



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 : 5087](http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints/5087)

To cite this version :

Lafforgue, Pauline. *Comparaison des valeurs TM en échocardiographie du ventricule gauche en coupe longitudinale et en coupe transversale abord droit du chien et du chat*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2011, 85 p.

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

COMPARAISON DES VALEURS TM EN ÉCHOCARDIOGRAPHIE DU VENTRICULE GAUCHE EN COUPE LONGITUDINALE ET EN COUPE TRANSVERSALE ABORD DROIT DU CHIEN ET DU CHAT

THÈSE
Pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLÔME D'ÉTAT

*Présentée et soutenue publiquement en 2011
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Pauline LAFFORGUE

Née, le 27 décembre 1986 à TOULOUSE (31)

Directeur de thèse : Mme Armelle DIQUELOU

JURY

PRÉSIDENT :

M. Jérôme RONCALLI

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :

Mme. Armelle DIQUELOU

Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

M. Fabrice CONCHOU

Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
ECOLE NATIONALE VÉTÉRAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. A. MILON

Directeurs honoraires M. G. VAN HAVERBEKE.
M. P. DESNOYERS

Professeurs honoraires :

M. L. FALIU	M. J. CHANTAL	M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE
M. C. LABIE	M. JF. GUELFI	M. DORCHIES
M. C. PAVAU	M. EECKHOUTTE	
M. F. LESCURE	M. D.GRIESS	
M. A. RICO	M. CABANIE	
M. A. CAZIEUX	M. DARRE	
Mme V. BURGAT	M. HENROTEAUX	

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1^o CLASSE

M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 2^o CLASSE

Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
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. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*

- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
M. **MAGNE Laurent**, *Urgences soins-intensifs*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **SOUBIES Sébastien**, *Microbiologie et infectiologie*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie*
Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*
Mlle **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

REMERCIEMENTS

A mon président de thèse,

A Monsieur le Professeur Jérôme RONCALLI

*Professeur Universitaire-Praticien Hospitalier à l'Université Paul Sabatier
Cardiologie générale et interventionnelle*

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

A mon jury de thèse,

A Madame le Docteur Armelle DIQUELOU

*Maître de conférence à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie médicale des Équidés et des Carnivores*

Qui m'a fait l'honneur de me confier ce travail et qui m'a guidée dans sa réalisation,
Sincère reconnaissance

A Monsieur le Docteur Fabrice CONCHOU

*Maître de conférence à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Imagerie médicale*

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

A Monsieur le Docteur Kevin LEBOEDEC,

*Ancien maître de conférences contractuel à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie médicale des Équidés et des Carnivores*

Dont l'aide m'a été précieuse dans l'élaboration de cette thèse

A toute ma famille,

Qui m'a toujours soutenue et accompagnée dans tout ce que j'ai pu entreprendre

A Marion,

Toujours présente durant ces cinq années et plus encore...

A Maud et Stéphanie,

Ma plus grande histoire d'amitié

A Clémence,

Ma sœur jumelle cachée

Et à tous mes amis chers...

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	9
LISTE DES ABREVIATIONS	13
LISTE DES ILLUSTRATIONS	15
INTRODUCTION	17
PREMIÈRE PARTIE : DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES	21
1. MESURE EN MODE TEMPS-MOUVEMENT DES PARAMÈTRES DU VENTRICULE GAUCHE CHEZ LE CHAT ET CHEZ LE CHIEN	23
1.1. DEFINITION DU MODE TEMPS-MOUVEMENT	23
1.2. RÉALISATION DES MESURES DU VENTRICULE GAUCHE EN MODE TEMPS-MOUVEMENT	23
1.2.1. MESURES VENTRICULAIRES GAUCHES : RECOMMANDATIONS	23
1.2.1.1. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES	23
1.2.1.2. DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE	24
1.2.2. POSITIONNEMENT DE L'ANIMAL	25
1.2.3. COUPES ECHOCARDIOGRAPHIQUES et FAISCEAUX D'ULTRASONS.....	25
1.2.3.1. ANATOMIE COMPARÉE DU THORAX et ECHOCARDIOGRAPHIE	25
1.2.3.2. COUPE GRAND AXE DU CŒUR et FAISCEAU D'ULTRASONS	28
1.2.3.2.1. RÉALISATION	28
1.2.3.2.2. INTÉRÊTS.....	29
1.2.3.3. COUPE PETIT AXE DU CŒUR et FAISCEAU D'ULTRASONS	30
1.2.3.3.1. REALISATION	30
1.2.3.3.2. INTÉRÊTS.....	31
2. VARIABILITÉ DES MESURES DU VENTRICULE GAUCHE EN MODE TM ET CONSEQUENCES	33
2.1. IMPORTANCE PRATIQUE DES MESURES DE DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE	33
2.1.1. VALEURS DE RÉFÉRENCE DES DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE	33
2.1.1.1. CHEZ LE CHAT	34
2.1.1.2. CHEZ LE CHIEN	35
2.1.2. DIAGNOSTIC D'AFFECTIONS CARDIAQUES ET VARIABILITÉ DES MESURES	35
2.1.2.1. CHEZ LE CHAT	36
2.1.2.2. CHEZ LE CHIEN	37

2.2. FACTEURS DE VARIABILITÉ DES MESURES EN COUPE PETIT AXE ET EN COUPE GRAND AXE DU CŒUR	38
2.2.1. VARIABILITÉ DES MESURES : DÉFINITIONS	38
2.2.2. GÉNÉRALITÉS	38
2.2.3. COUPE GRAND AXE DU CŒUR.....	39
2.2.3. COUPE PETIT AXE DU CŒUR.....	39
SECONDE PARTIE : DONNÉES EXPÉRIMENTALES	41
1. INTÉRÊT ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE	43
2. MATÉRIEL ET MÉTHODE	43
2.1. ANIMAUX	43
2.2. MATÉRIEL D'ÉCHOGRAPHIE ET ENVIRONNEMENT	43
2.3. DÉROULEMENT DES EXAMENS ÉCHOCARDIOGRAPHIQUES	44
2.3.1. RÉPÉTABILITÉS DES MESURES	45
2.3.2. COMPARAISON DES MESURES TM EN COUPE TRANSVERSALE ET EN COUPE LONGITUDINALE	45
2.4. ANALYSE STATISTIQUE	45
3. RÉSULTATS	46
3.1. RÉPÉTABILITÉ DES MESURES	46
3.1.1. CHEZ LE CHAT.....	46
3.1.2. CHEZ LE CHIEN	47
3.2. MESURES ÉCHOCARDIOGRAPHIQUES	48
3.3. MESURES EN COUPE LONGITUDINALE ET EN COUPE TRANSVERSALE	49
3.3.1. CHEZ LE CHAT.....	49
3.3.2. CHEZ LE CHIEN	51
4. DISCUSSION	52
4.1. RÉPÉTABILITÉ DES MESURES	53
4.2. COMPARAISON DES MESURES EN COUPE TRANSVERSALE ET EN COUPE LONGITUDINALE	54
4.2.1. POPULATION ÉTUDIÉE	54
4.2.2. CHEZ LE CHAT.....	55
4.2.3. CHEZ LE CHIEN	58
CONCLUSION	61
BIBLIOGRAPHIE	65

ANNEXE 1 : Composition raciale des populations de 110 chats et de 93 chiens de l'étude	75
ANNEXE 2 : Valeurs de mesures du ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les 110 chats de l'étude	76
ANNEXE 3 : Valeurs de mesures du ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les 93 chiens de l'étude	80
ANNEXE 4 : Boxplot des six paramètres mesurés du ventricule gauche et de la fraction de raccourcissement en coupe transversale et en coupe longitudinale obtenue à partir des 110 chats de l'étude	84
ANNEXE 5 : Boxplot des six paramètres mesurés du ventricule gauche et de la fraction de raccourcissement en coupe transversale et en coupe longitudinale obtenue à partir des 93 chiens de l'étude	85

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANOVA	Analyse of Variance
BD	Bi-dimensionnel
CL	Coupe transversale
CT	Coupe longitudinale
CV	Coefficient de variation
ENVT	École Nationale Vétérinaire de Toulouse
FR	Fraction de raccourcissement
MHz	Mégahertz
PVGD	Épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole
PVGS	Épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche en fin de systole
Q1	Quartile 1
Q3	Quartile 3
SED	Épaisseur du septum interventriculaire en fin de diastole
SES	Épaisseur du septum interventriculaire en fin de systole
TM	Temps-mouvement
VGD	Diamètre interne du ventricule gauche en fin de diastole
VGS	Diamètre interne du ventricule gauche en fin de systole

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Moyennes et écarts-type de référence des dimensions du ventricule gauche et de la fraction raccourcissement chez le chat	33
Tableau 2 :	Moyennes, écarts-type, maximum et minimum des dimensions du ventricule gauche et de la fraction de raccourcissement chez le chien	34
Tableau 3 :	Moyennes, écarts-type et coefficients de variation de répétabilité (CV) de différents paramètres du ventricule gauche obtenus à partir de 10 chats sains en coupe transversale et en coupe longitudinale	47
Tableau 4 :	Moyennes, écarts-type et coefficients de variation de répétabilité (CV) de différents paramètres du ventricule gauche obtenus à partir de 8 chiens sains en coupe transversale et en coupe longitudinale	47
Tableau 5 :	Moyennes et écarts-types des mesures de SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS et FR en coupe longitudinale et en coupe transversale des 110 chats de l'étude	48
Tableau 6 :	Moyennes et écarts-types des mesures de SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS et FR en coupe longitudinale et en coupe transversale des 93 chiens de l'étude	48
Tableau 7 :	Test t de Student pour des échantillons appariés pour chaque paramètre mesuré, SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS ainsi que la FR ..	50
Tableau 8 :	Valeurs de dimensions et moyennes de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les chats n°18, 44, 82, 87, 94 et 108	51
Tableau 9 :	Valeurs de dimensions et moyennes de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les chats n°73, 85 et 106	51
Tableau 10 :	Valeurs des coefficients de variation de répétabilité de notre étude en coupe transversale et en coupe longitudinale et des coefficients de variation de répétabilité rapportés dans la littérature chez le chat	53
Tableau 11 :	Valeurs des coefficients de variation de répétabilité de notre étude en coupe transversale et en coupe longitudinale et des coefficients de variation de répétabilité rapportés dans la littérature chez le chien.....	54

Liste des figures

Figure 1 :	Topographie du cœur chez l'homme	26
Figure 2 :	Topographie du cœur chez le chien	27
Figure 3 :	Schématisation de la coupe n°2 de Feigenbaum selon une vue longitudinale et une vue transversale	28
Figure 4 :	Échocardiogramme obtenu en mode temps-mouvement à partir d'une coupe « grand axe cinq cavités » du cœur	29
Figure 5 :	Échocardiogramme obtenu en mode temps-mouvement à partir d'une coupe « petit axe » du cœur	30
Figure 6 :	Courbes d'interaction entre la moyenne des mesures ventriculaires (struct) et la coupe utilisée chez le chat	49
Figure 7 :	Courbes d'interaction entre la moyenne des mesures ventriculaires (struct) et la coupe utilisée chez le chien	52

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis plus de quarante ans, l'échocardiographie chez l'homme comme chez les carnivores domestiques se développe et s'améliore avec de nouvelles techniques. Historiquement, le déroulement de l'examen échocardiographique du chat et du chien, et notamment des mesures en mode temps-mouvement, a été élaboré à partir de celui de l'homme. Chez ce dernier, l'American Society of Echocardiography recommande de réaliser les mesures en mode temps-mouvement selon une coupe « grand axe cinq cavités du cœur » ou coupe longitudinale (35). Feigenbaum a défini à partir de cette vue différentes coupes, appelées « axes de Feigenbaum », afin d'effectuer notamment les mesures de dimensions du ventricule gauche. Compte tenu des différences anatomiques majeures, l'examen échocardiographique en mode temps-mouvement chez les carnivores domestiques a finalement été décrit par plusieurs auteurs à partir de la coupe « petit axe transventriculaire du cœur » ou coupe transversale (56, 58). Les « axes de Feigenbaum » ont alors été adaptés à cette vue. Les examens en mode TM sont aujourd'hui réalisés « en routine » selon cette coupe transversale. Toutefois, certains auteurs préfèrent toujours utiliser la coupe longitudinale pour évaluer les dimensions ventriculaires. Très peu d'études ont comparé les mesures obtenues en coupe transversale et en coupe longitudinale chez le chat et chez le chien. Pourtant, compte tenu de la forte valeur diagnostique et pronostique des mesures en mode temps-mouvement, il est nécessaire d'obtenir des valeurs de dimensions du ventricule gauche les plus justes possibles. Une surestimation de ces mesures peut en effet aboutir à un diagnostic erroné de cardiopathie, par exemple. L'objectif de cette thèse est donc tout d'abord de présenter les intérêts et les facteurs de variabilité inhérents à chacune des coupes deux dimensions vis-à-vis du ventricule gauche, avant d'aborder l'étude menée ensuite sur les mesures obtenues en coupe transversale et en coupe longitudinale à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT).

La première partie concerne la réalisation des mesures en mode temps-mouvement ainsi que la variabilité relative au choix de la coupe et ses conséquences, à partir d'une recherche bibliographique. Il s'agit d'exposer les avantages et les sources de biais de chacune des deux coupes.

La seconde partie présente l'approche expérimentale de la comparaison des mesures effectuées en mode temps-mouvement selon la coupe transversale et selon la coupe longitudinale chez le chat et chez le chien.

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

1. MESURE EN MODE TEMPS-MOUVEMENT DES PARAMÈTRES DU VENTRICULE GAUCHE CHEZ LE CHAT ET CHEZ LE CHIEN

Cette première partie s'intéresse aux mesures et aux techniques de mesures des valeurs relatives au ventricule gauche en mode temps-mouvement.

1.1. DEFINITION DU MODE TEMPS-MOUVEMENT

L'examen en mode temps-mouvement fait partie intégrante d'une échocardiographie complète. Il permet d'obtenir une image du cœur en une seule dimension, selon un faisceau d'ultrasons orienté par l'opérateur. Il consiste à visualiser le défilement de l'image au cours du temps à vitesse constante choisie. L'image obtenue à l'écran présente le temps en abscisse et l'échogénicité des structures rencontrées par le faisceau d'ultrasons en ordonnée (7, 10). A partir de ces images, l'opérateur est capable de mesurer les dimensions des cavités cardiaques, notamment celles relatives au ventricule gauche à des moments précis du cycle cardiaque (télédiastole et systole) et également d'évaluer la fonction systolique du cœur. La visualisation simultanée d'un électrocardiogramme (ECG) en dérivation II est nécessaire à l'échographiste pour repérer les différentes phases du cycle cardiaque.

1.2. RÉALISATION DES MESURES DU VENTRICULE GAUCHE EN MODE TEMPS-MOUVEMENT

1.2.1. MESURES VENTRICULAIRES GAUCHES : RECOMMANDATIONS

Les mesures en mode temps-mouvement en médecine humaine sont réalisées suivant les recommandations de l'American Society of Echocardiography (35). Ces recommandations concernent notamment les mesures de dimensions du ventricule gauche, diamètre interne et épaisseur des parois ventriculaires, nécessaires à l'évaluation de la fonction systolique du cœur et au calcul de volume et de masse du ventricule gauche.

1.2.1.1. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

La première recommandation concerne la coupe effectuée pour réaliser les mesures de dimensions. Celle-ci sera abordée dans le chapitre suivant.

La deuxième fait part de l'importance de l'incidence du faisceau d'ultrasons. Celui-ci doit être le plus perpendiculaire possible au septa ventriculaires. La valeur de l'angle

mesuré entre l'axe de tir des ultrasons et une paroi ventriculaire, est décisive pour ne pas surestimer les dimensions cardiaques. D'autre part, l'orientation du faisceau d'ultrasons est directement liée au choix de la coupe deux-dimensions, et sera donc détaillée dans les chapitres suivants (10, 65).

Enfin, la dernière s'intéresse à la réalisation de la prise des mesures. Tout d'abord, il s'agit d'identifier les limites des structures cardiaques à mesurer. Des études ont montré que la plus grande fiabilité des mesures était obtenue en choisissant la ligne échogène la plus proximale comme délimitation de surface. Cela concerne ici l'endocarde et l'épicarde du septum interventriculaire ainsi que de la paroi libre du ventricule gauche (19). Ensuite, il s'agit de réaliser les mesures à des instants précis du cycle cardiaque. Toutes les dimensions doivent être mesurées en fin de diastole et en fin de systole. La fin de la diastole est repérable au début ou au maximum du complexe QRS lu sur l'électrocardiogramme. Il est préférable de la visualiser après la fermeture de la valvule mitrale en CL ou lorsque le diamètre du ventricule gauche est le plus grand (extensions maximales antérieure du septum et postérieure de la paroi libre du ventricule gauche). La fin de la systole est repérable avant l'ouverture de la valvule mitrale en CL ou lorsque le diamètre du ventricule gauche est le plus petit (extensions maximales postérieure du septum et antérieure de la paroi libre du ventricule gauche) (35, 46, 54).

1.2.1.2. DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE (10)

DIAMÈTRE INTERNE TELÉDIASTOLIQUE DU VENTRICULE GAUCHE (VGD)

Le diamètre interne télédiastolique du ventricule gauche correspond à la distance entre l'endocarde du septum interventriculaire et l'endocarde de la paroi libre du ventricule gauche. Il se mesure en fin de diastole.

DIAMÈTRE INTERNE TÉLÉSYSTOLIQUE DU VENTRICULE GAUCHE (VGS)

Le diamètre interne télésystolique du ventricule gauche correspond à la distance entre l'endocarde du septum interventriculaire et l'endocarde de la paroi libre du ventricule gauche. Il se mesure en fin de systole.

EPAISSEUR SEPTALE EN DIASTOLE (SED)

L'épaisseur septale en diastole correspond à la longueur mesurée entre l'endocarde du septum interventriculaire du ventricule droit et celui du ventricule gauche. Elle se mesure en fin de diastole.

EPAISSEUR SEPTALE EN SYSTOLE (SES)

L'épaisseur septale en systole correspond à la longueur mesurée entre l'endocarde du septum interventriculaire du ventricule droit et celui du ventricule gauche. Elle se mesure en fin de systole.

EPAISSEUR PARIÉTALE DIASTOLIQUE DU VENTRICULE GAUCHE (PVG D)

L'épaisseur pariétale diastolique du ventricule gauche correspond à la longueur mesurée entre l'endocarde et l'épicarde de la paroi libre du ventricule gauche. Elle se mesure en fin de diastole.

EPAISSEUR PARIÉTALE SYSTOLIQUE DU VENTRICULE GAUCHE (PVG S)

L'épaisseur pariétale systolique du ventricule gauche correspond à la longueur mesurée entre l'endocarde et l'épicarde de la paroi libre du ventricule gauche. Elle se mesure en fin de systole.

1.2.2. POSITIONNEMENT DE L'ANIMAL

LA POSITION DEBOUT

Cette position offre une fenêtre de visualisation correcte. En avançant légèrement le membre antérieur droit ainsi qu'en opérant une flexion de l'encolure de l'animal du côté opposé à celui de l'opérateur, la surface explorée peut être augmentée. L'assistant maintient ainsi l'animal debout, plaqué contre lui, une main sous le ventre ou entre les membres pelviens, et l'autre main sous l'encolure (10, 14).

LE DECUBITUS LATÉRAL

Réaliser une échocardiographie en décubitus latéral nécessite le recours à une table fenêtrée avec un accès au thorax par le dessous. L'animal est alors maintenu par un assistant, les deux membres thoraciques dans une main et les deux membres pelviens dans l'autre main. Selon différents auteurs, cette position serait la meilleure pour effectuer l'examen échocardiographique. Elle offrirait une meilleure qualité d'images et le contact entre le cœur et la paroi thoracique serait optimisé (10, 14, 61). Cependant, une étude a comparé les valeurs TM obtenues selon les deux positions, chez le chien (11). Elle montre que la position debout permet des mesures au moins aussi bonnes que celles effectuées en position couchée.

1.2.3. COUPES ECHOCARDIOGRAPHIQUES et FAISCEAUX D'ULTRASON

1.2.3.1. ANATOMIE COMPARÉE DU THORAX et ECHOCARDIOGRAPHIE

Chez l'homme, le thorax est aplati dorso-ventralement. On distingue un demi cœur gauche et un demi cœur droit, trois faces (une face sterno-costale antérieure, une face diaphragmatique inférieure et une face latérale gauche), une base légèrement

inclinée dorsalement et vers la droite ainsi qu'un apex orienté ventralement et vers la gauche. L'axe du cœur de l'homme est donc orienté légèrement dorso-ventralement et de la droite vers la gauche. Son aire de projection s'étend de la 2^{ème} à la 6^{ème} côte (31, 53).

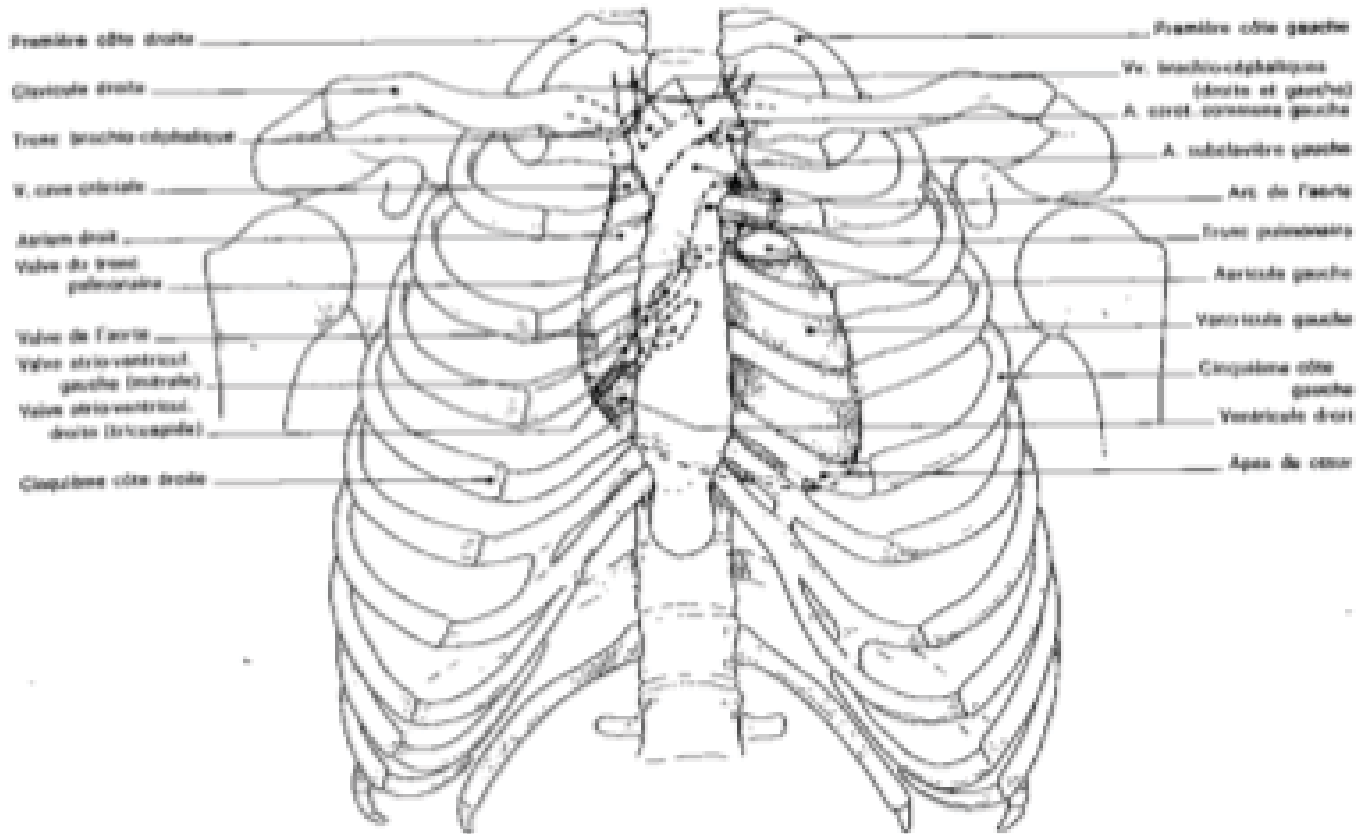


Figure 1 : Topographie du cœur chez l'homme (illustration tirée de Barone (4))

Chez le chien et chez le chat, le thorax est aplati latéro-latéralement et le cœur est alors pivoté sur son axe longitudinal, vers la gauche. Il présente un contact direct avec la paroi thoracique droite. Une « encoche » existe en effet, entre les lobes pulmonaires droits moyen et crânial (10, 21). Le cœur des mammifères domestiques est constitué d'un demi cœur droit crânial et un demi cœur gauche caudal, de deux faces (une face auriculaire gauche et une face atriale droite), d'une base orientée dorso-crânialement et d'un apex orienté ventro-caudalement. L'axe cardiaque, oblique en direction ventro-caudale et légèrement de droite à gauche, forme avec l'axe sternal un angle variable appelé inclinaison du cœur de 25-30° chez le chat et de 40° chez le chien. La base du cœur est tangente au plan horizontal passant à mi-hauteur de la première côte. L'aire de projection du cœur s'étend de la 3^{ème} à la 6^{ème} côte (4).

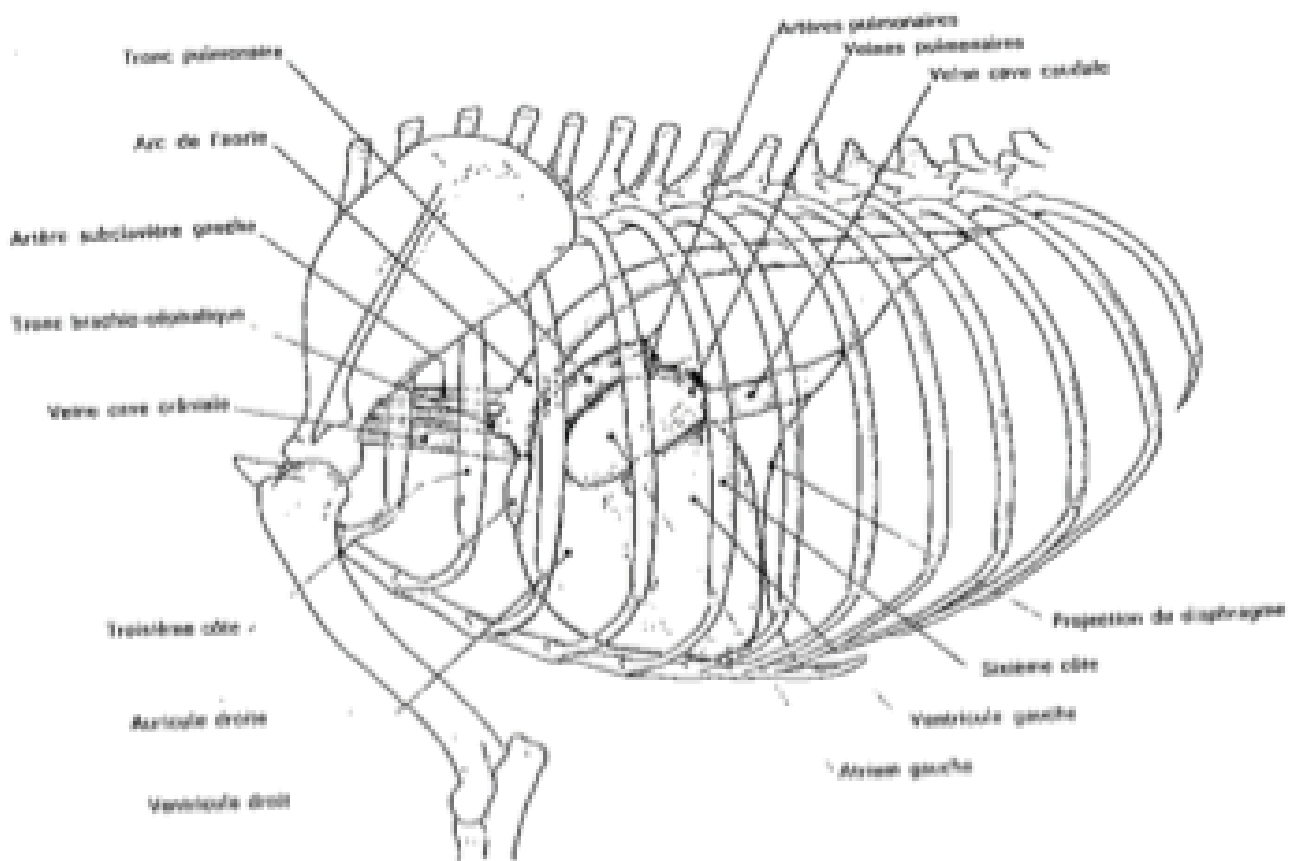


Figure 2 : Topographie du cœur chez le chien (illustration tirée de Barone (4))

A la vue de ces différences dans l'anatomie cardiaque, la conformation thoracique et l'orientation du cœur dans le thorax, plusieurs auteurs s'accordent à dire que les repères échocardiographiques établis chez l'homme selon différentes coupes, ne peuvent être appliqués directement chez le chien et le chat (39, 61). Chez l'homme, l'échocardiographie en mode TM est couramment réalisée grâce à la coupe « grand axe cinq cavités » abord gauche. L'axe n°2 de Feigenbaum est utilisé pour effectuer les mesures sur le ventricule gauche en mode TM. Cette technique a historiquement été appliquée chez le chien. Les mesures obtenues alors en coupe parasternale gauche grand axe n'étaient pas fiables et le diamètre interne du ventricule gauche était surestimé (39). L'abord droit est donc privilégié depuis lors pour effectuer les mesures du cœur du chien et du chat (38, 39). L'axe de tir des ultrasons correspondant au faisceau n°2 de Feigenbaum, est couramment obtenu à partir d'une coupe transversale du cœur abord droit passant entre les deux muscles papillaires (10, 29, 38, 61). Cet abord présente également l'intérêt d'une meilleure visibilité du cœur de part son contact avec la paroi thoracique à droite. On obtient alors une meilleure fenêtre de vision du cœur (46, 48).

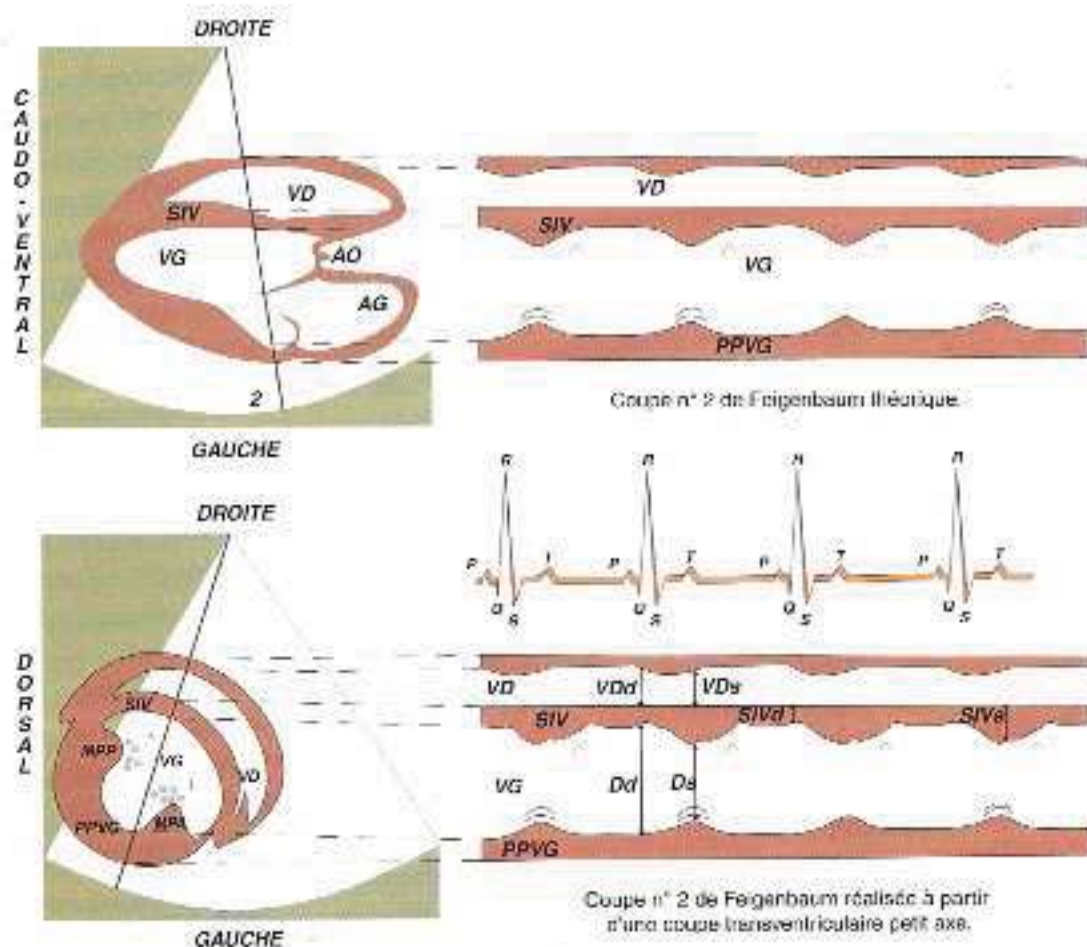


Figure 3 : Schématisation de la coupe n°2 de Feigenbaum selon une vue longitudinale et une vue transversale (illustration tirée de Chetboul et al. (10))

1.2.3.2. COUPE GRAND AXE DU CŒUR et FAISCEAU D'ULTRASONS

1.2.3.2.1. RÉALISATION

Le grand axe du cœur correspond à un axe parallèle aux septa cardiaques, reliant la base du cœur à sa pointe. La coupe grand axe utilisée pour effectuer les mesures en mode temps-mouvement du ventricule gauche est la coupe « grand axe cinq cavités » (10). Elle est obtenue par un abord parasternal droit et permet de visualiser les quatre cavités cardiaques (le ventricule gauche séparé de l'atrium gauche par la valvule mitrale et également le ventricule droit et l'atrium droit séparé par la valvule tricuspide) ainsi que l'aorte (60). L'axe longitudinal du cœur doit être respecté afin de ne pas sous évaluer le diamètre interne du ventricule et la valvule mitrale doit opérer une bonne excursion vers le septum.

En mode TM, le faisceau d'ultrasons doit être dirigé perpendiculairement au septum interventriculaire et à la paroi libre du ventricule gauche au niveau des cordages tendineux. Il s'agit d'obtenir la dimension la plus grande possible du diamètre interne ventriculaire. Le faisceau est placé entre les pointes de la valvule mitrale et les muscles papillaires du ventricule gauche. Les lignes échogènes des cordages tendineux doivent être retirées de l'image afin de ne pas les confondre avec l'endocarde postérieur (7, 17).

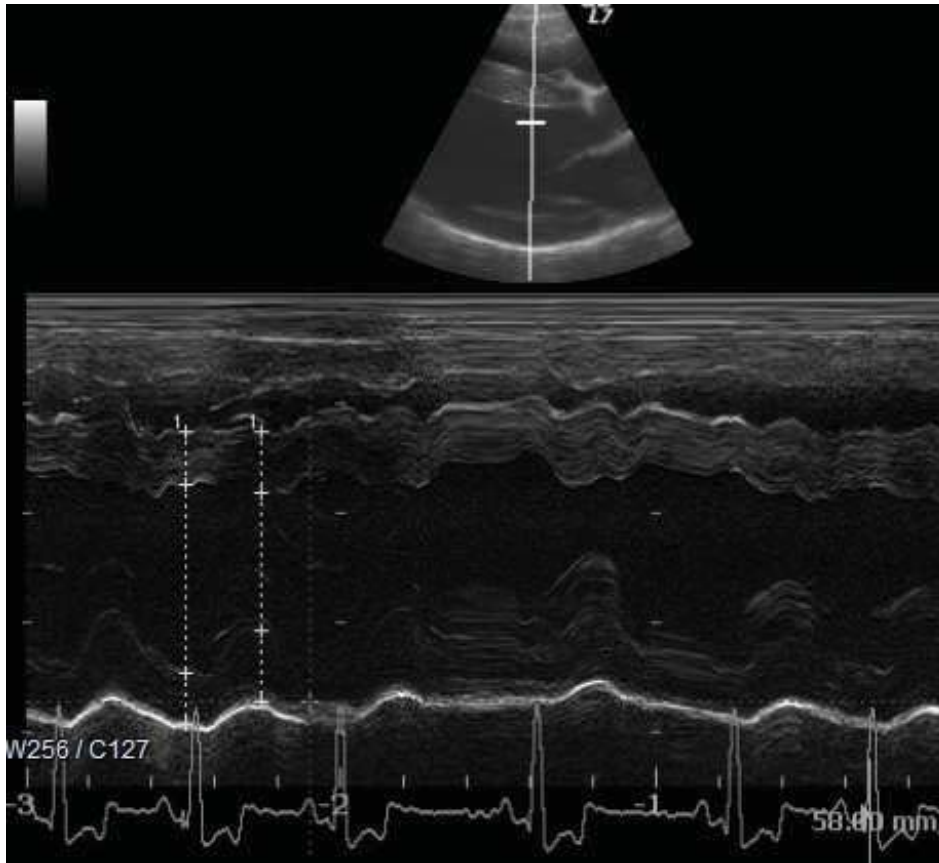


Figure 4 : Echocardiogramme obtenu en mode TM à partir d'une coupe « grand axe cinq cavités »
Image du Service de Médecine de l'ENVT

1.2.3.2.2. INTÉRÊTS

La coupe « grand axe cinq cavités » abord droit offrirait la meilleure image bidimensionnelle du ventricule gauche. Elle permet de visualiser de façon optimale le septum interventriculaire, la valvule mitrale ainsi que la paroi libre du ventricule gauche. Obtenir la meilleure image possible du ventricule en deux dimensions est nécessaire à un positionnement correct du faisceau d'ultrasons perpendiculairement à la paroi du ventricule gauche (27, 38).

Elle possède aussi une bonne sensibilité quant aux mesures des dimensions et de fonctionnement du myocarde gauche (7). Chez l'homme, plusieurs auteurs de calculs de masse et de volume du cœur, déclarent que la coupe longitudinale, serait plus précise quant aux limites des contours du cœur que la coupe transversale (28, 52). Or, les délimitations des structures cardiaques doivent être les plus évidentes possibles afin d'obtenir les mesures les plus justes des dimensions du ventricule gauche.

Enfin, selon Lang et al., la coupe grand axe du cœur permettrait d'obtenir un axe du faisceau d'ultrasons d'incidence plus perpendiculaire au septa ventriculaire qu'avec une coupe petit axe du cœur de l'homme. Or, l'incidence du faisceau d'ultrasons est décisive quant à la fiabilité des mesures relatives au ventricule gauche. Les recommandations de l'American Society of Echocardiography sont donc de réaliser les mesures de dimensions du ventricule gauche de l'homme, à partir d'une vue longitudinale du cœur, pour des résultats plus répétables (35). Cette grande répétabilité des mesures réalisées selon cette coupe du cœur, est aussi retrouvée chez le chien (7) et chez le cheval (2). Al Haidar et al. affirment que cette coupe grand axe du cœur pourrait être une alternative à la coupe de référence chez le cheval, la coupe parasternale droite petit axe (2).

1.2.3.3. COUPE PETIT AXE DU CŒUR et FAISCEAU D'ULTRASONS

1.2.3.3.1. REALISATION

Les coupes petit axe du cœur sont perpendiculaires au grand axe du cœur. L'opérateur doit effectuer une rotation de 90° avec la sonde échographique par rapport à l'axe longitudinal du cœur. Pour effectuer les mesures relatives au ventricule gauche en mode TM, il est nécessaire d'obtenir la coupe « petit axe transventriculaire ». Elle permet de visualiser à l'écran les cordages tendineux, à la base des piliers, comme des échos brillants et punctiformes (17).

Pour la mesure en TM, il s'agit ensuite d'orienter le faisceau d'ultrasons selon la perpendiculaire à la ligne de référence et passant à égale distance de chaque extrémités des cordages tendineux (10, 17).

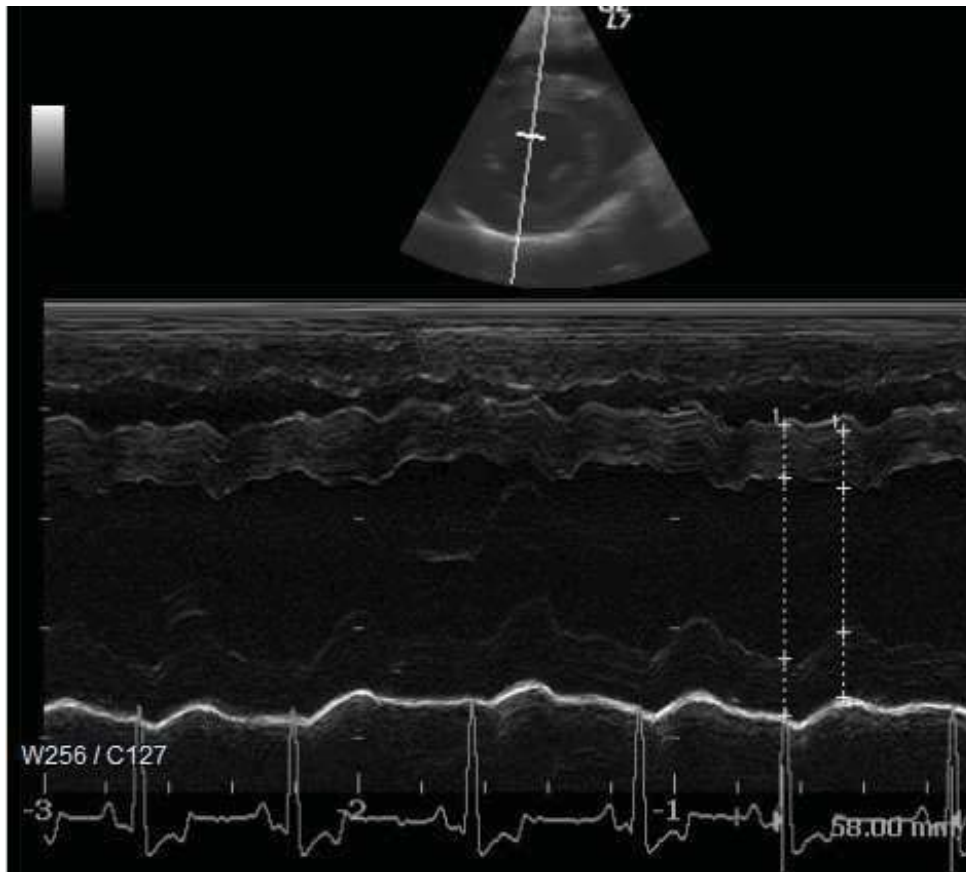


Figure 5 : Echocardiogramme obtenu en mode TM à partir de la coupe « petit axe »
Image du Service de Médecine de l'ENVT

1.2.3.3.2. INTÉRÊTS

Chez l'homme et chez le chien, la coupe petit axe permet de visualiser une forme relativement circulaire du cœur. En examen bidimensionnel, il serait plus facile d'effectuer les mesures de dimensions relatives au ventricule gauche selon cette image circulaire (55). Les asymétries de structure du ventricule, source de biais de mesures, sont également plus facilement visibles ainsi (39). Chez le chien, cette coupe est optimale dans la visualisation du ventricule gauche au niveau des muscles papillaires et des cordages tendineux, où le faisceau d'ultrasons doit être positionné (38). Chez le cheval, il s'agit de la coupe de référence pour réaliser les mesures ventriculaires gauches (dimensions, masse et volume) en mode temps-mouvement et en mode deux dimensions. Selon Al Haidar et al., les images échocardiographiques obtenues avec cette vue sont de très bonne qualité et permettent d'obtenir des mesures relativement fiables (2).

De plus, la coupe transversale du cœur offre une meilleure visualisation de l'endocarde et de l'épicarde délimitant les parois du ventricule gauche. Les mesures d'épaisseur de paroi et du diamètre interne seraient alors plus répétables et plus fiables selon le petit axe du cœur (50). Lors du calcul de la masse cardiaque chez

l'homme et chez le chien, les erreurs de mesures relatives à une surface irrégulière ou à une asymétrie de la paroi, seraient alors moins importantes en coupe bidimensionnel petit axe (13, 28, 35, 52).

Enfin, chez l'homme, les erreurs de mesures effectuées dans le cadre des calculs de masse et de volume du ventricule gauche, seraient minimisées en coupe transversale du cœur. Les auteurs l'expliquent par une meilleure orientation médio-latérale répétable du faisceau d'ultrasons, en coupe parasternale gauche petit axe (13, 28, 35, 52). Ces résultats n'ont toutefois pas été validés chez le chien ou chez le chat.

2. VARIABILITÉ DES MESURES DU VENTRICULE GAUCHE EN MODE TM ET CONSEQUENCES

Le positionnement de la sonde échocardiographique est un facteur reconnu d'influence des résultats de mesures du cœur (51). Tandis que certains auteurs préfèrent réaliser les mesures de dimension en coupe transversale du cœur (56, 58), d'autres affirment que la coupe longitudinale est la plus adéquate (6, 27). Toutefois selon Hanton et al., aucune différence significative dans les résultats de mesures de dimensions relatives au ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale n'a pu être mise en évidence chez le chien (6). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans l'étude de DeMadron et al. chez le chat, qui obtenaient de bonnes corrélations des mesures pour plusieurs paramètres (17). Cependant, aucun test statistique spécifique n'a été réalisé dans ces études, pouvant prouver une différence non significative dans les mesures.

Dans cette seconde partie, il s'agit tout d'abord de montrer en quoi ces résultats inconstants selon les publications peuvent avoir des conséquences pratiques quant au diagnostic de cardiopathies du chat et du chien. Nous rendrons ensuite compte des facteurs éventuels de variabilité des mesures en coupe « grand axe cinq cavités » et en coupe « petit axe ».

2.1. IMPORTANCE PRATIQUE DES MESURES DE DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE

2.1.1. VALEURS DE REFERENCE DES DIMENSIONS DU VENTRICULE GAUCHE

L'examen échocardiographique fait partie des moyens diagnostiques des cardiopathies primaires ou secondaires chez le chien et chez le chat (10). Toutefois, il est nécessaire de connaître des valeurs de référence avant de pouvoir détecter d'éventuelles anomalies. Ainsi, plusieurs auteurs ont publié des valeurs de référence chez le chien et chez le chat des dimensions relatives au ventricule gauche. Certains s'accordent à dire que le poids et l'âge sont des facteurs pouvant influencer les dimensions du cœur. La race et notamment la conformation de l'animal sont probablement les facteurs à prendre le plus en compte lors de l'interprétation des mesures (43, 45).

2.1.1.1. CHEZ LE CHAT

Mesures	VGd (cm)	VGs (cm)	SEd (cm)	Ses (cm)	PVGd (cm)	PVGs (cm)	FR (%)
Sisson et al. (n=79)	1.5 ± 0.2	0.72 ± 0.15	0.42 ± 0.7	0.67 ± 0.12	0.41 ± 0.07	0.68 ± 0.11	52.1 ± 7.1
Moïse et al. (n=11)	1.51 ± 0.21	0.69 ± 0.22	0.50 ± 0.07	0.76 ± 0.12	0.46 ± 0.05	0.78 ± 0.10	55.0 ± 10.2
Jacobs & Knight (n=41)	1.59 ± 0.19	0.80 ± 0.14	0.31 ± 0.04	0.58 ± 0.06	0.33 ± 0.06	0.68 ± 0.07	49.8 ± 5.3
Soderberg (n=16)	1.28 ± 0.17	0.83 ± 0.15			0.31 ± 0.11	0.55 ± 0.80	34.5 ± 12.6
Pipers et al. (n=25)	1.48 ± 0.26	0.88 ± 0.24	0.45 ± 0.09		0.37 ± 0.08		41.0 ± 7.3
Drourr et al. (n=105 Maine Coons)	1.85 ± 0.21	0.89 ± 0.2	0.4 ± 0.07	0.75 ± 0.13	0.43 ± 0.06	0.8 ± 0.11	51.85 ± 7.74

Tableau 1 : Moyennes et écarts-type de référence des dimensions du ventricule gauche et de la FR chez le chat (D'après 18, 30, 41, 50, 57, 59)

2.1.1.2. CHEZ LE CHIEN

Mesures	VGd (mm)	VGs (mm)	SEd (mm)	SEs (mm)	PVGd (mm)	PVGs (mm)	FR (%)
Caniche nain (n=20)	20 (16-28)	10 (8-16)	5 (4-6)	8 (6-10)	5 (4-6)	8 (6-10)	47 (35-57)
Cocker anglais (n=17)	33.8 ± 3.3	22.2 ± 2.8	8.2 ± 1.3		7.9 ± 1.1		34.3 ± 4.5
Welsh Corgi Pembroke (n=20)	32 (28-40)	19 (12-23)	8 (6-9)	12 (10-14)	8 (6-10)	12 (8-13)	44 (33-57)
Lévrier afghan (n=20)	42 (33-52)	28 (20-37)	10 (8-12)	13 (8-18)	9 (7-11)	12 (9-18)	33 (24-48)
Golden retriever (n=20)	45 (37-51)	27 (18-35)	10 (8-13)	14 (10-17)	10 (8-12)	15 (10-19)	39 (27-55)
Greyhound (n=16)	44.1 ± 3.0	32.5 ± 3.5	10.6 ± 1.7	13.4 ± 2.5	12.1 ± 1.7	15.2 ± 2.2	25.4 ± 6.3
Deerhound (n=21)	51.2 ± 5.0	34.0 ± 5.1	9.1 ± 2.2	14.6 ± 4.1	10.0 ± 1.8	15.3 ± 2.2	33.5 ± 5.8
Irish Wolfhound (n=400)	53.2 ± 4.0	35.4 ± 2.8	9.3 ± 1.8	13.7 ± 2.4	9.8 ± 1.6	14.9 ± 2.2	34 ± 4.5
Beagle (n=50)	26.3 ± 3.4	15.7 ± 3.4	6.7 ± 1.1	9.6 ± 1.5	8.2 ± 1.9	11.4 ± 1.9	40 ± 9
Bulldog anglais (n=14)	38 (32-44)		10 (6-14)	13 (9-17)	10 (8-12)	12 (10-14)	32.5 (24-41)
Whippet (n=105)	37.3 (25.7-47.5)	26.9 (17.0-36.1)	9.4 (7.1-12.9)	12.0 (9.0-15.5)	8.8 (6.4-11.5)	12.4 (8.6-17.2)	27.7 (18.1-39.2)
Estrela Moutain dog (n=74)	50 (41-59)	33 (24-42)	11 (9-14)	14.3 (10-19)	11.2 (8-14)	14.9 (11-19)	34.4 (23-45.9)
Berger allemand (Kayar et al.) (n=50)	49.5 (44.8-54.2)	34.3 (30.9-37.9)	9.75 (8.4-11.2)	14.2 (12.6-15.8)	9.51 (8.3-10.7)	13.6 (12.4-14.7)	31.4 (28-34.8)
Berger allemand (Muzzi et al.) (n=60)	42 ± 5	31 ± 5	9 ± 1	14 ± 1	9 ± 1	13 ± 1	28.6 ± 6.5

Tableau 2 : Moyennes, écarts-type, maximum et minimum de référence des dimensions du ventricule gauche et de la FR chez le chien (D'après 5, 15, 25, 32, 36, 43, 45, 47, 48, 63, 64)

2.1.2. DIAGNOSTIC D'AFFECTIONS CARDIAQUES et VARIABILITÉ DE MESURES

L'échocardiographie (examens en mode bidimensionnel, en mode TM et en mode Doppler) est la technique la plus sensible pour confirmer un dysfonctionnement cardiaque (36, 59). Comme nous l'avons dit précédemment, l'examen en mode

temps-mouvement est utile afin d'évaluer le diamètre du ventricule gauche, l'épaisseur des parois ventriculaires et la fonction systolique du cœur à des moments précis de la révolution cardiaque (24). Il permet également de calculer chez l'homme le volume et la masse du ventricule gauche (13, 28). Ainsi fait-il partie des moyens diagnostiques des cardiopathies chez les carnivores domestiques (10).

2.1.2.1. CHEZ LE CHAT

Chez le chat, comme chez le chien, l'examen en mode temps-mouvement est souvent un élément essentiel du diagnostic de cardiopathie et il permet d'évaluer le degré de dilatation des cavités cardiaques. Une dilatation des cavités cardiaques est objectivée grâce aux tables de références des dimensions cavitaires du ventricule. Une insuffisance cardiaque peut être suspectée selon la valeur de la fraction de raccourcissement calculée ainsi que selon le diamètre interne du ventricule gauche en fin de systole (10).

L'échocardiographie en mode temps-mouvement est notamment un moyen de diagnostic de certitude de la Cardiomyopathie Hypertrophique du chat, la cardiopathie acquise la plus fréquente chez cette espèce. Elle permet de mettre en évidence une hypertrophie de la paroi libre du ventricule gauche et/ou du septum interventriculaire. La Cardiomyopathie Hypertrophique se définit comme une épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche ou du septum interventriculaire supérieure ou égale à 6 mm en fin de diastole. D'autres modifications échographiques sont visibles dont une réduction de taille de la cavité ventriculaire gauche notamment en télésystole (1, 10, 22). Selon les valeurs de référence de différentes études, la paroi libre du ventricule gauche peut mesurer de 2.1 à 5.1 mm d'épaisseur et le septum interventriculaire de 2.7 à 5.7 cm (cf tableau 1). Précédemment, il a été exposé qu'une mauvaise technique de prise de mesure pouvait être à l'origine d'une surévaluation des dimensions du ventricule gauche, et notamment de l'épaisseur des parois. Selon, DeMadron et al., les erreurs de mesures de dimensions réalisées en mode temps-mouvement sont de l'ordre de 1 à 2 mm (17). Ainsi, une surestimation de l'épaisseur du ventricule gauche de 1 à 2 mm, peut être à l'origine d'une erreur de diagnostic de Cardiomyopathie chez le chat (1). De plus, selon plusieurs études, une diminution de la fraction de raccourcissement, directement calculée à partir des diamètres ventriculaires gauches en fin de diastole et en fin de systole, est un facteur pronostique lors de diagnostic établi de Cardiomyopathie Hypertrophique. En effet, dans l'étude rétrospective de Peterson et al., 72% des 86 chats atteints de Cardiomyopathie Hypertrophique et présentant une fraction de raccourcissement inférieure à 30% sont décédés dans les 3 mois consécutifs au diagnostic (49).). Chez certaines races, la CMH est d'origine familiale. Cette hérédité a été démontrée chez le Maine Coon (33) et le Ragdoll (40) et est fortement suspectée dans d'autres races comme le British Short Hair et le Sphynx

(20). Il existe donc des programmes de détection menés par les clubs de certaines races, recommandant des échocardiographies annuelles chez les reproducteurs, afin d'éliminer de la reproduction les animaux atteints. L'importance de la fiabilité des mesures échocardiographiques est donc particulièrement marquée dans ces races ; une erreur de mesure peut ainsi soit permettre à un animal atteint de continuer sa carrière de reproducteur et de transmettre des gènes malades (faux négatifs), soit entraîner le retrait de la reproduction d'un animal sain (faux positif).

L'échocardiographie en mode TM peut aussi s'avérer utile dans le diagnostic d'une Cardiomyopathie dilatée. Cette affection est rarement rencontrée chez le chat et est notamment caractérisée par une dilatation des cavités cardiaques et par une diminution de la fonction systolique du cœur. A partir du mode TM, il s'agit de mettre en évidence une fraction de raccourcissement inférieure à 30% avec un diamètre interne en fin de systole supérieur à 12 mm. L'évaluation de la dilatation du ventricule gauche est effectuée en mode deux dimensions, en raison de sa plus grande sensibilité de mesures lors d'affections cardiaques (10, 24).

2.1.2.2. CHEZ LE CHIEN

Chez le chien, une dilation des cavités cardiaques et une réduction de la contractibilité du cœur sont facilement objectivables par échocardiographie en mode temps-mouvement. Cet examen permet en effet de diagnostiquer en partie une Cardiomyopathie Dilatée chez le chien. Il s'agit de mettre en évidence une hypokinésie du ventricule gauche par identification d'une augmentation du diamètre systolique et d'une diminution de la fraction de raccourcissement, ainsi qu'une dilatation de la cavité ventriculaire gauche en diastole. Selon une étude rétrospective de Calvert et al., répertoriant 54 dobermans atteints de Cardiomyopathie dilatée, les critères d'inclusion de cette affection sont une fraction de raccourcissement inférieure à 25%, un diamètre interne en fin de diastole supérieur à 45 mm pour les chiens de moins de 38kg ou un diamètre interne en fin de diastole supérieur à 49 mm pour les chiens de plus 37 kg (9). Selon d'autres auteurs, les critères d'inclusion, chez toutes les races de chiens, correspondent aussi à une fraction de raccourcissement inférieure à 25% et à un diamètre interne en fin de diastole supérieur à 44 mm (37, 42). Ceci n'est toutefois pas valable dans les races géantes comme les Dogues Allemands ou les Irish Wolfhounds, qui ont des valeurs de fraction de raccourcissement plus basses (34). Aucune étude recensée chez le chien ne donne un ordre des écarts de mesures TM possibles. Toutefois, il est vraisemblable que, comme chez le chat, une erreur de mesure des dimensions du ventricule gauche en mode temps-mouvement, peut être une source de mauvais diagnostic de Cardiomyopathie dilatée du chien. D'autres paramètres entrent en jeu dans la détection de cette affection. Ils font appel au mode bidimensionnel ou concernent les atrioms et le ventricule droit (10). Toutefois, une étude a montré que les indices échocardiographiques et plus particulièrement la fraction de raccourcissement

n'étaient pas de bons indices pronostiques en ce qui concerne la Cardiomyopathie Dilatée chez le chien (8).

2.2. FACTEURS DE VARIABILITÉ DES MESURES EN COUPE PETIT AXE ET EN COUPE GRAND AXE DU CŒUR

2.2.1. VARIABILITÉ DE MESURES : DÉFINITIONS

Tout d'abord, il s'agit de définir la variabilité de mesures intervenant dans la technique de coupe deux dimensions choisie. On s'intéresse en fait ici à la variabilité analytique. Il s'agit des propriétés relatives à la technique utilisée en occultant les variations biologiques liées à l'animal (23).

2.2.2. GÉNÉRALITÉS

En examen échocardiographique TM, les facteurs techniques de variations de mesures des dimensions relatives au ventricule gauche sont liés à l'orientation du faisceau d'ultrasons et au caractère uni-dimensionnel de ce mode. En effet, le mode TM ne peut être représentatif des distorsions de la surface du ventricule dans sa totalité (35, 54). La clarté de l'image est aussi une source de variabilité de mesures. Il s'agit en fait d'obtenir une bonne fenêtre de vision ainsi qu'une bonne visualisation des contours cardiaques pour une meilleure fiabilité des résultats (35).

Tous ces facteurs de variation sont directement liés au choix de la coupe bidimensionnelle utilisée pour réaliser l'examen en mode TM ainsi qu'à la qualité de l'échographe. Toutefois la bonne définition des contours cardiaques est commune aux deux coupes utilisées. En effet, quelque soit la coupe choisie, l'endocarde de la paroi libre du ventricule gauche a tendance à apparaître hypoéchogène. L'opérateur est souvent amené à augmenter le gain de l'image. Cette manipulation peut être une source d'erreur importante. En effet, l'échogénicité du septum interventriculaire est alors augmentée et il en résulte souvent des erreurs de délimitation du septum. Cela conduit à des erreurs de mesures d'épaisseur du septum interventriculaire et de diamètre interne du ventricule gauche. Afin de diminuer au maximum les biais de mesures sans altérer l'image à l'échographe, il est conseillé de considérer la limite d'une surface par la ligne échogène la plus proximale par rapport à la sonde (19).

2.2.3. COUPE GRAND AXE DU CŒUR

La première source de biais de mesure en coupe longitudinale est une vision des contours du cœur moins précise. Chez l'homme, plusieurs auteurs dénoncent le fait que les délimitations de l'endocarde et de l'épicarde notamment, sont moins nettes en coupe deux dimensions « grand axe cinq cavités » abord gauche (26). Ainsi, une mauvaise évaluation des limites des structures cardiaques en vue deux dimensions a des conséquences directes sur les mesures opérées en mode temps-mouvement.

La deuxième source d'erreur de mesures est un défaut de perpendicularité du faisceau d'ultrasons par rapport au septa ventriculaires. Selon Lang et al., un alignement perpendiculaire à l'axe longitudinal du cœur n'est pas possible en coupe grand axe chez l'homme. Les mesures du diamètre interne du ventricule et des épaisseurs de parois seraient ainsi surestimées. Toutefois, dans cette même publication, les auteurs concèdent le fait que l'incidence du faisceau réalisé selon cette coupe était meilleure, c'est-à-dire « plus perpendiculaire », que celle effectuée avec un coupe petit axe du coeur (35).

2.2.4. COUPE PETIT AXE DU CŒUR

Chez l'homme, dans une étude de Triulzi et al., les diamètres médiolatéral et antéropostérieur du ventricule gauche obtenus en coupe petit axe gauche était significativement plus grands que ceux mesurés en coupe grand axe gauche. Cette différence de résultats était imputable selon les auteurs à une incidence du faisceau d'ultrasons oblique par rapport au septa ventriculaires (62). Lang et al. approuvent cette étude en privilégiant la coupe grand axe à la coupe petit axe du cœur pour réaliser les mesures de dimensions du cœur (35). Cependant, les résultats publiés par D'Arbela et al. contredisent cette étude. Ils montrent que les mesures obtenues avec une coupe petit axe était tout aussi fiable que celle obtenues avec un axe longitudinal et que les résultats étaient significativement semblables. Ils affirment que l'axe transversal du cœur peut être utilisé lorsque l'axe longitudinal est difficilement réalisable (exemple d'une personne en surpoids) (16).

Chez le cheval, bien que cette coupe soit reconnue comme la coupe de référence pour effectuer les mesures temps-mouvement, elle ne présente pas la meilleure répétabilité pour tous les paramètres mesurés relatifs au ventricule gauche. Al Haidar et al. ajoutent même que la coupe grand axe du cœur abord droit pourrait être utilisée à la vue de sa grande répétabilité de mesures, pour évaluer les dimensions relatives au ventricule gauche (2).

Chez les carnivores domestiques, une étude s'est proposé de réaliser la comparaison des mesures des dimensions du ventricule gauche en coupe longitudinale et en

coupe transversale chez le chat. Cette étude menée sur un nombre limité de chats (13 animaux) montre que les mesures opérées en vue bidimensionnelle sur la coupe petit axe du cœur et la coupe grand axe sont relativement proches. Toutefois, aucun test statistique spécifique n'avait été réalisé dans cette étude (17). Une autre étude menée sur 121 beagles de laboratoire, est en accord avec ces résultats. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les résultats obtenus en coupe longitudinale et les résultats obtenus en coupe transversale du cœur. Toutefois, les auteurs concluent que la vue optimale pour réaliser ces mesures est plus facile à réaliser en coupe longitudinale et les repères échocardiographiques sont précisément visualisés (27). Cette étude a été effectuée sur des animaux de laboratoire sains et dans des conditions d'expérimentation.

Nous avons donc souhaité comparer dans des conditions « de terrain » les données TM du ventricule gauche sur un grand nombre d'individus sains et malades afin de déterminer si l'une ou l'autre coupe était préférable.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES

1. INTÉRÊT ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Cette étude s'inscrit dans le cadre de dépistages et de suivis cliniques de diverses affections cardiaques au sein de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT).

Elle a pour but de comparer les mesures TM du ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale du cœur abord droit. L'objectif second est donc de mettre en évidence la coupe deux-dimensions permettant d'obtenir les résultats les plus justes, sans surestimation des longueurs. Il s'agit là d'un point essentiel quant à la réalisation d'un diagnostic non erroné de cardiopathie.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1. ANIMAUX

Cette étude a été réalisée sur 110 chats et 93 chiens appartenant à des particuliers (étudiants ou clients de l'ENVT et éleveurs de Sphynx dans la région de Strasbourg).

Parmi les chats, 103 sont de races et 7 sont de type européens (cf ANNEXE 1). 69 sont des femelles et 41 sont des mâles. 21 présentent une affection cardiaque et 79 sont indemnes de cardiopathie. La moyenne d'âge chez les chats est de 43 mois, avec un minimum d'âge de 5 mois et un maximum de 179 mois.

Parmi les chiens, 81 sont de races et 12 sont sans pedigree (cf. ANNEXE 1). 39 sont des femelles et 54 sont des mâles. 90 présentent une affection cardiaque et 3 sont indemnes de cardiopathie. La moyenne d'âge chez les chiens est de 97 mois, avec un minimum d'âge de 3 mois et un maximum de 189 mois.

2.2. MATÉRIEL D'ÉCHOGRAPHIE ET ENVIRONNEMENT

Les échocardiographies ont été réalisées sur une période allant de Septembre 2008 à Décembre 2010, effectuées au sein des cliniques de l'ENVT ou, dans le cadre d'une autre étude portant sur les Sphynx, et ce pour 37 chats de cette race, à Altorf dans le Bas Rhin, au sein des locaux du laboratoire SCIL.

Elles ont toutes été effectuées par la même personne expérimentée (le docteur Armelle Diquélou), avec des échographes General Electric (Logiq 7 à Toulouse, sondes sectorielle 8-11 MHz et phase array 2-5 Mhz, et échographe VIVID I, sondes

sectorielle de 8-11 MHz et phase array 5-8). Durant toute la durée de l'échocardiographie, un électrocardiogramme a été visionné en simultané à l'écran.

Les examens se sont principalement déroulés dans la salle d'échographie de l'ENVT, dans des conditions calmes afin de limiter au maximum le stress des animaux. Les mêmes conditions de réalisation ont été appliquées au sein des locaux du laboratoire SCIL.

2.3. DÉROULEMENT DES EXAMENS ÉCHOCARDIOGRAPHIQUES

L'échocardiographie est réalisée suivant les recommandations de l'American Society of Echocardiography (49). Les animaux sont maintenus en position debout, pendant toute la durée de l'examen échocardiographique par une aide, assistée par le propriétaire lorsque celui-ci est présent. Aucune contention chimique n'est utilisée. Les zones de contacts avec la sonde échographique sont tondues ou seulement mouillées avec de l'alcool modifié ou de l'Hibitane dilué. Une quantité suffisante de gel échographique aqueux est appliquée afin de permettre une bonne diffusion du faisceau d'ultrasons.

L'examen débute par la réalisation des coupes parasternales droites et donc des mesures en mode TM du ventricule gauche. La sonde est positionnée dans la zone située entre le 3^{ème} et le 6^{ème} espace intercostal ayant comme limite supérieure la jonction chondro-costale et comme limite inférieure le sternum. La coupe « petit axe transventriculaire » est utilisée en premier pour positionner l'axe de tir TM permettant d'obtenir les mesures de l'épaisseur diastolique et systolique du septum interventriculaire, du diamètre interne télédiastolique et télésytolique du ventricule gauche, de l'épaisseur diastolique et systolique de la paroi libre du ventricule gauche et de la fraction de raccourcissement (cf. figure 2). La coupe est identifiée suivant les critères suivants : ventricule gauche rond, muscles papillaires symétriques, septum interventriculaire convexe et ventricule droit de diamètre minimal. Ces mêmes paramètres sont ensuite mesurés à partir de la coupe « grand axe cinq cavités » de la même façon (cf. figure 1). Cette coupe est identifiée suivant les critères suivants : visualisation de l'oreillette gauche, du bulbe aortique et du début de l'aorte, de la valvule mitrale et du ventricule gauche ; ce dernier doit être le plus long possible.

Toutes les mesures sont réalisées deux fois, sur deux cycles cardiaques différents, la sonde étant repositionnée entre les mesures. L'ensemble des résultats est ensuite enregistré. L'appareil utilisé permettant l'affichage simultané des images BD et TM, cela permet de vérifier avant toute mesure le positionnement de la ligne de tir au moment des mesures.

2.3.1. RÉPÉTABILITÉ DES MESURES

La répétabilité des mesures TM en CT et en CL a été étudiée sur 10 chats et 8 chiens sains appartenant à des étudiants ou des membres de l'ENVT. Sur chacun de ces animaux, les mesures ont été effectuées 10 fois, d'abord en CT puis en CL.

Les mesures sont effectuées en « aveugle ». Durant toute la durée de l'examen, la partie de l'écran de l'échographe indiquant la valeur des mesures effectuées est masquée par un cache.

2.3.2. COMPARAISON DES MESURES TM EN COUPE TRANSVERSALE ET EN COUPE LONGITUDINALE

Au cours des examens échocardiographiques pratiqués dans le cadre de dépistage de cardiopathies ou dans le cadre de la consultation de cardiologie de l'ENVT, les mesures TM en « coupe grand axe 5 cavités » abord droit ont été systématiquement effectuées en addition aux mesures TM en « coupe petit axe » réalisées en routine.

2.4. ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique de comparaison des mesures relatives au ventricule gauche opérées en coupe transversale et en coupe longitudinale, est effectuée avec le logiciel R. Le calcul des moyennes et des écart-types pour chacun des paramètres est réalisé grâce au logiciel Stata 9.1.

Dans le premier modèle, les variables étudiées sont des longueurs (diamètres ou épaisseurs) exprimées en centimètres. Dans le second modèle, les variables étudiées sont des pourcentages (FR). Pour chaque variable, on veut comparer la valeur obtenue en coupe longitudinale et la valeur obtenue en coupe transversale. Il s'agit de savoir si une différence significative existe et de la quantifier par la suite.

Les chats et les chiens répertoriés dans cette étude sont considérés comme tirés au sort parmi la population de chats et de chiens. Une analyse utilisant un modèle mixte permet d'appliquer les résultats obtenus à la population entière de chats et de chiens. La comparaison des moyennes de nos échantillons est réalisée à l'aide d'une ANOVA ou analyse de la variance. Ce test permet d'utiliser un modèle mixte. Une différence significative entre les moyennes est estimée lorsque p est inférieure à 0.05. Lorsqu'une différence significative est mise en évidence, la ou les moyennes significativement différente(s) ne peut(vent) être ni quantifiée(s), ni identifiée(s) avec une ANOVA. Il s'agit alors de réaliser un test t de Student pour des échantillons

appariés. Ce test permet de comparer les « paires » de données selon la coupe longitudinale et selon la coupe transversale. On identifie ensuite les paramètres pour lesquels la différence dans les mesures selon les deux coupes est significative c'est-à-dire lorsque p est inférieure à 0.05.

3. RÉSULTATS

3.1. RÉPÉTABILITÉ DES MESURES

Afin de valider les mesures réalisées par la suite dans notre étude, la répétabilité des mesures effectuées en coupe longitudinale et en coupe transversale est testée. Les six dimensions du ventricule gauche sont mesurées 10 fois sur 10 chats et 8 chiens sains. Les échocardiographies se sont déroulées à l'ENVT dans le même contexte que toutes les autres échocardiographies (cf. paragraphe 2.2). L'importance de la répétabilité des mesures est ensuite estimée par la moyenne, l'écart-type ainsi que le coefficient de variation de répétabilité. Lorsque ce coefficient est inférieur à 5 %, la répétabilité est très bonne et la variabilité des mesures très faibles. Lorsqu'il est compris entre 6 et 15 %, la répétabilité est dite bonne et la variabilité des mesures est faible (3). Le calcul du coefficient de répétabilité (CV) est le suivant :

$$CV (\%) = 100 * (\text{Moyenne des variances de chaque groupe de mesures}) / (\text{Moyenne générale des mesures})$$

3.1.1. CHEZ LE CHAT

La répétabilité des mesures a été testée chez le chat à l'ENVT, dans une étude spécifique de la variabilité de l'échocardiographie (39). Les échocardiographies ont été réalisées sur 10 chats sains (cf. tableau 3).

		SED	VGD	PVGD	SES	VGS	PVGS	FR
CT	Moyenne (cm)	0.34	1.47	0.39	0.48	0.89	0.56	40.00
	Ecart-type (cm)	0.04	0.13	0.05	0.05	0.13	0.07	7.00
	CV %	8.0	6.4	11.3	8.0	8.7	8.7	13.2
CL	Moyenne (cm)	0.34	1.44	0.37	0.45	0.87	0.55	40.00
	Ecart-type (cm)	0.04	0.12	0.04	0.05	0.11	0.06	6.00
	CV %	10.8	5.8	9.6	8.4	8.2	6.7	10.4

Tableau 3 : Moyennes, écarts-type et coefficients de variation de répétabilité (CV) des différents paramètres du ventricule gauche obtenus à partir de 10 chats sains en CT et CL (SED = Septum interventriculaire en fin de diastole, VGD = Diamètre du ventricule gauche en fin de diastole, PVGD : Paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole, SES = Septum interventriculaire en fin de systole, VGS = Diamètre du ventricule gauche en fin de systole, PVGS = Paroi libre du ventricule gauche en fin de systole, FR=Fraction de raccourcissement)

Dans cette étude, la variabilité intra-essai des mesures des six paramètres étudiés est faible avec des coefficients de variation de répétabilité inférieurs à 15%, en coupe transversale et en coupe longitudinale. La répétabilité est ainsi considérée comme bonne.

3.1.2. CHEZ LE CHIEN

La répétabilité des mesures a été testée chez le chien préalablement à notre étude. Les échocardiographies ont été réalisées sur 8 chiens sains, au sein de l'ENVF. Les résultats sont répertoriés dans le tableau 4.

		SED	VGD	PVGD	SES	VGS	PVGS	FR (%)
CT	Moyenne (cm)	0.70	3.60	0.83	1.00	2.51	1.11	30.7
	Ecart-type (cm)	0.10	0.66	0.14	0.13	0.58	0.17	4.22
	CV %	11.3	4.0	9.0	9.9	6.7	7.3	14.0
CL	Moyenne (cm)	0.70	3.46	0.82	0.97	2.40	1.13	31
	Ecart-type (cm)	0.14	0.53	0.12	0.11	0.50	0.17	4.69
	CV %	11.5	4.3	8.2	10.6	9.0	9.2	14.3

Tableau 4 : Moyennes, écarts-types et coefficients de variation de répétabilité (CV) des différents paramètres du ventricule gauche obtenus à partir de 8 chiens sains en CT et en CL (SED = Septum interventriculaire en fin de diastole, VGD = Diamètre du ventricule gauche en fin de diastole, PVGD : Paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole, SES = Septum interventriculaire en fin de systole, VGS = Diamètre du ventricule gauche en fin de systole, PVGS = Paroi libre du ventricule gauche en fin de systole, FR=Fraction de raccourcissement)

Tous les coefficients de variation de répétabilité restent peu importants avec des valeurs inférieures à 15% et donc une bonne répétabilité. Pour le VGD, les CV en coupe transversale et en coupe longitudinale sont même inférieurs à 5 %, témoignant d'une très bonne répétabilité des mesures. On a donc une variabilité intra-essai des mesures faible voire très faible.

3.2. MESURES ÉCHOCARDIOGRAPHIQUES

L'intégralité des mesures effectuées sur les 110 chats et 93 chiens pour chacun des 7 paramètres mesurés (SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS et FR) est répertoriée en ANNEXE 2 et en ANNEXE 3.

Dans les tableaux 5 et 6, sont répertoriés les moyennes et les écart-types des mesures du septum interventriculaire, du diamètre interne du ventricule gauche et de la paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole et en fin de systole (SED, SES, VGD, VGS, PVGD, PVGS) ainsi que les valeurs de la fraction de raccourcissement (FR) en coupe longitudinale et en coupe transversale chez les chats et chez les chiens de l'étude.

	SED		VGD		PVGD		SES		VGS		PVGS		FR (%)	
	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL
Moyenne (cm)	0.40	0.40	1.49	1.47	0.48	0.49	0.56	0.57	0.86	0.82	0.71	0.72	42.3	44.1
Écart-type (cm)	0.09	0.08	0.20	0.20	0.09	0.08	0.10	0.11	0.20	0.18	0.12	0.11	9.2	8.9

Tableau 5 : Moyennes et écarts-type des mesures des SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS en coupe longitudinale et en coupe transversale des 110 chats de l'étude

	SED		VGD		PVGD		SES		VGS		PVGS		FR (%)	
	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL	CT	CL
Moyenne (cm)	0.63	0.64	3.64	3.65	0.74	0.76	0.89	0.87	2.49	2.44	1.03	1.09	33.5	33.8
Écart-type (cm)	0.21	0.23	1.29	1.16	0.22	0.22	0.26	0.26	1.03	0.95	0.28	0.34	8.4	9.6

Tableau 6 : Moyennes et écarts-type des mesures des SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS en coupe longitudinale et en coupe transversale des 93 chiens de l'étude

Les boxplots ou « boîtes à moustache » représentant la distribution des mesures (SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS et FR) sont en ANNEXE 4 pour les chats et en ANNEXE 5 pour les chiens. On peut y lire les moyennes, les quartiles Q1 (25% de

l'effectif) et Q2 (75% de l'effectif) ainsi que les frontières hautes et basses (respectivement, $Q3+1,5*(Q3-Q1)$ et $Q1-1,5*(Q3-Q1)$).

3.3. MESURES EN COUPE LONGITUDINALE ET EN COUPE TRANSVERSALE

3.3.1. CHEZ LE CHAT

Chez le chat, l'analyse de la variance montre une différence significative dans les mesures effectuées en coupe transversale et en coupe longitudinale ($p=0.0207$). La figure 3 ci-dessous représente l'interaction entre les mesures des paramètres étudiés (moyenne des valeurs de SED, VGD, PVGD, SES, VGS et PVGS) et la coupe utilisée (CT ou CL). On remarque que les tracés ne sont superposés au niveau des structures 3, correspondant au PVGD, et 5, correspondant au VGS. L'ANOVA a montré une différence significative dans les résultats sans mettre en évidence le ou les éléments impliqué(s).

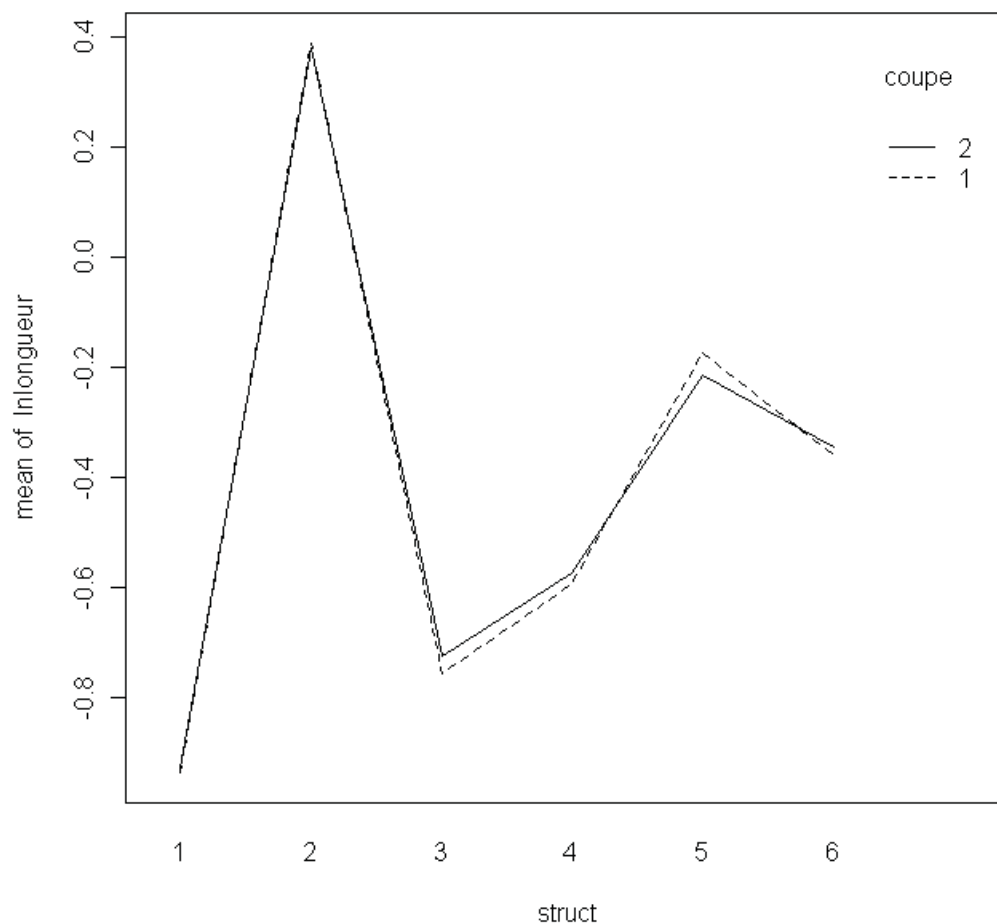


Figure 6 : Courbes d'interaction entre la moyenne des mesures ventriculaires (struct) et la coupe utilisée chez le chien

(Coupe 1=CT ; Coupe 2=CL ; Struct 1=SED, Struct 2=VGD ; Struct 3=PVGD ; Struct 4=SES ; Struct 5=VGS ; Struct 6=PVGS ; Coupe 1=CT ; Coupe 2=CL)

Un test t de Student pour des échantillons appariés est donc réalisé pour chaque paramètre mesuré (SED, VGD, PVGD, SES, VGS et PVGS). Les résultats sont retranscrits dans le tableau 7.

	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)
p	0.4135	0.1552	0.0042	0.0667	0.0015	0.1759	0.0026
Intervalle de confiance à 95% de la différence moyenne	0.01-0.03	0.00-0.02	0.01-0.05	0.00-0.04	0.02-0.07	0.01-0.03	*
Différence moyenne	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01	1.75

Tableau 7 : Test t de Student pour des échantillons appariés pour chaque paramètre mesuré SED, VGD, PVGD, SES, VGS et PVGS ainsi que la fraction de raccourcissement

* : Test non réalisé

Aucune différence significative entre les mesures en coupe transversale et en coupe longitudinale n'est mise en évidence pour l'épaisseur du septum interventriculaire en fin de diastole et en fin de systole, le diamètre du ventricule gauche en fin de diastole et l'épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche en fin de systole ($p > 0.05$). En ce qui concerne les mesures de l'épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole et du diamètre du ventricule gauche en systole, une différence significative entre les mesures effectuées en coupe transversale et en coupe longitudinale est révélée par le test (respectivement, $p = 0.0042$ et $p = 0.0015$). Les moyennes des mesures de PVGD sont de 0.48 ± 0.09 cm en coupe « petit axe du cœur » et de 0.49 ± 0.08 cm en coupe « grand axe du cœur ». Elles diffèrent significativement de 0.03 cm avec un intervalle de confiance de la différence entre les moyennes de 0.01 à 0.05 cm. Les moyennes des mesures de VGS sont de 0.86 ± 0.20 cm en coupe transversale et de 0.82 ± 0.18 cm en coupe longitudinale. Leur différence significative s'élève à 0.04 cm avec un intervalle de confiance de la différence entre les moyennes de 0.02 à 0.07 cm (cf. tableaux 5 et 7). Les différences significatives de mesures de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale sont responsables d'une différence de diagnostic de CMH pour 10 chats de l'étude. En effet, pour les chats n°18, 44, 82, 86, 87, 94 et 108, le PVGD est supérieur ou égal à 0.6 cm en coupe transversale et ne l'est pas en coupe longitudinale.

	Coupe transversale			Coupe longitudinale		
	Valeur 1	Valeur 2	Moyenne	Valeur 1	Valeur 2	Moyenne
N°18	0.74	0.54	0.64	0.66	0.51	0.59
N°44	0.72	0.6	0.66	0.56	0.6	0.58
N°82	0.67	0.54	0.61	0.55	0.55	0.55
N°86	0.6	0.64	0.62	0.62	0.5	0.56
N°87	0.82	0.58	0.7	0.56	0.61	0.59
N°94	0.73	0.57	0.65	0.56	0.53	0.55
N°108	0.56	0.66	0.61	0.55	0.55	0.55

Tableau 8 : Valeurs de dimensions et moyennes de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les chats n°18, 44, 82, 87, 94 et 108 (*En gras : diagnostic de CMH positif*).

Inversement, pour les chats n° 73, 85 et 106, les valeurs de PVGD en coupe longitudinale sont supérieures à 0.6 cm et non en coupe transversale.

	Coupe transversale			Coupe longitudinale		
	Valeur 1	Valeur 2	Moyenne	Valeur 1	Valeur 2	Moyenne
N°73	0.61	0.53	0.57	0.66	0.63	0.65
N°85	0.58	0.44	0.51	0.64	0.61	0.63
N°106	0.59	0.54	0.57	0.57	0.64	0.61

Tableau 9 : Valeurs de dimensions et moyennes de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les chats n°73, 85 et 106 (*En gras : diagnostic de CMH positif*).

L'analyse de la variance concernant la fraction de raccourcissement montre une différence significative dans les mesures avec $p=0.0026$. Les FR s'élèvent à 42.3 ± 9.2 % en coupe transversale et à 44.1 ± 8.9 % en coupe longitudinale. L'écart significatif entre les moyennes est de 1.75 % (cf. tableaux 5 et 7).

3.3.2. CHEZ LE CHIEN

Chez le chien, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différence significative concernant toutes les dimensions du ventricule gauche mesurées en coupe « petit axe du cœur » et en coupe « grand axe du cœur » avec $p=0.1847$. La figure 4 ci-dessous représente l'interaction entre les mesures des paramètres étudiés (moyenne des valeurs de SED, VGD, PVGD, SES, VGS et PVGS) et la coupe utilisée (CT ou CL). On remarque que les deux tracés se confondent mis à part pour la structure 3, le PVGD, et la structure 6, le PVGS. Toutefois, d'après l'analyse de la variance ces différences sont non significatives ($p<0.05$).

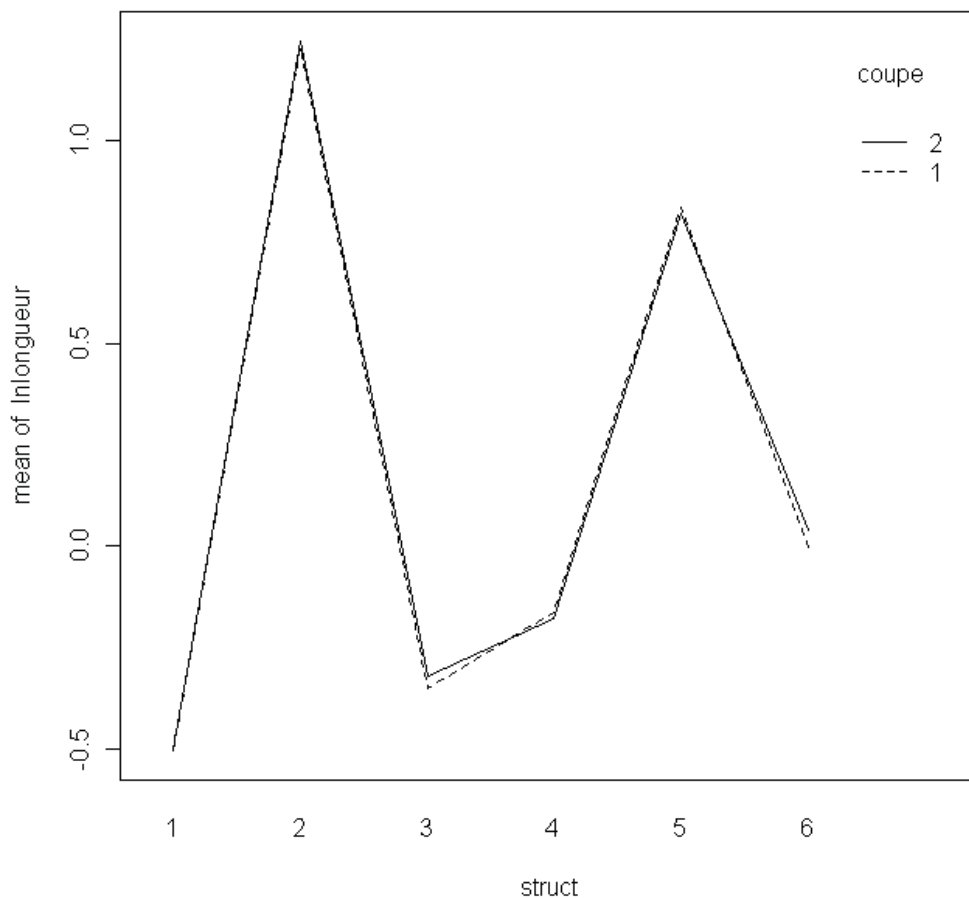


Figure 7 : Courbes d'interaction entre la moyenne des mesures ventriculaires (struct) et la coupe utilisée chez le chien

(Coupe 1=CT ; Coupe 2=CL ; Struct 1=SED, Struct 2=VGD ; Struct 3=PVGD ; Struct 4=SES ; Struct 5=VGS ; Struct 6=PVGS ; Coupe 1=CT ; Coupe 2=CL)

L'analyse de la variance de la fraction de raccourcissement ne montre elle aussi aucune différence significative selon si elle est obtenue en coupe transversale ou en coupe longitudinale avec $p=0.6271$.

4. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de comparer sur un nombre suffisant de chiens et de chats les mesures TM du ventricule gauche, et d'analyser ces résultats de manière statistique. Une analyse préalable de la répétabilité des mesures utilisées était nécessaire à l'interprétation des résultats obtenus.

4.1. RÉPÉTABILITÉ DES MESURES

En médecine vétérinaire, la répétabilité peut être définie comme la variabilité intra-jour obtenu lors de mesures sur un groupe d'animaux (3). La variabilité intra-essai est obtenue à partir d'une série de mesure effectuée le même jour, sur le même animal, par le même opérateur, dans un laps de temps très court. Elle correspond à la variabilité inter-cycle cardiaque et est donc mesurée sur un seul animal. La variabilité biologique, propre à ce dernier, est donc minimale. La répétabilité des mesures est évaluée grâce au coefficient de variation de répétabilité. On rappelle que lorsque ce coefficient est inférieur à 5 %, la répétabilité est très bonne et lorsqu'il est inférieur à 15 %, celle-ci est bonne.

L'étude menée par Muller A. sur 10 chats, montre une faible variabilité de mesures avec des coefficients de variation de répétabilité faible ($CV < 15\%$). Ces valeurs sont en accord avec les données publiées précédemment dans la littérature par Chetboul V. et al. (11). Cette étude a été menée sur 4 chats européens sains.

	Coefficient de variation (%)		
	A l'ENVT en CT	A l'ENVT en CL	Etude de Chetboul V. et al. * en CT
SED	8.0	10.8	13.5
VGD	6.4	5.8	8.3
PVGD	11.3	9.6	14.6
SES	8.0	8.4	13.2
VGS	8.7	8.2	15.9
PVGS	8.7	6.7	9.4
FR	13.2	10.4	14.9

Tableau 10 : Valeurs des coefficients de variation de répétabilité de notre étude en coupe transversale (CT) et en coupe longitudinale (CL) et des coefficients de variation de répétabilité rapportés dans la littérature, chez le chat

Cette faible variabilité est importante dans la suite de notre étude. En effet, elle détermine le nombre de mesures à effectuer pour s'approcher au plus près de la valeur réelle de la dimension mesurée. Afin de comparer les mesures réalisées en coupe transversale et en coupe longitudinale, deux valeurs ont suffi à estimer la dimension réelle compte tenu de ces résultats.

L'étude menée sur 8 chiens, montre également une faible variabilité de mesures avec des coefficients de variation de répétabilité faible ($CV < 15\%$) à très faible ($CV < 5\%$). Ces

valeurs sont comparables avec celles publiés dans la littérature (3). L'étude de Athanassiadis et al. a été réalisée sur 6 chiennes Beagle saines.

	Coefficient de variation (%)		
	A l'ENVT en CT	A l'ENVT en CL	Etude de Athanassiadis N. en CT
SED	11.3	11.5	11.6
VGD	4.0	4.3	4.8
PVGD	9.0	8.2	12.1
SES	9.9	10.6	8.2
VGS	6.7	9.0	7.9
PVGS	7.3	9.2	11.5
FR	14.0	14.3	13.5

Tableau 11 : Valeurs des coefficients de variation de répétabilité de notre étude en coupe transversale (CT) et en coupe longitudinale (CL) et des coefficients de variation de répétabilité rapportés dans la littérature, chez le chien

Comme pour l'étude menée sur les chats, ces résultats nous conduisent à utiliser seulement deux valeurs de mesures pour réaliser la comparaison entre coupe transversale et coupe longitudinale.

Ces études préalables étaient importantes dans l'interprétation des résultats de l'étude de comparaison des mesures en coupe petit axe et en coupe grand axe du cœur. Cette grande répétabilité nous assure de la bonne valeur des mesures de dimensions du ventricule gauche selon les deux coupes.

4.2. COMPARAISON DES MESURES EN COUPE TRANSVERSALE ET EN COUPE LONGITUDINALE

4.2.1. POPULATION ÉTUDIÉE

Nous avons choisi d'effectuer cette étude dans des conditions correspondant à une pratique vétérinaire courante. Les animaux inclus dans notre étude sont tous des animaux de compagnie, appartenant à des particuliers ou des éleveurs. Nous avons donc eu au cours des examens échocardiographiques toutes les difficultés potentiellement inhérentes au comportement plus ou moins docile des animaux. Cela nous a également permis de réaliser ces comparaisons sur des mesures obtenues chez des animaux sains mais également malades. Il s'agit là d'une population

correspondant à celle rencontrée lors d'une pratique clinique. Ainsi, le fait d'avoir une population « malade » avec un effectif plus important que la population « saine » chez les chiens (cf. paragraphe 2.1) est à mettre en parallèle avec les indications de l'échocardiographie dans cette espèce : celle-ci est le plus souvent réalisée après la détection d'une anomalie à l'examen clinique évocateur d'une cardiopathie (souffle cardiaque par exemple)(10). En revanche chez le chat, la prévalence des cardiopathies est plus faible que chez le chien. Cependant, dans cette espèce, le nombre des cardiopathies à composante héréditaire nécessitent que les échocardiographies sont réalisées dans le cadre de politique d'élevage afin d'éliminer de la reproduction les individus porteurs (20, 33, 40). C'est pourquoi dans notre population étudiée, les chats de race représentent la majorité des sujets alors qu'ils sont minoritaires dans la population féline générale.

Notre population d'étude correspond donc effectivement à celle rencontrée en routine. De plus, le modèle choisi lors de l'analyse statistique nous permet de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble de la population des chats et des chiens. Les conclusions de l'étude peuvent ainsi être utilisées dans un examen échocardiographique de routine. Enfin, il s'agit de la première étude à comparer sur un grand nombre de chats et de chiens, sains et malades, les mesures du ventricule gauche en mode temps-mouvement en coupe transversale et en coupe longitudinale.

4.2.2. CHEZ LE CHAT

La distribution des valeurs de dimensions (SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS) et de la fraction de raccourcissement (FR) représentée en ANNEXE 4, montre des différences pour certains paramètres entre la coupe transversale et la coupe longitudinale. Ces mêmes résultats sont retrouvés sur la figure 3 (tracés de l'interaction entre le paramètre étudié et la coupe utilisée). En effet, la dispersion des mesures est légèrement plus importante en coupe transversale qu'en coupe longitudinale pour le VGD et le VGS, contrairement aux mesures de la PVGD et de la PVGS. Concernant les autres mesures, la répartition des valeurs est similaire. Ces écarts dans la distribution sont toutefois très faibles et n'ont pas de conséquence notable au niveau pratique. D'autre part, à la vue des résultats précédant, malgré des distributions plus ou moins étendues, les deux coupes montrent une bonne répétabilité de mesures (CV<15%). Afin d'effectuer une comparaison plus précise des résultats, une analyse de la variance a été nécessaire.

Dans l'étude menée par DeMadron et al. sur 13 chats, aucune différence ayant potentiellement une conséquence pratique, entre les mesures effectuées en coupe transversale et celles effectuées en coupe longitudinale, n'avait été révélée. L'étude avait pour objectif d'évaluer la relation entre ces mesures (17). Une corrélation significativement positive a été trouvée pour le SES, le VGD, le VGS, la PVGD et la FR.

Toutefois, aucun test spécifique n'avait été réalisé afin d'estimer les différences de mesures. Dans notre étude, l'analyse de la variance a révélé une différence significative quant à certaines mesures opérées en coupe transversale et en coupe longitudinale. Ces écarts significatifs concernent la PVGD, le VGS et la FR.

A la vue de nos résultats, il semble qu'aucune des deux coupes ne soit plus avantageuse concernant l'axe du faisceau d'ultrasons. En effet, cette étude avait notamment pour but de déterminer si une coupe permettait d'obtenir une meilleure estimation des mesures du ventricule gauche. Or, on constate ici que les mesures de PVGD obtenues en coupe transversale sont significativement inférieures à celles obtenues en coupe longitudinale (valeurs moyennes : 0.48 cm en coupe transversale et 0.49 cm en coupe longitudinale) et que les mesures de VGS obtenues en coupe transversale sont significativement supérieures à celles obtenues en coupe longitudinale (valeurs moyennes : 0.86 cm en coupe transversale et 0.82 cm en coupe longitudinale). Ces données indiquent que les deux coupes induisent un défaut d'axe du faisceau d'ultrasons. L'une ou l'autre coupe ne semble pas supérieure quant à l'estimation des mesures TM du ventricule gauche.

Cette étude avait également pour objectif d'évaluer si le choix de la coupe avait des conséquences en terme de diagnostic de cardiopathie. L'épaisseur de la paroi libre du ventricule gauche mesurée en fin de diastole est un des principaux critères d'inclusion d'une Cardiomyopathie Hypertrophique chez le chat. Le diagnostic est établi lorsque sa valeur est supérieure à 0.6 cm (1, 10, 22). Un écart de mesure de PVGD peut ainsi être à l'origine d'un mauvais diagnostic de Cardiomyopathie Hypertrophique. Comme on le disait précédemment, les mesures de PVGD obtenues en coupe transversale sont significativement inférieures à celles obtenues en coupe longitudinale. Cette différence moyenne s'élève à 0.03 cm avec un intervalle de confiance de 0.01 à 0.05 cm. Cette écart est faible compte tenu de la valeur de l'épaisseur de la paroi (valeurs moyennes : 0.48 cm en coupe transversale et 0.49 cm en coupe longitudinale). Selon DeMadron une différence de moins de 1 mm entre deux mesures n'a pas répercussion pratique (17) et donc de risque de mauvais diagnostic de Cardiomyopathie Hypertrophique. Toutefois, dans cette étude, 10 individus présentent un diagnostic positif de Cardiomyopathie Hypertrophique selon une coupe et un diagnostic négatif selon l'autre coupe selon le seul critère d'un PVGD supérieur ou égal à 0.6 cm (cf paragraphe 3.3.1). En effet, pour les chats n°18, 44, 82, 86, 87, 94 et 108, la valeur moyenne de PVGD en coupe transversale est supérieure ou égale à 0.6 cm et ne l'est pas en coupe longitudinale (cf. Tableau 8). Parmi ces 7 chats, 4 ont été diagnostiqués atteints de Cardiomyopathie Hypertrophique débutante à avancée (n°44, n°82, 86, et 87) d'après ces mesures et les autres critères échocardiographiques de diagnostic de CMH (hyperéchogénicité des muscles papillaires, oblitération de la cavité ventriculaire en télésystole, réouverture systolique de la valvule mitrale, reflux mitral et/ou dilatation atriale gauche (10)). Deux autres chats présentaient toutefois d'autres anomalies et ont subi de nouvelles échocardiographies de suivi. L'échocardiographie du chat n°18 (chat européen mâle d'environ 12 ans) réalisée à des fins diagnostiques, révélait un déficit diastolique gauche. Les chats n°94 et 108 sont des Sphynx d'environ 3 ans, faisaient partie du

programme de dépistage de CMH. L'échocardiographie du chat n°108 montrait une hypertrophie septale focale, une hétérogénéité du myocarde et une dilatation de l'oreillette gauche entraînant sa classification comme « équivoque » et nécessitant une vérification ultérieure. Le chat n°94 a été évalué sain. Pour les chats n°73, 85 et 106, la valeur moyenne du PVGD en coupe longitudinale est supérieure à 0.6 cm et ne l'est pas en coupe transversale (cf tableau 10). Ces trois individus ont été déclarés atteints de Cardiomyopathie Hypertrophique d'après ces mesures et les autres critères évoqués plus haut. Il s'agit de Sphynx, faisant partie du programme de dépistage de CMH. L'écart moyen entre les mesures opérées selon les deux coupes pour les 10 chats concernés est de 0.076 cm (écart-type de 0.027 cm), donc de moins de 1 mm en moyenne. Cette différence est à l'origine de résultats contraires concernant le diagnostic de CMH. Ainsi, 9% des chats de notre étude (pour n=110), ont des valeurs de PVGD en coupe transversale et en coupe longitudinale suffisamment différentes pour entraîner une différence dans le diagnostic de CMH.

Le diamètre interne du ventricule gauche mesuré en fin de systole, fait lui partie des critères de diagnose de Cardiomyopathie dilatée chez le chat. Une forte suspicion est présente lorsque le VGS est supérieur à 1.2 cm et que la fraction de raccourcissement est de moins de 30% (10, 24). Une réduction du diamètre cavitaire du ventricule gauche est aussi un critère d'inclusion de Cardiomyopathie hypertrophique (1, 10, 20). Dans cette étude, les valeurs du diamètre interne du ventricule gauche obtenues en coupe transversale sont significativement supérieures à celles obtenues en coupe longitudinale. Les diamètres moyens sont de 0.86 cm en coupe transversale et de 0.82 cm en coupe longitudinale. La différence moyenne significative s'élève à 0.04 cm avec un intervalle de confiance de 0.02 à 0.07 cm. Cet écart est lui aussi relativement faible (<1mm) et ne peut être à l'origine d'erreur diagnostique. De plus, le VGS n'est pas seul critère d'inclusion de Cardiomyopathie dilatée. Sa valeur ne s'interprète qu'à la vue d'autres paramètres mesurables du cœur. La fraction de raccourcissement est en effet un de ces critères d'inclusion. Elle permet de juger en partie de la fonction systolique du cœur.

Alors que la FR est un facteur diagnostique dans la Cardiomyopathie dilatée, elle représente un facteur pronostique dans la Cardiomyopathie hypertrophique (49). Une différence significative a été mise en évidence entre les mesures effectuées en coupe transversale et celles effectuées en coupe longitudinale. La fraction de raccourcissement obtenue selon le « petit axe du cœur » (moyenne de 42,3 %) est en moyenne inférieure à la fraction de raccourcissement obtenue selon le « grand axe » du cœur (moyenne de 44,1%). La différence moyenne significative entre les valeurs est de 1.75 %. Cette valeur est faible. On rappelle qu'une altération de la fonction systolique du cœur peut être estimée par une fraction de raccourcissement inférieure à 30 %. Cette différence aussi significative soit-elle, n'aurait en fait pas de conséquence pratique en matière de diagnostic. Dans cette étude, 3 chats (n°4, 67 et 68), présentent un VGS>1.2 cm et une FR<30% en coupe transversale et ne présente pas ces deux caractéristiques en coupe longitudinale. Aucun de ces chats n'a été diagnostiqué atteints de CMD. En effet, ces deux critères permettent de conclure à une réduction de la fonction systolique du cœur. Toutefois, ils ne permettent pas à

eux seuls le diagnostic de cardiomyopathie dilatée chez le chat. Il s'agit d'évaluer également en mode 2D la sphéricité et la dilatation de la cavité du ventricule gauche (24). Les erreurs de diagnostic concernant la CMD quelque soit la coupe seraient alors peu fréquents, car il est basé sur plusieurs critères faisant appel à deux modes de mesures. Les différences aussi significatives soient elles entre les mesures opérées en coupe transversale et en coupe longitudinale, ne seraient donc pas à l'origine d'erreur de diagnostic de CMD.

De manière pratique chez le chat, les deux coupes étudiées présentent une grande répétabilité de mesures. Cependant, aucune des deux coupes ne semble offrir une meilleure estimation des mesures du ventricule gauche. C'est pourquoi il est difficile d'affirmer si, malgré des résultats contradictoires sur 10 chats, l'examen TM en coupe longitudinale est justifié chez le chat dans le cadre de dépistage de CMH, notamment. 3 des 10 chats seulement, présentaient un diagnostic positif de CMH pour la coupe longitudinale et donc des valeurs de PVGD plus importantes en coupe longitudinale contrairement à la moyenne des chats. Les mesures en coupe longitudinale peuvent donc être opérées comme un apport à celles effectuées en coupe transversale lors de dépistage de CMH, mais le suivi échocardiographique lors de mesures équivoques est toutefois primordial. En effet, la classification « positif » « équivoque » ou « négatif » se base certes sur ces mesures TM mais également sur d'autres critères.

4.2.3. CHEZ LE CHIEN

En analysant à présent la distribution des mesures de dimensions (SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS) et de la fraction de raccourcissement (FR) en ANNEXE 5, on observe une répartition similaire des données. Certains paramètres ont toutefois une distribution des mesures légèrement différente. La dispersion des mesures de VGD et de VGS est en effet moins importante en coupe longitudinale qu'en coupe transversale. *A contrario*, la PVGS et la FR ont une répartition des mesures légèrement moins étendues en coupe transversale qu'en coupe longitudinale. Comme chez le chat, ces écarts de distribution sont relativement faibles et la répétabilité est bonne voire très bonne pour les deux coupes de mesures. L'analyse spécifique de la différence de mesures est donc nécessaire pour poursuivre notre étude.

L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre les mesures effectuées en coupe transversale et celles effectuées en coupe longitudinale, pour tous les paramètres étudiés (SED, VGD, PVGD, SES, VGS, PVGS et FR). Les résultats de notre étude sont en accord avec l'étude de Hanton et al., menée sur 121 Beagles de laboratoire. Les auteurs affirmaient déjà que les résultats obtenus en coupe transversale et en coupe longitudinale étaient équivalents. Mais cette conclusion n'était basée que sur des observations et non sur une analyse statistique spécifique.

Notre étude est la première pouvant affirmer que les mesures en mode TM effectuées en coupe transversale et en coupe longitudinale sont similaires chez le chien. Aucune surestimation des mesures, pouvant aboutir à un mauvais diagnostic de cardiopathie, n'est réalisée selon l'une ou l'autre coupe. Cette conclusion concerne particulièrement la FR et le VGD, critères d'inclusion d'une Cardiomyopathie dilatée chez le chien (9, 37, 42).

Ainsi, selon la coupe « petit axe » et selon la coupe « grand axe 5 cavités » du cœur, on obtient une bonne répétabilité de mesures et des résultats tout à fait équivalents. Aucune influence de la coupe utilisée n'entre en jeu dans le diagnostic ou le dépistage d'affection cardiaque, chez le chien. L'échographiste peut effectuer avec la même confiance les mesures en mode temps-mouvement avec une coupe transversale ou bien avec une coupe longitudinale.

CONCLUSION

Utiliser la meilleure technique d'échocardiographie est essentielle dans la réalisation d'un diagnostic précis ou d'un suivi clinique d'affection cardiaque. La confiance dans les mesures effectuées est primordiale dans la prise de décisions cliniques non erronées. La coupe transversale et la coupe longitudinale sont toutes deux décrites dans la littérature comme techniques de mesures en mode temps-mouvement. Pour pouvoir comparer ses résultats de mesures et ceux publiés dans les études, l'échocardiographe doit utiliser une technique de mesures standardisée la plus fiable possible.

Cette étude a révélé d'une part que les mesures effectuées en coupe transversale et en coupe longitudinale ont une bonne à très bonne répétabilité chez le chat et chez le chien. D'autre part, on a montré que les mesures TM étaient équivalentes chez le chien en coupe transversale et en coupe longitudinale. Chez le chat, des différences significatives ont été mises en évidence selon la coupe choisie. Toutefois, aucune des deux coupes ne semble plus efficace dans l'estimation exacte des mesures TM du ventricule gauche. Ainsi, peut-on conseiller de réaliser les mesures TM en coupe longitudinale en complément de l'examen en coupe transversale lors de dépistage de CMH notamment, et recommander un suivi échocardiographique lors de mesures dans les limites de références.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussignée, *DIQUELOU Armelle*, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de *LAFFORGUE Pauline* intitulée « *Comparaison des valeurs temps-mouvement en échocardiographique du ventricule gauche en coupe longitudinale et en coupe transversale abord droit du chien et du chat* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.



Fait à Toulouse, le 16 juin 2011
Docteur Armelle DIQUELOU
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain



Vu : 4.07.2011
Le Président du jury :
Professeur Jérôme RONCALLI



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier 27 JUN 2011
Professeur Gilles FOURTANIER



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.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abbott J.A. Feline hypertrophic Cardiomyopathy : an update. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2010;40:685-700
2. Al Haidar A. et al. Comparison of the repeatability of echocardiographic measurements from different modes and views in horses of various breeds and sizes. J Equine Vet Sci 2010;30:287-297
3. Athanassiadis N. Etude de la variabilité intra- et inter-opérateur de l'examen échocardiographique chez le chat et le chien. Th : Med Vet, Toulouse, 2003, 96p
4. Barone R. Angiologie (tome cinquième). Barone R. Anatomie comparée des mammifères domestiques (3^{ème} Ed.), Vigot, Paris, 1996
5. Bavegems V. et al. Echocardiography reference values in whippets. Vet Radiol Ultrasound 2007;48:230-238
6. Bonagura J.D. M-mode echocardiography. Basic principles. Vet Clin North Am : Small Anim Pract 1985;15:1177-1194
7. Boon J.A. The Echocardiographic Examination in Manual of Veterinary Echocardiography, Williams&Wilkins Ed, London, 1998;103-110
8. Calvert CA et al. Signalment, survival and prognostic factors in Doberman pinschers with end-stage cardiomyopathy. J Vet Int Med 1997;11:323-326
9. Calvert CA et al. Clinical and pathologic findings in Doberman pinschers with occult cardiomyopathy that died or developed congestive heart failure : 54 cases (1984-1991). J Am Vet Med Assoc 1997;210:505-511
10. Chetboul V. Echocardiographie et Doppler chez le chien et chez le chat, Masson, Paris, 2006
11. Chetboul V. et al. Effects of animal position and number of repeated measurements on selected two-dimensional and M-mode echocardiographic variables in healthy dogs. J Am Vet Med Assoc 2005;227:743-747
12. Chetboul V. et al. Effects of inter- et intra-observer variability on echocardiographic measurements in awake cats. J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med 2003;50:326-31
13. Collins H.W. et al. Reproducibility of left ventricle mass measurements by two dimensional and M-mode echocardiography. J Am Coll Cardiol 1989;14:672-676

14. Côté E. Echocardiography : Common pitfalls and practice solutions. Clin Tech Small Anim Pract 2005 ;20 :156-163
15. Crippa L. et al. Echocardiography parameters and indices in the normal Beagle dog. Lab Anim 1992;26:190-195
16. D'Arbela PG. Et al. Comparability of M-mode echocardiographic long axis and short axis left ventricular function derivatives. Br Heart J 1986;56 :445-449
17. DeMadron E. et al. Two-dimensional echocardiography in the normal cat. Vet Radiol 1985 ;26 :149-158
18. Drouin L. et al. Measurement of M-mode echocardiographic parameters in healthy adult Main Coon cats. J Am Vet Med Assoc 2005;226:734-737
19. Felner J.M. et al. Sources of variability in echocardiographic measurements. Am J Cardiol 1980;45:995-1004
20. Ferasin L. Feline myocardial disease : 1 : Classification, pathophysiology and clinical presentation. J Feline Med Surg 2009;11:3-13
21. Fox P.R., Sisson D. et Moise N.S. Diagnostic Methods in Textbook of canine and feline cardiology - Principles and clinical practice 2nd Ed, Saunders, Philadelphia, 1999
22. Fox P.R. et al. Echocardiographic assessment of spontaneously occurring feline hypertrophic cardiomyopathy ; An animal model of human disease. Circulation 1995;92:2645-265
23. Fraser C.G. et Fogarty Y. Interpreting laboratory results. BMJ 1989;298:1659-1660
24. Fuentes V.L. Cardiomyopathy-Establishing a diagnosis in Consultations in feline internal medicine 5th Ed, Elsevier Saunders, Saint-Louis, 2006
25. Gooding J.P. et al. Echocardiographic assessment of left ventricular dimensions in clinically normal English Cocker Spaniels. Am J Vet Res 1986;47:296-300
26. Gottdiener J.S. et al. Should echocardiography be performed to assess effects of antihypertensive therapy ? Test-retest reliability of echocardiography for measurements of left ventricular mass and function. J Am Coll Cardiol 1995;25:424-430

27. Hanton G. et al. Echocardiography, a non-invasive method for the investigation of heart morphology and function in laboratory dogs : 1. Method and reference values for M-mode parameters. *Lab Animals* 1998;32:173-182
28. Helak J.W. et Reichek N. Quantitation of human left ventricular mass and volume by two-dimensional echocardiography : in vitro anatomic validation. *Circulation* 1981 ;63 :1398-1407
29. Henry WL. Et al. Report of the american society of echocardiography committee on nomenclature and standards in two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1980;62 :212-215
30. Jacobs G. et al. M-mode echocardiographic measurements in nonanesthetized healthy cats : Effects of body weight, heart rate, and other variables. *Am J Vet Res* 1985;46:1705-1711
31. Kamina P. Le cœur dans Thorax-Abdomen (tome troisième). Anatomie clinique (3^{ème} Éd.), Maloine, Paris, 2009
32. Kayar A. et al. M-mode echocardiographic parameters and indices in the normal German Shepherd dog. *Vet Radiol Ultrasound* 2006;47:482-486
33. Kittleson M.D. et al. Familial hypertrophic cardiomyopathy in Maine Coon cats : An animal model of human disease. *Circulation* 1999;99:3172-3180
34. Koch J. al. M-mode echocardiographic diagnosis of dilated cardiomyopathy in giant breed dogs. *Zentralbl Veterinarmed A* 1996;43:297-304
35. Lang R.M., *et al* Recommendations for chamber quantification : a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and standards committee and the chamber quantification writing group, developed in conjunction with the european association of echocardiography, a branch of the european society of cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18:1440-1463
36. Lobo L. et al. Transthoracic echocardiography in Estrela Mountain dogs : Reference values for the breed. *Vet J* 2008;177:250-259
37. Lombard C.W. Normal values of the canine M-mode echocardiogram. *Am J Vet Res* 1984;45:2015-2018
38. Lusk Jr R.H. et Ettinger S.J. Echocardiographic techniques in the dog and cat. *J Am Anim Hosp Assoc* 1990 ;26 :473-488
39. Mashiro I. et al. Ventricular dimensions measured noninvasively by echocardiography in the awake dog. *J Appl Physiol* 1976 ;41 :953-959

40. Meurs K.M. et al. A substitution mutation in the myosin binding protein C gene in ragdoll hypertrophic cardiomyopathy. *Genomics* 2007;90:261-264
41. Moïse N.S. et al. Echocardiography, electrocardiography, and radiography of cats with dilatation cardiomyopathy, hypertrophic cardiomyopathy, and hyperthyroidism. *Am J Vet Res* 1986;47:1476-1486
42. Monnet E. et al. Idiopathic dilated cardiomyopathy in dogs : survival and prognostic indicators. *J Vet Int Med* 1995;9:12-17
43. Morrisson S.A. et al. Effect of breed and body weight on echocardiographic values of four breeds of dogs of differing weight and somatotype. *J Vet Int Med* 1992;6:220-224
44. Muller A.F. Variabilité de l'échocardiographie chez le chat à l'E.N.V.T. Th : Med Vet, Toulouse, 2009, 131p
45. Muzzi R.A.L. et al. Echocardiographic indices in normal German Shepherd dogs. *J Vet Sci* 2006;7:193-198
46. O'Grady M.R. et al. Quantitative cross-sectional echocardiography in the normal dog. *Vet Radiol* 1986;27:34-49
47. O'Leary C.A. et al. Echocardiographic parameters in 14 healthy English Bull Terriers. *Aust Vet J* 2003;81:535-542
48. Page A. et al. Echocardiographic values in the Greyhound. *Austr Vet J* 1993;70:361-365
49. Peterson H.D. et al. Heterogeneity of hypertrophic heart disease. *J Vet Int Med* 1993;7:183-189
50. Pipers F.S. et al. Echocardiography in the domestic cat. *Am J Vet Res* 1979;40:882-886
51. Popp et al. Effect of transducer placement on echocardiographic measurements of left ventricular dimensions. *Am J Cardiol* 1975;35:537-540
52. Reichek et al. Anatomic validation of left ventricular mass estimates from clinical two dimensional echocardiography : initial results. *Circulation* 1983 ;67 :348-352

53. Rouvière H. et Delmas A. Le coeur dans Tronc (tome deuxième) Anatomie humaine - Descriptive, topographique et fonctionnelle (15^{ème} Éd.) Masson, Paris, 2002
54. Schiller N.B. et al. Canine left ventricular mass estimation by two dimensional echocardiography. *Circulation* 1983 ;68 :210-216
55. Sisson et al. Changes in linear dimensions of the heart relatives to body weight as measured by M-mode echocardiography in growing dogs. *Am J Vet Res* 1991;52:1591-1596
56. Sisson D.D. et al. Plasma concentrations and M-mode echocardiographic measures in healthy cats and in cats with dilated cardiomyopathy. *J Vet Int Med* 1991;5:232-238
57. Snyder P.S. et al. Comparison of echocardiographic indices of the non racing healthy greyhound to reference values from other breeds. *Vet Radiol Ultrasound* 1995;36:387-392
58. Soderberg S.F. et al. M-mode echocardiography as a diagnostic aid for feline cardiomyopathy. *Vet Radiol* 1983;24:66-73
59. Thomas W.P. et al. Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and the cat. *J Vet Int Med* 1993 ;7 :247-252
60. Thomas W.P. Two-dimensional realtime echocardiography in the dog : technique and anatomic validation. *Vet Radiol* 1984 ;25 :50-64
61. Triuzli M. et al. Normal adult cross-sectionnal echocardiographic values : linear dimensions and chamber areas. *Echocardiography* 1984;1:403-426
62. Vollmar A. Kardiologische Untersuchungen beim Deerhound, Referenzwerte für die Echodiagnostik. *Kleintierpraxis* 1998;43:497-508
63. Vollmar A. Echocardiographic measurements in the Irish Wolfhound : reference values for the breed. *J Am Anim Hosp Assoc* 1999;35:271-277
64. Wong M. et al. Reproducibility of left ventricular internal dimensions with M-mode. Echocardiography : effects of heart size, body position and transducer angulation. *Am J Cardiol* 1981;47:1068-1074

ANNEXES

ANNEXE 1 : Composition raciale des populations de 110 chats et des 93 chiens de l'étude

Sphynx	91
Main Coon	10
Chat des forêts norvégiennes	2
Type européen	7

American Staffordshire terrier	2
Bichon	5
Berger de Beauce	2
Berger Allemand	1
Berger des Pyrénées	1
Bouledogue anglais	1
Bouledogue français	4
Bouvier des Flandres	1
Boxer	8
Braque de Weimar	1
Bull terrier	2
Caniche	13
Cavalier King Charles	3
Cocker	1
Colley	1
Coton de Tuléar	4
Dalmatien	1
Dogue allemand	1
Épagneul breton	1
Fox terrier	2
Golden Retriever	1
Groenendal	1
Labrador	2
Lhasa Apso	3
Léonberg	1
Malinois	1
Pinscher	2
Scottish terrier	1
Shetland	3
Shi Tzu	1
Terre neuve	1
West Highland White terrier	1
Whippet	1
Yorkshire terrier	7
Sans pedigree	12

ANNEXE 2 : Valeurs des mesures du ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale chez les 110 chats de l'étude

N°	Coupe transversale						Coupe longitudinale							
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	
1	0,44	0,38	1,48	1,57	0,52	0,49	0,47	0,47	0,96	0,96	0,71	0,69	35	39
2	0,22	0,24	1,25	1,27	0,31	0,24	0,33	0,33	0,97	0,92	0,48	0,46	23	28
3	0,41	0,3	1,7	1,62	0,44	0,44	0,47	0,52	1,35	1,18	0,6	0,55	27	33
4	0,27	0,27	1,76	1,62	0,47	0,47	0,33	0,25	1,46	1,24	0,6	0,55	17	24
5	0,45	0,39	1,48	1,69	0,51	0,47	0,66	0,51	0,78	1,03	0,84	0,72	47	39
6	0,33	0,41	2,28	1,73	0,36	0,55	0,58	0,6	1,35	0,93	0,63	0,88	41	46
7	0,28	0,31	1,55	1,56	0,43	0,41	0,53	0,46	0,69	0,94	0,58	0,58	55	40
8	0,27	0,23	1,73	2	0,43	0,39	0,43	0,41	1,07	1,23	0,64	0,58	38	38
9	0,35	0,33	2,02	2	0,51	0,43	0,64	0,56	1,03	1,11	0,66	0,84	49	44
10	0,31	0,3	1,22	1,42	0,43	0,44	0,43	0,51	0,66	0,74	0,66	0,72	46	48
11	0,37	0,45	1,34	1,32	0,49	0,45	0,51	0,64	0,66	0,66	0,74	0,78	51	50
12	0,35	0,27	1,52	1,42	0,39	0,35	0,51	0,41	0,76	0,86	0,7	0,53	50	39
13	0,37	0,44	1,73	1,73	0,37	0,42	0,42	0,54	1,09	1,06	0,59	0,62	37	39
14	0,36	0,35	1,6	1,69	0,44	0,47	0,58	0,51	1,02	0,88	0,59	0,68	36	48
15	0,41	0,31	1,5	1,54	0,45	0,43	0,39	0,49	1,05	1,03	0,64	0,6	30	33
16	0,35	0,37	1,54	1,56	0,45	0,49	0,49	0,43	1,01	1,15	0,74	0,58	35	26
17	0,42	0,44	1,68	1,65	0,52	0,54	0,54	0,64	1,11	0,84	0,79	0,86	34	49
18	0,59	0,49	1,43	1,83	0,74	0,54	0,72	0,79	0,69	0,72	0,96	0,86	52	61
19	0,31	0,38	1,5	1,35	0,4	0,59	0,4	0,51	1,2	0,87	0,69	0,84	20	35
20	0,27	0,31	1,81	2,12	0,43	0,41	0,37	0,49	1,28	1,4	0,49	0,45	30	34
21	0,49	0,41	1,11	1,56	0,56	0,41	0,64	0,62	0,58	0,74	0,8	0,78	48	52
22	0,29	0,33	1,54	1,56	0,37	0,39	0,39	0,56	1,05	0,95	0,53	0,58	32	39
23	0,25	0,28	1,61	1,5	0,3	0,35	0,4	0,4	0,91	0,82	0,56	0,56	44	45
24	0,36	0,35	1,45	1,43	0,35	0,46	0,61	0,51	0,82	0,81	0,63	0,64	43	44
25	0,35	0,41	1,77	1,69	0,49	0,47	0,6	0,6	1,03	1,09	0,7	0,78	42	35
26	0,45	0,33	1,3	1,44	0,37	0,39	0,68	0,56	0,68	0,68	0,74	0,72	48	53
27	0,3	0,42	1,63	1,63	0,32	0,44	0,47	0,49	1,09	1,09	0,59	0,64	33	33
28	0,29	0,39	1,54	1,36	0,45	0,49	0,64	0,58	0,7	0,7	0,72	0,78	55	48

N°	Coupe transversale							Coupe longitudinale						
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)
29	0,49	0,43	1,46	1,46	0,43	0,43	0,76	0,62	0,76	0,7	0,84	0,72	48	51
30	0,41	0,41	1,65	1,69	0,43	0,43	0,51	0,53	1,05	0,86	0,7	0,76	36	49
31	0,42	0,3	1,56	1,65	0,4	0,38	0,64	0,66	0,81	0,87	0,77	0,67	48	47
32	0,43	0,37	1,79	1,63	0,53	0,58	0,56	0,58	1,05	1,05	0,64	0,7	41	35
33	0,37	0,35	1,38	1,58	0,47	0,45	0,56	0,53	0,7	0,8	0,76	0,7	49	49
34	0,38	0,36	1,55	1,56	0,41	0,53	0,59	0,58	0,86	1,09	0,64	0,58	45	31
35	0,56	0,53	1,36	1,21	0,45	0,49	0,68	0,78	0,7	0,72	0,86	0,84	48	41
36	0,39	0,29	1,4	1,63	0,45	0,37	0,62	0,47	0,8	1,01	0,7	0,64	43	34
37	0,51	0,43	1,67	1,83	0,43	0,43	0,64	0,51	0,99	1,13	0,72	0,68	41	38
38	0,31	0,33	1,63	1,33	0,36	0,40	0,51	0,49	0,94	0,77	0,46	0,63	42	42
39	0,47	0,45	1,46	1,38	0,47	0,47	0,60	0,64	0,80	0,86	0,76	0,76	39	33
40	0,37	0,41	1,34	1,17	0,53	0,51	0,49	0,49	0,88	0,62	0,66	0,64	34	47
41	0,27	0,37	1,34	1,44	0,35	0,45	0,47	0,49	0,95	1,05	0,56	0,64	34	35
42	0,41	0,39	1,30	1,34	0,47	0,53	0,64	0,64	0,74	0,70	0,62	0,72	43	48
43	0,31	0,30	1,45	1,38	0,44	0,40	0,46	0,44	0,86	0,91	0,56	0,58	41	35
44	0,45	0,49	1,36	1,32	0,72	0,60	0,74	0,72	0,51	0,41	0,80	0,80	62	69
45	0,31	0,31	1,34	1,30	0,58	0,47	0,60	0,53	0,66	0,58	0,76	0,78	51	56
46	0,40	0,33	1,37	1,32	0,36	0,41	0,51	0,59	0,92	0,63	0,64	0,72	33	52
47	0,30	0,33	1,04	1,12	0,49	0,54	0,53	0,44	0,51	0,76	0,87	0,67	51	32
48	0,35	0,31	1,46	1,36	0,47	0,49	0,56	0,53	0,86	0,64	0,66	0,68	41	53
49	0,29	0,45	1,48	1,54	0,47	0,47	0,49	0,62	0,88	0,93	0,68	0,66	40	40
50	0,41	0,29	1,60	1,69	0,56	0,56	0,62	0,60	0,95	0,82	0,78	0,82	41	51
51	0,33	0,26	1,27	1,42	0,49	0,41	0,46	0,36	0,89	0,94	0,64	0,58	30	34
52	0,39	0,41	1,42	1,38	0,47	0,43	0,49	0,56	0,93	0,93	0,66	0,62	35	33
53	0,35	0,31	1,40	1,38	0,43	0,53	0,66	0,58	0,62	0,74	0,78	0,72	56	46
54	0,45	0,45	1,42	1,36	0,49	0,45	0,53	0,39	0,91	0,93	0,70	0,68	36	32
55	0,27	0,39	1,60	1,42	0,41	0,53	0,53	0,47	1,09	0,93	0,51	0,70	32	35
56	0,49	0,31	1,34	1,56	0,58	0,58	0,64	0,62	0,56	0,82	0,88	0,78	58	47
57	0,37	0,33	1,54	1,58	0,41	0,37	0,45	0,41	1,01	1,07	0,45	0,49	35	32
58	0,35	0,31	1,28	1,32	0,38	0,40	0,44	0,40	0,79	0,87	0,54	0,49	38	34

N	Coupe transversale						Coupe longitudinale							
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)
59	0,37	0,35	1,52	1,54	0,47	0,43	0,62	0,51	0,76	0,88	0,86	0,74	50	43
60	0,37	0,31	2,06	2,12	0,53	0,51	0,64	0,51	1,34	1,46	0,76	0,68	35	31
61	0,37	0,52	1,98	1,75	0,74	0,74	0,69	0,72	0,84	0,84	1,04	1,06	57	52
62	0,36	0,35	1,38	1,32	0,36	0,35	0,51	0,46	0,86	0,91	0,61	0,54	38	31
63	0,33	0,41	1,89	1,67	0,43	0,43	0,58	0,60	1,17	1,13	0,64	0,68	38	32
64	0,33	0,35	1,77	1,58	0,41	0,41	0,39	0,49	1,15	0,99	0,58	0,72	35	38
65	0,29	0,35	1,60	1,87	0,33	0,49	0,45	0,64	0,91	1,19	0,76	0,62	44	36
66	0,25	0,28	1,32	1,55	0,31	0,36	0,49	0,43	0,91	1,05	0,48	0,61	31	32
67	0,25	0,29	1,58	1,60	0,39	0,27	0,51	0,41	1,21	1,26	0,39	0,41	24	22
68	0,41	0,56	1,75	1,63	0,51	0,68	0,60	0,70	1,36	1,05	0,64	0,78	22	35
69	0,45	0,56	1,19	1,35	0,48	0,53	0,56	0,61	0,69	0,71	0,71	0,85	42	47
70	0,53	0,34	1,59	1,59	0,42	0,4	0,56	0,63	1,06	0,95	0,61	0,57	33	40
71	0,55	0,43	1,14	1,24	0,48	0,52	0,69	0,71	0,76	0,57	0,6	0,64	33	54
72	0,3	0,38	1,46	1,52	0,47	0,49	0,59	0,57	0,8	0,72	0,76	0,76	45	53
73	0,4	0,4	1,32	1,35	0,61	0,53	0,71	0,56	0,5	0,69	0,9	0,82	62	49
74	0,5	0,56	1,3	1,11	0,56	0,63	0,77	0,66	0,5	0,56	0,79	0,77	61	50
75	0,37	0,5	1,3	1,38	0,53	0,5	0,45	0,56	0,69	0,74	0,77	0,79	47	46
76	0,37	0,58	1,32	1,35	0,58	0,63	0,63	0,69	0,71	0,82	0,85	0,85	46	39
77	0,44	0,49	1,43	1,48	0,52	0,49	0,52	0,64	0,9	0,87	0,67	0,67	37	41
78	0,51	0,57	1,46	1,52	0,51	0,51	0,6	0,67	0,76	0,95	0,7	0,67	48	37
79	0,36	0,38	1,5	1,31	0,52	0,52	0,55	0,55	0,93	0,79	0,6	0,67	38	40
80	0,45	0,4	1,36	1,19	0,5	0,48	0,55	0,52	0,86	0,76	0,69	0,79	37	36
81	0,43	0,45	1,43	1,55	0,48	0,45	0,57	0,52	0,95	1	0,6	0,71	33	35
82	0,67	0,51	1,11	1,4	0,67	0,54	0,67	0,73	0,57	0,67	0,89	0,86	49	52
83	0,37	0,37	1,51	1,61	0,5	0,53	0,58	0,48	0,82	1,14	0,79	0,63	46	29
84	0,4	0,4	1,48	1,38	0,43	0,48	0,55	0,55	0,83	0,81	0,67	0,67	43	41
85	0,58	0,52	1,48	1,63	0,58	0,44	0,81	0,64	0,55	0,71	0,96	0,81	63	55
86	0,48	0,45	1,24	1,29	0,6	0,64	0,57	0,69	0,57	0,64	0,81	0,79	54	50
87	0,53	0,5	1,08	1,22	0,82	0,58	0,63	0,69	0,58	0,5	0,9	0,85	46	59
88	0,37	0,45	1,59	1,53	0,42	0,56	0,53	0,63	1,01	0,77	0,74	0,82	37	50

N°	Coupe transversale						Coupe longitudinale								
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	
89	0,53	1,43	0,56	0,69	0,77	0,95	46	0,5	1,38	0,69	0,66	0,63	0,61	0,9	56
90	0,45	1,26	0,45	0,43	0,6	0,57	53	0,4	1,14	0,5	0,4	0,6	0,74	0,62	35
91	0,52	1,28	0,52	0,58	0,76	0,81	41	0,58	1,24	0,5	0,56	0,61	0,66	0,66	47
92	0,58	1,27	0,4	0,45	0,63	0,63	48	0,4	1,48	0,56	0,56	0,56	0,93	0,79	35
93	0,42	1,3	0,48	0,42	0,56	0,63	41	0,45	1,48	0,5	0,61	0,58	0,63	0,77	48
94	0,48	1,27	0,73	0,57	0,76	0,76	57	0,5	1,48	0,56	0,53	0,69	0,53	0,66	55
95	0,58	1,13	0,49	0,47	0,64	0,9	21	0,64	1,13	0,61	0,47	0,7	0,64	0,73	36
96	0,52	1,48	0,49	0,47	0,49	0,73	45	0,47	1,48	0,58	0,44	0,67	0,58	0,7	53
97	0,44	1,57	0,52	0,61	0,67	0,67	50	0,52	1,31	0,58	0,52	0,73	0,76	0,49	62
98	0,4	1,4	0,48	0,42	0,48	0,56	36	0,45	1,46	0,48	0,48	0,56	0,61	1,03	29
99	0,55	1,31	0,52	0,52	0,64	0,7	40	0,47	1,48	0,49	0,52	0,73	0,67	0,73	51
100	0,45	1,35	0,48	0,34	0,58	0,56	39	0,45	1,27	0,5	0,45	0,63	0,63	0,66	48
101	0,44	1,78	0,63	0,57	0,67	0,6	37	0,47	1,46	0,67	0,61	0,7	0,73	0,79	46
102	0,33	1,48	0,48	0,5	0,45	0,52	40	0,33	1,31	0,52	0,5	0,48	0,6	0,88	33
103	0,56	1,35	0,48	0,37	0,61	0,61	43	0,48	1,38	0,45	0,45	0,69	0,66	0,74	46
104	0,52	1,37	0,49	0,44	0,64	0,55	36	0,61	1,4	0,47	0,52	0,55	0,52	0,84	40
105	0,47	1,43	0,49	0,41	0,52	0,52	53	0,35	1,37	0,58	0,61	0,7	0,52	0,58	34
106	0,35	1,75	0,59	0,54	0,54	0,59	48	0,32	1,65	0,57	0,64	0,52	0,62	0,84	49
107	0,3	1,4	0,43	0,44	0,53	0,61	53	0,43	1,45	0,48	0,46	0,72	0,59	0,56	39
108	0,46	1,75	0,56	0,66	0,56	0,66	55	0,44	1,57	0,55	0,55	0,47	0,52	0,93	38
109	0,45	1,58	0,58	0,74	0,6	0,72	47	0,57	1,58	0,64	0,62	0,67	0,74	0,81	44
110	0,33	1,65	0,47	0,56	0,49	0,64	52	0,27	1,46	0,49	0,58	0,47	0,53	0,7	49

(SED=Septum interventriculaire en fin de diastole ; VGD=Diamètre interne du ventricule gauche en fin de diastole ; PVGD=Paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole ; SES=Septum interventriculaire en fin de systole ; VGS=Diamètre interne du ventricule gauche en fin de systole ; PVGS=Paroi libre du ventricule gauche en fin de systole ; FR=Fraction de raccourcissement)

ANNEXE 3 : Valeurs des mesures du ventricule gauche en coupe transversale et en coupe longitudinale sur les 93 chiens de l'étude

N°	Coupe transversale						Coupe longitudinale							
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)
1	0,42	0,42	3,08	2,88	0,46	0,54	0,69	0,88	1,62	1,5	0,77	0,88	47	48
2	0,46	0,43	1,81	1,85	0,66	0,46	0,63	0,53	1,09	1,05	0,76	0,69	40	43
3	0,44	0,66	3,12	2,81	0,62	0,66	0,66	0,7	1,89	1,71	0,92	1,01	39	39
4	0,5	0,35	3,65	3,38	0,54	0,53	0,54	0,57	2,69	2,37	0,77	0,79	26	30
5	0,62	0,48	2,81	2,81	0,62	0,57	0,75	0,75	1,67	1,76	0,84	0,88	41	37
6	0,5	0,58	3	2,85	0,42	0,5	0,5	0,54	1,77	1,77	0,73	0,88	41	38
7	0,5	0,46	2,35	2,42	0,5	0,35	0,69	0,54	1,54	1,5	0,69	0,81	34	38
8	1,14	1,21	5,29	5,5	1,36	1	1,21	1,21	4,57	4,36	1,64	1,57	14	21
9	0,45	0,64	3,41	3,36	0,49	0,59	0,54	0,64	2,08	2,13	0,94	0,94	39	37
10	0,82	0,66	4,4	4,23	0,93	0,77	0,93	0,93	3,41	2,86	1,21	1,15	23	32
11	0,92	0,59	4,22	4,95	0,86	0,73	1,05	0,79	3,16	3,56	0,99	1,25	25	28
12	0,59	0,69	3,66	3,86	0,74	0,69	0,84	0,84	2,37	2,77	1,24	1,09	35	28
13	0,62	0,53	2,73	2,9	0,79	0,66	0,97	0,75	1,58	1,8	1,23	1,05	42	38
14	0,54	0,54	2,81	2,81	0,46	0,5	0,54	0,69	1,77	2,08	0,85	0,81	37	26
15	0,56	0,43	2,74	2,97	0,63	0,96	0,56	0,66	1,68	1,85	0,73	0,86	39	38
16	0,32	0,47	2,27	2,2	0,62	0,49	0,54	0,49	1,48	1,63	0,69	0,84	35	26
17	0,49	0,49	3,06	3,04	0,47	0,4	0,62	0,57	1,83	1,95	0,72	0,52	40	38
18	0,69	0,59	3,36	3,61	0,79	0,89	1,09	0,99	1,88	2,03	1,14	1,24	44	44
19	0,47	0,42	1,33	1,48	0,52	0,35	0,62	0,57	0,74	0,91	0,72	0,57	44	38
20	0,73	0,66	3,03	2,84	0,79	0,92	0,86	0,92	1,85	1,91	1,38	1,25	39	33
21	0,66	0,66	2,81	2,86	0,66	0,75	0,7	0,92	1,89	1,58	1,23	1,05	33	45
22	0,73	0,85	4,23	4,17	0,91	0,85	1,15	1,03	2,72	3,08	1,33	1,21	36	26
23	0,85	0,85	4,47	4,71	0,73	0,85	1,03	1,15	3,02	2,78	1,15	1,33	32	41
24	0,74	0,59	3,66	3,56	0,64	0,69	1,04	1,09	1,98	2,37	1,14	0,84	46	33
25	0,99	0,66	2,86	3,3	0,82	0,98	1,1	1,04	1,98	2,2	1,32	1,32	31	33
26	1	1,23	6,38	6,46	1,08	1,31	1,31	1,46	5,31	4,77	1,46	1,69	17	26
27	0,58	0,49	2,13	2,11	0,63	0,59	0,84	0,86	1,18	1,22	0,95	0,99	45	42
28	0,56	0,59	2,77	3	0,53	0,63	0,95	0,86	1,61	1,78	0,82	0,95	42	41

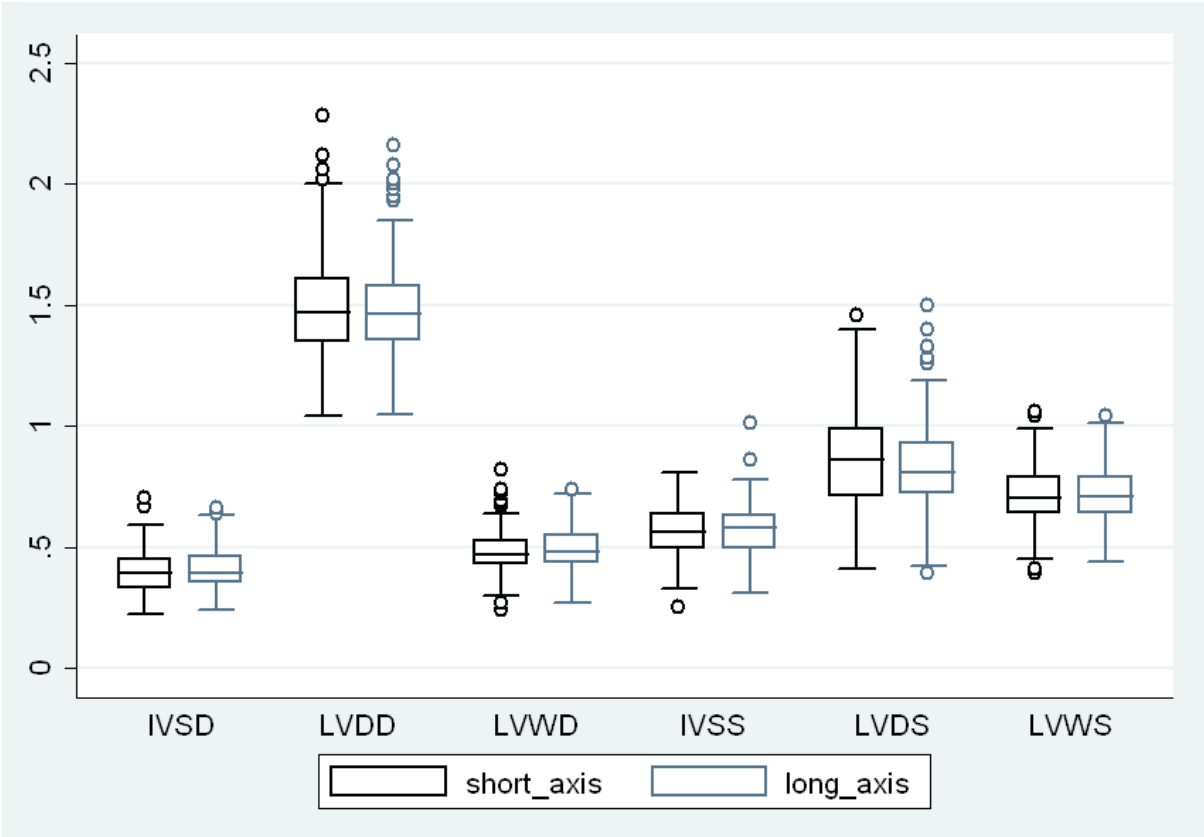
N°	Coupe transversale					Coupe longitudinale								
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	Fr (%)
29	0,44	0,44	3,03	2,99	0,79	0,62	0,66	0,66	1,8	1,85	0,92	0,7	41	38
30	0,62	0,48	2,68	2,64	0,62	0,7	0,88	0,88	1,58	1,36	0,97	1,1	41	48
31	0,64	1	5,57	5,29	1,14	1,29	1,43	1,43	4	4	1,64	1,21	28	24
32	0,46	0,46	2,82	2,77	0,49	0,46	0,66	0,55	2,13	1,79	0,78	0,84	24	35
33	0,46	0,56	2,57	2,5	0,56	0,56	0,72	0,63	1,51	1,65	0,92	0,82	41	34
34	0,81	0,81	5,02	5,07	0,59	0,91	1,36	0,95	3,21	3,4	1,22	1,18	36	33
35	0,43	0,36	3,19	3,16	0,56	0,49	0,63	0,69	2,17	1,94	0,72	0,82	32	39
36	0,4	0,4	1,83	2,12	0,57	0,47	0,67	0,59	1,23	1,41	0,81	0,81	32	34
37	0,76	0,79	2,73	2,96	0,76	0,79	0,99	1,02	2,01	1,94	0,99	1,12	27	34
38	0,6	0,46	2,56	2,37	0,69	0,72	0,78	0,89	1,7	1,65	0,86	0,89	34	31
39	0,81	0,86	3,85	3,8	0,72	1,09	0,95	1,09	2,63	2,53	1,18	1,22	32	33
40	0,74	0,66	4,69	4,12	0,78	0,82	1,23	0,99	3,09	3,05	1,03	0,91	34	26
41	0,67	0,48	2,85	3	0,7	0,7	0,81	0,67	1,81	1,74	0,93	1,26	36	42
42	0,46	0,43	3,75	3,09	0,53	0,49	0,53	0,56	2,9	2,34	1,02	0,79	33	24
43	0,66	0,71	4,51	3,79	0,88	1,1	0,77	1,04	3,52	2,14	1,48	1,65	22	43
44	0,7	0,78	3,91	4,2	0,82	0,82	1,23	1,15	2,35	2,63	1,41	1,11	40	37
45	0,89	0,92	3,03	3,09	0,92	0,89	1,12	1,32	2,01	1,81	1,12	1,35	34	41
46	1,29	0,89	6,33	6,73	1,48	1,48	1,38	1,68	4,05	4,35	1,78	1,48	36	35
47	0,86	0,63	3,85	3,85	0,95	1	1,49	1,13	2,04	2,13	1,54	1,36	47	45
48	0,5	0,68	3,94	3,76	0,81	0,77	1,09	1,09	2,04	1,99	1,36	1,22	48	47
49	0,5	0,63	3,53	3,85	0,95	0,86	0,86	1,04	2,17	2,76	1,09	1,18	38	24
50	1,13	0,81	0,91	0,77	0,91	1	1,22	1,22	3,12	2,9	1,27	1,31	25	30
51	0,69	0,81	3,23	3,34	0,86	0,69	1,04	1,04	2,59	2,94	1,33	1,38	20	12
52	0,59	0,74	4,59	4,33	0,81	0,89	1,11	1,04	3,19	3,26	1,19	0,96	31	25
53	0,59	0,46	3,52	3,85	0,72	0,66	0,59	0,63	2,6	2,73	0,92	0,89	26	29
54	0,96	1,02	4,65	4,65	1,07	1,02	1,18	1,34	3,53	3,53	1,34	1,18	24	24
55	0,55	0,46	3,49	3,63	0,89	0,69	0,89	0,86	2,16	2,02	1,27	1,18	38	44
56	0,59	0,37	3,52	3,59	0,63	0,63	0,81	0,74	2,74	2,81	0,96	1,11	22	22
57	0,59	0,81	3,8	3,53	0,81	0,86	1,22	0,81	2,35	2,81	1,22	1,09	38	21
58	0,66	0,48	2,73	2,86	0,62	0,66	0,79	0,84	1,76	1,71	0,75	0,79	36	40

N°	Coupe transversale						Coupe longitudinale							
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)
59	0,46	0,43	3,11	3,05	0,52	0,55	0,49	0,58	2,53	2,45	0,69	0,63	19	20
60	0,31	0,37	1,83	2,22	0,53	0,49	0,58	0,64	1,38	1,42	0,82	0,7	25	36
61	0,69	0,67	2,4	2,52	0,49	0,59	0,81	0,89	1,68	1,68	0,89	0,86	30	33
62	0,54	0,52	2	1,95	0,62	0,77	0,89	0,84	1,26	1,16	0,72	0,91	37	41
63	1,38	1,23	4,89	4,79	1,19	1,19	1,58	1,53	3,51	3,31	1,53	1,73	28	31
64	0,52	0,44	2,13	2,27	0,52	0,42	0,63	0,59	1,44	1,43	0,86	0,77	32	37
65	0,43	0,58	2,36	2,39	0,55	0,72	0,84	0,81	1,35	1,44	0,84	0,92	43	40
66	0,4	0,44	2,3	2,44	0,54	0,47	0,52	0,67	1,68	1,63	0,69	0,67	27	33
67	0,95	0,76	2,53	2,3	0,56	0,89	0,95	0,95	1,78	1,51	0,79	1,09	30	34
68	0,48	0,48	1,37	4,22	0,56	0,7	0,85	0,96	3,07	2,96	1,07	0,74	30	30
69	1,11	0,99	4,14	4,38	0,93	0,99	0,99	1,11	3,4	3,02	1,17	0,54	18	31
70	0,54	0,52	2,37	2,57	0,59	0,69	0,69	0,67	1,73	1,8	0,89	0,89	27	30
71	0,59	0,78	4,22	4,37	0,74	0,63	0,74	0,78	3,37	3,52	0,85	0,78	20	19
72	0,44	0,47	3,04	2,64	0,64	0,57	0,99	0,79	1,53	1,58	0,99	0,86	50	40
73	0,67	0,56	3,04	2,89	0,7	0,78	0,74	0,63	2,11	2,44	1,19	1	31	35
74	1,13	0,81	4,48	4,57	0,91	1	1,18	1,27	3,12	3,17	1,49	1,45	30	31
75	0,54	0,74	4,65	4,55	0,64	0,79	0,84	0,74	2,87	2,57	1,09	1,04	38	43
76	0,57	0,48	3,47	3,6	0,7	0,7	0,97	0,84	1,58	1,76	0,97	1,01	54	51
77	0,69	0,57	4,01	4,35	0,69	0,57	0,94	0,62	2,47	2,81	0,79	0,75	38	35
78	0,44	0,57	3,56	3,91	0,57	0,57	0,66	0,7	2,64	3,08	0,66	0,84	26	21
79	0,85	0,69	7	6,92	1,08	1,08	1	1,23	5	4,62	1,23	1,08	29	33
80	0,37	0,52	3,49	3,57	0,49	0,4	0,69	0,66	2,07	1,99	0,89	0,86	40	44
81	0,54	0,6	5,44	6,41	1,03	1,15	1,15	0,6	4,77	5,44	1,27	1,09	12	15
82	0,73	0,6	5,38	5,2	0,97	0,91	0,91	1,03	3,63	3,65	1,39	1,51	33	28
83	0,46	0,4	4,41	4,35	0,56	0,56	0,86	0,76	2,86	2,96	0,82	0,86	35	32
84	0,35	0,43	3,77	3,74	0,52	0,46	0,58	0,6	2,13	2,53	0,6	0,55	44	32
85	1	0,73	6,36	5,41	1,14	0,92	1,36	1,19	4,29	3,56	1,86	1,71	33	34
86	0,41	0,58	3,99	3,91	0,62	0,53	0,82	0,78	2,47	2,51	0,99	0,91	38	36
87	0,59	0,52	4,11	4,26	0,85	0,67	1,04	0,67	2,44	2,78	0,93	0,96	41	35
88	0,75	0,75	6,21	6,45	0,86	1,12	0,7	0,8	5,62	5,78	0,8	0,7	9,5	10

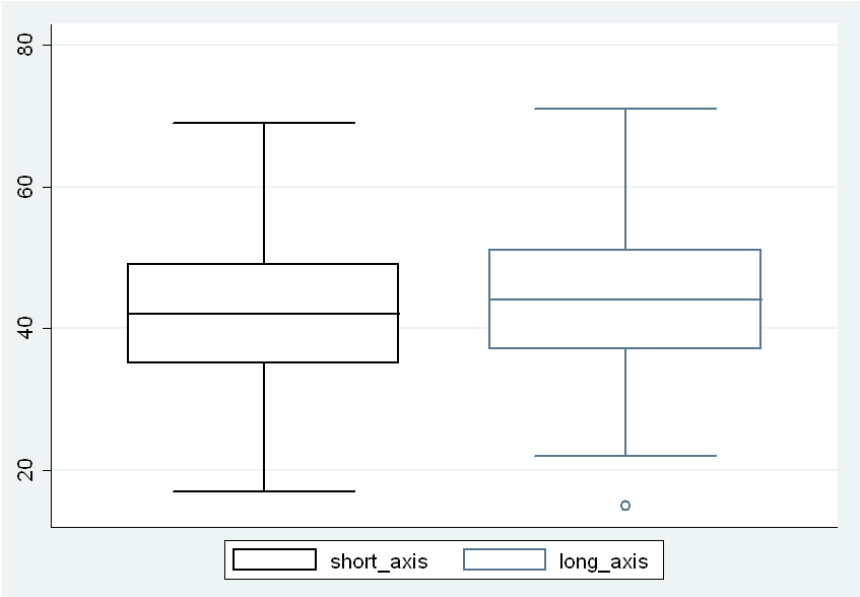
N°	Coupe transversale						Coupe longitudinale																					
	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)	SED (cm)	VGD (cm)	PVGD (cm)	SES (cm)	VGS (cm)	PVGS (cm)	FR (%)														
89	0,63	3,81	3,59	0,56	0,74	0,93	0,85	2,3	2,33	1,04	0,89	40	35	0,58	0,58	3,66	3,66	0,95	0,78	0,82	1,11	2,22	2,1	1,28	1,15	39	43	
90	0,89	0,89	6,72	6,81	1,14	0,94	1,23	1,38	4,89	5,04	1,43	1,38	27	26	1,17	0,99	6,3	6,17	1,23	1,3	1,3	1,17	4,75	5,12	1,6	1,3	24	17
91	0,36	0,36	3,65	3,49	0,53	0,53	0,69	0,66	2,57	2,44	0,69	0,82	30	30	0,4	0,33	3,56	3,52	0,56	0,56	0,49	0,53	2,4	2,34	0,82	0,86	32	34
92	0,88	0,6	3,63	3,35	0,99	0,99	1,32	1,15	1,87	2,09	1,54	1,43	48	38	0,88	0,82	3,85	3,79	0,77	1,04	1,21	1,1	2,25	2,09	1,32	1,43	41	45
93	0,75	0,43	8,61	8,67	0,86	0,8	1,39	1,07	5,88	5,3	1,23	1,02	32	39	0,78	0,71	8,52	7,74	1,09	0,94	0,7	1,02	6,33	4,93	1,33	1,41	26	36

(SED=Septum interventriculaire en fin de diastole ; VGD=Diamètre interne du ventricule gauche en fin de diastole ; PVGD=Paroi libre du ventricule gauche en fin de diastole ; SES=Septum interventriculaire en fin de systole ; VGS=Diamètre interne du ventricule gauche en fin de systole ; PVGS=Paroi libre du ventricule gauche en fin de systole ; FR=Fraction de raccourcissement)

ANNEXE 4 : Boxplot des six paramètres mesurés du ventricule gauche et de la FR en coupe longitudinale et en coupe transversale obtenue à partir des 110 chats de l'étude

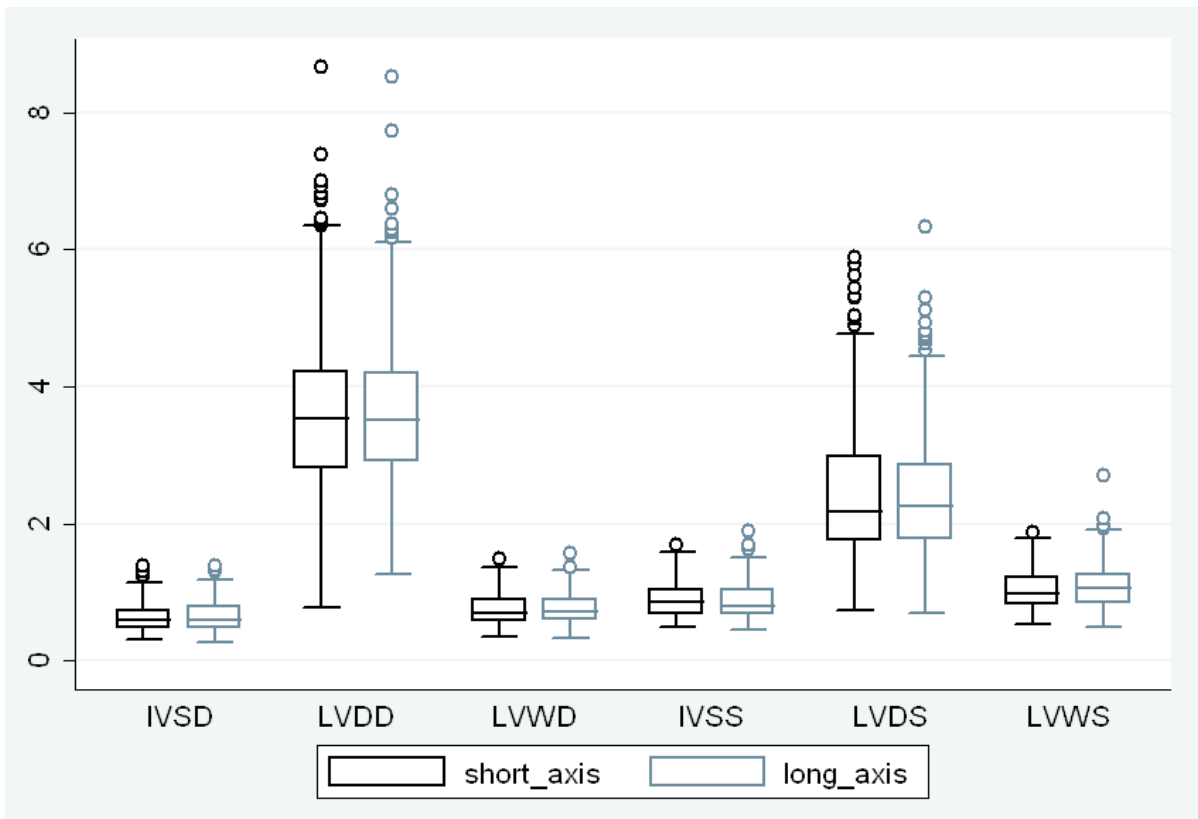


(IVSD=SED, LVDD=VGD, LVWD=PVG, IVSS=SES, LVDS=VGS, LVWS=PVGS ; short_axis = coupe transversale du cœur, long_axis=coupe longitudinale du cœur)

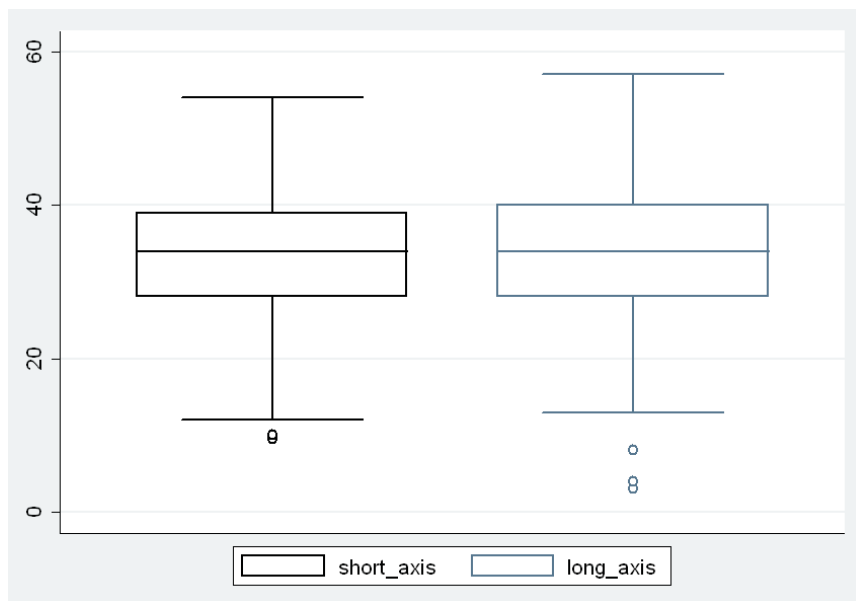


(short_axis = coupe transversale du cœur, long_axis=coupe longitudinale du cœur)

ANNEXE 5 : Boxplot des six paramètres mesurés du ventricule gauche et de la FR en coupe longitudinale et en coupe transversale obtenue à partir des 93 chiens de l'étude



(IVSD=SED, LVDD=VGD, LVWD=PVGD, IVSS=SES, LVDS=VGS, LVWS=PVGS ; short_axis = coupe transversale du cœur, long_axis=coupe longitudinale du cœur)



(short_axis = coupe transversale du cœur, long_axis=coupe longitudinale du cœur)