qu'une étude a montré qu'il y avait une relation chez le Yorkshire terrier [35]. Des études ont également trouvé une corrélation entre l'épaisseur maximale du pôle caudal sur un plan sagittal et le poids de l'animal pour des races de moins de 10 kg [35, 41], alors qu'une autre étude a montré que les corrélations entre l'épaisseur du pôle caudal dans le plan sagittal et dans les plans transverses n'était pas statistiquement significative pour les chiens <10kg et les chiens >30kg [31].

Un résultat important a été mis en évidence récemment. On observe une augmentation de l'épaisseur moyenne des glandes surrénales et notamment une différence significative et des valeurs seuils qui augmentent avec le format du chien: poids inférieur à <10 kg, compris entre 10-30kg, supérieur à 30kg [31, 35] et chiens de poids <12kg et >12kg [47]. De même une différence significative a été vue pour l'épaisseur du pôle caudal entre les Yorkshires terriers et les Labradors retrievers [35]. Ces résultats ont permis de conclure que la mise en place d'intervalles de référence pour la taille des glandes surrénales devait se faire pour différentes catégories de poids [47].

3.1.2 Relation entre l'âge du chien et la taille des surrénales

On observe des résultats contradictoires. Il a été décrit une absence de corrélation [32, 39] ou une association positive faible [20, 33]. L'âge a été positivement relié aux mesures de l'épaisseur du pôle caudal en coupe longitudinale et transverse [35]. Une forte corrélation a été notée avec l'épaisseur de la glande surrénale gauche en coupe longitudinale ($P=0,0019$) et une corrélation moins significative a été notée avec la longueur ($P=0,0388$) de la glande surrénale gauche [33]. Dans cette même étude aucune corrélation avec la surrénale droite n'a été observée [33]. Enfin, une étude récente menée sur 266 chiens a montré des résultats semblables : l'épaisseur du pôle caudal de la glande surrénale gauche était significativement corrélée à l'âge [47]. Par contre, aucune corrélation n'était observée pour la surrénale droite.

Une telle association évoquerait un élargissement des glandes surrénales avec le vieillissement [35, 47].

3.1.3 Relation entre le sexe et la taille des surrénales

Une corrélation entre le sexe de l'animal et les dimensions des glandes surrénales a été assez peu recherchée, mais dans ce cas aussi on observe des résultats contradictoires : plusieurs études ont montré une absence de corrélation entre le sexe de l'animal et la taille des surrénales [20], alors que pour une autre étude la largeur de la surrénale droite a été trouvée significativement plus élevée chez le mâle et la longueur plus élevée chez la femelle [33].

Une étude récente menée sur 266 chiens a montré que l'épaisseur du pôle caudal était plus grande chez les mâles pour un poids compris entre 12 et 20kg pour les deux glandes, et seulement pour la surrénale gauche pour les chiens de poids compris entre 20 et 30 kg [47].

3.1.4 Relation entre la race et la taille des surrénales

Cette corrélation a été suspectée assez tôt [34, 49]. Elle n'a pas été observée chez les chiens de moins de 10 kg [25, 31].

3.2. Valeurs seuils des dimensions des surrénales chez le chien sain

Une littérature très variée s'intéresse à l'évaluation de la taille des glandes surrénales par échographie. Cette littérature a permis d'observer des intervalles très variés pour chaque mesure de cette glande chez des chiens sains [31] :

- La longueur des surrénales varie de 0,91 cm à 5,02 cm [15, 20, 26, 27, 32, 33, 35, 39, 50].
- La largeur des glandes surrénales varie de 0,19 cm à 1,74 cm [15, 20, 25–27, 32, 33, 35–37, 48, 48].
- L'épaisseur varie de 0,17 cm à 1,07 cm [12, 15, 26, 27, 32, 35–37, 39–41, 50].

Les trois études suivantes sont les plus récentes parmi celles qui traitent des dimensions des surrénales chez le chien sain :

- **La première étude publiée en 2013** a comparé, pour 17 Labradors retrievers et 24 Yorkshires terriers considérés comme sains, la longueur des glandes surrénales droite et gauche, ainsi que l'épaisseur et la largeur de leurs pôles crânial et caudal [35]. Elle a montré

que les Labradors retrievers ont des valeurs plus importantes pour chacune des mesures réalisées par rapport aux Yorkshires terriers et des seuils minimal et maximal ont été établis pour chaque mesure [35]. Ainsi, cette étude propose de nouvelles valeurs seuils de largeur de glande surrénale, dépendantes du format du chien :

- Pour le Labrador retriever : 7,9 mm et 9,5 mm pour les surrénales gauche et droite respectivement

- Pour le Yorkshire terrier : 5,4 mm et 6,7 mm pour les glandes surrénales gauche et droite respectivement

- **La deuxième étude publiée en 2015 a été menée sur 45 chiens** répartis en 3 groupes de 15 chiens selon leur poids [31] : poids < 10kg, poids compris entre 10-30kg, poids > 30kg. Cette étude a trouvé des valeurs seuils supérieures différentes selon le format du chien pour l'épaisseur des glandes surrénales droite et gauche dans le plan longitudinal:

- Pour les chiens de poids <10kg : 5,4 mm

- Pour les chiens de poids compris entre 10 et 30 kg : 6,8 mm

- Pour les chiens de poids > 30 kg : 8,0 mm

- **Une étude parue en mars 2016, réalisée sur 266 chiens sans maladie des surrénales** a défini des intervalles pour l'épaisseur du pôle caudal qui pourraient être utilisés comme intervalles de référence en fonction du format du chien [47]. Les limites de référence inférieures et supérieures avec leur intervalle de confiance à 95% sont présentés ci-dessous sous la forme : [limite inférieure (intervalle de confiance à 95%) – limite supérieure (intervalle de confiance à 95%)] :

- Pour l'épaisseur du pôle caudal de la glande surrénale gauche (en cm) :

- ✓ Chiens de moins de 12 kg (118 chiens) : [0,27 (0,22-0,30) – 0,6 (0,56-0,62)]

- ✓ Chiens de plus de 12kg (146 chiens) : [0,34 (0,28-0,36) – 0,70 (0,66-0,70)]

- Pour l'épaisseur du pôle caudal de la glande surrénale droite (en cm):

- ✓ Chiens de moins de 12 kg (115 chiens) : [0,28 (0,23-0,30) – 0,58 (0,50-0,60)]

- ✓ Chiens de plus de 12kg (148 chiens) : [0,34 (0,30-0,39) – 0,69 (0,67-0,72)]

La conclusion de cette étude était que la mise en place d'intervalles de référence ou de seuils devait prendre en compte le poids/format de l'animal. L'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales d'un animal de moins de 12 kg ne devrait pas être supérieure à 0,62 cm ; celle d'un animal de plus de 12kg ne devrait pas être supérieure à 0,72 cm.

Ces trois études ne sont pas les seules études à montrer de nouveaux seuils depuis 2010, mais elles s'intéressent uniquement à des chiens sains ou non atteints de maladies surrénaliennes. Ces seuils sont cependant à utiliser avec précaution tant que d'autres études avec des effectifs plus importants ne sont pas réalisées [31].

Ces résultats « révolutionnent » cependant l'approche de la métrologie des glandes surrénales en montrant l'influence du format de l'animal sur la taille des glandes surrénales. De plus, depuis 1995 une valeur seuil supérieure de 7,4 mm pour le diamètre maximal des glandes surrénales en coupe transversale était utilisée pour distinguer les chiens sains des chiens avec hypercorticisme d'origine hypophysaire, avec une sensibilité de 77% et une spécificité de 80% [32]. Ces résultats montrent que cette valeur n'est plus la plus adéquate.

3.3. Intérêt de l'étude de la taille des surrénales dans l'exploration de l'hypercorticisme (HAC)

3.3.1 A propos de l'hypercorticisme (HAC)

3.3.1.1 Définition et étiologies

L'hypercorticisme correspond à la maladie provoquée par une concentration plasmatique élevée en cortisol de manière chronique. C'est une maladie fréquente chez le chien et rare chez le chat. Le processus étiopathogénique a deux origines [26, 51]:

- 80% des hypercorticismes sont d'origine hypophysaire : des micro- et macro-adénomes de la partie pituitaire de l'hypophyse se développent et libèrent de l'ACTH qui induit une hyperplasie des deux glandes surrénales et ainsi une production et une libération excessive de cortisol dans le sang.
- 20% des hypercorticismes sont d'origine surrénaliennne : des tumeurs surrénaliennes (carcinome, adénome), le plus souvent unilatérales se développent et peuvent libérer du cortisol si elles sont fonctionnelles.

3.3.1.2 Place de l'échographie dans l'exploration de l'HAC d'origine hypophysaire

➤ Place de l'échographie :

L'échographie des glandes surrénales intervient tardivement dans l'exploration d'un hypercorticisme. Elle est utilisée, soit pour distinguer les deux types de maladie, soit dans le but de préciser les lésions surrénaliennes et de faire un bilan d'extension loco-régional dans le cas de tumeur surrénaliennne. Elle n'est pas utilisée comme moyen de dépistage, mais peut être l'examen mettant en évidence la maladie lors de l'exploration de différents troubles [17].

➤ Caractéristiques échographiques de l'HAC d'origine hypophysaire :

Dans la majorité des cas, une caractérisation échographique non équivoque de cette affection est la présence d'une adrénomégalie bilatérale symétrique, avec augmentation significative de l'épaisseur, une échogénicité qui reste homogène et semblable à celle observée pour les glandes normales (glande hypoéchogène par rapport au cortex rénal et à la graisse locorégionale). Même si la glande hypertrophiée apparaît plus arrondie, sa forme globale et ses contours sont non modifiés [12, 32, 36, 40].

Ces éléments ne sont cependant pas pathognomoniques et des confusions peuvent avoir lieu :

- Une échogénicité hétérogène peut être observée [12, 40].
- Une hypertrophie unilatérale ou l'absence d'hypertrophie peut être observée dans 20% des cas d'hypercorticisme d'origine hypophysaire et dans moins de 5% des cas, les patients développent de multiples et larges nodules dans le cortex d'une surrénale entraînant ce que l'on appelle une hyperplasie surrénaliennne macro nodulaire et ainsi une asymétrie [12].
 - Dans 10 % des cas de tumeurs adrénocorticales fonctionnelles, on peut observer une néoplasie bilatérale, qui peut prêter à confusion et entraîner un diagnostic erroné d'hypercorticisme central [12, 26, 36].
 - Une hypertrophie symétrique des surrénales peut être remarquée lors du traitement au trilostane [52].

➤ **Taille des surrénales et hypercorticisme d'origine hypophysaire :**

Comme nous venons de le voir, l'évaluation des dimensions des glandes surrénales est primordiale dans l'exploration échographique de l'hypercorticisme. Nous allons présenter ici différents seuils diagnostiques, mais il faut garder à l'esprit que ce ne sont que des aides qui doivent être confrontées aux autres paramètres échographiques ainsi qu'à la clinique et aux autres tests diagnostiques.

La taille des surrénales est le principal critère de différenciation entre une surrénale normale et une surrénale hyperplasiée [25, 32]. En effet, les chiens avec hypercorticisme d'origine hypophysaire ont des mesures des glandes significativement supérieures à celles des chiens normaux [12, 25, 26, 32, 41, 48]. Cependant, malgré ces différences significatives, des recouvrements de tailles entre chiens sains et chiens malades sont observés [31].

L'épaisseur du pôle caudal dans le plan sagittal a été la principale dimension étudiée pour mettre en place des seuils permettant de déterminer une hyperplasie, car comme vu précédemment elle apparaît comme la mesure la plus fiable. Différents seuils ont été définis en comparant des chiens sains et des chiens atteints d'hypercorticisme d'origine hypophysaire. Nous allons voir ces différents seuils avec leur sensibilité et leur spécificité :

- La valeur de 7,4 mm pour l'épaisseur maximale dans le plan sagittal ou transverse entre le pôle crânial et le pôle caudal de la glande surrénale gauche était devenue la valeur frontière de référence [31, 35, 41] qui distingue les chiens ayant un hypercorticisme d'origine hypophysaire des chiens normaux [32]. Cette valeur seuil possède 77% de sensibilité et 80% de spécificité dans le diagnostic du PDH. Cependant une étude a par exemple montré qu'en utilisant cette valeur seuil, 15/17 Labradors retrievers sains auraient été diagnostiqués atteints d'un hypercorticisme [35]. De plus, une autre étude a montré que seulement 48% des chiens de moins de 10kg atteints d'un hypercorticisme d'origine hypophysaire auraient été diagnostiqués en utilisant ce seuil de détection [41]. Ces études récentes rejoignent ainsi les résultats vus précédemment et montrent ainsi les limites diagnostiques de l'échographie et l'intérêt d'avoir des seuils différents selon les différents formats de chien afin d'améliorer la performance de l'examen échographique [41].

- Une étude menée sur 109 chiens sains et 50 chiens atteints d'hypercorticisme d'origine hypophysaire, tous adultes de moins de 10 kg, de races variées [41] a montré qu'une valeur seuil supérieure de 5,9 mm pour l'épaisseur du pôle caudal d'au moins une glande avait une sensibilité de 90% et une spécificité de 74 % pour le diagnostic de l'hypercorticisme d'origine hypophysaire [41].

- Une autre étude réalisée sur 189 chiens sains et 22 chiens atteints d'hypercorticisme d'origine hypophysaire, tous adultes et de poids inférieur à 10 kg a montré qu'une valeur seuil de 6,0 mm pour l'épaisseur des glandes surrénales avait une sensibilité de 75% et une spécificité de 94% pour distinguer les chiens atteints d'hypercorticisme des chiens sains [25].

3.3.1.3 Place de l'échographie dans l'exploration de l'hypercorticisme d'origine surrénalienne

➤ Caractéristiques échographiques de l'HAC d'origine surrénalien :

Dans la majorité des cas, on observe une masse unilatérale, avec une glande de forme irrégulière arrondie et d'échogénicité hétérogène [36, 40]. La masse peut envahir les structures vasculaires adjacentes (la veine cave caudale principalement) et des métastases peuvent être observées [40]. Une asymétrie est souvent présente avec la glande atteinte hypertrophiée et la glande surrénale controlatérale le plus souvent atrophiée [36, 40].

Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, il y a des exceptions à cette description échographique classique de tumeur surrénalienne, hyperplasie surrénalienne macro nodulaire et les tumeurs bilatérales en sont les meilleurs exemples [12].

➤ Taille des surrénales et hypercorticisme d'origine surrénalien :

La taille des surrénales est un facteur moins important dans l'exploration d'un hypercorticisme surrénalien. La taille peut cependant apporter quelques informations utiles :

- Une épaisseur maximale supérieure à 20 mm est très en faveur d'une tumeur surrénalienne, plutôt que d'un hypercorticisme d'origine hypophysaire. Cette valeur possède des limites :

- Lors de certains cas d'HAC hypophysaire, on peut observer un élargissement des surrénales de plus de 20 mm. Ainsi dans une étude, 5 chiens sur 28 atteints d'hypercorticisme d'origine hypophysaire avaient une épaisseur surrénalienne supérieure à 20 mm [40].

- Il existe des tumeurs surrénaliennes fonctionnelles avec une épaisseur maximale inférieure à 20 mm. Ainsi dans une étude, 5 chiens sur 19 ayant un hypercorticisme d'origine surrénalienne avaient une épaisseur surrénalienne inférieure à 20 mm [40].

- Lors d'hypercorticisme d'origine surrénalienne, la glande atteinte par une tumeur est généralement hypertrophiée ou normale et la glande controlatérale est atrophiée. Pour distinguer un hypercorticisme d'origine hypophysaire et une tumeur surrénalienne sécrétante, une valeur seuil d'atrophie de 5,0 mm pour la glande surrénale de plus faible épaisseur maximale peut être utilisée avec une sensibilité de 82-100% et une spécificité de 82-99% pour le diagnostic d'un hypercorticisme d'origine surrénalienne. Cela a été montré dans une étude publiée en 2010, menée sur 28 chiens avec hypercorticisme surrénalien et 19 chiens avec hypercorticisme d'origine hypophysaire [40].

➤ Critères échographiques de malignité :

Peu de critères échographiques permettent de caractériser la malignité d'une lésion.

Une masse de plus de 4 cm d'épaisseur permet de conclure avec certitude à un processus tumoral malin. Une masse entre 2 et 4 cm est maligne dans la majorité des cas. On ne peut pas utiliser la taille comme critère de distinction de malignité pour une masse de moins de 2 cm [53].

Seule la découverte des métastases et de l'envahissement vasculaire peuvent permettre de trancher formellement en faveur de la tumeur surrénalienne maligne et la sensibilité de l'échographie est, dans ce domaine, très élevée, même si la tomographie avec utilisation de produit de contraste s'avère supérieure [53].

3.3.2 Intérêt de l'étude de la taille des surrénales dans l'exploration de l'hypocorticisme

3.3.2.1 A propos de l'hypocorticisme

L'hypocorticisme primaire (ou maladie d'Addison) est une maladie caractérisée par une fibrose et une atrophie des glandes surrénales, provoquées par une inflammation lymphoplasmocytaire à médiation immunitaire [39, 54].

3.3.2.2 Taille des surrénales et hypocorticisme

Les chiens atteints d'hypocorticisme ont des mesures des glandes surrénales significativement inférieures à celles des chiens sains ou ayant des maladies mimant un hypocorticisme [39, 50]. Malgré ces différences significatives, des chevauchements de mesures sont observés entre chiens sains et chiens malades [39]. Une valeur limite inférieure de l'épaisseur des glandes surrénales a cependant été établie afin de distinguer les chiens atteints d'un hypocorticisme des chiens sains :

- Une épaisseur maximale de la glande surrénale gauche inférieure à 3,2 mm suggère très fortement que les signes cliniques peuvent être attribués à un hypocorticisme primaire, avec une sensibilité d'environ 90% et une spécificité de 90% [39].
- On peut également noter qu'une épaisseur de la glande surrénale gauche inférieure à 2,8 mm était décrite comme ayant une sensibilité de 90% et une spécificité de 100% [39].

La taille des surrénales est significativement modifiée dans le cas d'hypocorticisme et ce paramètre est rapporté comme le seul pertinent dans le cadre de l'échographie des glandes surrénales lors de suspicion d'hypocorticisme [54]. L'exploration échographique trouve ainsi toute sa place, puisqu'une exploration abdominale de routine est souvent réalisée devant des signes cliniques non spécifiques. Cet examen permet de manière assez simple d'augmenter ou de diminuer une suspicion d'hypocorticisme [39]. De plus, cet examen est intéressant à mettre en place en attendant les résultats du test de stimulation à l'ACTH qui est le gold standard [39].

3.4. Bilan : quelques valeurs seuils et données chiffrées

3.4.1 Pour l'hypocorticisme

- Une épaisseur maximale de la glande surrénale gauche inférieure à 3,2 mm suggère très fortement que les signes cliniques peuvent être attribués à un hypocorticisme primaire, avec une sensibilité d'environ 90% et une spécificité de 90%

3.4.2 Pour l'hypercorticisme d'origine hypophysaire

Si on résume les études récentes pour la mise en place de seuils de l'épaisseur du pôle caudal des surrénales pour la détection de l'hypercorticisme hypophysaire on obtient :

- Pour les chiens de moins de 10 kg, des valeurs seuils de 0,59 cm [41], 0,60 cm [25]. Si une des glandes dépasse ce seuil, un diagnostic d'hypercorticisme hypophysaire peut être réalisé avec 90% et 75% de sensibilité et 74% et 94% de spécificité respectivement.
- Pour les Yorkshires terriers des valeurs supérieures de 0,59 cm et de 0,67 cm ont été trouvées respectivement pour la glande surrénale gauche et la glande surrénale droite, mais sur 24 patients [35].

- Pour les chiens de moins de 10 kg, une limite supérieure de 0,54 cm a été définie au-delà de laquelle l'épaisseur du pôle caudal devrait être considérée comme anormale.
- Pour les chiens de moins de 12 kg une limite supérieure de 0,62 cm est présentée comme valeur seuil pour les chiens non atteints de maladie surrénalienne [47].
- Pour les chiens de plus de 12 kg une limite supérieure de 0,72 peut être retenue comme valeur seuil [47].
 - Pour les chiens entre 10 et 30 kg une limite supérieure de 0,68 cm a été obtenue.
 - Pour les chiens de plus de 30 kg, une limite supérieure de 0,8 [31] a été détectée
 - Pour les Golden retrievers, des limites supérieures de 0,79 cm et 0,95 cm ont été obtenue pour les glandes surrénales gauche et droite respectivement [35].

3.4.3 Pour l'hypercorticisme d'origine surrénalienne

- Une épaisseur maximale supérieure à 20 mm est très en faveur d'une tumeur surrénalienne, plutôt qu'un hypercorticisme d'origine hypophysaire.
- Pour distinguer un hypercorticisme d'origine hypophysaire et une tumeur surrénalienne sécrétante, une valeur seuil d'atrophie de 5,0 mm pour la glande surrénale de plus faible épaisseur maximale pourrait être utilisée avec une sensibilité de 82-100 % et une spécificité de 82-99% pour le diagnostic d'un hypercorticisme d'origine surrénalienne.

3.4.4 Pour la caractérisation de la malignité

- Une masse de plus de 4 cm d'épaisseur permet de conclure avec certitude à un processus tumoral malin.
- Une masse entre 2 et 4 cm est maligne dans la majorité des cas.
- On ne peut pas utiliser la taille comme critère de distinction de malignité pour une masse de moins de 2 cm [53].

IV. Mesures tomodensitométriques des glandes surrénales : revue bibliographique

Comme nous avons pu le voir dans la partie précédente, un grand nombre d'études se sont intéressées à l'échographie dans l'exploration des maladies surrénales et notamment à l'étude de la taille des glandes surrénales dans différentes situations. Contrairement à l'échographie, très peu d'études se sont intéressées à la tomographie dans l'exploration des atteintes surrénales et notamment à leur taille. En effet, environ dix études s'y sont intéressées dont une grande partie avant 1991. Dans cette partie seront présentés les protocoles et paramètres qui ont été utilisés, puis les études dans lesquelles des mesures ont été réalisées et enfin les facteurs à l'origine d'erreur et d'imprécision de mesures.

1. L'examen tomodensitométrique des glandes surrénales en pratique

1.1. Anesthésie de l'animal

La tomographie requiert une anesthésie ou à minima une sédation pour limiter les artefacts dus aux mouvements de l'animal.

Plusieurs protocoles anesthésiques peuvent être retrouvés dans la littérature, mais tous font apparaître une prémédication, une induction par injection d'un produit intraveineux et une maintenance avec un anesthésique volatil [55–61].

1.2. Positionnement de l'animal, mise à jeun et produit de contraste

- Selon les études, différents positionnements ont été réalisés :
 - Le décubitus sternal est le plus fréquent [57, 59–61]
 - Le décubitus latéral gauche [55, 56]
 - Le décubitus dorsal [34, 58]
- Selon les études, la mise à jeun se faisait 12h [57], voire 24h avant [34, 55, 56]
- Différents produits de contraste ont été utilisés selon les études, mais tous étaient des produits de contraste iodés ionisés [34, 55–57, 59, 60], ou non ionisés [61]. Les doses injectées correspondaient aux doses préconisées, soit 600-880 mg d'iode /kg [62].

1.3. Paramètres du scanner

Il est intéressant de s'attarder sur les paramètres qui ont été réglés dans les études précédentes, car ces paramètres influent sur la qualité des images et sur la précision des mesures. Ainsi les études précédentes peuvent être classées en 2 catégories : les études datant d'avant 1991 qui ont notamment une épaisseur de coupe importante (plus de 5 mm) à l'origine d'un espace mort important et les études datant d'après 2005 où l'épaisseur de coupe est beaucoup plus faible (moins de 3 mm), comme le montrent les données ci-dessous.

1.3.1 Pour les études ayant été faites avant 1991

- Scanner de quatrième génération : une tension de 120 kV, une intensité de 60 mA, un temps d'exposition de 6 s, une épaisseur de coupe de 1 cm avec 5 cm de recouvrement [60]
- Un scanner avec un champ de 25, 35 ou 42 cm, un temps d'exposition de 5, 6 ou 10 secondes, une épaisseur de coupe de 5 mm [59]
- Un scanner avec une tension de 120 kV, une intensité de 180 mA, un temps d'exposition de 4,8 s, une épaisseur de coupe de 9 mm avec 5 mm d'intervalle entre les coupes [55, 56]
- Un scanner de troisième génération avec une tension de 120 kV, une intensité de 200 mA, un temps d'exposition de 4,8 s, une épaisseur de coupe de 9 mm avec des coupes contigües.

1.3.2 Pour les études ayant été faites après 2005

- Scanner en mode hélicoïdal, avec une tension de 120 kVp, une intensité de 100-130 mA un temps d'exposition de 0,7 s /rotation, une épaisseur de coupe de 1,25 mm avec un pitch de 0,625, une matrice de 512 x 512 voxels [57]
- Un scanner utilisé en mode hélicoïdal avec une fenêtre abdominale (40 HU-400 HU), Une tension de 90 ou 120 kVp, une intensité de 100-150 mA, un champ de 50 cm, une épaisseur de coupe de 2-3 mm avec un pitch de 1,25, des algorithmes de reconstruction standards avec une matrice de 512 x 512 voxels [61].
- Un scanner avec une tension de 120 kVp, une intensité de 160-200 mA, un temps d'exposition de 0,7 s/rotation, une épaisseur de coupe de 1,2 mm avec un pitch de 0,562 : 1 [58].

1.4. Les différentes coupes réalisées pour étudier les glandes surrénales

En tomodensitométrie, 3 plans d'études sont utilisés pour analyser les images. Ces plans permettent d'obtenir des images dites reconstruites en modifiant leur axe pour qu'il s'aligne avec l'axe de la glande surrénale et non plus avec celui du corps. Cette notion de reconstruction est très importante car elle modifie notamment les coupes transverses et peut donc influencer les mesures. C'est un paramètre qui distingue les études anciennes pour lesquelles la reconstruction était absente et les études récentes.

1.4.1 Définition des plans de tomodynamétrie des glandes surrénales

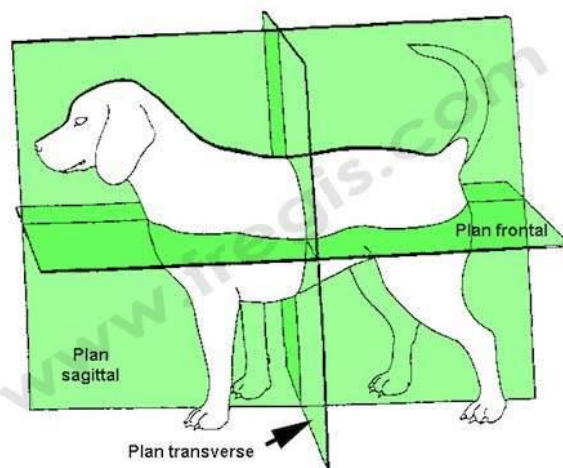


Figure 21: Illustration des différents plans de coupe au scanner
d'après www.fregis.com

▪ **Le plan sagittal** : plan qui traverse le corps de l'animal ventro-dorsalement (ou verticalement) de la tête vers la queue (Fig 23). Le plan sagittal des glandes surrénales correspond au même plan, mais centré sur la glande surrénale de manière à obtenir la longueur cranio-caudale maximale. Ce plan permet d'obtenir la longueur maximale de chaque glande et l'épaisseur maximale de chaque pôle.

▪ **Le plan frontal** : plan qui traverse le corps de l'animal latéro-latéralement (ou horizontalement) de la tête vers la queue (Fig 23). Le plan frontal des surrénales correspond à ce plan, mais centré sur la glande surrénale de manière à avoir la longueur cranio-caudale maximale. Ce plan permet d'obtenir la longueur maximale de chaque glande ainsi que la largeur maximale de chaque pôle.

▪ **Le plan transverse** : plan qui traverse le corps de l'animal ventro-dorsalement (ou verticalement) et perpendiculairement au plan sagittal, permettant de séparer de part et d'autre de lui un côté crânial et un côté caudal, (Fig 23). Le plan transverse des glandes surrénales est obtenu après la réorientation des plans sagittal et frontal selon l'orientation de la glande surrénale. Le plan transverse n'est ainsi pas modifié. Il permet d'obtenir l'épaisseur maximale et la largeur maximale de chaque pôle de chaque glande.

1.4.2 Définition des coupes effectuées sur les glandes surrénales

Les dimensions mesurées sont les mêmes et définies de la même manière que celles vues dans la partie échographie :

- **La longueur (length en anglais)** : obtenue à partir des plans sagittal et frontal.
- **L'épaisseur (thickness en anglais)** : obtenue à partir des plans sagittal et transverse.
- **La largeur (width en anglais)** : obtenue à partir des plans frontal et transverse.

2. Facteurs de variations des mesures tomodensitométriques

2.1. Chez l'animal

2.1.1 Facteurs individuels

Une seule étude s'est intéressée à l'influence du poids, du sexe et de l'âge de l'animal sur les mesures tomodensitométriques des surrénales du chien. Cette étude portait cependant sur le volume des glandes surrénales.

Ainsi il a été montré une corrélation entre le volume des glandes surrénales et l'âge et le sexe. Le format de l'animal ne semble pas avoir d'influence sur le volume des glandes (Tableau 3)

Catégories de poids	Volume (cm3)
< 7kg	0,47 +/- 0,02
7 - 8,9 kg	0,55 +/- 0,02
9 - 11,9 kg	0,66 +/- 0,02
12 - 18 kg	0,65 +/- 0,02
> 18kg	0,57 +/- 0,02

Tableau 3 : Variation du volume des glandes surrénales du chien en fonction du poids d'après [58]

2.1.2 Précision des mesures

La qualité des images avec notamment la résolution et le contraste influent sur la précision des mesures. Les paramètres influençant la qualité d'image ont déjà été détaillés dans la partie théorique de la tomodensitométrie.

L'exactitude des mesures est obtenue en comparant les mesures tomodensitométriques et les mesures anatomiques. Comme nous le verrons dans la partie suivante aucune étude ne s'est réellement intéressée à ces comparaisons dans le monde vétérinaire.

2.1.3 Variation inter- intra-observateur, répétabilité et reproductibilité

Ces paramètres n'ont pas été étudiés pour les mesures réalisées par tomodensitométrie.

2.2. Chez l'homme [63]

Une étude s'est intéressée aux paramètres influençant la taille des glandes surrénales et aux variations inter-observateurs influençant la reproductibilité des mesures. Cette étude s'est aussi intéressée à la mesure du volume des glandes surrénales

2.2.1 Pour les mesures linéaires

- Corrélation observée entre l'épaisseur maximale des glandes et le poids, la taille, l'âge surtout pour la surrénale droite,
- Absence de corrélation observée entre les mesures linéaires des glandes et le sexe
- Une variabilité inter-observateur s'est révélée assez élevée pour les mesures linéaires réalisées :

- Pour la branche latérale :
 - ✓ gauche : $r = 0,1849$ et $P = 0,64$
 - ✓ droite : $r = 0,5921$ et $P = 0,0710$
- Pour la branche médiale :
 - ✓ Gauche : $r = 0,4234$ et $P = 0,27$
 - ✓ Droite : $r = 0,7638$ et $P = 0,010$
- Pour le corps :
 - ✓ Gauche : $r = 0,747$ et $P = 0,013$
 - ✓ Droite : $r = 0,7030$ et $P = 0,023$

2.2.2 Pour les mesures volumétriques

- Corrélation observée entre volume des glandes surrénales et mesures linéaires.
- Une faible variabilité inter-observateur a été observée pour les mesures de volume (glande surrénale droite : $r = 0,90$ et $P = 0,00047$; glande surrénale gauche : $r = 0,98$ et $P < 0,000005$).

Au bilan de ce paragraphe, aucune étude vétérinaire ne s'est intéressée à la fiabilité des mesures linéaires des glandes surrénales. Ainsi la répétabilité, la précision, les variations inter et intra-observateur restent à explorer ainsi que l'influence des facteurs épidémiologiques.

3. Revue bibliographique de l'examen tomодensitométrique des surrénales chez le chien

Très peu d'études se sont intéressées à la caractérisation de la taille des glandes surrénales en tomодensitométrie.

La plupart de ces études ont été réalisées entre 1986 et 1990. L'utilisation du scanner n'en était encore qu'à ses débuts et d'énormes progrès technologiques ont été réalisés, notamment au niveau de l'épaisseur de coupe et des reconstructions. Il est dit notamment que la réalisation de comparaison de mesures n'était pas possible à cette période [56]. Ainsi dans ces études, les surrénales ne sont étudiées que sur des coupes transversales à l'axe longitudinal du corps de l'animal, sans reconstruction permettant d'orienter les coupes perpendiculairement à l'axe longitudinal des glandes (qui est souvent différent de celui du corps ventro-dorsalement et/ou latéro-médialement). De plus, ces études ont été réalisées sur de petits effectifs ne dépassant pas 13 animaux.

Nous allons donc nous intéresser aux résultats de ces études. Nous allons voir d'abord leurs résultats généraux puis les résultats portant spécifiquement sur les mesures réalisées.

3.1. Quelques résultats généraux obtenus sur la tomодensitométrie des glandes surrénales

Les études réalisées entre 1986 et 1990, ont surtout eu pour objectif de caractériser la visualisation des glandes surrénales en tomодensitométrie et la capacité de cette technique à distinguer les masses surrénales :

▪ **Une étude réalisée en 1988 sur 10 chiens** a montré qu'un diagnostic de masse surrénalienne unilatérale a été réalisé dans 6 cas sur 10 et confirmé dans 5 cas sur 6 par histopathologie. 2 cas d'élargissement bilatéraux caractérisés par des glandes surrénales d'aspect plus rond et plus bombé comparé à une glande surrénale normale aplatie dorso ventralement [56].

▪ **Une autre étude réalisée en 1990 sur 13 chiens** a montré que la tomодensitométrie était capable de localiser les tumeurs surrénaliennes avec une précision de 100%. La présence d'une forme irrégulière, d'une densité hétérogène, de minéralisations, d'une faible démarcation avec les tissus en contact, d'un rehaussement irrégulier et d'un envahissement de la veine cave combinés sont en faveur de malignité. Cependant, dans la majorité des cas, il n'était pas possible de distinguer carcinomes et adénomes. Les carcinomes avaient un diamètre moyen supérieur à celui des adénomes, mais l'intervalle de taille des adénomes était totalement inclus dans celui des carcinomes. La suspicion d'adhérence entre la glande avec une masse et les structures adjacentes n'a été confirmée que dans 2 cas sur 6 [55].

▪ **Une étude réalisée en 1986 sur 11 chiens** dont 9 atteints d'hypercorticisme a montré que toutes les glandes surrénales ainsi que les lieux de lésions ont été identifiés par tomодensitométrie combinée avec des tests biochimiques. Cette précision a permis de favoriser l'approche chirurgicale [59].

▪ **Une autre étude réalisée en 1990 sur 10 chiens** a étudié l'apport de la tomодensitométrie pour l'exploration des glandes surrénales chez le chien sain. Elle s'est intéressée à plusieurs points :

- La fréquence de visualisation des glandes surrénales : toutes les glandes surrénales ont pu être visualisées
- La caractérisation de localisation tomographique des glandes surrénales
- La mesure des longueur, largeur et épaisseur des 20 glandes surrénales.
- La comparaison des mesures tomодensitométriques et anatomiques pour 2 chiens (les résultats obtenus sont présentés dans la partie suivante)

3.2. Tomодensitométrie et mesures des glandes surrénales

3.2.1 Résultats obtenus avant 1991:

▪ **L'étude réalisée en 1988 sur 10 chiens**, présentée plus haut, a montré que le diamètre des glandes surrénales de deux chiens atteints d'hypercorticisme hypophysaire variait entre 8 et 18 mm. Dans le cas de tumeurs surrénaliennes unilatérales observées sur 6 chiens, le diamètre variait de 16 à 30 mm. Aucune exploitation de ces résultats n'a été réalisée [56].

▪ **L'étude réalisée en 1990 sur 13 chiens** a révélé que le diamètre des carcinomes en coupe transversale avait une moyenne de 31,2 mm (intervalle : 16-59 mm) et que celui des adénomes avait une moyenne de 22,7 mm (intervalle : 20 à 28 mm) et qu'ainsi, bien que les carcinomes aient un diamètre moyen supérieur aux adénomes, l'intervalle de taille des adénomes est totalement inclus dans celui des carcinomes.

▪ **L'étude menée en 1986 sur 11 chiens** dont 9 atteints de maladies surrénaliennes a réalisé des mesures sans réellement les exploiter. L'épaisseur et la largeur maximale ont été mesurées sur la coupe transversale où la glande présentait la plus grande surface. Ces dimensions n'ont pas été définies. La longueur a également été mesurée, mais il n'a pas été précisé sur quelle coupe. En effet, une reconstruction a eu lieu avec des plans sagittaux et frontaux, mais l'article ne précise pas si ces plans ont été utilisés pour réorienter les coupes transversales ou pour réaliser des mesures.

- Les dimensions obtenues pour les glandes atteintes par une tumeur unilatérale était comprises entre : 21 et 29 mm pour la longueur, entre 14 et 27 cm pour la largeur, entre 14 et 25 pour l'épaisseur.

- Les dimensions pour les glandes atteintes d'hyperplasie étaient comprises entre : 11 et 38 mm pour la longueur, 12 et 18 cm pour la largeur, 5 et 12 cm pour l'épaisseur.

- Les dimensions pour les 2 chiens normaux étaient comprises entre : 23 et 24 mm pour la longueur, 8 et 13 mm pour la largeur, 4 et 5.5 mm pour l'épaisseur.

Cette étude a également comparé la largeur et l'épaisseur des glandes surrénales sur les coupes transversales au diamètre de l'aorte et conclu que les tumeurs surrénaliennes sont plus larges que l'aorte et que les glandes normales étaient de diamètre inférieur.

▪ **L'étude de 1990 réalisée sur 10 chiens** est la seule à avoir réalisé des mesures tomodensitométriques sur des animaux sains. Elle s'est intéressée à :

- La longueur des glandes, définie comme le nombre de coupes consécutives (épaisseur de coupe = 9 mm) qui contiennent une portion des glandes surrénales.

- La largeur des parties crâniales, centrales et caudales, définies comme la plus grande dimension linéaire dans la direction dorso-latérale à ventro-médiale de la portion crâniale, ventrale et caudale respectivement

- L'épaisseur des parties crâniale, centrale et caudale, définies comme la plus grande dimension linéaire perpendiculaire à la largeur des portions crâniale, ventrale et caudale respectivement.

Mesure (en mm)	Glande surrénale gauche	Glande surrénale droite
Longueur	18-27	18-27
Largeur du pôle crânial	9,8-21,2	3,8-20,8
Largeur de la partie centrale	8,5-17,9	8,2-18,8
Largeur du pôle caudal	7,0-12,6	6,0-13,9
Epaisseur du pôle crânial	3,5-14,6	3,5-9,0
Epaisseur de la partie centrale	5,0-12,0	5,1-10,2
Epaisseur du pôle caudal	5,3-12,0	4,7-11,1

Tableau 4 : Intervalles des mesures obtenues en tomodensitométrie pour les différentes dimensions étudiées d'après [34]

Les mesures ont été obtenues à partir d'images non reconstruites et, comme nous l'avons dit précédemment, les coupes transversales ainsi obtenues ont de fortes chances d'être de biais. De plus la longueur n'est pas mesurée précisément car les images ne sont pas orientées dans l'axe de la glande surrénale, l'épaisseur de coupe est importante (9mm) créant ainsi un grand espace mort. L'étude elle-même reconnaît que cette mesure n'était pas très précise à cause de ces espaces morts. Ainsi les glandes surrénales n'apparaissent que sur 3 coupes maximum. De plus la représentativité des mesures obtenues est faible car réalisée sur uniquement 10 chiens.

Ainsi, bien qu'intéressante sur le principe, cette étude ne permet pas d'exploiter les mesures qu'elle a obtenues à cause du manque de précision.

Toutes les études présentées précédemment ont été réalisées avant 1991 et avaient ainsi pour but de caractériser l'utilisation de la tomodensitométrie. Ces études s'intéressaient ainsi à plusieurs facteurs et n'étaient pas centrées sur la réalisation de mesures.

3.2.2 Résultats obtenus en 2011 :

Une seule étude s'est réellement intéressée à la réalisation de mesures linéaires tomodensitométriques des glandes surrénales. Cette étude récente a été publiée en 2011 et réalisée sur une grande échelle d'animaux : 64 dont 46 atteints d'un hypercorticisme d'origine hypophysaire et 18 atteints d'un hypercorticisme d'origine surrénalienne. Différentes mesures et ratio ont été comparés [57] (Tableau 5).

Mesures réalisées (en mm)	Hypercorticisme ACTH indépendant		Hypercorticisme ACTH dépendant		P
	Médiane	Intervalle	Médiane	Intervalle	
<u>Images non reformatées</u>					
Diamètre maximal de la plus large des 2 glandes (DML)	25	[15,6-68,0]	15	[6,3-29,2]	< 0,001
Diamètre maximal de la plus petite des 2 glandes (DMP)	6,7	[3,3-9,5]	12,1	[5,4-24,4]	< 0,001
Diamètre de l'aorte (A0)	10	[6-14,1]	9,4	[4-16]	0,347
Rapport DML/A0	2,4	[1,65-4,82]	1,55	[0,85-3,28]	< 0,001
Rapport DMP/A0	0,63	[0,33-1,20]	1,33	[0,76-1,82]	< 0,001
Rapport DML/DMP	3,2	[2,26-10,79]	1,17	[1,01-2,51]	< 0,001
<u>Images reformatées</u>					
DML	23,4	[13,8-63,0]	11,8	[5,5-28,8]	< 0,001
DMP	6,9	[3,1-8,8]	10,1	[5,0-19,6]	< 0,001
Longueur maximale de la plus large des 2 glandes (LML)	30,2	[15,4-77,2]	24,3	[10,9-39,7]	0,143
Longueur maximale de la plus petite des 2 glandes (LMP)	18,9	[9,2-27,7]	19,8	[9,4-38,9]	0,081
Rapport DML/A0	2,23	[1,43-4,66]	1,3	[0,87-2,77]	< 0,001
Rapport DMP/A0	0,61	[0,32-0,84]	1,09	[0,70-1,83]	< 0,001
Rapport DML/DMP	3,7	[2,39-11,25]	1,14	[1,01-2,42]	< 0,001
Rapport LML/A0	2,95	[1,56-5,84]	2,7	[1,74-3,47]	0,263
Rapport LMP/A0	1,75	[0,95-3,14]	2,29	[1,36-3,13]	0,001
Rapport LML/LMP	1,43	[1,17-3,05]	1,13	[1,01-1,56]	< 0,001

Tableau 5 : Différentes mesures et rapports obtenus par tomodensitométrie d'après [57]

Plusieurs conclusions ont pu être tirées de cette étude :

- Le rapport de chaque dimension sur l'aorte ne montre pas d'intérêt clinique avec un recouvrement semblable aux autres mesures pour les deux types d'hypercorticisme.
- Les résultats semblent rejoindre ceux vus dans la partie échographie à propos de l'influence de la taille sur la malignité des lésions : une masse de grande taille observée est plus en faveur d'un phénomène malin. Ainsi, aucun des chiens avec un adénome n'avait une largeur maximale de la plus grande des deux glandes sans ou avec reformatage supérieur à

29,4 et 25,7 mm respectivement. La longueur maximale sur les images reformatées ne dépassait pas 33,0 mm. Un recouvrement des intervalles assez important a été observé pour toutes les dimensions mesurées sans reformatage des images. L'axe des glandes surrénales n'est pas forcément aligné avec celui du corps. Ainsi des images non reformatées génèrent des coupes obliques des glandes ce qui serait à l'origine d'erreur de mesure.

- Le rapport du diamètre maximal de la plus large des deux glandes/ le diamètre maximal de la plus petite des deux glandes montre une différence significative entre les deux hypercorticismes pour des images reformatées ou non avec un rapport plus élevé pour l'hypercorticisme d'origine surrénalien. Le recouvrement des valeurs est cependant beaucoup moins important pour un reformatage avec un recouvrement de seulement une seule valeur.

- Calculer le degré d'asymétrie (dimension maximale de la plus grande glande/ dimension maximale de la plus petite glande) montre un intérêt pour distinguer les deux types d'hypercorticismes. Une différence de taille entre les deux glandes peut être observée lors d'hypercorticisme d'origine hypophysaire. Ainsi un seuil d'asymétrie doit être défini et le seuil choisi ici pour être le plus sensible pour diagnostiquer une tumeur surrénalienne est de 20,8 mm pour la dimension maximale. Une valeur supérieure à ce seuil est très évocatrice d'une tumeur surrénalienne.

- On peut constater, à partir du tableau 5 que pour trois des quatre mesures comparées avec et sans reformatage, les mesures avec reformatage sont plus petites, sûrement à cause des coupes de biais qui sont réalisées sur images non reformatées.

Au bilan de cette partie :

- *Seule une étude s'est intéressée spécifiquement à la mesure des glandes surrénales chez le chien et a obtenu des résultats réellement extrapolables. Les principaux résultats ainsi obtenus sont :*

- *L'utilité du calcul du degré d'asymétrie entre les 2 glandes pour distinguer hypercorticismes hypophysaire et surrénalien*

- *L'obtention d'un seuil de 20,8 mm au-dessus duquel on détecte avec une forte sensibilité les tumeurs surrénaliennes pour le rapport : largeur maximale de la plus grande glande/ largeur maximale de la plus petite glande*

- *La plus grande précision pour les images reconstruites par rapport aux images obtenues sans reconstruction*

- *Le peu d'intérêt du rapport largeur/ aorte*

- *Les autres études ayant réalisé des mesures datent d'avant 1991 et leurs résultats sur les mesures ne sont pas extrapolables car réalisées sur des effectifs trop faibles et avec des biais techniques assez importants (épaisseur de coupe de grande taille et absence de reconstruction). Elles ont cependant montré*

- *Une visualisation des glandes surrénales de 100% en tomographie*

- *Une bonne distinction entre tumeur surrénalienne et hypertrophie bilatérale*

- *Une tendance à avoir des tumeurs malignes de diamètre plus élevé que les tumeurs bénignes*

V. Comparaisons entre mesures directes, échographiques et tomodensitométriques des glandes surrénales

Cette partie vise à explorer les résultats des différentes comparaisons entre mesures directes, échographiques et tomodensitométriques présentes dans la littérature. Cela doit permettre de comparer les techniques d'imagerie à la réalité et de voir si une technique de référence pourrait ressortir de notre étude. Enfin, la comparaison entre échographie et tomodensitométrie doit montrer que notre étude est la première à s'y intéresser dans le monde vétérinaire et permet de voir les résultats obtenus en humaine.

1. Comparaison entre échographie et tomodensitométrie

1.1. Données vétérinaires

Une seule étude a comparé les deux techniques en 1990. Cette étude compare les méthodes de localisation et le pourcentage de visualisation et ne s'intéresse pas aux mesures. Le scanner a permis la visualisation de 100% des surrénales et l'échographie de 7 surrénales gauches sur 10 et de 5 surrénales droites sur 10 [34]

1.2. Données humaines

Deux articles se sont intéressés à la comparaison entre échographie et scanner :

- La première étude menée sur 112 patients entre 1978 et 1979 et étudiant la performance de la tomodensitométrie a conclu que le scanner était la méthode de choix dans la détection de maladies surrénales et a montré les résultats suivants [65] :

	Tomodensitométrie	Echographie
Sensibilité (%)	84	79
Spécificité (%)	98	61
Précision (%)	90	70

Tableau 6 : Sensibilité, spécificité et précision de la tomodensitométrie face à l'échographie pour l'exploration des maladies surrénales d'après [65]

- Le deuxième article a été mené sur 34 patients et publié en 1978. Il a seulement comparé la sensibilité, la spécificité des deux techniques dans la détection de maladies surrénales comme le montre le tableau ci-dessous [64]:.

	Tomodensitométrie	Echographie
Sensibilité (%)	82	90
Spécificité (%)	95	95
Précision (%)	91	93

Tableau 7 : Comparaison de la sensibilité et de la spécificité de l'échographie et de la tomodensitométrie pour la détection de maladies surrénales d'après [64]

Cet article a alors conclu que les deux techniques étaient équivalentes avec une utilisation plus simple et abordable à grande échelle pour le scanner, ainsi qu'une plus grande amélioration technologique possible.

2. Comparaison entre échographie et anatomo-pathologie

Seulement deux études se sont intéressées à la comparaison des mesures échographiques et des mesures obtenues suite à des nécropsies :

- **La première étude a été publiée en 1995 et réalisée sur 14 chiens sains [15] :**
 - Il existe une corrélation modérée pour la mesure de l'épaisseur (gauche : $r = 0,727$, droite : $r = 0,537$) des deux glandes
 - Il n'y a pas de corrélation pour la longueur et la largeur des deux glandes.
 - L'échographie sous-estime la taille pour la longueur, la largeur crâniale et moyenne et est à peu près équivalente pour la largeur caudale et l'épaisseur.

- **La deuxième étude a été publiée en 2016 et réalisée sur 85 chiens malades ou sains [16] :**

Elle a révélé pour les mesures échographiques et anatomiques réalisées sur le plan sagittal :

- Une corrélation forte (r) et une erreur relative (R%) faible pour la mesure de l'épaisseur du pôle caudal: surrénale droite : $r = 0,77$ et $R(\%) = 3,63\%$ respectivement; surrénale gauche : $r = 0,68$ et $R(\%) = 3,49\%$ respectivement
- Une corrélation forte et une erreur relative faible pour la mesure de la longueur : surrénale : droite : $r = 0,89$ et $R(\%) = 5,75\%$; gauche : $r = 0,94$ et $R(\%) = 2,19\%$
- Une erreur relative importante pour la mesure de l'épaisseur du milieu et de la partie crâniale : surrénale droite : $R(\%) = 14,49$ et $R(\%) = 6,08\%$ respectivement ; surrénale gauche : $R(\%) = 22,22$ et $R(\%) = 25,21\%$ respectivement
- Une corrélation forte pour l'épaisseur du pôle et la partie centrale de la glande surrénale droite ($r = 0,62$ et $r = 0,70$ respectivement)
- Une corrélation faible pour l'épaisseur et la partie centrale de la glande surrénale gauche ($r = 0,46$ et $r = 0,49$ respectivement)
- Une forte corrélation et une absence d'erreur relative pour la mesure de la surface de la glande surrénale droite ($r = 0,89$ et $R(\%) = 0,00$) et corrélation forte et une erreur relative importante pour la mesure de la surface de la surrénale gauche ($r = 0,8$ et $R(\%) = 20,83\%$).
- L'absence de différence significative entre les erreurs de mesure des glandes surrénales normales et pathologiques.
- Une sous-estimation par l'échographie pour l'épaisseur caudale et moyenne des deux glandes et l'épaisseur crâniale de la surrénale gauche.
- Une surestimation par l'échographie pour la longueur des deux glandes et l'épaisseur crâniale de la surrénale droite.

3. Comparaison entre tomодensitométrie et anatomopathologie

3.1. Données vétérinaires

Une seule étude avait pour objectif de comparer les deux techniques en médecine vétérinaire et elle ne s'est pas intéressée aux mesures [66].

Deux autres études sur le scanner ont inclus dans leurs procédures une comparaison entre des mesures obtenues au scanner et des mesures anatomiques :

- **Une étude menée sur 11 chiens en 1986** [59] a comparé les mesures tomодensitométriques et anatomiques sur 9 chiens ayant des maladies surrénaliennes et 2 chiens normaux. L'épaisseur et la largeur maximale ont été mesurées sur la coupe transversale où la glande présentait la plus grande surface. Ces dimensions n'ont pas été définies. La longueur a également été mesurée, mais il n'a pas été précisé sur quelle coupe. En effet, une reconstruction a eu lieu avec des plans sagittaux et frontaux, mais l'article ne précise pas si ces plans ont été utilisés pour réorienter les coupes transversales ou pour réaliser des mesures. Les différences de mesures n'ont pas été analysées pour savoir si elles étaient significatives. L'article explique ces différences par les différences entre l'axe de la glande et le plan de coupe transversal.

- Cette étude rapporte à la fois une sur- et sous-estimation des mesures par tomодensitométrie

- **La deuxième étude a été menée en 1990 sur 10 chiens** [34]. Elle a mis en évidence une corrélation linéaire entre les mesures tomодensitométriques et les mesures anatomiques selon l'équation : $mesure\ CT = 0,82 \times mesure\ anatomique + 1,8$. Ainsi la tomодensitométrie sur estimerait les mesures < 10 mm et sous estimerait les mesures >10 mm, mais cette relation n'a été réalisée qu'à partir de quatre glandes surrénales.

3.2. Données humaines

En médecine humaine, deux études se sont intéressées à l'exactitude des mesures tomодensitométriques il y a plus de 20 ans.

- **La première étude a été réalisée en 1993 sur 51 patients** [67]. Cette étude a montré que :

- La tomographie sous estimait la taille systématiquement par rapport aux mesures anatomiques.

- La sous-estimation était de 32% pour des mesures de plus de 6 cm et de 47% pour des mesures de moins de 6 cm.

- **La deuxième étude a été réalisée en 1997 sur 76 patient** [68] et a montré que :
 - Le scanner sous estimait la taille des tumeurs
 - Qu'une relation linéaire liait la taille anatomique et la taille tomographique ($r = 0,90$)

4. Bilan des comparaisons de méthodes

Au bilan de cette partie sur les comparaisons de méthodes nous pouvons dire que :

- Aucune comparaison n'a été réalisée entre échographie et scanner dans l'évaluation des mesures des surrénales. Les comparaisons ont davantage porté sur la capacité de détection de maladies surrénales, que ce soit en médecine vétérinaire et en médecine humaine. Ainsi le scanner semble permettre une meilleure visualisation et avoir une meilleure sensibilité et spécificité dans la détection des maladies surrénales.

- Pour les comparaisons entre mesures échographiques et mesures directes :

- une bonne corrélation échographie/macrosopie pour l'épaisseur du pôle caudal et de la longueur des glandes surrénales a pu être notée

- L'échographie semble sous-estimer les dimensions des glandes surrénales

- Pour les études comparant mesures tomodensitométriques et mesures directes :

- Les études vétérinaires ont montré des différences de mesures, avec une corrélation linéaire possible. Les mesures <10 mm entraîneraient une surestimation de la taille des glandes surrénales, alors que les mesures > 10 mm engendreraient une sous-estimation. Cependant ces comparaisons ont été réalisées sur un nombre restreint de cas.

- Les études humaines ont montré que la tomodensitométrie sous-estimait la taille des surrénales. Mais ces résultats sont à prendre avec prudence car ces études sont anciennes (réalisées avant 1997) et il semble que seules des coupes transversales aient été analysées sans reconstruction 3D. Ceci limite l'analyse des données car la reconstruction 3D permet de s'orienter dans l'axe de la glande et agit sur la précision et la répétabilité des mesures.

Tout cela pourrait nous aider à exploiter les différents résultats obtenus dans notre étude. Pour aller plus loin, un résultat intéressant a été obtenu en comparant IRM et tomodensitométrie en humaine, ce qui a montré l'absence de concordance des mesures. Ainsi deux méthodes d'imagerie différentes et proches peuvent ne pas donner de résultats semblables.

VI. Conclusion de la partie bibliographique

La taille des glandes surrénales est une donnée qui a été grandement étudiée depuis la fin des années 80. De nombreuses données permettant leur exploration fiable et précise ont pu être obtenues. Ainsi, une grande majorité des études s'accorde à dire que l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales est la dimension la plus fiable à analyser avec une meilleure visualisation, une forte répétabilité et reproductibilité, la plus faible variation inter et intra-observateur, une meilleure concordance avec les mesures directes. A partir de cette mesure, de nombreux seuils ont pu être définis pour explorer les maladies surrénales et notamment l'hypercorticisme hypophysaire. Un seuil de 7,4 mm pour distinguer chiens normaux et chiens avec un hypercorticisme d'origine hypophysaire a longtemps été la référence, mais récemment de nouveaux seuils ont été définis en fonction du format de l'animal. Ainsi pour les animaux de moins de 10-12kg, un seuil de 5,9 à 6,2 mm semble plus adéquat, pour les chiens entre 10 et 30 kg, un seuil entre 6,8 et 7,2 mm et pour les chiens de plus de 30 kg un seuil de 7,9-8,0. Cette influence du format reste cependant à confirmer sur des très larges échantillons. Ces seuils montrent la place centrale des mesures et de leur fiabilité dans l'exploration des maladies surrénales. Ces mesures ont été réalisées par échographie, mais la tomodensitométrie se développant il est intéressant de déterminer si elle peut être un outil fiable et plus performant dans l'exploration et la détection précoce de ces maladies.

La taille des surrénales en tomodensitométrie a été très peu explorée dans l'évaluation des maladies surrénales avec seulement une étude fiable et extrapolable ayant été réalisée. Une autre étude récente portant sur le volume des glandes surrénales a été publiée assez récemment, mais n'a pas été présentée ici car seul le volume a été mesuré et pas les autres dimensions.

Ainsi, on peut noter un assez grand manque de connaissance en tomodensitométrie par rapport à l'échographie. Aucun intervalle fiable (de référence ou non) pour les animaux sains n'a été défini. Une seule étude s'est intéressée précisément à la réalisation de mesures et à leur utilisation dans l'exploration des maladies surrénales. Aucune étude ne s'est intéressée à la précision des mesures, à leur répétabilité aux variations inter et intra-observateur.

Ce manque d'étude est très probablement dû au fait que la tomodensitométrie était, jusqu'à présent, peu accessible aux vétérinaires. Cet examen se généralise depuis peu de temps et peut avoir un intérêt particulier dans l'exploration des glandes surrénales. En effet, il est devenu le premier outil d'imagerie utilisé en médecine humaine. De plus, comme l'ont révélé les études anciennes sur les chiens, il permet la visualisation des glandes surrénales dans quasiment 100% des cas. Il semble avoir également une très bonne sensibilité dans la distinction de l'hypercorticisme surrénalien et hypophysaire. De plus il est un outil intéressant en vue d'une surrénalectomie en ayant notamment une très bonne sensibilité dans la visualisation d'un envahissement de la veine cave caudale et des organes adjacents.

Notre étude s'inscrit donc dans ce contexte de développement de la tomodensitométrie et doit permettre d'améliorer les connaissances sur l'exploration des glandes surrénales par cette technique.

.DEUXIEME PARTIE :
ETUDE
EXPERIMENTALE

I. Objectifs

La partie bibliographique a permis de mettre en évidence des éléments qui n'ont pas ou peu été explorés en imagerie des glandes surrénales, notamment en tomодensitométrie. Notre étude vise à en explorer un certain nombre.

Notre objectif est de comparer échographie et tomодensitométrie dans le cadre de la métrologie des glandes surrénales, ce qui n'a jamais été fait jusqu'à aujourd'hui.

Un deuxième objectif important est la comparaison des mesures avec et sans produit de contraste, ce qui n'a également jamais été réalisé. Au final, la comparaison des mesures des surrénales a été effectuée entre trois techniques : échographie, tomодensitométrie et tomодensitométrie après injection intra-veineuse de produit de contraste iodé.

Cette étude devait initialement porter sur chiens et chats, mais l'effectif félin a été trop faible (seulement 7 animaux recrutés) pour effectuer une analyse statistique intéressante. Ainsi l'étude féline n'a pas été réalisée.

II. Matériel et méthode

1. Animaux inclus

1.1. Critères d'inclusion et de non-inclusion

Nos mesures ont porté sur une population canine provenant de la clientèle du CHUV de l'ENVT. Le chien devait subir un examen tomodensitométrique (prescrit par un intervenant des cliniques ou par un vétérinaire extérieur ayant référé son patient pour un examen scanner) dans les cliniques de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, ainsi qu'une échographie des surrénales.

Tout chien ne pouvant supporter une échographie des surrénales du fait de son état de santé, de stress ou d'agressivité n'a pas été inclus dans notre étude.

1.2. Caractéristiques de la population canine étudiée

La population canine étudiée comprend 56 animaux de races variées dont : 11 Labrador retrievers et Labradors croisés (20%), 4 Golden retrievers (7%), 4 Bouledogues français (7%), 4 Epagneuls bretons (7%), 3 Yorkshire terriers (5%), 3 Border Collies (5%), 2 Jack Russel terriers (4%), 2 American Staffordshire terriers (4%), 2 Boxers (4%), 2 Bichons (4%) et 2 Caniches (4%) et 1 représentant des races suivantes : Chihuahua, Carlin, Bouledogue Anglais, Bouvier Bernois, Setter Anglais, Schnauzer nain, Shi tzu, Beagle, Beauceron, Fox terrier, Cane corso, croisé husky Malamute, Tervuren, Cocker Anglais, Cavalier King Charles, Teckel croisé, croisé Lhasa Apso.

Les animaux recrutés ont :

- un âge de compris entre 0,1 et 15,8 ans avec une médiane de 8,1 ans.
- un poids compris entre 2,3 et 41,4 kg avec une médiane de 22,0 kg

La population étudiée comprend 27 femelles (48%) et 29 mâles (52%). 35% des animaux sont stérilisés (20 sur 56).

Caractéristiques	Population étudiée
Nombre d'animaux	56
Age (année) : médiane [min ; max]	8,1 [0,1-15,8]
Poids (kg) : médiane [min ; max]	22,0 [2,3 ; 41,4]
Sexe M/F (%)	48/52

Tableau 8 : Caractéristiques principales de la population canine étudiée

2. Procédures

2.1. Réalisation de l'examen tomographique

2.1.1 Matériel et type d'examen

L'examen tomographique était réalisé avec un scanner multi-coupes General Electric ND 16 barrettes. Les surrénales sont observables lors de scanner abdominal, corps entier ou rachis. Dans notre étude, 11 % des scanners étaient abdominaux, 50% étaient des thorax-abdomen-pelvis, 25% des rachis et 14% des thorax prolongés jusqu'à la hauteur des surrénales.

2.1.2 Anesthésie

L'examen tomographique se réalise sous anesthésie générale. Le protocole anesthésique le plus souvent utilisé comportait une prémédication avec différentes molécules injectables, une induction par injection intra-veineuse puis une maintenance avec un anesthésique gazeux ; ce protocole variait en fonction de l'état de santé de l'animal.

Un monitoring a eu lieu pendant l'ensemble de la procédure avec : électrocardiogramme + SPO2 + EtCO2 + Pression artérielle (méthode oscillométrique).

2.1.3 Positionnement

L'animal anesthésié était ensuite placé en décubitus ventral le plus souvent et positionné avec un centreur lumineux permettant un centrage dans les trois axes.

2.1.4 Déroulement de l'examen

Deux acquisitions étaient généralement réalisées : une première sans produit de contraste et une avec produit de contraste. Seul 2 examens (4%) n'ont pas compris l'utilisation de produit de contraste. Le produit de contraste utilisé est l'Iohexol (OMNIPAQUE, GE Healthcare) à 300mg/mL à 600 mg/kg IV rapide.

Pour les examens nous concernant, l'épaisseur de coupe était de 1,25 mm.

2.2. Réalisation de l'examen échographique

2.2.1 Matériel et type d'examen

Pour les cas où l'échographie n'était pas réalisée dans le cadre de la prise en charge médicale, l'échographie des surrénales seules était réalisée. Sinon elle entraînait dans le cadre d'un examen abdominal.

Les échographies ont été réalisées sur un échographe Philips Epiq 5 ND avec des sondes microconvexes de 8,5 MHz ou linéaires de 12,5 MHz par 2 opérateurs expérimentés.

2.2.2 Etat de conscience de l'animal

Lors de l'échographie, le patient pouvait être conscient, anesthésié ou en cours de réveil post anesthésique.

2.2.3 Conditions de réalisation de l'examen échographique

Les animaux étaient placés en décubitus dorsal ou latéral, le ventre n'était pas tondu pour les animaux pour lesquels l'examen échographique n'était pas indiqué dans le cadre de la prise en charge médicale. De l'alcool ou de l'hibitane dilué était alors appliqué sur les poils. Si l'échographie était un examen indiqué dans la prise en charge médicale, une tonte avait lieu et du gel couplant était appliqué. Le temps passé à identifier et mesurer les surrénales ne devait pas dépasser 5 minutes pour chacune.

2.2.4 Obtention des images échographiques

Les surrénales sont visualisées grâce au repérage vasculaire de l'aorte pour la surrénale gauche et de la veine cave caudale pour la surrénale droite.

La coupe longitudinale était systématiquement réalisée. La distance cranio-caudale maximale était recherchée puis l'image était figée lorsque cette distance était obtenue. Cette image permet de réaliser la mesure de la *longueur* (distance cranio-caudale maximale de la glande surrénale) et de l'*épaisseur maximale* (distance ventro-dorsale maximale de la glande surrénale) mesurée au niveau du pôle crânial ou du pôle caudal.

La coupe transverse n'était pas systématiquement réalisée. Elle a été réalisée dans 65% des cas (73/112). Sa réalisation dépendait du temps nécessaire pour visualiser la glande surrénale, de la précision de la réalisation de la coupe, de l'état de l'animal, de son agitation au réveil. La coupe transverse permet l'obtention de l'épaisseur maximale et de la largeur maximale (distance médio-latérale maximale). Comme nous l'avons évoqué dans la partie bibliographique, cette coupe est beaucoup moins précise à cause du risque de réaliser une coupe oblique et non pas transverse.

2.3. Enchaînement entre l'examen tomographique et l'examen échographique

L'examen échographique a eu lieu après l'examen tomodensitométrique dans 89% des cas, essentiellement alors que l'animal était en train de se réveiller de son anesthésie.

L'intervalle entre le début des deux examens était majoritairement de moins de 2h. La médiane de la séparation entre eux est de 1h et 15 minutes.

Dans 21% des cas, soit 12 examens, la tomodensitométrie et l'échographie n'ont pas été réalisés le même jour. Dans 6 des 12 cas, l'intervalle entre les 2 a été de moins de 24h. L'intervalle pour les 6 autres cas a été de moins de 74h. Comme nous l'avons vu dans la partie bibliographique, la reproductibilité des mesures est normalement très bonne avec de faibles variations entre les mesures sur 3 jours. Ainsi, la comparaison des mesures a été estimée comme réalisable et non biaisée par cet intervalle de temps.

2.4. Réalisation des mesures

Les mesures tomodensitométriques et les mesures échographiques ont été réalisées indépendamment par deux opérateurs différents. Ainsi aucune mesure obtenue par une méthode n'influençait les mesures obtenues par l'autre méthode.

2.4.1 Pour les mesures tomодensitométriques

Elles ont été réalisées à partir d'Horos, un logiciel d'exploitation des images tomодensitométriques.

Les images étaient reconstruites de manière à pouvoir observer les surrénales dans les trois plans différents (plan sagittal, plan frontal et plan transverse). Les surrénales étaient repérées dans le plan transverse. Puis la reconstruction avait lieu en orientant les axes longitudinaux des plans sagittaux et frontaux avec l'axe longitudinal de la glande surrénale étudiée comme illustré ci-dessous :

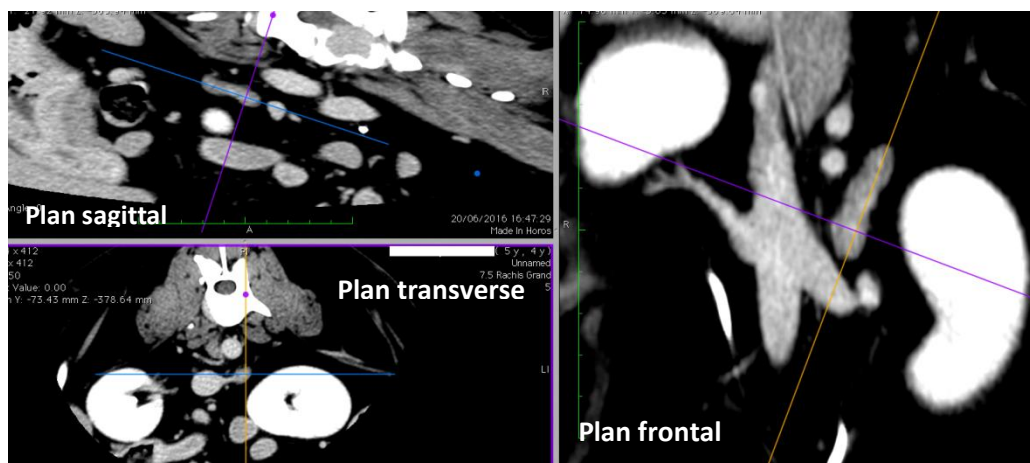


Figure 22 : Exemple de reconstruction
(Service d'imagerie de l'ENVT)

Une fois les axes correctement placés, les mesures étaient réalisées sur les plans longitudinaux et sagittaux comme indiqué dans l'illustration ci-dessous. Dans le plan frontal, la longueur et la largeur du pôle crânial et du pôle caudal étaient mesurées. Dans le plan sagittal, la longueur était mesurée ainsi que l'épaisseur de chaque pôle. Il était vérifié que l'axe longitudinal était bien aligné avec la mesure longitudinale, puis les mesures étaient réalisées dans le plan transverse. La largeur et l'épaisseur de chaque pôle étaient alors mesurées.

Cette procédure était réalisée pour les glandes surrénales gauche et droite avec et sans produit de contraste.

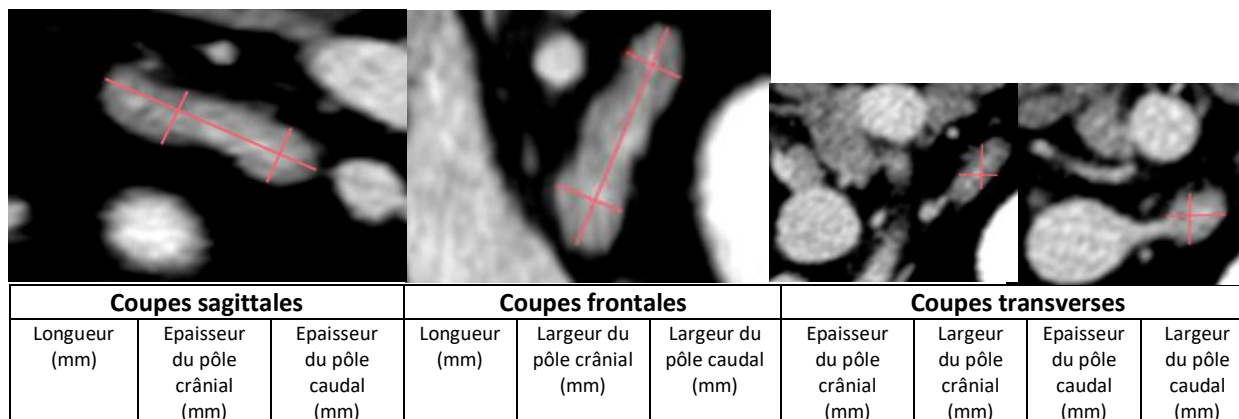


Figure 23 : Mesures tomодensitométriques
(Service d'imagerie de l'ENVT)

2.4.2 Pour les mesures échographiques

Les mesures échographiques des surrénales ont été réalisées à distance des examens et à l'aveugle en ce qui concerne la race, l'état de santé de l'animal et les mesures tomodynamométriques. Très souvent plusieurs coupes longitudinales étaient disponibles et celle montrant la plus grande longueur était alors choisie. L'épaisseur de chaque pôle et la longueur étaient mesurées pour la coupe sagittale. Pour la coupe transverse, l'épaisseur et la largeur maximale de la glande étaient mesurées, sans indication précise de la localisation de la coupe sur la surrénale. Les mesures réalisées sont illustrées ci-dessous.

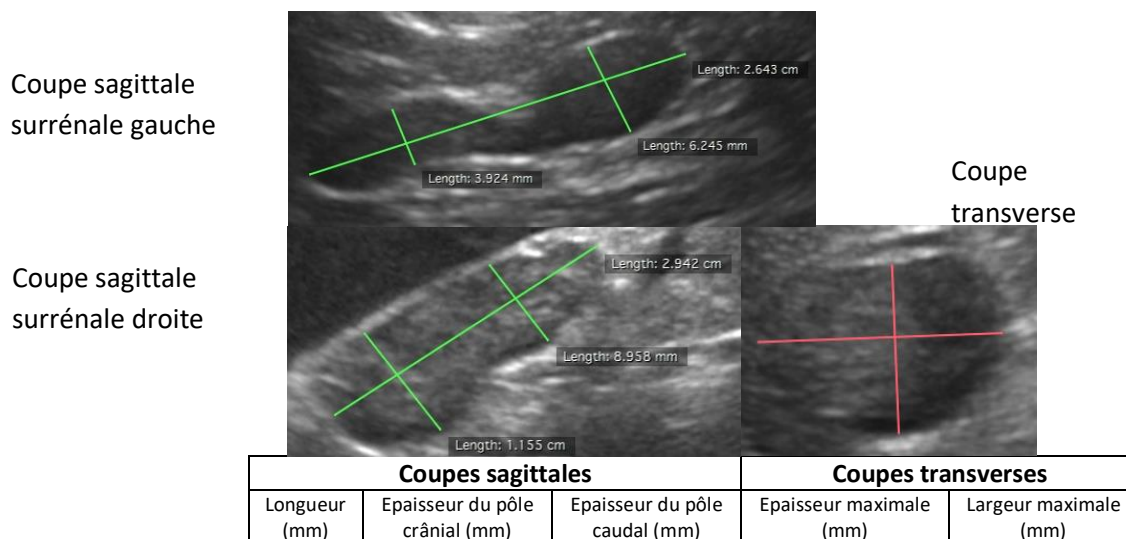


Figure 24 : Mesures échographiques
(Service d'imagerie de l'ENVT)

2.5. Variation de la population

Il est important de préciser que certains animaux n'ont pas de mesures pour l'une des trois techniques comparées : échographie, tomodynamométrie sans produit de contraste et tomodynamométrie avec produit de contraste. Ainsi, ils avaient des mesures permettant une comparaison entre échographie et une technique de tomodynamométrie pour au moins une glande surrénale. Cela signifie par exemple que pour un animal donné l'examen tomodynamométrique avec produit de contraste n'était pas disponible pour la glande surrénale gauche, mais la tomodynamométrie sans produit de contraste et l'échographie étaient disponibles. Dans certains cas, la tomodynamométrie n'était pas disponible pour une des glandes surrénales, mais disponible pour l'autre. De même pour l'échographie : les mesures de la glande surrénale droite n'étaient pas toujours disponibles, mais celles de la glande surrénale gauche l'étaient.

Les comparaisons entre échographie et tomodynamométrie sans produit de contraste ont porté sur 103 glandes surrénales qui constituent la **population N°1 (Pop.1)**

Les comparaisons entre échographie et tomodynamométrie avec produit de contraste ont porté sur 101 glandes surrénales qui constituent la **population N°2 (Pop.2)**

Les comparaisons entre tomodynamométrie avec et sans produit de contraste ont porté sur 102 glandes surrénales qui constituent la **population N°3 (Pop.3)**

La distinction entre ces trois populations est importante à prendre en compte car elle a une influence sur les résultats et l'analyse statistique.

2.6. Analyses statistiques

Elles ont été réalisées en coopération avec l'équipe de biostatistiques de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Elles consistaient en l'obtention de moyennes et d'écart types pour chaque dimension pour les deux modalités d'imagerie, puis en des comparaisons et des recherches de différences significatives entre les mesures.

Les trois techniques d'imagerie (échographie, tomodensitométrie avec produit de contraste, tomodensitométrie sans produit de contraste) ont été comparées ensemble par une ANOVA s'intéressant à l'effet surrénale droite, surrénale gauche, à l'effet de la technique d'imagerie et à l'effet des coupes réalisées. Un test de Tukey était ensuite réalisé si une interaction entre deux facteurs avait lieu.

Ensuite des comparaisons deux à deux ont été effectuées. Dans ce cas, seul un test de Tukey a été fait, permettant d'analyser statistiquement toutes les coupes réalisées deux à deux. Ce test est en effet considéré comme plus puissant que l'ANOVA pour des comparaisons deux à deux.

Ainsi, deux à trois données statistiques étaient obtenues pour la comparaison de coupes dans une même technique d'imagerie. En effet, chaque technique apparaît deux fois dans les comparaisons de techniques deux à deux et une fois dans la comparaison des techniques une par une.

Ce test a ainsi permis de comparer les coupes à l'intérieur d'une même technique et les coupes entre techniques d'imagerie simultanément.

Les types de résultats obtenus par cette technique statistique sont illustrés ci-dessous :

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
TECH_COUP(i)	TECH_COUP(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
				Lower	Upper
1	2	-0.552019	0.000139	-0.887445	0.216592
1	3	0.916486	0.000001	0.581059	1.251913
1	4	0.501146	0.003231	0.127171	0.875121
2	3	1.468505	0.000001	1.133078	1.803931
2	4	1.053165	0.000001	0.679189	1.427140
3	4	-0.415340	0.022475	-0.789315	0.041365

Tableau 9 : Exemple d'un test de Tuckey réalisé pour l'analyse statistique d'une comparaison entre échographie et tomodensitométrie sans produit de contraste pour l'épaisseur caudale

III. Résultats

Nous allons présenter dans cette partie les résultats des différentes comparaisons réalisées. Ces comparaisons concernent les différentes coupes à l'intérieur d'une même technique d'imagerie pour une même dimension. Elles concernent également la comparaison entre chaque technique d'imagerie deux à deux. C'est-à-dire qu'on comparera la tomodensitométrie avec produit de contraste avec la tomodensitométrie sans produit de contraste, puis chacune de ces deux techniques sera comparée séparément à l'échographie, mais les résultats seront présentés conjointement s'il sont proches.

Pour simplifier la lecture des différents tableaux, et paragraphes, les abréviations suivantes seront utilisées :

- **TDI** : pour tomodensitométrie AVEC produit de contraste (tomodensitométrie iodée)
- **TD** : pour tomodensitométrie SANS produit de contraste
- **US** : pour échographie
- **CS** : pour coupe sagittale
- **CF** : pour coupe frontale
- **CT** : pour coupe transverse

1. Caractéristiques des mesures

1.1. Visualisation des glandes surrénales en échographie

La visualisation en échographie a été de :

- 100% pour la glande surrénale gauche
- 89% pour la glande surrénale droite

L'obtention des coupes transverses en échographie a été de :

- 65% au total
- 77% pour la glande surrénale gauche
- 48% des cas totaux et 54% des surrénales observées pour la glande surrénale droite

Les pourcentages de visualisation sont comparables à ceux retrouvés dans la littérature et illustrent la plus grande difficulté pour observer la glande surrénale droite comparé à la glande surrénale gauche. L'utilisation des coupes transversales en échographie est assez controversée. Il a été montré qu'elles sont moins précises. Cela associé aux difficultés d'exécution et à l'augmentation de la durée de l'examen rend cette coupe peu intéressante. Le fait que ces pourcentages soient faibles rend le poids statistique moins fort.

1.2. Influence surrénale gauche/ surrénale droite dans les différentes techniques

Une différence significative entre surrénale gauche et surrénale droite est notée pour toutes les mesures sauf pour la longueur, permettant d'estimer les glandes d'un même individu comme indépendantes. Pour la longueur, ce résultat s'explique par une grande variation des tailles (écart type compris entre 6 et 7).

1.3. Moyennes et écarts types

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les comparaisons entre techniques ont été réalisées deux à deux. Etant donné que les populations étudiées sont légèrement différentes selon ces comparaisons comme nous l'avons expliqué plus haut, les moyennes et écarts types obtenus sont légèrement différents. Nous avons préféré présenter ces données par population plutôt que les données globales de la population étudiée, car elles sont un meilleur reflet des comparaisons réalisées.

1.3.1 Résultats obtenus sur la population N°1 (USxTD)

1.3.1.1 Moyennes et écarts types des mesures échographiques

	Longueur (CL)	Epaisseur caudale (CL)	Epaisseur crâniale (CL)	Epaisseur maximale (CT)	Largeur maximale (CT)
Moyenne (mm)	23,9	5,83	5,47	6,21	6,62
Ecart type (mm)	6,11	1,72	1,8	1,93	1,72

Tableau 10 : Moyennes et écarts types des mesures échographiques dans la comparaison USxTD

1.3.1.2 Moyennes et écarts types des mesures tomodensitométriques

	Longueur (CS)	Longueur (CF)	Epaisseur caudale (CS)	Epaisseur caudale (CT)	Epaisseur crâniale (CS)	Epaisseur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	25,66	25,71	6,79	7,32	9,04	9,45
Ecart type (mm)	7,59	7,47	2,09	3,09	3,09	3,25

	Largeur caudale (CF)	Largeur caudale (CT)	Largeur crâniale (CF)	Largeur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	6,88	7,04	6,74	6,62
Ecart type (mm)	2,01	1,8	2,01	1,89

Tableau 11 : Moyennes et écarts types des mesures tomodensitométriques dans la comparaison USxTD

1.3.2 Résultats obtenus sur la population N°2(USxTDI)

1.3.2.1 Moyennes et écarts-types des mesures échographiques

	Longueur (CL)	Epaisseur caudale (CL)	Epaisseur crâniale (CL)	Epaisseur maximale (CT)	Largeur maximale (CT)
Moyenne (mm)	23,74	5,83	5,57	6,70	6,76
Ecart type (mm)	6,27	1,79	2,02	1,92	1,92

Tableau 12 : Moyennes et écarts types des mesures échographiques dans la comparaison USxTDI

1.3.2.2 Moyennes et écarts types des mesures tomodensitométriques

	Longueur (CS)	Longueur (CF)	Epaisseur caudale (CS)	Epaisseur caudale (CT)	Epaisseur crâniale (CS)	Epaisseur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	25,79	25,81	6,84	7,19	9,05	9,56
Ecart type (mm)	7,46	7,65	2,2	2,05	2,93	3,14

	Largeur caudale (CF)	Largeur caudale (CT)	Largeur crâniale (CF)	Largeur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	6,93	7,09	6,78	6,86
Ecart type (mm)	2,06	2,06	2,05	2,11

Tableau 13 : Moyennes et écarts types des mesures tomodensitométriques dans la comparaison USxTDI

1.3.3 Résultats obtenus sur la population N°3 (TDxTDI)

1.3.3.1 Moyennes et écarts types des mesures sans produit de contraste

	Longueur (CS)	Longueur (CT)	Epaisseur caudale (CS)	Epaisseur caudale (CT)	Epaisseur crâniale (CS)	Epaisseur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	25,67	25,75	6,75	7,3	9,12	9,56
Ecart type (mm)	7,72	7,68	2,15	2,04	3,3	3,53

	Largeur caudale (CF)	Largeur caudale (CT)	Largeur crâniale (CF)	Largeur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	6,87	6,93	6,89	6,64
Ecart type (mm)	2,36	2,00	2,51	2,27

Tableau 14 : Moyennes et écarts types des mesures TD dans la comparaison TDxTDI

1.3.3.2 Moyennes et écarts types des mesures avec produit de contraste

	Longueur (CS)	Longueur (CT)	Epaisseur caudale (CS)	Epaisseur caudale (CT)	Epaisseur crâniale (CS)	Epaisseur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	25,88	25,96	6,82	7,16	9,16	9,7
Ecart type (mm)	7,39	7,56	2,19	2,19	3,13	3,32

	Largeur caudale (CF)	Largeur caudale (CT)	Largeur crâniale (CF)	Largeur crâniale (CT)
Moyenne (mm)	6,92	7,02	6,84	6,91
Ecart type (mm)	2,04	2,06	2,39	2,36

Tableau 15 : Moyennes et écarts types des mesures TDI dans la comparaison TDxTDI

2. Comparaison entre les différentes coupes d'une même dimension au sein d'une même technique d'imagerie

Cette partie présente les comparaisons réalisées pour chaque dimension entre les deux coupes obtenues pour chaque modalité d'imagerie.

2.1. Echographie

Seule l'épaisseur est présente dans les deux plans réalisés. De plus l'épaisseur n'a pas été mesurée à chaque pôle pour la coupe transverse. Seule l'épaisseur estimée comme maximale a été mesurée. Des corrélations entre coupes longitudinales et coupes transverses ont été réalisées. Elles ont montré les résultats suivants :

- Pour l'épaisseur caudale : $y = 0,7887x + 0,8914$, $r = 0,89$
- Pour l'épaisseur crâniale : $y = 0,7853x + 2,0172$, $r = 0,71$

Ainsi on observe une corrélation beaucoup plus importante de l'épaisseur maximale en coupe transverse avec l'épaisseur caudale en coupe longitudinale qu'avec l'épaisseur crâniale en coupe longitudinale.

Ce résultat permet de dire que l'épaisseur maximale en coupe transverse correspond à l'épaisseur du pôle caudal en coupe transverse. Cette mesure ne sera donc pas utilisée pour les comparaisons concernant l'épaisseur crâniale dans toutes les parties qui suivront.

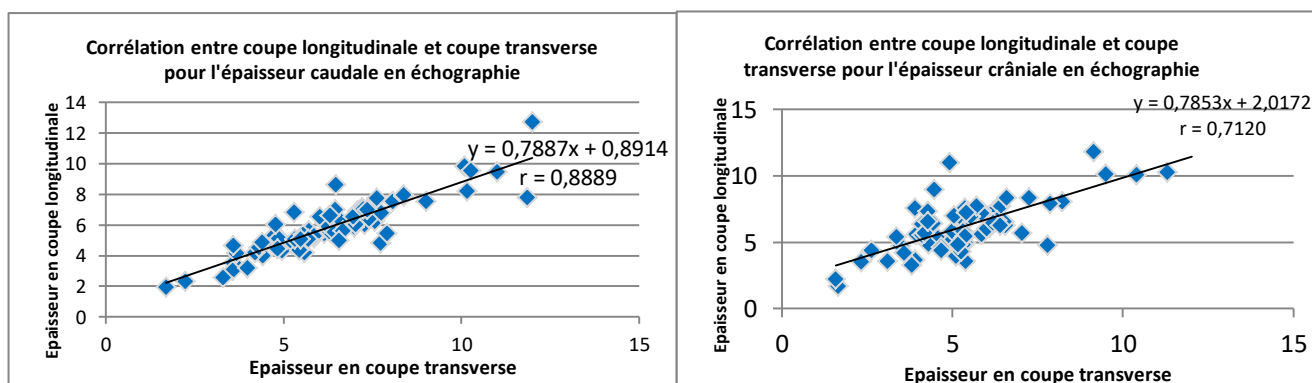


Figure 25 : Corrélation entre coupe transverse et coupe longitudinale pour l'épaisseur caudale et crâniale

2.1.1 Epaisseur caudale

Une différence de 0,9 mm est notée entre les deux coupes pour l'épaisseur caudale. Un effet « coupe » et une différence significative entre les 2 coupes sont révélés. L'analyse statistique s'est faite sur deux populations, celle permettant la comparaison USxTD et celle permettant la comparaison USxTDI :

	P-value 1 (population N°1)	P-value 2 (population N°2)
US-CL x US-CT	0,022475	0,000001

Tableau 16 : Comparaison des coupes échographiques pour l'épaisseur caudale

2.1.2 Epaisseur crâniale

Etant donné la valeur beaucoup plus faible de la corrélation entre les deux coupes, les coupes transverses maximales sont estimées comme coupes transverses de l'épaisseur caudale.

2.2. Tomodensitométrie

Les graphes présentant les comparaisons entre TDI x TD sont présentés en annexe, avec ceux présentant les comparaisons US x TDI

2.2.1 Longueur

La comparaison entre les coupes sagittales et les coupes frontales a été réalisée quatre fois pour TDI et TD. L'analyse statistique s'est alors faite sur quatre populations, les trois précédemment mentionnées et celle permettant la comparaison USxTDxTDI : Une différence faiblement significative n'est observée que pour une valeur en TDI sur les quatre comparaisons réalisées.

	P-value (population USxTDxTDI)	P-value (population N°3)	P-value (population N°1)	P-value (population N°2)
TD-CS x TD-CF	1	1	1	
TDI-CS x TDI-CF	1	0,046693		0,121197

Tableau 17 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomodensitométrie pour la longueur

2.2.2 Épaisseur

Les moyennes des différentes épaisseurs sont présentées dans la partie précédente. Les coupes permettant d'obtenir ces dimensions sont les coupes sagittales et les coupes frontales.

2.2.2.1 Épaisseur du pôle caudal

Les comparaisons entre les coupes sagittales et les coupes transverses ont été réalisées deux fois pour TDI et TD : lors de la comparaison entre ces deux techniques et lors de la comparaison entre chacune d'entre elle et l'échographie. Les différences entre les moyennes sont de 0,53 et 0,55 mm en l'absence de produit de contraste et de 0,34 et 0,35 en présence de produit de contraste.

L'analyse statistique révèle une différence significative entre ces deux coupes pour la tomodensitométrie sans produit de contraste. Il n'y a pas de différence significative entre les coupes pour la tomodensitométrie avec produit de contraste.

	P-value 1 (populations N°1 et 2)	P-value 2 (population N°3)
TD-CSxTD-CT	0,000139	0,000978
TDI-CSxTDI-CT	0,083692	0,083399

Tableau 18 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomodensitométrie pour l'épaisseur caudale

2.2.2.2 Pour l'épaisseur du pôle crânial

Les mêmes comparaisons que pour le pôle caudal ont été réalisées. On note des différences de moyennes allant de 0,41 à 0,54 mm. L'analyse statistique montre une différence significative uniquement pour une des comparaisons entre les deux coupes avec produit de contraste, pour la différence la plus élevée (0,54 mm).

	P-value 1 (populations N°1 et 2)	P-value 2 (population N°3)
TD-CSxTD-CT	0,186572	0,279397
TDI-CSxTDI-CT	0,121197	0,011378

Tableau 19 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomodensitométrie pour l'épaisseur crâniale

2.2.3 Largeur

La comparaison des moyennes des largeurs en coupes frontales et transverses montre des différences comprises entre 0,07 et 0,25 mm pour la largeur des deux pôles. **Cette différence entre les coupes est faible par rapport à celles obtenues pour les autres dimensions et est fortement non significative comme le montrent les tableaux ci-dessous.**

	P-value 1 (populations N°1 et 2)	P-value 2 (population N°3)
TD-CFxTD-CT	0,886205	0,803237
TDI-CFxTDI-CT	0,803237	0,526185

Tableau 20 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomodensitométrique pour la largeur caudale

	P-value 1 (populations N°1 et 2)	P-value 2 (population N°3)
TD-CFxTD-CT	0,886205	1
TDI-CFxTDI-CT	1	0,974738

Tableau 21 : Comparaisons des coupes pour chaque technique tomodensitométrique pour la largeur crâniale

3. Comparaisons des mesures tomодensitométriques avec et sans produit de contraste

Cette partie, s'intéresse seulement à la différence de technique. Ainsi les coupes sagittales sont comparées entre elles, les coupes frontales entre elles. Aucun croisement de coupe n'est réalisé. Les graphes représentant les comparaisons entre échographie et tomодensitométrie sans produit de contraste sont présentés en annexe.

3.1. Longueur

Les deux coupes permettant de l'obtenir sont la coupe sagittale et la coupe frontale. La comparaison des moyennes montre des mesures proches (0,11 et 0,22 mm de différence) pour les deux coupes. Pour savoir si ces différences sont significatives, deux comparaisons différentes sont disponibles comme expliqué dans la partie analyse biostatistique précédente. Ces deux comparaisons montrent des résultats différents pour une seule des 4 comparaisons et cette différence est faiblement significative. **Ainsi, globalement, on ne note pas de différence significative entre présence et absence de produit de contraste pour les mesures de la longueur.**

	TD	TDI
CS (mm)	25,67 (7,72)	25,88 (7,39)
CT (mm)	25,75 (7,68)	25,96 (7,56)

Tableau 22 : Moyennes et écarts types de la longueur des surrénales en coupes sagittales et transverses en TDI et TD

P-value	Comparaisons TDxTDI	Comparaison TDxTDIxUS
CS	0,999942	1
CF	0,03536	1

Tableau 23 : Comparaison entre TDI et TD pour la longueur

3.2. Epaisseur du pôle caudal

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomодensitométrie sont la coupe sagittale et la coupe transverse. On obtient des moyennes très proches (0,07 et 0,14 mm de différence pour les deux coupes) comme le montre le tableau ci-dessous. Les différences de moyennes ont été montrées non significatives avec les P-Values ci-dessous.

	TD	TDI
CS (mm)	6,75 (2,15)	6,82 (2,19)
CT (mm)	7,3 (2,04)	7,16 (2,19)

Tableau 24 : Moyennes et écarts types de l'épaisseur caudale des surrénales en coupes sagittales et transverses en TDI et TD

	P-value
CS	0,998179
CT	0,569641

Tableau 25 : Comparaison entre TDI et TD pour l'épaisseur du pôle caudal

3.3. Epaisseur du pôle crânial

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomographie sont la coupe sagittale et la coupe transverse. On obtient des moyennes très proches (0,04 et 0,14 mm de différence) pour les deux coupes, comme le montre le tableau ci-dessous. Les différences de moyennes ont été montrées non significatives avec les P-Values ci-dessous.

	TD	TDI
CS (mm)	9,12 (3,30)	9,16 (3,13)
CT (mm)	9,63 (3,53)	9,7 (3,32)

Tableau 26 : Moyennes et écarts types de l'épaisseur crâniale en coupes sagittales et transverses en TDI et TD

	P-value
CS	0,947021
CT	0,886551

Tableau 27 : Comparaison entre TDI et TD pour l'épaisseur du pôle crânial

3.4. Largeur du pôle caudal

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomographie sont la coupe frontale et la coupe transverse. On obtient des moyennes très proches (0,05 et 0,09 mm de différence) pour les deux coupes comme le montre le tableau ci-dessous. Les différences de moyennes ont été montrées non significatives avec les P-Values ci-dessous.

	TD	TDI
CF (mm)	6,87 (2,36)	6,92 (2,04)
CT (mm)	6,93 (2,00)	7,02 (2,06)

Tableau 28 : Moyennes et écarts types de la largeur caudale des surrénales en coupes frontales et transverses en TDI et TD

	P-value
CF (mm)	0,978647
CT (mm)	0,943174

Tableau 29 : Comparaison entre TDI et TD pour la largeur du pôle caudal

3.5. Largeur du pôle crânial

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomographie sont la coupe frontale et la coupe transversale. On obtient des moyennes très proches (0,05 et 0,027 mm de différence) pour les deux coupes comme le montre le tableau ci-dessous. Les différences de moyennes ont été montrées non significatives avec les P-Values ci-dessous :

	TD	TDI
CF (mm)	6,89 (2,51)	6,84 (2,39)
CT (mm)	6,64 (2,27)	6,91 (2,36)

Tableau 30 : Moyennes et écarts types de la largeur du pôle crânial des surrénales en coupes frontales et transverses en TD et TDI

	P-value
CF	1
CT	0,485773

Tableau 31 : Comparaison entre TDI et TD pour les mesures de la largeur du pôle crânial pour les coupes frontales et transverses

4. Comparaison entre mesures échographiques et mesures tomodensitométriques

Cette partie compare les mesures échographiques avec les mesures tomodensitométriques obtenues avec et sans produit de contraste. Dans toute cette partie les deux coupes obtenues en tomodensitométrie avec et sans produit de contraste sont comparées chacune avec la coupe échographique longitudinale pour la longueur, la coupe transversale pour la largeur et les coupes longitudinales et transverses pour l'épaisseur.

On peut noter qu'il y a un nombre de données différent entre coupes longitudinales et coupes transverses pour l'échographie, ce qui amène à des différences de moyennes entre ces coupes. Les données tomodensitométriques ont également été adaptées pour les comparaisons, donnant des moyennes différentes selon les comparaisons effectuées.

4.1. Longueur

Elle apparaît plus faible en moyenne pour l'échographie par rapport aux techniques tomodensitométriques pour les deux coupes avec une différence comprise entre 1,76 et 2,05 mm. Ces différences sont cependant non significatives comme le montrent les P-Value ci-dessous.

	US	TD-CS	TD-CF	TDI-CS	TDI-CF
US-CL (Pop.1) mm	23,90 (6,11)	25,66 (7,59)	25,71 (7,47)		
US-CL (Pop.2) mm	23,74 (6,27)			25,79 (7,46)	25,81 (7,65)

Tableau 32 : Moyennes et écarts types des différentes coupes pour la longueur des surrénales lors des comparaisons deux à deux

P-value	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
US -CL	0,43	0,376	0,377	0,31

Tableau 33 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour la longueur

Ainsi il n'y a pas de différence significative entre tomodensitométrie et échographie pour la longueur des surrénales.

4.2. Pour l'épaisseur du pôle caudal

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomodensitométrie sont la coupe sagittale et la coupe transversale. Elles sont comparées chacune aux coupes échographiques longitudinales et transverses. On note une différence significative pour toutes les comparaisons sauf une. Les différences entre les mesures vont de 0,61 à 1,49 mm. La valeur qui ne montre pas de différence significative est la comparaison entre la coupe sagittale TDI et la coupe transverse échographique (différence de 0,64 mm). Le fait que cette mesure soit la seule non significative par rapport à la même comparaison en TD peut s'expliquer par le plus faible nombre de données pour cette comparaison précise. En effet, cette comparaison été obtenue avec 66 données en TDI contre 70 en TD.

	US	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
US-CL (Pop.1) mm	5,83 (1,73)	6,79 (2,09)	7,32 (1,94)		
US-CT (Pop.1) mm	6,21 (1,94)	6,81 (1,97)	7,28 (1,87)		
US-CL (Pop.2) mm	5,83 (1,79)			6,84 (2,20)	7,19 (2,24)
US-CT (Pop.2) mm	6,19 (1,92)			6,83 (1,95)	7,09 (1,77)

Tableau 34 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour l'épaisseur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux

P-value	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
US-CL	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
US-CT	0,003231	0,000001	0,618742	0,001881

Tableau 35 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour l'épaisseur du pôle caudal

Ainsi, globalement, on observe une différence significative entre mesures tomodensitométriques et mesures échographiques pour l'épaisseur caudale

4.3. Pour l'épaisseur du pôle crânial

Les deux coupes permettant d'obtenir cette dimension en tomodensitométrie sont la coupe sagittale et la coupe transverse. Ces deux coupes sont comparées chacune à la coupe échographique longitudinale (la coupe transverse n'étant pas disponible pour le pôle crânial). En moyenne, l'épaisseur crâniale apparaît plus faible en échographie qu'en tomodensitométrie avec une différence allant de 3,48 mm à 3,99 mm selon les coupes. Cette différence est légèrement plus importante entre échographie et TDI. Les tests d'analyses statistiques ont montré que cette différence était fortement significative.

Ainsi on note une forte différence entre les mesures échographiques et tomodensitométriques de l'épaisseur crâniale

	US	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
US-CL (Pop.1) mm	5,47 (1,80)	9,04 (3,09)	9,45 (3,25)		
US-CL (Pop.2) mm	5,57 (2,02)			9,05 (2,93)	9,56 (3,14)

Tableau 36 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour l'épaisseur du pôle crânial lors des comparaisons deux à deux

P-value	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
US-CL	0,000002	0,000002	0,000001	0,000001

Tableau 37 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour l'épaisseur du pôle crânial

4.4. Pour la largeur du pôle caudal

Les différences de moyennes sont comprises entre 0,23 et 0,42 mm. Aucun effet technique n'a été révélé et aucune différence significative n'a été obtenue pour cette dimension. Ceci est montré par les P-values présentées ci-dessous.

Ainsi il n'y a pas de différence entre échographie et tomodensitométrie mise en évidence pour la largeur caudale.

	US	TD-CF	TD-CT	TDI-CF	TDI-CT
US CT (Pop.1) mm	6,62 (1,72)	6,88 (1,97)	7,04 (1,81)		
US CT (Pop.2) mm	6,7 (1,92)			6,93 (1,91)	7,09 (1,91)

Tableau 38 : Moyennes et écarts types obtenus pour chaque coupe pour la largeur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux

P-value	TD-CF	TD-CT	TDI-CF	TDI-CT
US- CT	0,742508	0,479065	0,909493	0,393444

Tableau 39 : Comparaisons statistiques entre échographie et techniques tomodensitométriques pour la largeur du pôle caudal

4.5. Pour la largeur du pôle crânial

Les coupes transverses échographiques mesurant la largeur maximale ayant été assimilées aux largeurs du pôle caudal, la différence entre les deux modalités d'imagerie ne peut être estimée. Cependant on notera que les résultats statistiques (obtenus avant la mise en évidence de la corrélation entre épaisseur maximale et épaisseur caudale) ont montré l'absence de différence significative entre tomodensitométrie et échographie.

Ainsi la largeur de la glande surrénale en tomodensitométrie varie peu entre le pôle caudal et le pôle crânial.

5. Comparaison entre mesures tomodensitométriques et échographiques selon la localisation gauche/droite

Etant donné les différences significatives obtenues lors des comparaisons entre échographie et tomodensitométrie sur l'ensemble des glandes surrénales, il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de la localisation gauche/droite. Dans cette partie, nous ne montrerons que les moyennes et les différences obtenues.

5.1. Longueur

Les moyennes par localisation pour les différentes coupes et les différentes techniques d'imagerie sont présentées ci-dessous, associées aux différences de moyennes obtenues entre les différentes techniques.

		US SD	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
SG	US-CL (Pop.1) mm	24,46 (6,31)	25,36 (6,99)	25,26 (6,84)		
	US-CL (Pop.2) mm	24,38 (6,52)			25,54 (7,32)	25,60 (7,17)
SD	US-CL (Pop.1) mm	23,46 (5,90)	26,26 (8,23)	26,51 (8,14)		
	US-CL (Pop.2) mm	23,06 (5,98)			26,06 (7,68)	26,04 (8,20)

		TD (CS)-US	TD(CT)-US	TDI(CS)-US	TDI(CT)-US
SG	US-CL (Pop.1) mm	0,9 (2,32)	0,8 (2,58)		
	US-CL (Pop.2) mm			1,16 (3,15)	1,22 (3,09)
SD	US-CL (Pop.1) mm	2,73 (5,02)	2,98 (4,80)		
	US-CL (Pop.2) mm			3,0 (4,39)	2,98 (4,91)

Tableau 40 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour la longueur lors des comparaisons deux à deux

Ces résultats semblent montrer que la localisation gauche/droite a une influence sur les différences entre échographie et tomodensitométrie.

5.2. Pour l'épaisseur du pôle caudal

Les moyennes par localisation pour les différentes coupes et les différentes techniques d'imagerie sont présentées ci-dessous, associées aux différences de moyennes obtenues entre les différentes techniques.

		US	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
SG	US-CL (Pop.1) mm	5,91 (1,75)	7,14 (2,06)	7,56 (1,88)		
	US-CT (Pop.1) mm	6,77 (1,61)	7,17 (2,09)	7,55 (1,96)		
	US-CL (Pop.2) mm	5,89 (1,78)			7,25 (2,06)	7,43 (2,23)
	US-CT (Pop.2) mm	6,21 (1,75)			7,08 (1,85)	7,25 (1,69)
SD	US-CL (Pop.1) mm	5,82 (1,72)	6,51 (2,07)	7,13 (1,98)		
	US-CT (Pop.1) mm	6,09 (2,01)	6,26 (1,64)	6,9 (1,67)		
	US-CL (Pop.2) mm	5,76 (1,83)			6,42 (2,28)	6,94 (2,45)
	US-CT (Pop.2) mm	6,16 (2,19)			6,28 (2,02)	6,69 (1,82)

		TD(CS)-US	TD(CT)-US	TDI(CS)-US	TDI(CT)-US
SG	US-CL (Pop.1) mm	1,23 (1,17)	1,65 (1,15)		
	US-CT (Pop.1) mm	0,83 (1,23)	1,22 (1,12)		
	US-CL (Pop.2) mm			1,35 (1,14)	1,54 (1,13)
	US-CT (Pop.2) mm			1,02 (1,11)	1,19 (1,05)
SD	US-CL (Pop.1) mm	0,65 (1,46)	1,27 (1,36)		
	US-CT (Pop.1) mm	0,56 (2,08)	1,18 (1,88)		
	US-CL (Pop.2) mm			0,65 (1,40)	1,17 (1,70)
	US-CT (Pop.2) mm			0,12 (1,20)	0,52 (1,05)

Tableau 41 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour l'épaisseur caudale lors des comparaisons deux à deux

Grâce à ces résultats on peut voir que la localisation gauche/droite semble avoir seulement une légère influence sur les différences entre échographie et tomodynamométrie, avec une différence moins importante observable pour la surrenale droite. De plus, Ils montrent que la différence entre coupe longitudinale et coupe transverse en échographie se répercute sur les différences entre tomodynamométrie et échographie.

5.3. Pour l'épaisseur du pôle crânial

Les moyennes par localisation pour les différentes coupes et les différentes techniques d'imagerie sont présentées ci-dessous, associées aux différences de moyennes obtenues entre les différentes techniques.

		US	TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
SG	US-CL (Pop.1) mm	4,74 (1,28)	8,26 (2,24)	8,44 (2,36)		
	US-CL (Pop.2) mm	4,83 (1,64)			8,28 (2,29)	8,38 (2,37)
SD	US-CL (Pop.1) mm	6,29 (1,96)	10,00 (3,62)	10,27 (3,72)		
	US-CL (Pop.2) mm	6,36 (2,10)			9,87 (3,32)	10,82 (3,38)

		TD-CS	TD-CT	TDI-CS	TDI-CT
SG	US-CL (Pop.1) mm	3,38 (1,82)	3,57 (1,80)		
	US-CL (Pop.2) mm			3,44 (1,79)	3,55 (1,93)
SD	US-CL (Pop.1) mm	3,53 (3,35)	4,22 (3,24)		
	US-CL (Pop.2) mm			3,51 (2,99)	4,46 (2,94)

Tableau 42 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour l'épaisseur crâniale lors des comparaisons deux à deux

Bien qu'on note une forte différence entre gauche et droite pour l'épaisseur moyenne, cette différence n'influe pas sur les comparaisons de techniques avec des différences très proches de celles obtenues sur les résultats globaux.

5.4. Pour la largeur du pôle caudal

Les moyennes par localisation pour les différentes coupes et les différentes techniques d'imagerie sont présentées ci-dessous, associées aux différences de moyenne obtenues entre les différentes techniques.

		US	TD-CF	TD-CT	TDI-CF	TDI-CT
SG	US CT (Pop.1) mm	6,74 (1,57)	7,17 (1,77))	7,19 (1,63)		
	US CT (Pop.2) mm	6,74 (1,64)			7,36 (1,99)	7,44 (1,93)
SD	US CT (Pop.1) mm	6,41 (1,89)	6,06 (1,49)	6,45 (1,36)		
	US CT (Pop.2) mm	6,62 (2,32)			6,23 (1,62)	6,46 (1,76)

		TD-CF	TD-CT	TDI-CF	TDI-CT
SG	US CT (Pop.1) mm	0,43 (0,88)	0,20 (1,05)		
	US CT (Pop.2) mm			0,57 (1,02)	0,66 (0,98)
SD	US CT (Pop.1) mm	-0,40 (1,62)	-0,01 (1,34)		
	US CT (Pop.2) mm			-0,39 (1,36)	-0,16 (1,43)

Tableau 43 : Moyennes et différences (et écarts types) obtenues pour chaque coupe pour la largeur du pôle caudal lors des comparaisons deux à deux

Ces résultats correspondent aux résultats obtenus pour les comparaisons globales.

IV. Discussion

1. Pour la comparaison de coupe

1.1. Echographie

On note une différence significative forte entre la coupe longitudinale et la coupe transverse pour l'épaisseur caudale. Cette différence est de 0,9 mm soit environ 20% de la mesure. D'après cette étude, les coupes ne sont pas interchangeables pour effectuer les mesures. Une comparaison n'était pas possible pour le pôle crânial, car les coupes transverses obtenues correspondaient au pôle caudal.

1.2. Tomodensitométrie

On observe des résultats parfois ambigus selon les comparaisons.

1.2.1 Longueur

- Pour la tomodensitométrie sans produit de contraste : pas de différence significative entre les coupes
- Pour la tomodensitométrie avec produit de contraste : une faible différence significative a été obtenue pour une seule des trois comparaisons. Cette différence s'explique par les différences de populations étudiées pour les comparaisons entre techniques deux à deux. On peut ainsi estimer qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux coupes.

1.2.2 Epaisseur

1.2.2.1 Epaisseur caudale

- Pour la tomodensitométrie sans produit de contraste : on note une différence significative faible entre les deux coupes.
- Pour la tomodensitométrie avec produit de contraste : il n'y a pas de différence significative entre les deux coupes

1.2.2.2 Epaisseur crâniale

- Pour la tomodensitométrie sans produit de contraste : pas de différence significative entre les deux coupes.
- Pour la tomodensitométrie avec produit de contraste : absence de différence significative pour une des comparaisons. Présence d'une différence significative faible pour l'autre comparaison. A partir de ces données on peut estimer qu'il n'y a pas de différence significative ou une différence limite entre les deux coupes.

1.2.2.3 Interprétation globale

Pour les deux coupes, les différences sont situées entre 0,34 et 0,55 mm. **Ainsi, globalement, les différences entre les coupes apparaissent non significatives, mais proches d'une limite où elles seraient significatives.** Bien que les comparaisons aient toujours concerné au moins 100 glandes surrénales, un plus large échantillon est nécessaire pour pouvoir conclure avec certitude à une différence non significative.

1.2.3 Largeur

On obtient des moyennes proches (avec des différences allant de 0,07 à 0,25 mm) avec des différences très fortement non significatives. Ainsi la largeur est la dimension qui apparaît comme la plus fiable en tomodensitométrie.

2. Pour l'effet du produit de contraste

On aurait pu imaginer que le produit de contraste permette de mieux délimiter les contours des glandes surrénales notamment en évitant la confusion avec la vascularisation.

Nos résultats montrent que la moyenne des mesures est supérieure pour 8 coupes sur 10 avec le produit de contraste. Cependant, cette différence ne dépasse jamais 0,27 mm et on ne note pas de différence statistiquement significative entre les mesures réalisées avec ou sans produit de contraste, quelle que soit la coupe comme nous avons pu le voir plus haut.

Ainsi le produit de contraste ne modifie pas la réalisation des mesures qui peuvent ainsi être réalisées indistinctement sur ces deux modalités.

Le fait que la longueur frontale ait donné une différence très faiblement significative entre les deux techniques, pour une des deux comparaisons statistiques concernées, constitue une limite pour l'interprétation. Cependant cette différence est faiblement significative (P-value= 0,035360) et l'autre comparaison a montré une absence de différence avec une P-value de 1.

Les biais pour cette comparaison apparaissent très faibles. En effet, les mesures sans produit de contraste ont été réalisées indépendamment des mesures avec produit de contraste sans influence possible.

3. Comparaisons entre techniques d'imagerie

3.1. Concernant la longueur et la largeur

Aucune différence significative n'a été notée entre échographie et tomodensitométrie pour ces deux dimensions.

Pour la longueur, la différence entre les deux était de moins de 2,1 mm alors que l'écart type était de plus de 6 mm pour chaque technique. Ainsi la variation entre les mesures à l'intérieur de chaque modalité d'imagerie explique que cette différence soit peu significative. Cette forte variabilité de la longueur se retrouve également dans la littérature, comme nous avons pu le voir dans la partie bibliographique.

Cependant, lorsqu'on s'intéresse à l'influence de la localisation gauche/droite, on note que les écarts entre mesures échographiques et mesures tomodensitométriques sont différents. Ainsi l'écart diminue pour la glande surrénale gauche et augmente pour la glande surrénale droite. Cette modification est peut être due à la confusion du pôle crânial de la glande surrénale droite avec le processus caudé du lobe caudé du foie ou avec l'impossibilité, chez certains patients à thorax profond d'atteindre le pôle crânial de la surrénale droite.

Pour la largeur, les mesures échographiques n'ont finalement concerné que le pôle caudal. La comparaison avec les mesures tomodensitométriques a montré une absence totale de différence significative entre les deux modalités d'imagerie. De plus, les données

échographiques ont aussi été comparées avec les mesures tomodensitométriques du pôle crânial et ont également révélé une absence de différence significative. Ainsi la largeur semble être un paramètre très stable entre les pôles crâniens et pôle caudaux.

L'interprétation des résultats pour la largeur est cependant plus complexe, car il a été montré que cette mesure est plus variable, moins fiable en échographie, à cause du risque d'avoir une coupe oblique. Les résultats ont montré une surestimation du scanner par rapport à l'échographie pour les mesures de toutes les dimensions sauf celles de la largeur, que la différence soit significative ou non. On peut ainsi se demander si cette absence de différence n'est pas due à une surestimation de la largeur par des coupes obliques.

Une autre limite à souligner est le nombre de données plus faible pour la largeur que pour les autres dimensions avec 70 glandes étudiées contre au moins 100. Cependant ce nombre de données est suffisant pour permettre une analyse statistique qui révèle une différence très significative.

3.2. Concernant l'épaisseur

3.2.1 Récapitulatif des résultats

Une différence significative entre les mesures échographiques et les mesures tomodensitométriques a été trouvée pour les épaisseurs crâniale et caudale des glandes surrénales et cette différence ne dépend pas de la localisation gauche/droite. Pour l'épaisseur crâniale, cette différence entre coupes échographiques et tomodensitométriques se situe entre 3,48 et 3,99 mm. Pour l'épaisseur caudale, entre 0,61 et 1,49 mm de différence sont notées. L'échographie sous-estime systématiquement les glandes par rapport à la tomodensitométrie.

3.2.2 Recherche de corrélations

Pour aller plus loin, nous avons réalisé des corrélations entre l'épaisseur caudale dans les deux coupes tomodensitométriques et l'épaisseur caudale échographique. Les corrélations linéaires ci-dessous ont été trouvées entre échographie et tomodensitométrie sans produit de contraste :

- Entre CL-US et CS-TD : $y = 0,9262x + 1,3924$ avec $r = 0,77$
- Entre CL-US et CT-TD : $y = 0,8609x + 2,998$ avec $r = 0,77$
- Entre CT-US et CS-TD : $y = 0,7642x + 2,0577$ avec $r = 0,75$
- Entre CT-US et CT-TD : $y = 0,7856x + 2,3985$ avec $r = 0,81$

La même procédure a été réalisée pour le pôle crânial :

- Entre CL US et CS TD : $y = 0,8906x + 4,1355$ avec $r = 0,52$
- Entre CL US et CT TD : $y = 1,0876x + 3,4521$ avec $r = 0,61$
- Entre CT US et CS TD : $y = 0,7052x + 4,7247$ avec $r = 0,45$
- Entre CT US et CT TD : $y = 0,8278x + 4,3427$ avec $r = 0,51$

Ainsi ces corrélations linéaires sont modérées à bonnes pour le pôle caudal et mauvaises pour le pôle crânial. Ces corrélations confirment que l'épaisseur maximale correspondait finalement à l'épaisseur du pôle caudal.

3.2.3 Pour aller plus loin

3.2.3.1 Epaisseur du pôle caudal

Comme nous avons pu le voir dans la partie bibliographique, il a été observé que l'échographie sous estimait la taille des glandes surrénales par rapport aux mesures directes, pour le pôle caudal. Ainsi, d'après les résultats obtenus, la tomodensitométrie serait plus proche des mesures réelles des glandes ou les surestimerait.

Cette différence significative pour l'épaisseur du pôle caudal est aussi très importante dans le cadre de la prise en charge médicale. Nous avons pu voir dans la partie précédente que l'épaisseur du pôle caudal mesuré à l'échographie est la mesure considérée comme la plus précise, reproductible, répétable, fiable, ce qui a fait d'elle la dimension pour laquelle des valeurs de référence ont été établies. Ces valeurs de référence ne seraient donc pas utilisables en tomodensitométrie et de nouveaux seuils décisionnels devraient être établis dans le cadre de l'exploration des maladies surrénales.

3.2.3.2 Epaisseur du pôle crânial

On observe une très grande différence entre les mesures tomodensitométriques et les mesures échographiques, de l'ordre de 3,5 à 4 mm (soit plus de 50% de l'épaisseur). Cette différence n'est pas influencée par la localisation gauche/droite. Ce résultat semble confirmer les données échographiques, montrant que le pôle crânial est plus difficile à évaluer et que les mesures sont moins précises.

Un autre paramètre qui peut expliquer cette différence de mesure est lié à l'axe de mesure des glandes qui peut être différent entre échographie et tomodensitométrie. En effet, le scanner permet de réaliser des coupes dans les vrais axes longitudinaux, sagittaux et frontaux, alors que la sonde peut être orientée obliquement lors de l'échographie des surrénales. Cette orientation oblique serait à l'origine d'une mesure latéro-dorsale à latéro-médiale, plutôt que dorso-ventrale. Mais vu la bonne corrélation entre échographie et tomodensitométrie pour la largeur, vu la faible différence entre épaisseur crâniale et largeur crâniale et la très grande différence pour l'épaisseur crâniale cette explication ne semble pas la plus plausible.

Une autre explication serait une surestimation de l'épaisseur crâniale tomodensitométrique liée à un manque de distinction des limites des glandes ou aux facteurs de qualité d'images liés à la technique d'imagerie. Pour les coupes sagittales, il était parfois difficile de distinguer le pôle crânial des lobes hépatiques ou de bien discerner la vascularisation. Cependant, en coupe transverse les mesures étaient réalisées sur des limites clairement visibles. Vu la bonne corrélation entre les deux coupes tomodensitométriques, le problème semble davantage lié à l'échographie et à sa plus faible résolution lors de l'observation du pôle crânial. En effet, lors des mesures sur images, il était plus difficile de distinguer les réelles limites du pôle crânial.

On sait également que la glande surrénale droite est plus difficile à étudier. Ainsi, on aurait pu noter que la latéralisation des glandes aurait pu avoir une influence. Les comparaisons réalisées avec uniquement les mesures de glandes gauches et uniquement les mesures des glandes droites n'ont montré aucune influence de la latéralisation. Ainsi la différence est commune à toutes les glandes et très probablement due à la technique. De plus, étant donné que la différence entre échographie et tomodensitométrie est presque 3 à 4 fois plus forte pour l'épaisseur du pôle crânial que pour l'épaisseur du pôle caudal, on peut estimer que la localisation de la glande n'est pas le facteur principal influant, mais bien la différence de visualisation pour chaque technique.

3.2.3.3 Biais de notre étude

La principale limite de notre étude concerne les échographies qui ont été faites dans des conditions peu favorables. En effet, l'absence de tonte a rendu la visualisation plus difficile et a provoqué l'obtention d'images avec une résolution moins bonne. Les patients étaient en cours de réveil d'anesthésie, ce qui rendait l'examen stressant par le comportement de l'animal et la nécessité d'être très rapide.

Une autre limite est la réalisation des mesures tomодensitométriques par un opérateur naïf, qui n'avait jamais utilisé le logiciel Horos et n'avait jamais réalisé de mesures d'imagerie auparavant. Pour limiter ce biais, les premières mesures ont été refaites jusqu'au moment où l'opérateur s'était bien habitué aux méthodes de reconstruction et à la détermination des limites des glandes surrénales. Une comparaison avec un opérateur expérimenté serait cependant intéressante.

Bien qu'un effectif plus important serait souhaitable, celui de notre étude est déjà intéressant et permet d'avoir des résultats avec une bonne signification statistique. Un effectif plus important permettrait notamment de mieux étudier l'influence de la latéralisation et des coupes échographiques transverses.

. CONCLUSION

Notre étude a montré de nombreux résultats intéressants en ce qui concerne la comparaison entre tomodensitométrie et échographie :

- L'un des premiers résultats important est la différence significative des mesures pour l'épaisseur entre échographie et tomodensitométrie. On note une différence moyenne comprise entre 0,61 et 1,49 mm pour l'épaisseur du pôle caudal et une différence comprise entre 3,49 et 3,99 mm pour l'épaisseur du pôle crânial, avec une sous-estimation systématique de l'échographie par rapport à la tomodensitométrie.

- On peut déjà noter que cette différence est très importante pour l'épaisseur crâniale comparé aux différences obtenues pour les autres dimensions (de l'ordre de 2,2 mm pour la longueur, 0,4 mm pour la largeur, 1,5 mm pour l'épaisseur caudale). Ainsi ce résultat semble illustrer la grande difficulté pour obtenir une mesure correcte du pôle crânial des glandes surrénales en échographie

- Pour l'épaisseur caudale, une différence significative comprise entre 0,61 et 1,49 mm a été observée selon les coupes comparées. Ce résultat illustre donc une différence entre les deux techniques d'imagerie et montre que les mesures et seuils définis en échographie pour l'épaisseur caudale ne sont pas applicables tels quels en tomodensitométrie. Une bonne corrélation linéaire a été obtenue pour chaque coupe tomodensitométrique avec les deux coupes échographiques avec des facteurs de corrélation compris entre 0,75 et 0,81. L'équation type est de cette forme : $y = 0,8609x + 2,998$. De plus une absence de différence limite entre deux coupes d'une même technique d'imagerie a été notée pour l'épaisseur caudale sauf pour une comparaison. Etant donné que les différences sont comprises entre 0,34 et 0,54 mm et que la différence la plus grande a été faiblement significative, on peut estimer qu'il n'y a pas de différence significative entre coupes. Cependant un effectif plus important serait souhaitable pour pouvoir affirmer ce résultat.

Pour la comparaison entre présence et absence de produit de contraste, une absence de différence significative a été globalement obtenue entre les mesures pour toutes les dimensions.

Une donnée intéressante est la stabilité et la fiabilité des mesures de largeur des glandes surrénales. En effet, aucune des comparaisons n'a montré de différence significative. La différence entre les deux coupes tomodensitométriques est très faible (moins de 0,25 mm). De même pour la différence entre échographie et tomodensitométrie (moins de 0,43 mm). Cette dimension apparaît alors comme la plus fiable en tomodensitométrie. Pour la comparaison avec l'échographie, l'interprétation est plus difficile, car les mesures ont été réalisées sur un nombre plus faible de données (70 contre plus de 100 pour les autres données) et sur une épaisseur maximale de la glande qui s'est retrouvée corrélée au pôle caudal. De plus la largeur en échographie est très controversée dans la littérature, à cause des imprécisions qui ont pu être observées et de la difficulté à obtenir une réelle coupe transversale et non pas une coupe oblique.

Enfin, notre étude est une comparaison de méthode sans a priori sur une méthode de référence. Nos résultats montrent que l'échographie sous-estime systématiquement les mesures par rapport à la tomodensitométrie pour la longueur et l'épaisseur, même si la différence n'est pas toujours significative. Au vu des données bibliographiques, la

tomodensitométrie serait donc plus proche de la taille réelle des glandes surrénales ou surestimerait la taille des glandes surrénales. Il n'est pas possible de déterminer quelle méthode est la plus exacte, c'est-à-dire la plus proche des valeurs réelles. Seule une étude comparant mesures réelles et mesures tomodensitométriques pourrait permettre de connaître l'exactitude des mesures tomodensitométriques.

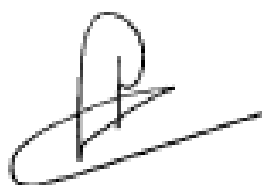
Notre étude ne permet pas de déterminer un gold standard (une méthode de référence) entre échographie et tomodensitométrie pour l'évaluation des glandes surrénales. Les résultats obtenus semblent cependant suggérer que la tomodensitométrie serait plus fiable, avec une visualisation des glandes dans 100% des cas et des mesures assez précises, même pour un opérateur non expérimenté en tomodensitométrie. Cette tendance est aussi suggérée par les données obtenues en médecine humaine. Les deux techniques ne sont néanmoins pas à opposer et l'échographie reste la modalité d'imagerie la plus accessible et la moins invasive pour l'échographie des surrénales.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

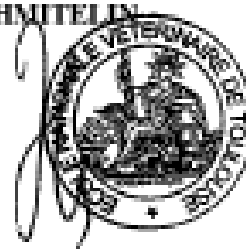
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Fabrice CONCHOU, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **PAVARD Christophe** intitulée « **Comparaison des mesures échographiques et tomодensitométriques des glandes surrénales chez le chien** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 11 mai 2017
Docteur Fabrice CONCHOU
Maître de Conférences
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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




Vu :
Le Président du jury :
Professeur Isabelle BERRY



Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 80032
31069 TOULOUSE Cedex

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



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

Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

. ANNEXES

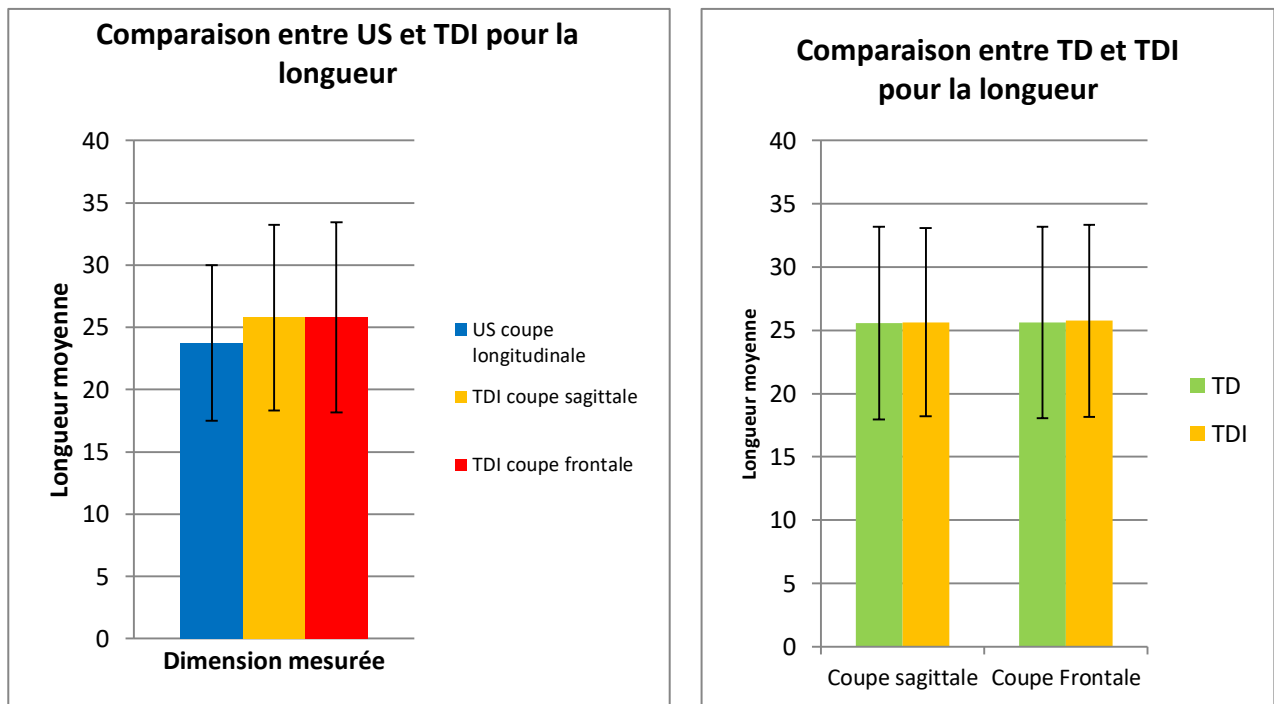


Figure 26 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour la longueur

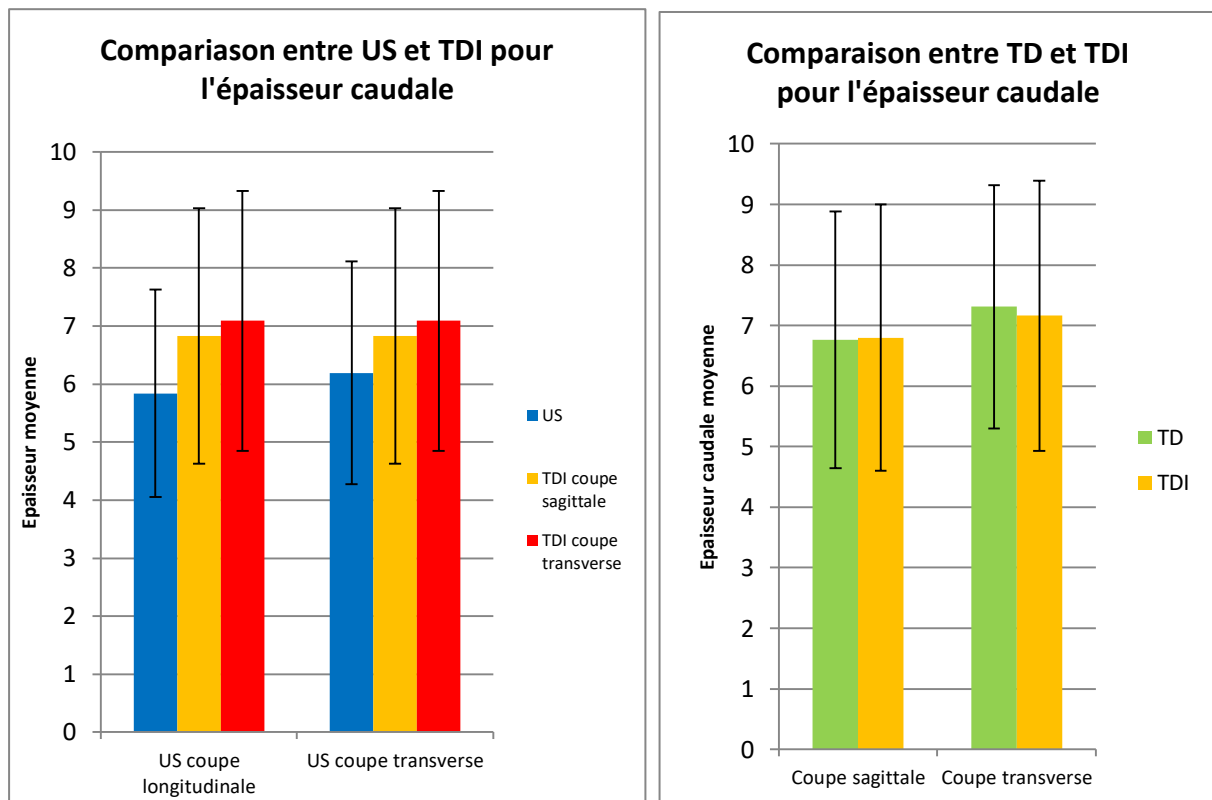


Figure 27 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour l'épaisseur caudale

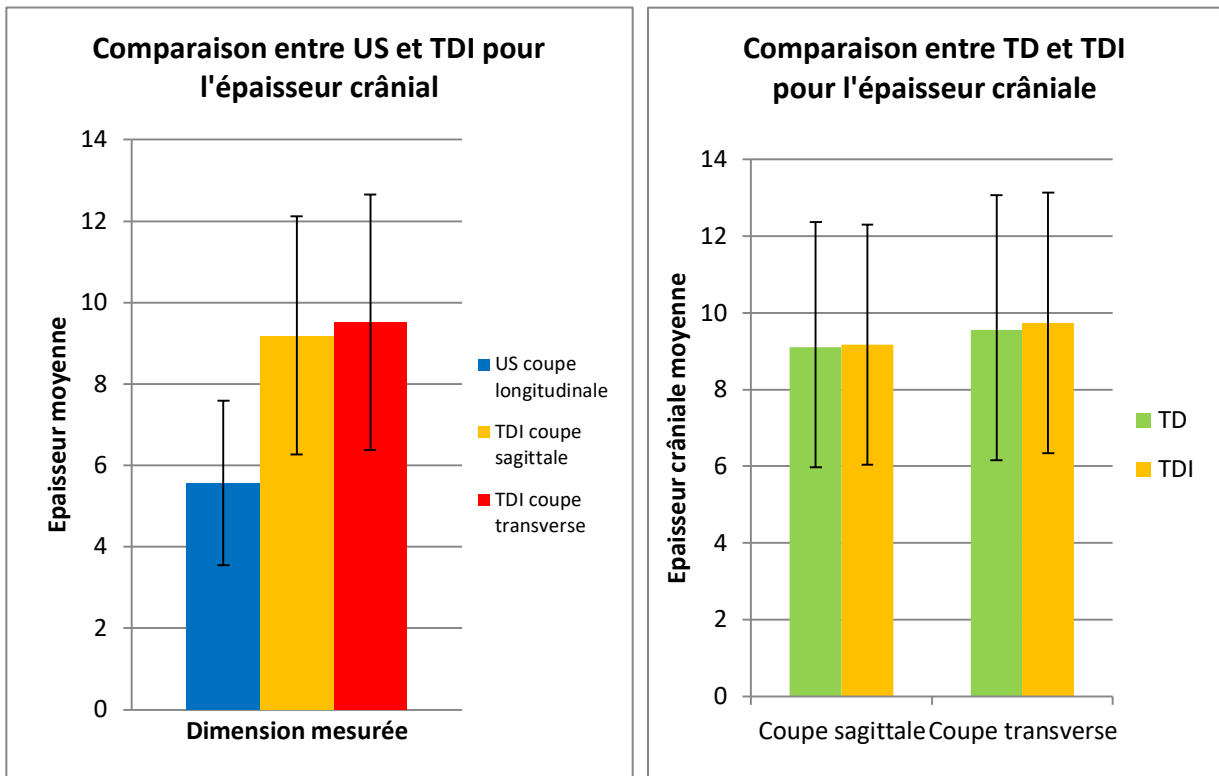


Figure 28 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour l'épaisseur crâniale

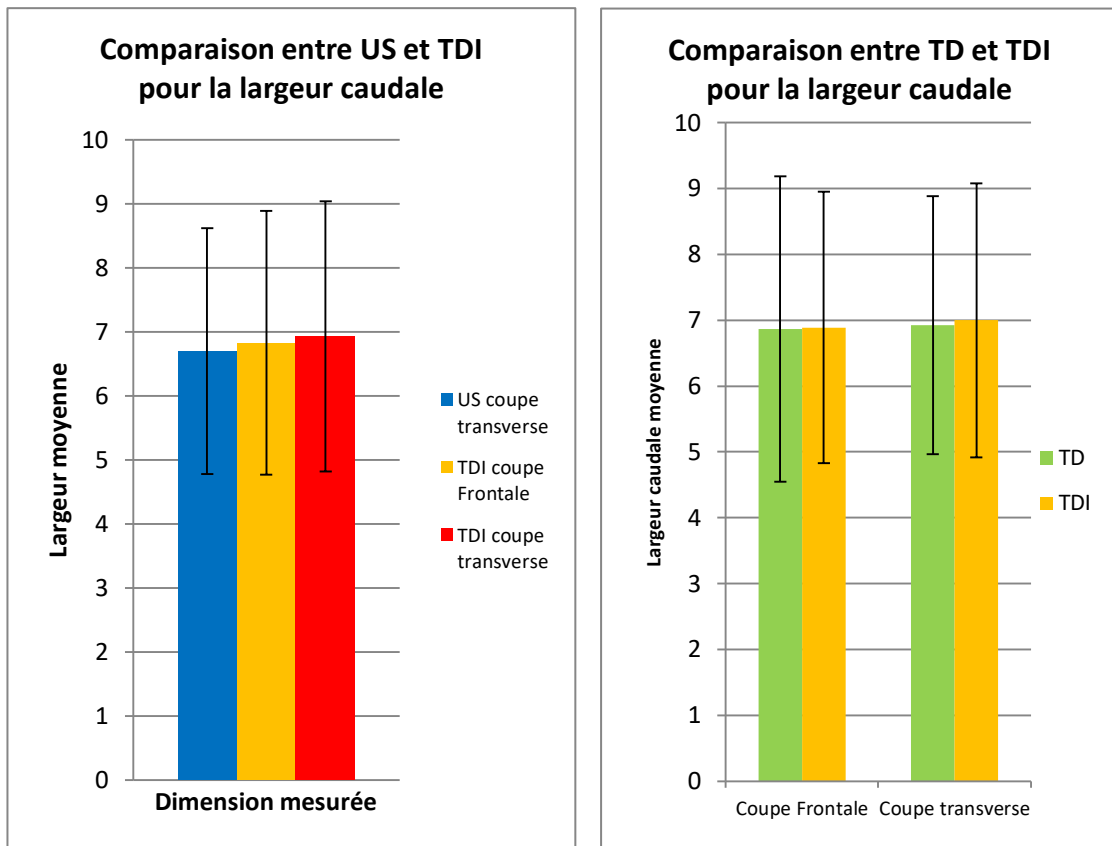


Figure 29 : Graphes représentant la comparaison entre techniques d'imagerie pour la largeur caudale

. BIBLIOGRAPHIE

- [1] **MOULIS C., (2014).** *Atlas tomodensitométrique de l'abdomen du chat sain : apport et intérêt pour une approche pédagogique.* Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 44p.
- [2] **HUSTÉ D., (2016).** *Mise au point d'un atlas en ligne d'images tomodensitométriques normales du cobaye (Cavia porcellus).* Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 65p.
- [3] **BUSHBERG J. T., BOONE, J.M., (2011).** *The Essential Physics of Medical Imaging.* B.m.: Lippincott Williams & Wilkins,. ISBN 978-0-7817-8057-5.
- [4] **FACULTÉ DE RENNES.** *La tomodensitométrie* [en ligne]. Disponible sur : https://facmed.univ-rennes1.fr/wkf/stock/RENNES20090204112358cpiszkorRX_PCEM2_2009-2.pdf (consulté le 03/04/2017)
- [5] **THRALL, D. S., (2013).** Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. In: *Textbook of veterinary diagnostic radiology.* 6^e édition. St Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders, p. 50–73.
- [6] **SPRAWLS, P.** *CT Image Quality and Dose Management* [en ligne]. Disponible sur: <http://www.sprawls.org/resources/CTIQDM/#beginning> (consulté le 03/03/2017)
- [7] **LAVAUD, A., (2013).** *Mise au point d'un atlas en ligne tomodensitométrique et IRM de l'encéphale du chien sain.* Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 61p.
- [8] **HATHCOCK, J. T., STICKLE, R. L., (1993).** Principles and Concepts of Computed Tomography. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice.* **23**, p. 399–415.
- [9] **CERF, SOLACROUP, BOYER, LE MAREC, SCHOUMAN.** *Bases physiques des rayons X* [en ligne]. Disponible sur : <http://docplayer.fr/6043703-Bases-physiques-des-rayons-x-cerf-2001-solacroup-boyer-le-marec-schouman-claey.html> (consulté le 04/03/2017)
- [10] **POULSEN NAUTRUP, C., TOBIAS, R., (2005).** *Guide pratique d'échographie canine et féline.* Paris: Med'com. ISBN 978-2-914738-45-3.
- [11] **TEXIER, A.** *Formation de l'image échographique* [en ligne]. Disponible sur: <http://slideplayer.fr/slide/9444603/> (consulté le 08/03/2017)
- [12] **GROOTERS, A. M., BILLER, D. S., THEISEN, S. K., MIYABAYASHI, T., (1996).** Ultrasonographic characteristics of the adrenal glands in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism: comparison with normal dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine / American College of Veterinary Internal Medicine*, **10**, p.110–115. ISSN 0891-6640.
- [13] **EVANS, H. E., DE LAHUNTA, A., (2013).** The Endocrine System. In: *Miller's Anatomy of the Dog*, 4^e édition : ELSEVIER, p. 417–421.

- [14] **BAKER, D. D., (1936).** Studies of suprarenal glands of dogs. 1. Comparison of the weights of suprarenal glands of mature and immature male and female dogs. *Am Journal of Anat*, p. 231–252.
- [15] **GROOTERS, A. M., BILLER, D. S., MERRYMAN, J., (1995).** Ultrasonographic parameters of normal canine adrenal glands: comparison to necropsy findings. *Vet radiol Ultrasound*, 36, p. 126–130.
- [16] **PAGANI, E., TARDUCCI, A., BORRELLI, A., IOTTI, B., TURSI M., ZANATTA, R., (2017).** Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Adrenal Glands in Dogs: Comparison with Necropsic Findings. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 46(2), p. 187–194. ISSN 1439-0264.
- [17] **LAMOUR ÉP. LAYSSOL, C., (2007).** *Etude échographique de la taille des surrénales chez 149 chiens sans hypercorticisme et 19 chiens souffrant d'hypercorticisme hypophyso-dépendant.* Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 71p.
- [18] **THEMES, U. F. O.,** *Veterian key, Adrenal Glands. Veterian Key* [en ligne]. Disponible: <http://veteriankey.com/adrenal-glands/> (consulté le 15/03/2017).
- [19] **SCHELLING, C. G., (1991).** Ultrasonography of the Adrenal Gland. *Problems in veterinary medicine*, 3, p. 604–617.
- [20] **DOUGLASS, J. P., BERRY, C. R., JAMES, S., (1997).** Ultrasonographic adrenal gland measurements in dogs without evidence of adrenal disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, 38, p. 124–130. ISSN 1058-8183.
- [21] **KEMPPAINEN, R.J., BEHREND, E., (1997).** Adrenal Physiology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 27, p. 173–186. ISSN 0195-5616.
- [22] **TOBIAS, K. M., JOHNSTON, S. A., (2012).** Endocrine system: adrenal glands. In: *Veterinary Surgery: Small Animal 2-Volume set*, ELSEVIER, p. 2033–2043.
- [23] **MAHER, E. R., MCNIEL, E. A., (1997).** Pheochromocytoma in Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 27, p.359–380. ISSN 0195-5616.
- [24] **TIDWELL, A., PENNINCK, D., BESSO, J., (1997).** Imaging of adrenal gland disorders. *Vet. Clin. North Am. (Small Anim. Pract.)*, 27, p.237–254.
- [25] **CHOI, J. H., KIM, M. E., YOON, J. H., (2008).** Ultrasonographic evaluation of adrenal gland size in small-breed dogs: comparison with pituitary dependent hyperadreno-corticism. *Proceedings of the ACVR*, 44, p.8.
- [26] **WIDMER, W. R., GUPTILL, L., (1995).** Imaging techniques for facilitating diagnosis of hyperadrenocorticism in dogs and cats. *J Am Vet Med Assoc*, 206, p.1857–1854.

- [27] **BARTHEZ, P. Y., NYLAND, T. G., FELDMAN, E. C., (1998).** Ultrasonography of the adrenal glands in the dog, cat, and ferret. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, **28**, p. 869–885. ISSN 0195-5616.
- [28] **GROOTERS, A. M., BILLER, D. S., MIYABAYASHI, T., (1994).** Evaluation of routine abdominal ultrasonography as a technique for imaging the canine adrenal glands. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc*, **30**, p. 457–462.
- [29] **GROOTERS, A. M., BILLER, D. S., MIYABAYASHI, T., (1994).** Evaluation of routine abdominal ultrasonography as a technique for imaging the canine adrenal glands. *J Am Anil Hosp Assoc*, **30**, p. 457-462.
- [30] **SPAULDING, K. A., (1997).** A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **38**, p. 4–23.
- [31] **SOULSBY, S. N., HOLLAND, M., HUDSON, J. A., BEHREND, E. N., (2015).** Ultrasonographic evaluation of adrenal gland size compared to body weight in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, **56**, p. 317–326. ISSN 1740-8261.
- [32] **BARTHEZ, P. Y., NYLAND, T. G., FELDMAN, E. C., (1998).** Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in dogs. *JAVMA*, **207**, p. 1180–1183.
- [33] **MOGICATO, G., LAYSSOL-LAMOUR, C., CONCHOU, F., DIQUELOU, A., RAHARISON, F., SAUTET, J., CONCORDET, D., (2011).** Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in healthy dogs: repeatability, reproducibility, observer-dependent variability, and the effect of bodyweight, age and sex. *The Veterinary Record*, **168**, p. 130. ISSN 2042-7670.
- [34] **VOORHOUT, G., (1990).** X-ray-computed tomography, nephrotomography, and ultrasonography of the adrenal glands of healthy dogs. *Am J Vet Res*, **51**, p. 625–629.
- [35] **DE CHALUS, T., COMBES, A., BEDU, A-S., PEY, P., DAMINET, S., DUCHATEAU, L., SAUNDERS, J. H., (2013).** Ultrasonographic adrenal gland measurements in healthy Yorkshire Terriers and Labrador Retrievers. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **42**, p. 57–64. ISSN 1439-0264.
- [36] **HOERAUF, A., REUSCH, C., (1999).** Ultrasonographic characteristics of both adrenal glands in 15 dogs with functional adrenocortical tumors. *Journal of the American Animal Hospital Association*, **35**, p. 193–199.
- [37] **BARBERET, V., PEY, P., DUCHATEAU, L., COMBES, A., DAMINET, S., SAUNDERS, J. H., (2010).** Intra- and interobserver variability of ultrasonographic measurements of the adrenal glands in healthy Beagles. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, **51**, p.656–660. ISSN 1058-8183.
- [38] **KANTROWITZ, B. M., NYLAND, T. G., FELDMAN, E. C., (1986).** Adrenal ultrasonography in the dog: detection of tumors and hyperplasia in hyperadrenocorticism. *Vet Radiol*, **27**, p. 91–96.

- [39] **WENGER, M., MUELLER, C., KOOK, P. H., REUSCH, C. E., (2010).** Ultrasonographic evaluation of adrenal glands in dogs with primary hypoadrenocorticism or mimicking diseases. *The Veterinary Record*, **167**, p. 207–210. ISSN 2042-7670.
- [40] **BENCHEKROUN, G., DE FORNEL-THIBAUD, P., RODRÍGUEZ PIÑEIRO, M. I., RAULT, D., BESSO, J., COHEN, A., HERNANDEZ, J., STAMBOULI, F., GOMES, E., GARNIER, F., BEGON, D., MAUREY-GUENEC, C., ROSENBERG, D., (2010).** Ultrasonography Criteria for Differentiating ACTH Dependency from ACTH Independence in 47 Dogs with Hyperadrenocorticism and Equivocal Adrenal Asymmetry: Equivocal Adrenal Asymmetry in Canine Hyperadrenocorticism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **24**, p. 1077–1085. ISSN 08916640.
- [41] **DE MARCO, V., PEREIRA, R. S., KAGE, N. K., SANTOS F. A., RAMOS, V. K., (2010).** Ultrasonographic adrenal glands thickness measurement in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism in comparison with normal dogs matched by weight body. *J Vet Intern Med*, **24**, p. 746–747.
- [42] **BARBERET, V., SCHREURS, E., RADEMACHER, N., NITZL, D., TAEYMANS, O., DUCHATEAU, L., SAUNDERS, J. H., (2008).** Quantification of the effect of various patient and image factors on ultrasonographic detection of select canine abdominal organ. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **49**, p. 273–276. ISSN 1058-8183.
- [43] **GOLDSTEIN, A., (2000).** Errors in ultrasound digital image distance measurements. *Ultrasound in medicine & biology*, **26**, p. 1125–1132.
- [44] **LLABRES-DIAZ, F. J., DENNIS, R., (2003).** Magnetic resonance imaging of the presumed normal canine adrenal glands. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **44**, p. 5–19.
- [45] **SAUNDERS, H. M., PUGH, C. R., RHODES, W. H., (1992).** Expanding applications of abdominal ultrasonography. *Journal of the American Animal Hospital Association*, **28**, p. 369–374.
- [46] **PERRIN, J. F., Répétabilité Reproductibilité : définitions [en ligne].** Disponible sur : <http://www.perrin33.com/incertitudes/iso5725-2/repetrepro.html> (consulté le 23/03/2017).
- [47] **BENTO, P. L., CENTER, S. A., RANDOLPH, J. F., YEAGER, A. E., BICALHO, R. C., (2016).** Associations between sex, body weight, age, and ultrasonographically determined adrenal gland thickness in dogs with non-adrenal gland illness. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **248**, p. 652–660. ISSN 0003-1488.
- [48] **HOERAUF, A., REUSCH, C., (1995).** Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in healthy dogs, dogs with no evidence of endocrine disease and dogs with Cushing's disease. *Vet Radiol Ultrasound*, **36**, 434.
- [49] **GOULD, S. M., BAINES, E. A., MANNION, P. A., EVANS, H., HERRTAGE, M. E., (2001).** Use of endogenous ACTH concentration and adrenal ultrasonography to distinguish the cause of canine hyperadrenocorticism. *J. Small Anim. Pract*, **42**, 113–121.

- [50] **HOERAUF, A., REUSCH, C., (1999).** Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in six dogs with hypoadrenocorticism. *Journal of the American Animal Hospital Association*, **35**, p. 214–218. ISSN 0587-2871.
- [51] **FELDMAN, E. C., NELSON, R. W., (2004).** Canine hyperadrenocorticism (Cushing's syndrome). In: *Canine and feline endocrinologie and reproduction*. 3^e edition : Saunders, p. 253–357.
- [52] **RUCKSTUHL, N., NETT, C., REUSCH, C., (2002).** Results of clinical examination, laboratory tests and ultrasonography in dogs with pituitary-dependant hyperadrenocorticism treated with trilostane. *Am. J. Vet. Res*, **63**, p. 506–512.
- [53] **BESSO, J. G., PENNING, D. G., GLIATTO, J. M., (1997).** Retrospective ultrasonographic evaluation of adrenal lesions in 26 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **38**, p. 448–455.
- [54] **KLEIN, S. C., PETERSON, M. E., (2010).** Canine hypoadrenocorticism: Part I. *The Canadian Veterinary Journal*, **51**, p. 63–69. ISSN 0008-5286.
- [55] **VOORHOUT, G., STOLP, R., RIJNBEEK, A., VAN WAES, P. F., (1990).** Assessment of survey radiography and comparison with x-ray computed tomography for detection of hyperfunctioning adrenocortical tumors in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **196**, p. 1799–1803.
- [56] **VOORHOUT, G., STOLP, R., LUBBERINK, A. A., VAN WAES, P. F., (1988).** Computed tomography in the diagnosis of canine hyperadrenocorticism not suppressible by dexamethasone. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **192**, p. 641–646. ISSN 0003-1488.
- [57] **RODRÍGUEZ PIÑEIRO, M. I., DE FORNEL-THIBAUD, P., BENCHEKROUN, G., GARNIER, F., MAUREY-GUENEC, C., DELISLE F., ROSENBERG, D., (2011).** Use of computed tomography adrenal gland measurement for differentiating ACTH dependence from ACTH independence in 64 dogs with hyperadrenocorticism. *Journal of Veterinary Internal Medicine / American College of Veterinary Internal Medicine*, **25**, p. 1066–1074. ISSN 1939-1676.
- [58] **BERTOLINI, G., FURLANELLO, T., DE LORENZI, D., CALDIN, M., (2006).** Computed tomographic quantification of canine adrenal gland volume and attenuation. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, **47**, p. 444–448. ISSN 1058-8183, 1740-8261.
- [59] **EMMS, S. G., WORTMAN, J. A., JOHNSTON, D. E., GOLDSCHMIDT, M. H., (1986).** Evaluation of canine hyperadrenocorticism, using computed tomography. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **189**, p. 432–439.
- [60] **BAILEY, M. Q., (1986).** Use of x-ray-computed tomography as an aid in location of adrenal masses in the dog. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **188**, p. 1046–1049.
- [61] **GREGORI, T., MANTIS, P., BENIGNI, L., PRIESTNALL, S. L., LAMB, C. R., (2015).** Comparison of computed tomographic and pathologic findings in 17 dogs with primary adrenal neoplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association*, **56**, p. 153–159. ISSN 1740-8261.

- [62] **POLLARD, R., PUCHALSKI, S., (2011).** CT Contrast Media and Applications. In: *Veterinary Computed tomography*. Wiley-Blackwell, p. 57–58.
- [63] **SCHNELLER, J., REISER, M., BEUSCHLEIN, F., OSSWALD, A., PALLAUF, A., RIESTER, A., TIETZE, J. K., REINCKE, M., DEGENHART, C., (2014).** Linear and Volumetric Evaluation of the Adrenal Gland—MDCT-Based Measurements of the Adrenals. *Academic Radiology*, **21**, p. 1465–1474. ISSN 1076-6332.
- [64] **SAMPLE, W. F., SARTI, D. A., (1978).** Computed Tomography and Gray Scale Ultrasonography of the Adrenal Gland: A Comparative Study. *Radiology*, **128**, p. 377–383. ISSN 0033-8419.
- [65] **ABRAMS, H. L., SIEGELMAN, S. S., ADAMS, D. F., SANDERS, R., FINBERG, H. J., HESSEL, S. J., MCNEIL, B. J., (1982).** Computed tomography versus ultrasound of the adrenal gland: a prospective study. *Radiology*. 1982, **143**, p. 121–128. ISSN 0033-8419.
- [66] **FIELDS, E. L., ROBERTSON, I. D., OSBORNE, J. A., BROWN, J. C. (2012).** Comparison of Abdominal Computed Tomography and Abdominal Ultrasound in Sedated Dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **53**, p. 513–517. ISSN 10588183.
- [67] **CERFOLIO, R. J., VAUGHAN, E. D., BRENNAN, J. R., HIRVELA, E. R., (1993).** Accuracy of computed tomography in predicting adrenal tumor size. *Surgery, gynecology & obstetrics*, **176**, p. 307–309. ISSN 0039-6087.
- [68] **LINOS, D. A., STYLOPOULOS, N., (1997).** How Accurate Is Computed Tomography in Predicting the Real Size of Adrenal Tumors? *Archives of Surgery*, **132**, p. 740–743. ISSN 0004-0010.

Toulouse, 2017

NOM : PAVARD

PRENOM : CHRISTOPHE

TITRE : COMPARAISON DES MESURES ECHOGRAPHIQUES ET TOMODENSITOMETRIQUES DES GLANDES SURRENALES CHEZ LE CHIEN

RÉSUMÉ :

La longueur, l'épaisseur crâniale et caudale ainsi que la largeur crâniale et caudale des glandes surrénales droites et gauches de 56 chiens ont été comparées sur des images obtenues par échographie et tomodensitométrie avec et sans produit de contraste. Une reconstruction 3D des images tomodensitométriques a été réalisée, permettant l'exploration des données dans 3 plans de coupe. Une différence significative a été observée pour l'épaisseur entre échographie et tomodensitométrie avec une différence très élevée de 3,5 à 4 mm pour l'épaisseur crâniale moyenne et une différence de 0,6 à 1,4 mm pour l'épaisseur caudale. Une corrélation linéaire avec un facteur de corrélation assez élevé (0,77) a été trouvée pour l'épaisseur caudale entre tomodensitométrie et échographie, mais pas pour l'épaisseur crâniale. Il n'y a pas de différence significative observée pour la longueur et la largeur entre tomodensitométrie et échographie. Il n'y a pas de différence significative observée pour les mesures tomodensitométriques avec ou sans produit de contraste. Des différences significatives entre coupes transverses et coupes longitudinales échographiques pour l'épaisseur caudale ont été trouvées. Certaines coupes ont montré des différences significatives en tomodensitométrie pour l'exploration d'une même dimension.

MOTS-CLÉS : GLANDES SURRENALES, METROLOGIE, TOMODENSITOMETRIE, ECHOGRAPHIE, COMPARAISON DE METHODE

ENGLISH TITLE: COMPARATIVE STUDY OF ULTRASONOGRAPHIC AND COMPUTED TOMOGRAPHIC MEASUREMENTS OF ADRENAL GLANDS IN THE DOG

ABSTRACT:

The measurements of length, cranial and caudal thickness and width of adrenal glands of 56 dogs were compared between ultrasonography and computed tomography (with or without contrast). Three dimensions computed tomographic reformatted images were used allowing an exploration in the three plans. A significant difference was found between ultrasonography and computed tomography for the Thickness with a very elevated difference of 3,5-4,0 mm for the cranial thickness and a moderate difference of 0,6-1,4 mm for the caudal thickness. A good linear correlation (0,77) was found between Ultrasonography and computed tomography for the caudal thickness and no effect of the lateralization was found for both poles. No significant difference between the two imaging modalities for the length and the width. No significant difference was found between computed tomography with or without contrast. A significant difference was found between the longitudinal and the transverse plan in ultrasonography and some plan comparisons in computed tomography.

KEYWORDS: ADRENAL GLANDS, COMPUTED TOMOGRAPHY, ULTRASONOGRAPHY, METHODS COMPARISON