

**ETUDE DE LA VARIABILITE  
INTRA ET INTEROPERATEUR DE  
L'EXAMEN ECHOCARDIOGRAPHIQUE  
CHEZ LE CHAT ET LE CHIEN**



THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2003  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Nicolas, Laurent ATHANASSIADIS**  
Né, le 31 mai 1978 à CLAMART (Hauts de Seine)

---

Directeur de thèse : **M. le Professeur Hervé LEFEBVRE**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Jean-Jacques RAILHAC**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :

**M. Hervé LEFEBVRE**  
**M. Didier CONCORDET**

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

MEMBRE INVITE :

**Mme Valérie CHETBOUL**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort  
**Année 2003 THESE: 2003-TOU 3-4110**

## **A NOTRE JURY DE THESE**

### **MONSIEUR LE PROFESSEUR RAILHAC**

De l'université Paul Sabatier de Toulouse  
Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse,  
Hommage respectueux.

### **MONSIEUR LE PROFESSEUR H. LEFEBVRE**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Physiologie et Thérapeutique  
Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Qu'il soit remercié pour sa patience et ses conseils précieux  
pour l'élaboration et la correction de ce travail.  
Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude  
et de mon plus profond respect.

### **MONSIEUR LE DOCTEUR D. CONCORDET**

Maître de conférences  
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Mathématiques, Statistiques et Modélisation  
Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Qu'il soit remercié pour son soutien et son aide précieuse  
à la réalisation de ce travail.  
Sincères remerciements.

### **MADAME LE PROFESSEUR V. CHETBOUL**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort  
Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores  
Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Qu'elle soit remerciée pour sa contribution essentielle  
à la concrétisation de ce travail,  
Qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance  
et de mon plus profond respect.

**Nos plus sincères remerciements vont également à toute l'équipe du service de Médecine de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort, sans qui ce travail n'aurait pu se concrétiser, et notamment Anne-Christine Munari, Livia Benigni, Claude Muller, Maud Castaignet, Dominique Tessier, Audrey Nicolle, Carolina Carlos et Jean-Louis Pouchelon.**

**A mes parents,**

**A mes grands-parents,**

**A mes proches,**

**A celle qui compte tant,**

**A mon grand-père disparu trop tôt.**

## **PLAN**

## PLAN

ABREVIATIONS.....	11
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	13
INTRODUCTION.....	17

### PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I. L'ECHOCARDIOGRAPHIE : RAPPELS HISTORIQUES ET TECHNIQUES.....	19
II. UTILISATIONS DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE.....	20
II.1. UTILISATION DIAGNOSTIQUE.....	20
II. 2. UTILISATION EN TERME DE SUIVI.....	23
III. PROPRIETES METROLOGIQUES DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE.....	33
III. 1. NOTIONS DE REPETABILITE ET DE REPRODUCTIBILITE.....	33
III. 2. ETUDES METROLOGIQUES EN ECHOCARDIOGRAPHIE.....	33
III. 3. NOTION D'EFFET OPERATEUR.....	34

### DEUXIEME PARTIE : DONNEES EXPERIMENTALES

I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS.....	37
II. MATERIELS ET METHODES.....	38
III. RESULTATS.....	42
IV. DISCUSSION.....	60

CONCLUSION.....	67
-----------------	----

BIBLIOGRAPHIE.....	70
--------------------	----

ANNEXES.....	75
--------------	----

SOMMAIRE.....	94
---------------	----

## **ABREVIATIONS**

## ABREVIATIONS

<b>AG</b>	Diamètre Atrial Gauche
<b>AG/AO</b>	Rapport du Diamètre Atrial Gauche sur le Diamètre Aortique
<b>AO</b>	Diamètre Aortique
<b>CMC</b>	CardioMyopathie Congestive
<b>CMD</b>	CardioMyopathie Dilatée
<b>CMH</b>	CardioMyopathie Hypertrophique
<b>CV</b>	Coefficient de Variation
<b>FC</b>	Fréquence Cardiaque
<b>FE</b>	Fraction d'Ejection
<b>FR</b>	Fraction de Raccourcissement
<b>mm Hg</b>	Millimètre de Mercure
<b>mode TM</b>	Mode Temps-Mouvement
<b>mode 2D, ou B, ou BD</b>	Mode bidimensionnel
<b>PAD</b>	Pression Artérielle Diastolique
<b>PAM</b>	Pression Artérielle Moyenne
<b>PAS</b>	Pression Artérielle Systolique
<b>PP d</b>	Epaisseur de la Paroi Postérieure du ventricule gauche en diastole
<b>PP s</b>	Epaisseur de la Paroi Postérieure du ventricule gauche en systole
<b>SIV d</b>	Epaisseur du Septum InterVentriculaire en diastole
<b>SIV s</b>	Epaisseur du Septum InterVentriculaire en systole
<b>VD d</b>	Diamètre du Ventricule Droit en diastole
<b>VG d</b>	Diamètre du Ventricule Gauche en diastole
<b>VG s</b>	Diamètre du Ventricule Gauche en systole
<b>%E</b>	Pourcentage d'Épaississement



## **TABLES DES ILLUSTRATIONS**

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Valeurs de référence en échocardiographie chez le chat sain.....	21
<b>Tableau 2</b> : Valeurs de référence en échocardiographie chez le chien sain en fonction de la race.....	22
<b>Tableau 3</b> : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi.....	28
<b>Tableau 4</b> : Valeurs moyennes ( $\pm$ écart-type) des paramètres échocardiographiques mesurés chez quatre chats européens par l'opérateur de référence (opérateur 4).....	43
<b>Tableau 5</b> : Valeurs moyennes ( $\pm$ écart-type) des paramètres échocardiographiques mesurés chez six chiennes normales par l'opérateur de référence (opérateur 4).....	43
<b>Tableau 6</b> : Ecart-types de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez quatre chats européens.....	44
<b>Tableau 7</b> : Coefficients de variation (%) de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez quatre chats européens.....	45
<b>Tableau 8</b> : Ecart-types de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez six chiennes Beagle.....	46
<b>Tableau 9</b> : Coefficients de variation (%) de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez six chiennes Beagle.....	47
<b>Tableau 10</b> : Coefficients de variation de reproductibilité (en %) obtenus lors de deux études chez des chats anesthésiés et chez des chats vigiles.....	62

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Evolution du classement des quatre chats européens obtenu par l'opérateur 3, pour la moyenne du paramètre FR, en fonction de ses jours d'examen (jours 1, 2 et 4).....	50
<b>Figure 2 :</b> Evolution du classement des six chiennes Beagle obtenu par l'opérateur 2, pour la moyenne du paramètre VG d, en fonction du jour d'examen.....	51
<b>Figure 3 :</b> Evolution du classement des quatre chats européens pour la moyenne du paramètre PP d, en fonction de l'opérateur.....	52
<b>Figure 4 :</b> Evolution du classement des quatre chats européens pour la moyenne du paramètre SIV d, en fonction de l'opérateur.....	53
<b>Figure 5 :</b> Evolution du classement des six chiennes Beagle pour la moyenne du paramètre VG d, en fonction de l'opérateur.....	54
<b>Figure 6 :</b> Evolution du classement des six chiennes Beagle pour la moyenne du paramètre VG s, en fonction de l'opérateur.....	55
<b>Figure 7 :</b> Différences pour le paramètre SIV d chez quatre chats européens entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence, pour les jours auxquels a participé l'opérateur de référence (jours 1, 3 et 4).....	56
<b>Figure 8 :</b> Différences pour le paramètre PP d chez quatre chats européens entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence, pour les jours auxquels a participé l'opérateur de référence (jours 1, 3 et 4).....	57
<b>Figure 9 :</b> Différences pour le paramètre VG d chez six chiennes Beagle entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence.....	58
<b>Figure 10 :</b> Différences pour le paramètre FR chez six chiennes Beagle entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence.....	59

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Ordre de passage des quatre chats examinés par échocardiographie par quatre opérateurs, sur quatre jours différents non consécutifs.....	75
<b>Annexe 2</b> : Ordre de passage des six chiennes examinées par échocardiographie par quatre opérateurs, sur quatre jours différents non consécutifs.....	76
<b>Annexe 3</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 1).....	77
<b>Annexe 4</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 2).....	78
<b>Annexe 5</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 3).....	79
<b>Annexe 6</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 4).....	80
<b>Annexe 7</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 1).....	81
<b>Annexe 8</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 2).....	83
<b>Annexe 9</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 3).....	85
<b>Annexe 10</b> : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 4).....	87
<b>Annexe 11</b> : Analyse statistique.....	89

## **INTRODUCTION**

L'apparition de l'échocardiographie a révolutionné la cardiologie humaine puis vétérinaire. Elle représente un moyen d'exploration non invasif de la fonction cardiaque. Son utilisation à des fins diagnostiques s'est généralisée chez les praticiens vétérinaires, notamment en médecine des carnivores.

En recherche, les essais cliniques, pharmacologiques ou diététiques, font appel à des répétitions des mesures de différents paramètres échocardiographiques, pour détecter, ou non, des différences significatives. Un prérequis à cette utilisation de l'échocardiographie est la connaissance des propriétés métrologiques de la technique. Cependant, il n'existe pas, à notre connaissance, d'information disponible sur la répétabilité et la reproductibilité de la méthode chez le chien, et seulement une étude est disponible chez le chat. L'objet de cette thèse était donc de documenter la variabilité de l'échocardiographie, en s'intéressant notamment à l'effet opérateur dans la détermination des mesures, chez le chat et le chien.

Une première partie présentera quelques données bibliographiques sur cette méthode d'examen. Dans une seconde partie, la détermination expérimentale de la variabilité intra et interobservateur de l'échocardiographie sera détaillée.

## **PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **I. L'ÉCHOCARDIOGRAPHIE : RAPPELS HISTORIQUES ET TECHNIQUES**

L'échocardiographie a été développée chez l'homme en 1953 par le professeur Edler. Ses premières utilisations en médecine vétérinaire datent de la fin des années soixante dix. Cette technique d'examen non invasive est basée sur la visualisation du muscle cardiaque grâce à la propagation d'ultrasons qui se réfléchissent en traversant les différentes interfaces anatomiques (Fayolle, 1983).

L'utilisation du faisceau d'ultrasons conduit à deux visualisations complémentaires du cœur :

- le mode temps-mouvement, dit TM, a été le premier découvert. Il résulte de la propagation d'un faisceau linéaire d'ultrasons à travers le cœur.
- le mode bidimensionnel, dit 2D ou B ou BD, est obtenu lorsque le faisceau est plan (Chetboul et coll., 1999).

Le mode TM offre une représentation graphique d'une séquence temporelle : sur l'écran de l'échographe sont visualisées les phases diastoliques et systoliques du cycle cardiaque, montrant ainsi les parois et cavités ventriculaires lors des phases de remplissage et d'éjection de la pompe cardiaque.

Le mode 2D présente une vision du cœur en deux dimensions. Il permet d'une part l'obtention du mode TM précité et, d'autre part, un examen visuel complet du cœur en fonction de l'orientation de la sonde donnée par l'opérateur.

L'échocardiographie a fait évoluer considérablement la cardiologie vétérinaire. L'auscultation et l'électrocardiogramme pouvaient être complétés par cette technique d'imagerie permettant à la fois une détermination qualitative des anomalies morphologiques et quantitative de l'anatomie et du fonctionnement du cœur. Parmi les premières études publiées, en 1977, Yamamura et coll. établissaient, chez le chien, un parallèle entre des tracés d'électrocardiogrammes et les images échocardiographiques des valves et des parois ventriculaires (Yamamura et coll., 1977)

A la fin des années quatre vingt, la technique Doppler est venue compléter l'examen échocardiographique, en fournissant des précisions sur la vitesse, la direction, la durée et le caractère turbulent ou laminaire des flux sanguins (Chetboul et coll., 1995). Elle est utilisée dans le diagnostic des sténoses, aortique ou pulmonaire, mais aussi des communications interatriales et interventriculaires.



## II. UTILISATIONS DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE

### II. 1. UTILISATION DIAGNOSTIQUE

L'échocardiographie a d'abord été utilisée à des fins diagnostiques. Elle permet un contrôle visuel qualitatif, objectivé quantitativement par les mesures effectuées. Cette utilisation requiert la détermination de seuils diagnostiques. Il a fallu pour cela standardiser la méthode et établir des valeurs normales sur des animaux sains.

Le débat sur la position de l'animal n'est pas tranché ; les études favorisent plutôt le décubitus latéral gauche ou droit (Pipers et coll., 1979, Jacobs et Knight, 1985, Kittleson et coll., 1985, Snyder et coll., 2001), mais le maintien en position debout, pour des animaux vigiles, est également employé (Hanton et Lodola, 1998, Vollmar, 1999). Nous montrerons dans la partie expérimentale qu'il permet d'obtenir des valeurs semblables à celles obtenues en décubitus latéral, avec sans nul doute une contrainte moindre pour l'animal.

Le mode TM permet de mesurer les diamètres ventriculaires, l'épaisseur du septum interventriculaire, et de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et en systole. Ainsi, différentes études menées chez des chats sains et atteints de cardiopathies (Allen, 1982, Soderberg et coll., 1983, Fox et coll., 1985, Jacobs et Knight, 1985, Moïse et coll., 1986) ont permis d'établir des normes, caractérisant, par exemple, la cardiomyopathie hypertrophique par une épaisseur du septum interventriculaire et de la paroi du ventricule gauche en diastole supérieure à six mm (Bright et coll., 1991, Fox et coll., 1995, Snyder et coll., 2001).

Chez le chien, les seuils ne peuvent être définis aussi précisément en raison des variations de taille des animaux. Des études spécifiques ont donc été réalisées en fonction du poids des chiens (Bonagura et coll., 1986), mais également en fonction de la race (Goodins et coll., 1986, Sisson et Schaeffer, 1991, Crippa et coll., 1992, Morrison et coll., 1992, Snyder et coll., 1995). Globalement, les normes sont d'autant plus élevées que le format de la race est grand. Des valeurs de références chez le chat et le chien sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

Le mode 2D apparaît très intéressant en cas d'atteinte valvulaire. Il permet en effet des mesures des diamètres atrial gauche (AG) et aortique (AO), desquelles on déduit le rapport AG/AO. Ce rapport est compris entre 0.88-1.79 chez le chat et 0.8-1.13 chez le chien (Chetboul et coll., 1999) ; il peut être augmenté en cas d'insuffisance mitrale avancée, en raison des régurgitations sanguines systoliques qui augmentent le diamètre de l'oreillette gauche.

Tableau 1 : Valeurs de référence en échocardiographie chez le chat sain  
(d'après Pipers et coll., 1978, Allen, 1982, Fox et coll., 1985,  
Jacobs et coll., 1985 et Moïse et coll., 1986)

Paramètres échocardiographiques	Chat sain non anesthésié			Chat sain anesthésié	
	Pipers et coll., 1978	Jacobs et coll., 1985	Moïse et coll., 1986	Allen, 1982	Fox et coll., 1985
VD d (mm)	*	6.0±1.5	5.4±1.0	*	5.0±2.1
SIV d (mm)	4.5±0.9	3.1±0.4	5.0±0.7	4.0±0.3	3.6±0.8
VG d (mm)	14.8±2.6	15.9±1.9	15.1±2.1	13.0±1.2	14.0±1.3
PP d (mm)	3.7±0.8	3.3±0.6	4.6±0.5	4.0±0.4	3.5±0.5
SIV s (mm)	*	5.8±0.6	7.6±1.2	*	*
VG s (mm)	8.8±2.4	8.0±1.4	6.9±2.2	8.6±1.6	8.1±1.6
PP s (mm)	*	6.8±0.7	7.8±1.0	*	*
FR (%)	41.0±7.3	49.8±5.27	55.0±10.2	34.1±2.51	42.7±8.1
AO (mm)	7.5±1.8	9.5±1.1	9.5±1.5	9.0±0.7	9.4±1.1
AG (mm)	7.4±1.7	12.3±1.4	12.1±1.8	10.0±0.7	10.3±1.4
AG/AO	*	1.3±0.17	1.29±0.23	*	1.1±0.18
<b>n</b>	25	30	11	10	30

\* : pas de valeur disponible

Tableau 2 : Valeurs de référence en échocardiographie chez le chien sain, en fonction de la race (d'après Sisson et coll., 1991, Crippa et coll., 1992, Snyder et coll., 1995)

<b>Paramètres échocardiographiques</b>	<b>Cocker</b>	<b>Beagle</b>	<b>Pointer anglais</b>
<b>SIV d (mm)</b>	8.2±1.3	6.7±1.1	6.9±1.1
<b>VG d (mm)</b>	33.8±3.3	26.3±3.4	39.2±2.4
<b>PP d (mm)</b>	7.9±1.1	8.2±1.9	7.1±0.7
<b>SIV s (mm)</b>	*	9.6±1.5	10.6±1.0
<b>VG s (mm)</b>	22.2±2.8	15.7±3.4	25.3±2.4
<b>PP s (mm)</b>	*	11.4±1.9	11.5±1.3
<b>FR (%)</b>	34.3±4.3	40.0±9.0	35.5±4.0
<b>AO (mm)</b>	*	*	24.1±1.7
<b>AG (mm)</b>	*	*	22.6±2.0
<b>AG/AO</b>	*	*	0.94±0.07
<b>n</b>	12	50	16

\* : pas de valeur disponible

Par ailleurs, les mesures effectuées en mode TM et 2D permettent de calculer différents indices de fonctionnement de la pompe cardiaque :

- la fraction de raccourcissement, notée FR, traduit la contractilité du ventricule gauche en mesurant la différence entre le diamètre ventriculaire en télédiastole et en systole. Les valeurs normales se situent entre 39 et 61 % chez le chat, et 29 et 45 % chez le chien (Chetboul et coll., 1999).
- la fraction d'éjection, notée FE, mesure également cette contractilité en prenant en compte le volume, et non plus le diamètre, du ventricule gauche.
- le pourcentage d'épaississement, noté %E, concerne le septum interventriculaire ou la paroi libre du ventricule gauche. Supérieur à 30 % sur un animal sain, il peut diminuer en cas de forte baisse de la contractilité cardiaque.
- les volumes ventriculaires indexés correspondent à « un rapport des volumes ventriculaires (en ml) sur la surface corporelle du chien (en m<sup>2</sup>) ». Ils s'avèrent intéressant dans « l'évaluation de la fonction systolique du myocarde gauche » (Chetboul et coll., 1999).

En pratique, ces deux derniers indices sont un peu moins utilisés que les deux premiers.

## **II. 2. UTILISATION EN TERME DE SUIVI**

### ***II. 2. 1. NOTION DE PARAMETRES D'INTERET***

La deuxième utilisation clinique de l'échocardiographie est une suite logique de l'étape diagnostique. Il s'agit du suivi des animaux chez lesquels une anomalie cardiaque a été détectée. Cette détection peut être précoce, dès la première consultation chez le vétérinaire, et porte alors sur une pathologie congénitale. Elle peut être aussi plus tardive, l'anomalie étant alors acquise, sur un animal plus âgé, avec, par exemple, le développement d'une insuffisance mitrale. Dans les deux cas, il convient de suivre l'évolution pour le pronostic mais aussi pour l'éventuelle mise en place d'un traitement hygiénique ou médical.

En fonction de la cardiopathie considérée, l'exploitation des données recueillies en échocardiographie est différente. Les diverses atteintes cardiaques se caractérisent en effet par une altération de différents paramètres échocardiographiques dont il convient de suivre attentivement l'évolution et qui constituent des paramètres d'intérêt.

La cardiomyopathie hypertrophique (CMH) se caractérise par un épaissement du septum interventriculaire et de la paroi postérieure du ventricule gauche et donc une diminution du diamètre ventriculaire gauche : l'épaisseur du septum interventriculaire en diastole (SIV d), l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole (PP d), le diamètre du ventricule gauche en diastole (VG d), le diamètre de l'oreillette gauche (AG), le diamètre aortique (AO) et la fraction de raccourcissement (FR) sont les paramètres d'intérêt (Soderberg et coll., 1983, Chetboul et coll., 1999).

En cas de cardiomyopathie dilatée (CMD), on observe une augmentation du diamètre du ventricule gauche en diastole et systole, de l'oreillette gauche, de l'aorte et une altération de la contractibilité du cœur, mesurée par la fraction de raccourcissement : VG d et VG s, AG, AO et FR seront les paramètres qui retiendront l'attention de l'observateur (Vollmar et coll., 1999).

Enfin, lors du suivi d'une insuffisance mitrale, les paramètres d'intérêt sont VG d et VG s, AO, AG et FR (Chetboul et coll., 1999).

### ***II. 2. 2. DUREE DES SUIVIS ECHOCARDIOGRAPHIQUES***

La durée est dépendante de la motivation de l'examen échocardiographique. Elle peut être de 24 heures lors d'études météorologiques (Amory et coll., 1991) visant à comparer des valeurs obtenues sur deux jours d'examen successifs. Lors d'essais clinique, le suivi peut se faire sur des périodes de quelques mois (Kittleson et coll., 1997) à un an (Amberger et coll., 1999).

Les suivis les plus longs concernent les animaux atteints de malformation cardiaque congénitale ou acquise chez lesquels le clinicien recommande un suivi à vie, avec des visites plus ou moins espacées en fonction de l'évolution clinique de l'animal.

### ***II. 2. 3. UTILISATION DU SUIVI ECHOCARDIOGRAPHIQUE EN RECHERCHE***

Le tableau 3 présente un descriptif de quelques études ayant eu recours à l'examen échocardiographique en terme de suivi.

Suite à l'amélioration des connaissances en cardiologie vétérinaire, les recherches se sont portées sur la pharmacologie. Le but est de stabiliser, ou au minimum de ralentir, les lésions objectivées grâce à l'imagerie. Toujours dans un cadre de suivi, mais cette fois-ci pour

des essais cliniques, l'échocardiographie est alors utilisée pour tester l'efficacité de différents principes actifs en comparant les mesures en mode TM et 2D avant et après traitement.

### ***II. 2. 3. 1. ETUDE DES EFFETS DES INHIBITEURS DE L'ENZYME DE CONVERSION***

La découverte des inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine I en angiotensine II a constitué une vraie révolution dans le traitement de l'insuffisance cardiaque et leur utilisation s'est très largement répandue chez le chat et le chien. Diverses études pharmacologiques ont testé leur efficacité chez ces deux espèces. En 1995, Matthew S. Allworth et coll. ont étudié l'effet de l'enalapril sur cinq chiens chez lesquels une insuffisance cardiaque avait été induite par une tachycardie stimulée électriquement. Une diminution significative des dimensions de l'oreillette gauche et du ventricule gauche en fin de diastole (-4.5 mm et -5.0mm, respectivement) a été observée chez les chiens en insuffisance cardiaque traités avec l'enalapril (Allworth et coll., 1995). Dans une autre étude portant sur 12 Cavaliers King Charles atteints d'insuffisance mitrale acquise et traités avec une association d'enalapril et de diurétique pendant six mois, une augmentation des dimensions de l'oreillette et du ventricule gauche (+3.0mm et + 4.0 mm) a également été notée (Hägström et coll., 1996).

Chez le chat, le traitement de la cardiomyopathie hypertrophique a fait l'objet de nombreuses études. Sur dix neuf chats atteints, l'enalapril s'est avéré efficace dans le traitement de l'insuffisance cardiaque congestive de dix d'entre eux. Cinq paramètres échocardiographiques ont été significativement améliorés avec cette molécule : PP d, SIV d, SIV s, et AG ont diminué respectivement de 0.9, 1.4, 1.1, 2.0 mm, tandis que VG d a augmenté de 1.1 mm (Rush et coll., 1998). Un essai clinique mené par Amberger et coll. pendant un an sur 28 chats atteints de CMH, a montré une diminution significative de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche de 0.11 mm par mois chez le groupe de chats traités avec une association de diltiazem et de benazepril, alors qu'aucune différence significative n'a été mise en évidence chez le groupe de chats traités avec le diltiazem seul (Amberger et coll., 1999).

### ***III. 2. 3. 2 ETUDE DES EFFETS DU DILTIAZEM CHEZ LE CHAT***

Dans une étude comparative menée sur 17 chats, le diltiazem, un inhibiteur des canaux calciques, a permis d'obtenir de meilleurs résultats que le propanolol ou le vérapamil, avec

une diminution significative du diamètre atrial gauche (-4.0 mm), de l'épaisseur du septum interventriculaire (-3.0 mm) et de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole (-3.0 mm) et une augmentation du diamètre ventriculaire gauche en diastole (+4.0 mm), après un traitement oral pendant six mois (Bright et coll., 1991).

### ***III. 2. 3. 3 ETUDE DES EFFETS DE L'AMLODIPINE CHEZ LE CHAT***

L'hypertrophie cardiaque est fréquemment associée à l'hypertension systémique. L'étude d'une éventuelle corrélation entre le traitement de l'hypertension grâce à l'amlodipine, un antihypertenseur, et l'évolution des paramètres échocardiographiques a été réalisée sur dix neuf chats hypertendus. Malgré une réduction de la proportion de chats atteints d'hypertrophie ventriculaire, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre ces paramètres avant et après traitement (Snyder et coll., 2001).

### ***III. 2. 3. 4. ETUDE DE LA CARDIOMYOPATHIE DILATEE CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT***

Le chien est plus fréquemment atteint de cardiomyopathie dilatée. Cette cardiopathie se caractérise par une diminution de la contractilité du cœur, mesurée par la fraction de raccourcissement, et une augmentation des diamètres ventriculaires gauches en diastole et systole. Dans une étude rétrospective sur cinquante quatre Dobermans atteints de CMD, tous les animaux ont manifesté une altération plus ou moins précoce de ces paramètres mesurés par échocardiographie. Chez les 14 chiens atteints de CMD débutante, la fraction de raccourcissement n'était que de  $20 \pm 2$  %, et le diamètre ventriculaire gauche en diastole de  $54 \pm 3.4$  mm. Chez les 40 autres atteints de CMD avancée, ces valeurs étaient inférieures à 15 % pour FR et supérieures à 58.0 mm pour VG d (Calvert et coll., 1997).

La digoxine a été utilisée très tôt dans le traitement de cette maladie pour ses propriétés inotropes positives. Dès 1985, Kittleson et coll. ont montré que son administration à des chiens atteints de CMD congestive améliorait la fraction de raccourcissement de plus de 5.5 points chez quatre animaux sur dix et que cette amélioration s'accompagnait d'un allongement de la durée de vie (Kittleson et coll., 1985). Une autre molécule inotrope positive dotée en plus de propriétés vasodilatatrices, la milrinone, a permis également une augmentation moyenne de plus de 6 points de la fraction de raccourcissement au bout de trois

jours de traitement chez vingt-neuf chiens atteints d'insuffisance cardiaque congestive (Keister et coll., 1990).

Chez le chat, la supplémentation en taurine chez 21 chats atteints de CMD s'est traduite par une amélioration clinique et échocardiographique (diminution du diamètre du ventricule droit en diastole (VD d), de VG d, VG s et AG de 3.0, 3.5, 5.5 et 2.3 mm et de 4.2 pour AG/AO, et augmentation de PP d, PP s, SIV d et SIV s de 1.0, 1.8, 1.0 et 1.7 mm et de 14.2 points pour FR). Des expériences ont également été réalisées chez certaines races canines pour tester la réponse clinique et échocardiographique à une supplémentation orale en taurine. Le Cocker Spaniel, une des rares races de petit format atteinte par cette cardiopathie, a été identifié comme répondant favorablement à cette supplémentation : une diminution des diamètres ventriculaires gauches en diastole et systole (de 5.0 et 8.0 mm) et une augmentation de la fraction de raccourcissement (de 11 points), paramètres d'intérêt essentiels dans cette maladie, ont été observées sur un cas clinique (Gavaghan et Kittleson, 1997) ou lors d'une étude comparative menée en double aveugle chez quatorze chiens atteints de CMD et carencés en taurine (-7.3 et - 6.9 mm pour VG d et VG s et +12.7 points pour FR) (Kittleson et coll., 1997).

### ***III. 2. 3. 5. ETUDE DES EFFETS D'UN REGIME HYPOSODE CHEZ LE CHIEN***

Une étude de Rush et coll. a comparé deux groupes de chiens en insuffisance cardiaque modérée auxquels ont été distribués un régime pauvre en sel et un autre avec un apport modéré. Si aucune différence radiographique et électrocardiographique significative n'a été mise en évidence, une diminution significative du diamètre du ventricule droit en diastole, des diamètres du ventricule gauche en diastole et systole et de l'atrium gauche a été objectivée par échocardiographie. Chez les chiens nourris avec un régime à teneur modérée en sel, les paramètres VG d, VG s et AG ont augmenté de 2.9, 1.5 et 2.1 mm, alors que ces mêmes paramètres ont diminué de 1.9, 0.4 et 1.7 mm chez ceux nourris avec le régime pauvre en sel (Rush et coll., 2000).



Tableau 3a : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi chez le chat

Auteurs	Nombre d'animaux	Nombre d'opérateurs	Niveau d'expérience	Objectif de l'étude	Résultats significatifs obtenus
Allen, 1982	10 chats	1	NP	Valeurs de référence chez des chats anesthésiés au pentobarbital	Valeurs de référence et effet dépresseur de l'anesthésie sur la contractilité cardiaque et sur les dimensions du VG
Amberger et coll., 1999	28 chats	NP	NP	Essai clinique du benazepril (comparaison de deux traitements de la CMH)	DS avant vs après traitement (PP d) PPDSO : 0.11 mm pour PP d
Bright et coll., 1991	17 chats	2	NP	Réponse clinique et échocardiographique au diltiazem chez des chats atteints de CMH	DS avant vs après traitement (VG d, PP d, SIV d après 3 mois et VG d, PP d, SIV d et AG après 6 mois) PPDSO : 2.0 mm pour PP d, entre T0 et T=3 mois
Chetboul et coll., 2003	4 chats	4	un opérateur de référence et 3 opérateurs de niveau d'expérience différent	Répétabilité et reproductibilité chez le chat vigile, effet de l'expérience de l'opérateur	Ecart-types et coefficients de variation de répétabilité et reproductibilité

*CMC : Cardiomyopathie congestive, CMD : Cardiomyopathie dilatée, CMH : Cardiomyopathie hypertrophique, DS : Différence significative, FR : Fraction de raccourcissement, IC : Insuffisance cardiaque, NP : Non précisé, PP d et s : Epaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole, PPDSO : Plus petite différence significative observée, SIV d et s : Epaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole, VD d : Diamètre du ventricule droit en diastole, VG d et s : Diamètre du ventricule gauche en diastole et systole.*

Tableau 3b : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi chez le chat

Auteurs	Nombre d'animaux	Nombre d'opérateurs	Niveau d'expérience	Objectif de l'étude	Résultats significatifs obtenus
Fox et coll., 1985	30 chats	NP	NP	Valeurs de référence chez des chats anesthésiés à la kétamine	Corrélations positives ou négatives entre les paramètres échocardiographiques et entre le poids, la surface corporelle et les paramètres mesurés
Jacobs et coll., 1985	41 chats	1	NP	Effet du poids corporel et de la fréquence cardiaque sur les paramètres échocardiographiques	Corrélation positive avec le poids et négative avec la fréquence cardiaque
Moïse et coll., 1986	10 chats	1	NP	Reproductibilité chez le chat anesthésié	Coefficients de variation de reproductibilité
Pipers et coll., 1979	25 chats plus 8	NP	NP	Valeurs de référence et comparaison des mesures avec post-mortem (sur 8 chats euthanasiés)	Moins de 15 % de différence entre vivant et mesures post-mortem

*CMC : Cardiomyopathie congestive, CMD : Cardiomyopathie dilatée, CMH : Cardiomyopathie hypertrophique, DS : Différence significative, FR : Fraction de raccourcissement, IC : Insuffisance cardiaque, NP : Non précisé, PP d et s : Epaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole, PPDSO : Plus petite différence significative observée, SIV d et s : Epaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole, VD d : Diamètre du ventricule droit en diastole, VG d et s : Diamètre du ventricule gauche en diastole et systole.*

Tableau 3c : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi chez le chien

Auteurs	Nombre d'animaux	Nombre d'opérateurs	Niveau d'expérience	Objectif de l'étude	Résultats significatifs obtenus
Allworth et coll., 1995	5 chiens	NP	NP	Réponse à l'enalapril chez 5 chiens en IC induite	DS avant vs après traitement (VG d et AG) PPDSO : 4.6 mm pour AG
Häggström et coll., 1996	22 chiens	NP	NP	Réponse à l'enalapril ou à l'hydralazine (seuls puis en association avec du furosémide) chez des chiens en insuffisance mitrale	DS avant vs après traitement (VG d et AG, après 6 mois de traitement avec l'association enalapril plus furosémide) PPDSO : 3.0 mm pour AG
Keister et coll., 1990	29 chiens	NP	NP	Effet clinique de la milrinone	DS avant vs après traitement (FR) PPDSO : 6.14 points pour FR
Kittleson et coll., 1985	10 chiens	NP	NP	Effet de la digoxine chez le chien atteint de CMC	DS avant vs après traitement (FR) PPDSO : 5.5 points chez un groupe de 4 chiens

*CMC : Cardiomyopathie congestive, CMD : Cardiomyopathie dilatée, CMH : Cardiomyopathie hypertrophique, DS : Différence significative, FR : Fraction de raccourcissement, IC : Insuffisance cardiaque, NP : Non précisé, PP d et s : Epaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole, PPDSO : Plus petite différence significative observée, SIV d et s : Epaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole, VD d : Diamètre du ventricule droit en diastole, VG d et s : Diamètre du ventricule gauche en diastole et systole.*

Tableau 3d : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi chez le chien

Auteurs	Nombre d'animaux	Nombre d'opérateurs	Niveau d'expérience	Objectif de l'étude	Résultats significatifs obtenus
Kittleson, et coll., 1997	14 chiens	12	NP	Effet de la supplémentation en taurine et carnitine chez 14 Cockers atteints de CMD	DS avant vs après supplémentation (VG d et s et FR) PPDSO : 7.3 mm pour VG d, entre T0 et T=6 mois
Rush et coll., 2000	18 chiens	NP	NP	Effet d'un régime alimentaire hyposodé chez des chiens avec une IC	DS faible teneur en sel vs teneur moyenne ( faible teneur : VG d et s et AG ont diminué, teneur moyenne : VG d et s et AG ont augmenté)
Sleeper et coll., 2002	124 chiens	NP	NP	Clinique, biochimie, échocardiographie et électrocardiographie de la CMD chez le jeune chien d'eau portugais	DS sains vs CMD (VG d et s et FR) PPDSO : 12.0 mm pour VG d
Vollmar et coll., 1999	328 chiens	NP	NP	Comparaison des paramètres entre des chiens sains, des chiens atteints de CMD débutante et des chiens atteints de CMD avancée	DS sains vs CMD occulte (VG d et s, SIVD d et s, AG et FR), et CMD occulte vs CMD avancée (VG d et s, VD d, AG et FR) PPDSO : 0.9 mm pour SIV d, sains vs CDM occulte

*CMC : Cardiomyopathie congestive, CMD : Cardiomyopathie dilatée, CMH : Cardiomyopathie hypertrophique, DS : Différence significative, FR : Fraction de raccourcissement, IC : Insuffisance cardiaque, NP : Non précisé, PP d et s : Epaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole, PPDSO : Plus petite différence significative observée, SIV d et s : Epaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole, VD d : Diamètre du ventricule droit en diastole, VG d et s : Diamètre du ventricule gauche en diastole et systole.*

Tableau 3e : Descriptif d'études utilisant l'échocardiographie pour le suivi chez le veau et le cheval

Auteurs	Nombre d'animaux	Nombre d'opérateurs	Niveau d'expérience	Objectif de l'étude	Résultats significatifs obtenus
Amory et coll., 1991	18 veaux	1	NP	Reproductibilité chez le veau vigile	Coefficients de variation de reproductibilité
Young et coll., 1998	7 chevaux	1	NP	Reproductibilité chez le cheval vigile	Coefficients de variation de reproductibilité

*CMC : Cardiomyopathie congestive, CMD : Cardiomyopathie dilatée, CMH : Cardiomyopathie hypertrophique, DS : Différence significative, FR : Fraction de raccourcissement, IC : Insuffisance cardiaque, NP : Non précisé, PP d et s : Epaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole, PPDSO : Plus petite différence significative observée, SIV d et s : Epaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole, VD d : Diamètre du ventricule droit en diastole, VG d et s : Diamètre du ventricule gauche en diastole et systole.*

### **III. PROPRIETES METROLOGIQUES DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE**

#### **III. 1. NOTIONS DE REPETABILITE ET DE REPRODUCTIBILTE**

L'utilisation de l'examen échocardiographique au cours de suivis est basée sur des comparaisons de mesures de paramètres, et nécessite donc une répétition de mesures. La capacité d'un opérateur à répéter avec exactitude des mesures se quantifie avec les notions statistiques de répétabilité et de reproductibilité. La répétabilité mesure la variabilité intrajour, c'est-à-dire la dispersion des valeurs obtenues par un opérateur donné sur une journée d'examen. La reproductibilité mesure la variabilité interjour.

#### **III. 2. ETUDES METROLOGIQUES EN ECHOCARDIOGRAPHIE**

Dans la littérature, peu d'informations sont disponibles sur l'évaluation des propriétés métrologiques de l'échocardiographie. En 1986, Moïse et coll. ont testé la reproductibilité de l'examen temps-mouvement chez dix chats sains anesthésiés. Les chats étaient anesthésiés en intramusculaire avec un mélange d'acépromazine (0.04 mg/kg) et de kétamine (15 mg/kg). Entre 20 et 50 minutes après la tranquillisation, chaque chat était placé en décubitus latéral gauche et examiné par un seul opérateur, une fois par jour et pendant cinq semaines. Au cours de l'examen, les mesures étaient lues par l'opérateur et, pour chaque paramètre, une moyenne de trois mesures était effectuée, sans toutefois que la variabilité intermesure soit précisée. Dans cette expérience, c'est donc la variabilité interjour qui a été étudiée et les résultats sont présentés sous forme de coefficients de variation de reproductibilité. Ils étaient de 16 % pour VD d, 9 % pour SIV d, 5 % pour VG d, 9 % pour PP d, 6 % pour SIV s, 10 % pour VG s, 9 % pour PP s, 7 % pour AO et 7 % pour AG (Moïse et coll., 1986).

La reproductibilité des mesures effectuées en mode TM et 2D (grand axe et petit axe du cœur) a également été évaluée chez des veaux. 10 veaux non anesthésiés et maintenus debout étaient examinés deux jours consécutifs par le même opérateur et les coefficients de variation de reproductibilité déduits : ils étaient de 2.8 et 2.6 % pour SIV d, 4.2 et 3.2 % pour VG d, 6.6 et 4.5 % pour PP d, 4.6 et 3.5 % pour SIV s, 10.9 et 4.4 % pour VG s, 6.8 et 5.2 % pour PP s et 6.9 et 2.5 % pour FR, respectivement en mode TM petit axe, qui est celui utilisé chez les carnivores domestiques, et en mode TM grand axe (Amory et coll., 1991).

Par ailleurs, une étude a été réalisée sur sept chevaux chez lesquels un examen était réalisé quotidiennement, au même moment de la journée, sur six jours consécutifs, par le

même opérateur. Les animaux utilisés étaient familiarisés avec le lieu d'expérience, mais également avec la procédure d'examen. Les résultats de variabilité interjour étaient respectivement de 6, 9, 10 et 12 % pour les paramètres AO, VG d, VG s et FR (Young et Scott, 1998).

### III. 3. NOTION D'EFFET OPERATEUR

Au cours d'un suivi, la répétition de mesures implique la prise en compte des facteurs de variation de l'examen échocardiographique. On peut distinguer les facteurs biologiques, tels que la race, l'âge, la taille, la fréquence cardiaque, l'anesthésie ou encore les différentes pathologies, et d'autres facteurs inhérents à la technique, tels que la position de l'animal, l'échographe utilisé ou l'opérateur. Ce dernier facteur de variation n'a été que très peu étudié. Le problème posé ici est le suivant : dans les études faisant appel à l'échocardiographie pour un suivi, des différences sont mesurées sur les animaux. Quelle est alors la part de ces différences qui peut être liée à l'opérateur ? Autrement dit, l'opérateur peut-il constituer une source d'erreur dans l'interprétation des données recueillies ?

Dans les trois études précédentes, la présence d'un opérateur unique excluait la possibilité d'évaluer l'effet opérateur. Ce critère reste donc inexploré en échocardiographie à notre connaissance. Il a cependant été évalué en échographie sur un autre tissu que le tissu cardiaque : le tendon chez le cheval. Pour la première fois, une étude réalisée en 2001 a visé à tester différents effets sur les mesures d'aires de sections de tendon fléchisseur superficiel de cheval réalisées par échographie. Pickersgill et coll. ont testé la variabilité interopérateur dans l'obtention et dans l'analyse des images, mais également une variabilité intraopérateur, avec un éventuel effet « matériel ». Pour tester la variabilité interopérateur dans l'obtention des images, deux opérateurs différents ont examiné chacun les deux membres antérieurs de 16 chevaux, avec le même échographe. Pour tester la variabilité interopérateur dans l'analyse des images, les deux opérateurs ont réalisé des calculs d'aires de section de tendons sur des images préalablement stockées. Le test de l'effet matériel s'est fait simultanément à celui de l'effet opérateur dans l'analyse des images, les deux opérateurs réalisant les calculs d'aire avec deux équipements différents. Les comparaisons des aires calculées n'ont montré aucune différence significative en intraopérateur sauf pour le niveau le plus distal du tendon. De plus, aucune différence n'est apparue significative entre les deux opérateurs concernant l'acquisition des images. En revanche, les mesures d'aires ont été significativement différentes en cinq niveaux du tendon, faisant apparaître un effet opérateur dans l'analyse des

images. L'opérateur 1 a obtenu des valeurs supérieures à l'opérateur 2. Les auteurs donnaient comme élément d'explication possible à cette surestimation « l'inexpérience relative de l'opérateur 1 » (Pickersgill et coll., 2001).

Ainsi, dans le domaine de l'échocardiographie vétérinaire, si quelques études ont testé la reproductibilité de la méthode, aucune n'a cherché à déterminer la part du rôle de l'opérateur dans les variations observées au cours d'un suivi échocardiographique. En sachant que les seuils diagnostiques sont précis (une épaisseur supérieure à six mm pour le septum interventriculaire et la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole constitue, par exemple, le seuil pour le diagnostic de la cardiomyopathie hypertrophique féline), il apparaît essentiel de connaître l'incidence d'un éventuel changement d'opérateur entre deux examens. Dans sa thèse pour le doctorat vétérinaire, en 1983, Caroline Fayolle évoque l'importance d'un « opérateur patient et expérimenté » (Fayolle, 1983). Mais depuis, ce critère n'a jamais été évalué en comparant des mesures réalisées par des opérateurs de niveau d'expérience différent.

En dépit des nombreuses études déjà publiées utilisant l'échocardiographie en terme de suivi, la détermination de la variabilité intra et interopérateur nous apparaît donc comme un prérequis indispensable à l'exploitation et à l'interprétation des données recueillies lors de cet examen pratiqué maintenant en routine en médecine des carnivores domestiques.



## **DEUXIEME PARTIE : DONNEES EXPERIMENTALES**

## **I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS**

Aucune étude n'a été réalisée pour déterminer l'impact de la compétence des opérateurs sur la répétabilité et la reproductibilité des mesures échocardiographiques chez le chat et le chien et étudier la possibilité de remplacer un opérateur par un autre au cours d'un suivi. Nous avons réalisé deux études : l'une avec quatre chats et l'autre avec six chiennes, les animaux étant vigiles pendant les examens. Quatre opérateurs avec un niveau d'expérience différent en échocardiographie ont répété des examens Temps-Mouvement sur les animaux non tranquilisés. Il s'agissait notamment de préciser les points suivants :

- au cours d'un contrôle, par exemple sur un chien, une augmentation de 1 ou 2 mm d'un paramètre mesuré est-elle significative au regard du coefficient de variation de la méthode utilisée ?
- est-il indispensable qu'un chat ou un chien soit suivi par le même opérateur?
- l'expérience de l'opérateur garantit-elle une meilleure répétabilité et reproductibilité ?

Ce travail a été réalisé en collaboration avec l'Unité de Cardiologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort et l'Unité Mixte de Recherches 181 de Physiopathologie et Toxicologies Expérimentales de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

## **II. MATERIELS ET METHODES**

### **II. 1. ANIMAUX**

Quatre chats européens à poil court, âgés de 1 à 18 ans, ont été utilisés : une femelle, pesant 2.6 kg et trois mâles castrés pesant entre 5 et 6 kg. Les examens cliniques et biochimiques effectués sur les mâles n'ont révélé aucune anomalie. Une hypertension artérielle systémique avait été diagnostiquée chez la femelle, mais, au moment de l'étude, l'animal était normotensif, étant donné un traitement quotidien à l'amlodipine en une prise, à la dose de 0.6 mg.

Six chiennes adultes normales de race Beagle appartenant au service de pathologie de la reproduction de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort ont été utilisées. Elles étaient âgées de 2 à 5 ans ( $2.5 \pm 1.2$  ans), et pesaient entre 10.6 et 15.0 kg ( $12.9 \pm 1.6$  kg). Avant d'inclure les chiennes dans le protocole, un examen clinique complet, une mesure de la pression artérielle systémique, un tracé électrocardiographique ont été réalisés, afin de confirmer l'absence d'anomalie de l'appareil cardio-vasculaire.

### **II. 2. ECHOGRAPHES UTILISES**

Les examens ont été pratiqués sur les animaux vigiles avec un échographe VINGMED System 5 équipé de la sonde électronique multifréquence de 2.5/3.5 MHz en mode fondamental et 1.5-1.7 MHz en mode seconde harmonique pour les chiennes et avec un échographe ESAOTE-BIOMEDICA (AU3 Partner) équipé d'une sonde 7.5-10 MHz pour les chats. Un tracé électrocardiographique était effectué de façon concomitante. Tous les opérateurs avaient été formés, préalablement à l'étude, à l'utilisation de ce matériel.

### **II. 3. EXAMENS ECHOCARDIOGRAPHIQUES**

Pour les examens échocardiographiques 2D et Temps-Mouvement, les animaux étaient tondu sous la pointe du coude, au tiers inférieur du thorax, au niveau de la projection cutanée du choc précordial droit, entre le 4<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> espace intercostal. Une couche de gel conducteur était appliquée sur cette surface cutanée et la contention réalisée par deux personnes. Les animaux étaient maintenus debout avec une légère flexion de l'encolure du côté opposé à celui de l'opérateur pendant toute la durée de l'examen.

A partir de la coupe « petit axe transventriculaire » réalisée en mode 2D, le faisceau linéaire TM était orienté de façon à obtenir l'incidence TM transventriculaire. Sur cette image, les paramètres suivants étaient mesurés : le diamètre diastolique du ventricule droit (VD d), l'épaisseur du septum interventriculaire en diastole et systole (SIV d et s), le diamètre du ventricule gauche en diastole et systole (VG d et s), l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole et systole (PP d et s) et la fraction de raccourcissement (FR).

A partir de la coupe petit axe transaortique obtenue en mode 2D, ont été déterminés : AO (diamètre aortique), AG (diamètre atrial gauche) et AG/AO (diamètre atrial gauche / diamètre aortique).

## **II. 4. CALENDRIERS ET DEROULEMENT DES MANIPULATIONS**

Dans les deux protocoles, les examens échocardiographiques étaient étalés sur quatre demi-journées non consécutives en avril 2000 pour les chats et en novembre-décembre 2002 pour les chiens.

Les calendriers des manipulations et la randomisation des examens sont consignés dans les annexes 1 et 2, respectivement pour les chats et les chiens. La randomisation des examens s'est faite de telle sorte qu'aucune séquence d'examens ne soit répétée d'une demi-journée de manipulations à l'autre et qu'aucun animal ne passe deux fois consécutivement. Par ailleurs, le même opérateur n'examinait jamais le même animal successivement. Dans l'expérience chez le chat, tous les opérateurs n'étaient pas disponibles pour chaque jour de manipulation.

Pour chaque intervention, un compte rendu était imprimé et associé à d'éventuelles remarques de nature informative (état de fatigue ou de stress de l'opérateur ou de l'animal...).

Par ailleurs, afin de s'affranchir du biais pouvant être causé par la mémoire du manipulateur, les mesures étaient effectuées en aveugle, c'est-à-dire que la partie de l'écran de l'échographe les affichant était masquée.

## **II. 5. OPERATEURS**

Au nombre de quatre pour chaque protocole, leur niveau d'expérience en échocardiographie était différent. Valérie Chetboul, professeur agrégé en cardiologie et diplômée de l'European College of Veterinary Internal Medicine (Cardiology) était

l'opérateur 4 dans ces expériences ; elle a elle-même assuré la formation des six autres opérateurs.

Pour la première expérience, chez le chat, l'opérateur 1 était une jeune diplômée ayant moins de quatre mois de pratique et considérée à ce titre comme une débutante en échocardiographie, le deuxième était un vétérinaire avec un an de pratique intensive de l'échocardiographie et l'opérateur 3 était résident en médecine interne des carnivores domestiques à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

Pour la seconde expérience, chez le chien, le rôle de débutante était tenu par l'opérateur 1, docteur vétérinaire et interne en médecine des carnivores domestiques à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Les opérateurs 2 et 3 étaient résidents en cardiologie dans la même structure, en première et troisième année respectivement.

## II. 6. ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été traitées séparément et étudiées grâce au logiciel informatique SYSTAT (version 10.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Le modèle linéaire suivant, dans lequel on a pris en compte l'éventualité d'un effet « jour » (noté J), d'un effet « animal » (noté A) et d'une interaction « animal-jour » (notée A\*J), a été utilisé pour chaque opérateur, pour chaque mesure échocardiographique :

$$Y_{ijkl} = \mu + J_j + A_k + (A*J)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Où  $Y_{ijkl}$  est la  $l$  ième mesure sur l'animal  $k$  réalisé le jour  $j$  par l'opérateur  $i$ ,  $\mu$  la moyenne des valeurs observées et  $\varepsilon_{i,j,k,l}$  l'erreur du modèle.

L'écart-type de répétabilité était calculé à partir de la variance du résidu du modèle, noté  $\varepsilon_{ijkl}$  et l'écart-type de reproductibilité à partir de la variance de l'effet jour. Dans le traitement des données obtenues chez le chat, celles de la femelle traitée à l'amlodipine n'ont pas été incluses dans l'étude de reproductibilité afin d'éviter une confusion entre la variabilité interjour et une éventuelle variation des paramètres mesurés due au traitement.

Par la suite, l'éventualité d'une interaction entre l'animal et l'opérateur était déterminée avec le modèle linéaire suivant, dans lequel ont été pris en compte un éventuel effet « animal » (noté A), un effet « jour » (noté J), un effet « opérateur » (noté O), une interaction « animal-opérateur » (noté A\*O) et « animal-jour » (noté A\*J) :

$$Y_{i,j,k,l} = \mu + O_i + J_j + A_k + (A*O)_{i,k} + (A*J)_{j,k} + \varepsilon_{i,j,k,l}$$

Où  $Y_{i,j,k,l}$  est la l ième mesure sur l'animal k réalisé le jour j par l'opérateur i,  $\mu$  la moyenne des valeurs observées et  $\varepsilon_{i,j,k,l}$  l'erreur du modèle.

Dans ces deux études, l'opérateur 4 (à savoir Valérie Chetboul dans les deux cas) était considéré comme l'opérateur de référence pour déterminer une éventuelle possibilité de remplacer cet opérateur par un autre. Les différences obtenues, pour un animal et un jour donnés, entre la moyenne des mesures de l'opérateur de référence et la moyenne des mesures de chacun des trois autres opérateurs ont été calculées et représentées sur un graphique pour certains paramètres d'intérêt. Sachant qu'en routine, un examen échocardiographique complet n'est réalisé que par un seul opérateur, il était établi que si l'opérateur de référence ne pouvait pas être remplacé par un opérateur donné pour un seul paramètre mesuré, alors il n'était pas possible de le remplacer pour l'examen échocardiographique complet.

### **III. RESULTATS**

#### **III. 1. EXAMENS CLINIQUES, MESURES DE PRESSION ARTERIELLE ET TRACES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES**

Les examens cliniques complets, les mesures de pression artérielle et les tracés électrocardiographiques des six chiennes n'ont révélé aucune anomalie de l'appareil cardiovasculaire. Les examens complémentaires n'ont pas été réalisés sur les chats, mais l'examen clinique n'avait révélé aucune anomalie.

#### **III. 2. MESURES ECHOCARDIOGRAPHIQUES**

L'ensemble des mesures effectuées est consigné dans les annexes 3 à 6 pour les chats, et les annexes 7 à 10 pour les chiens. Les valeurs moyennes, pour chaque paramètre, obtenues par l'opérateur de référence sont présentées dans les tableaux 4 et 5 pour les chats et les chiens respectivement. La comparaison des mesures effectuées sur la chatte traitée pour hypertension systémique avec celles des chats sains a montré une légère augmentation de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en systole et une diminution pour le diamètre du ventricule gauche, en diastole et systole.

La durée moyenne des examens était de 4.6, 3.8, 3.3 et 2.0 minutes chez le chat et de 5.5, 4.4, 2.4 et 3.1 minutes chez le chien, respectivement pour les opérateurs 1, 2, 3 et 4.

#### **III. 3. MESURES DE REPETABILITE**

Les écarts-types et les coefficients de variation de répétabilité, c'est-à-dire de variabilité intrajour, pour chaque paramètre, sont présentés dans les tableaux 6 et 7 pour les chats et 8 et 9 pour les chiens.

Tableau 4 : Valeurs moyennes ( $\pm$  écart-type) des paramètres échocardiographiques mesurés chez quatre chats européens par l'opérateur de référence (opérateur 4)

Paramètres échocardiographiques	chats	
	sains (n=3)	malade (n=1)
VD d (mm)	2.8 $\pm$ 1.36	1.7 $\pm$ 0.59
SIV d (mm)	4.6 $\pm$ 0.67	5.4 $\pm$ 0.34
VG d (mm)	15.9 $\pm$ 2.40	10.5 $\pm$ 0.41
PP d (mm)	4.5 $\pm$ 0.73	5.2 $\pm$ 0.22
SIV s (mm)	7.8 $\pm$ 1.17	7.8 $\pm$ 1.01
VG s (mm)	7.3 $\pm$ 2.63	4.1 $\pm$ 0.60
PP s (mm)	7.8 $\pm$ 1.05	9.2 $\pm$ 0.34
FR (%)	54.9 $\pm$ 10.97	61.0 $\pm$ 6.40
AO (mm)	9.8 $\pm$ 1.06	9.9 $\pm$ 1.19
AG (mm)	9.0 $\pm$ 1.03	8.4 $\pm$ 1.20
AG/AO	0.9 $\pm$ 0.09	0.8 $\pm$ 0.06

Tableau 5 : Valeurs moyennes ( $\pm$  écart-type) des paramètres échocardiographiques mesurés chez six chiennes normales par l'opérateur de référence (opérateur 4)

Paramètres échocardiographiques	Chiens sains (n=6)
VD d (mm)	10.7 $\pm$ 1.93
SIV d (mm)	7.5 $\pm$ 1.00
VG d (mm)	31.6 $\pm$ 3.05
PP d (mm)	6.9 $\pm$ 0.80
SIV s (mm)	11.7 $\pm$ 0.85
VG s (mm)	20 $\pm$ 2.06
PP s (mm)	11.2 $\pm$ 1.28
FR (%)	36.7 $\pm$ 3.52
AO (mm)	18.8 $\pm$ 1.25
AG (mm)	14.9 $\pm$ 1.73
AG/AO	0.8 $\pm$ 0.08



Tableau 6 : Ecart-types de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez quatre chats européens

Variabilité	Observateur	Paramètres échocardiographiques										
		VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
<b>Ecart-type intrajour</b>	1	1.44	1.04	1.26	0.75	1.26	1.47	0.86	9.8	0.81	1.01	0.12
	2	1.32	0.49	1.03	0.83	0.71	0.84	0.72	4.2	0.92	1.08	0.10
	3	0.79	1.00	1.14	0.57	0.83	0.81	0.56	4.7	0.91	0.82	0.09
	4	0.81	0.47	1.00	0.62	1.14	0.76	0.56	6.0	0.83	0.91	0.08
<b>Ecart-type interjour</b>	1	0.86	0.48	0.61	1.11	1.20	0.57	0.42	2.7	0.67	1.47	0.204
	2	1.43	0.82	0.96	0.86	0.90	1.28	0.70	8.6	0.40	0.56	0.014
	3	*	0.37	2.19	0.75	0.43	0.78	1.17	*	1.24	1.25	0.074
	4	1.72	0.57	0.25	0.47	1.27	1.11	0.53	5.7	1.15	1.03	0.057

\* : existence d'un effet "CT\*J" significatif, d'où l'impossibilité de calculer un écart-type de reproductibilité global

Tableau 7 : Coefficients de variation (%) de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez quatre chats européens

Variabilité	Observateur	Paramètres échocardiographiques										
		VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
CV intrajour	1	38.1	17.4	9.8	14.4	16.4	20.8	11.9	21.2	8.6	10.2	11.3
	2	35.9	10.6	7.3	18.7	10.1	11.1	10.5	8.7	9.7	11.1	9.8
	3	30.1	17.4	8.4	10.5	10.5	11.1	6.9	9.8	9.6	8.6	8.9
	4	32.5	9.7	6.9	13.2	14.6	11.7	6.9	10.6	8.5	10.3	8.7
CV interjour	1	21.5	8.4	4.3	22.6	15.4	7.3	6.0	5.9	7.1	14.2	18.5
	2	36.7	18.5	6.2	19.8	12.7	15.2	10.7	18.4	4.1	5.5	1.4
	3	*	6.6	14.9	13.9	5.3	9.5	15.2	*	12.9	13.0	7.3
	4	61.9	12.3	1.6	10.5	16.3	15.2	6.9	10.4	11.8	11.5	6.2

\* : existence d'un effet "CT\*J" significatif, d'où l'impossibilité de calculer un coefficient de variation de reproductibilité global

Tableau 8 : Ecart-types de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez six chiennes Beagle

Variabilité	Observateur	Paramètres échocardiographiques										
		VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
<b>Ecart-type intrajour</b>	1	2.24	1.05	2.02	1.32	1.09	2.38	1.97	6.92	1.35	2.97	0.17
	2	1.34	0.87	1.39	0.89	0.87	1.32	1.23	4.09	0.91	1.35	0.09
	3	1.15	0.73	0.98	0.56	0.71	1.50	0.87	4.03	0.90	1.15	0.07
	4	1.48	0.84	1.74	0.75	0.90	1.39	1.02	3.73	0.98	1.10	0.07
<b>Ecart-type interjour</b>	1	3.20	1.45	1.61	0.89	1.19	*	2.97	7.11	1.37	4.01	0.20
	2	0.44	0.45	*	1.05	1.97	*	1.02	3.74	1.94	0.22	0.09
	3	2.49	0.74	*	*	1.05	1.47	0.55	5.23	1.42	2.25	0.17
	4	2.40	0.34	2.51	0.64	0.48	1.39	1.34	5.76	1.13	1.40	0.08

\* : existence d'un effet "CN\*J" significatif, d'où l'impossibilité de calculer un écart-type de reproductibilité global

Tableau 9 : Coefficients de variation (%) de la variabilité intraobservateur intrajour (répétabilité) et interjour (reproductibilité) pour les mesures des paramètres échocardiographiques chez six chiennes Beagle

Variabilité	Observateur	Paramètres échocardiographiques										
		VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
<b>CV intrajour</b>	1	23.4	13.9	6.3	17.0	10.3	11.1	17.2	20.6	7.6	18.6	18.6
	2	15.9	12.4	4.2	12.9	8.3	6.2	11.4	11.8	4.9	8.2	10.0
	3	14.1	8.9	3.1	7.7	6.3	7.2	8.1	11.6	4.6	6.8	8.2
	4	13.8	11.2	5.5	10.9	7.7	6.9	9.2	10.2	5.2	7.4	9.0
<b>CV interjour</b>	1	33.3	19.1	5.0	11.5	11.2	*	25.8	21.2	7.7	25.1	21.9
	2	5.2	6.4	*	15.1	19.0	*	9.4	10.8	10.4	1.3	10.0
	3	30.6	9.0	*	*	9.5	7.0	5.2	15.1	7.3	13.4	19.5
	4	22.3	4.5	8.0	9.4	4.1	7.0	12.0	15.7	6.0	9.4	9.8

\* : existence d'un effet "CN\*J" significatif, d'où l'impossibilité de calculer un coefficient de variation de reproductibilité global

### **III. 4. MESURES DE REPRODUCTIBILITE**

Pour les chats, les écarts-types et les coefficients de variation de reproductibilité, c'est-à-dire la variabilité interjour, pour chaque paramètre, sont présentés dans les tableaux 6 et 7. Dans cette expérience, deux interactions « chat\*jour » se sont avérées significatives ( $p < 0.05$ ), pour les paramètres VD d et FR, pour l'opérateur 3.

Pour les chiens, les écarts-types et les coefficients de variation de reproductibilité, pour chaque paramètre, sont présentés dans les tableaux 8 et 9. Pour cinq paramètres, une interaction « chien\*jour » significatives a été mise en évidence ( $p < 0.04$ ). L'interprétation d'une telle interaction significative a été représentée sur les figures 1 et 2, pour les paramètres FR et VG d, respectivement chez le chat et le chien. Nous reviendrons sur la signification statistique de ces interactions dans la discussion.

### **III. 5. EFFET DE L'EXPERIENCE DE L'OPERATEUR SUR LA REPETABILITE ET LA REPRODUCTIBILITE**

Dans l'étude réalisée chez le chat, les coefficients de variation de répétabilité de l'opérateur de référence (l'opérateur 4) étaient les plus bas pour cinq paramètres sur onze : SIV d, VG d et s, PP s, AO et AG/AO, sans jamais être les plus élevés. A l'opposé, l'opérateur le moins expérimenté (le 1) a obtenu les coefficients de variation les plus élevés pour tous les paramètres à l'exception de AO, AG et PP d.

Pour l'étude chez le chien, les résultats sont similaires puisque les coefficients de variation de répétabilité de l'opérateur 4, opérateur de référence, étaient les plus bas pour VD d et FR et n'étaient jamais les plus élevés. La répétabilité de l'opérateur 3, le deuxième plus expérimenté, était la meilleure pour SIV d, VG d, PP d, SIV s, PP s, AO, AG et AG/AO. En revanche, les coefficients de variation de l'opérateur 1, le moins expérimenté, étaient systématiquement les plus élevés.

Concernant la reproductibilité, chez le chat, les coefficients de variation de reproductibilité de l'opérateur de référence étaient les plus bas pour PP d et VG d, mais les plus élevés pour VD d et SIV s. L'opérateur 1 a obtenu les meilleurs résultats pour VG s, VD d, FR et PP s.

Chez le chien, les coefficients de variation de reproductibilité de l'opérateur de référence étaient les plus bas pour SIV d, PP d, SIV s, VG s, AO et AG/AO et n'étaient

jamais les plus élevés. L'opérateur le moins expérimenté a obtenu les moins bons résultats de reproductibilité pour VD d, SIV d, PP s, FR, AG et AG/AO.

### **III. 6. POSSIBILITE DE REMPLACER L'OPERATEUR DE REFERENCE**

Dans la première étude, une interaction « chat\*opérateur » a été significative pour les paramètres SIV d ( $p < 0.01$ ), VG d ( $p < 0.05$ ) et PP d ( $p < 0.05$ ). Par ailleurs, un effet opérateur significatif ( $p \leq 0.05$ ) a été mis en évidence pour tous les paramètres, sauf AO.

De même, dans la seconde étude, une interaction « chien\*opérateur » significative a été observée pour VD d ( $p < 0.01$ ), VG d ( $p < 0.03$ ), VG s ( $p \leq 0.03$ ), PP s ( $p < 0.01$ ) ; l'effet « opérateur » étant significatif pour tous les paramètres.

L'illustration de ces interactions « animal\*opérateur » significatives a été représentée pour deux paramètres chez le chat : PP d et SIV d (figure 3 et 4) et chez le chien : VG d et VG s (figure 5 et 6).

En outre, afin d'étudier la possibilité de remplacer l'opérateur de référence, les différences entre les moyennes obtenues par chaque opérateur et l'opérateur de référence ont été représentées sur les figures 7, 8, 9 et 10, respectivement pour SIV d et PP d chez le chat, FR et VG d chez le chien. Leur observation montre une grande dispersion des valeurs obtenues par tous les opérateurs excédant l'écart-type de répétabilité de celui de référence ; à l'exception de l'opérateur 2, le jour 1, pour SIV d chez le chat et de l'opérateur 2, le jour 4, pour la fraction de raccourcissement, chez le chien.

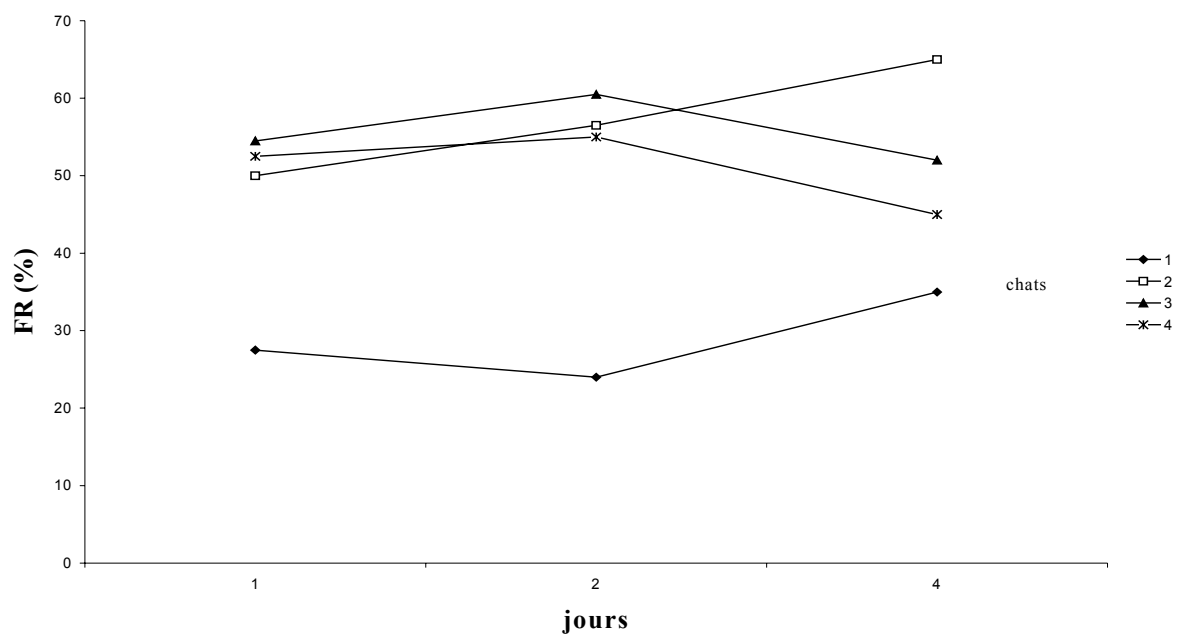


Figure 1 : Evolution du classement des quatre chats européens obtenu par l'opérateur 3, pour la moyenne du paramètre FR, en fonction de ses jours d'examen (jours 1, 2 et 4)

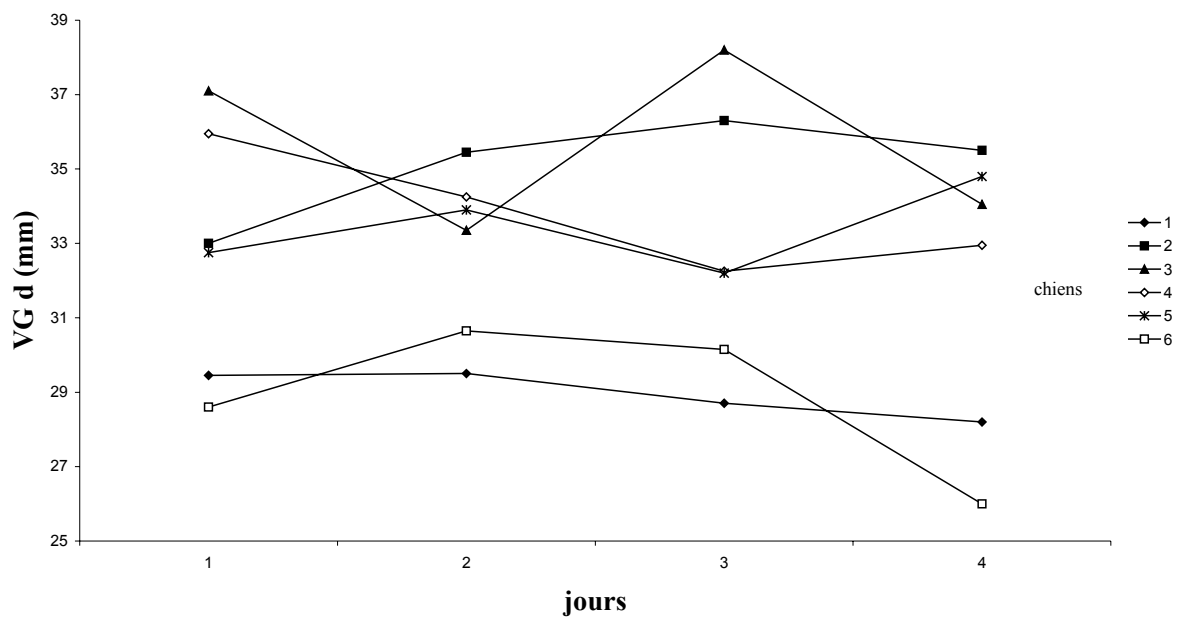


Figure 2 : Evolution du classement des six chiennes Beagle obtenu par l'opérateur 2, pour la moyenne du paramètre VG d, en fonction du jour d'examen



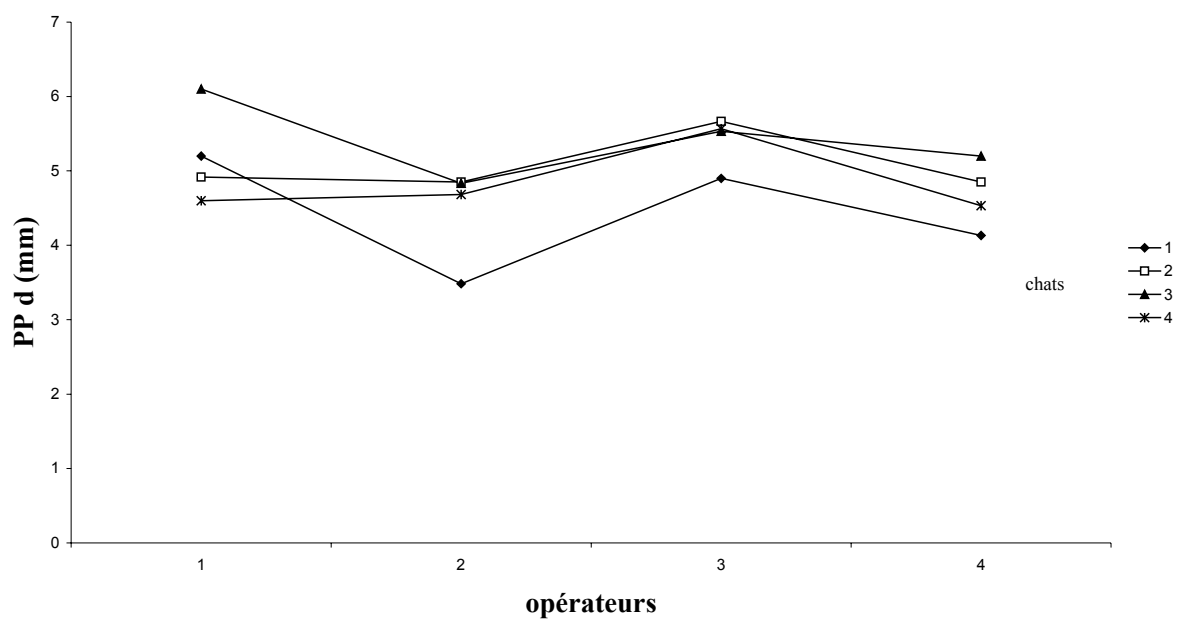


Figure 3 : Evolution du classement des quatre chats européens pour la moyenne du paramètre PP d, en fonction de l'opérateur

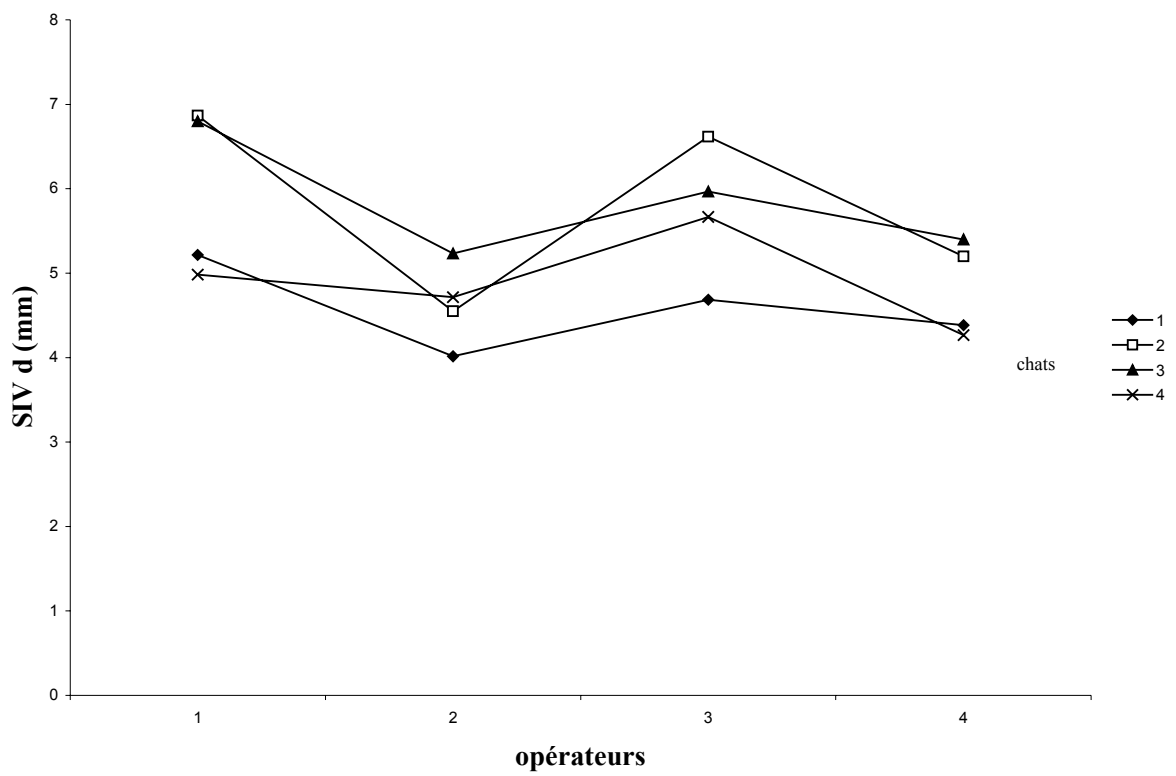


Figure 4 : Evolution du classement des quatre chats européens pour la moyenne du paramètre SIV d, en fonction de l'opérateur

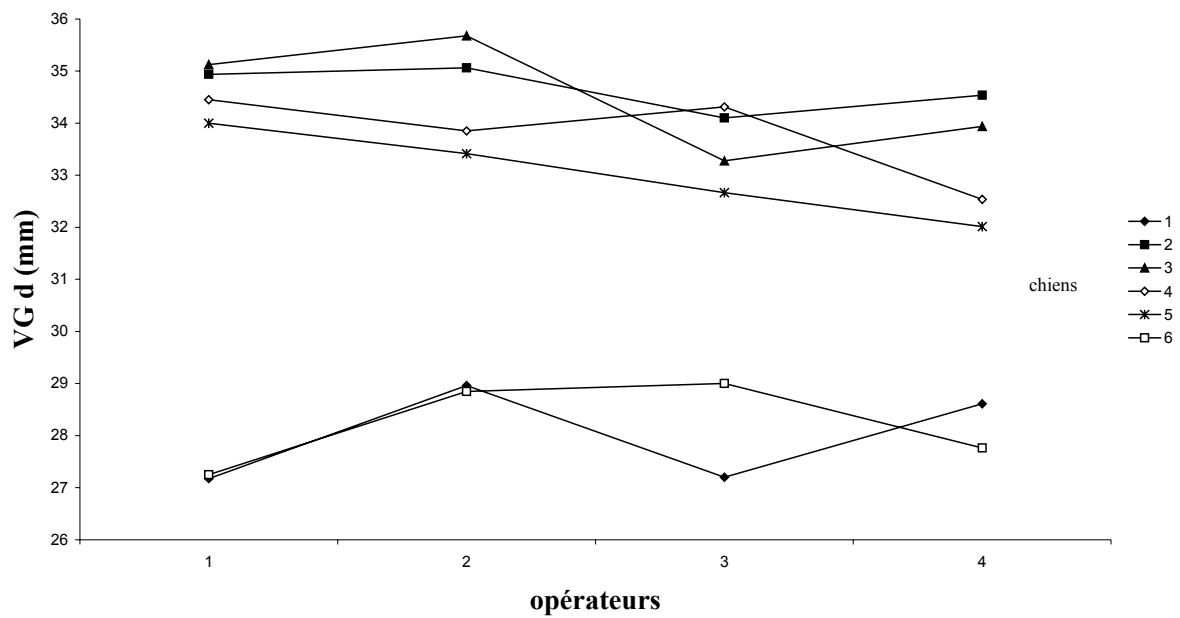


Figure 5: Evolution du classement des six chiennes Beagle pour la moyenne du paramètre VG d, en fonction de l'opérateur

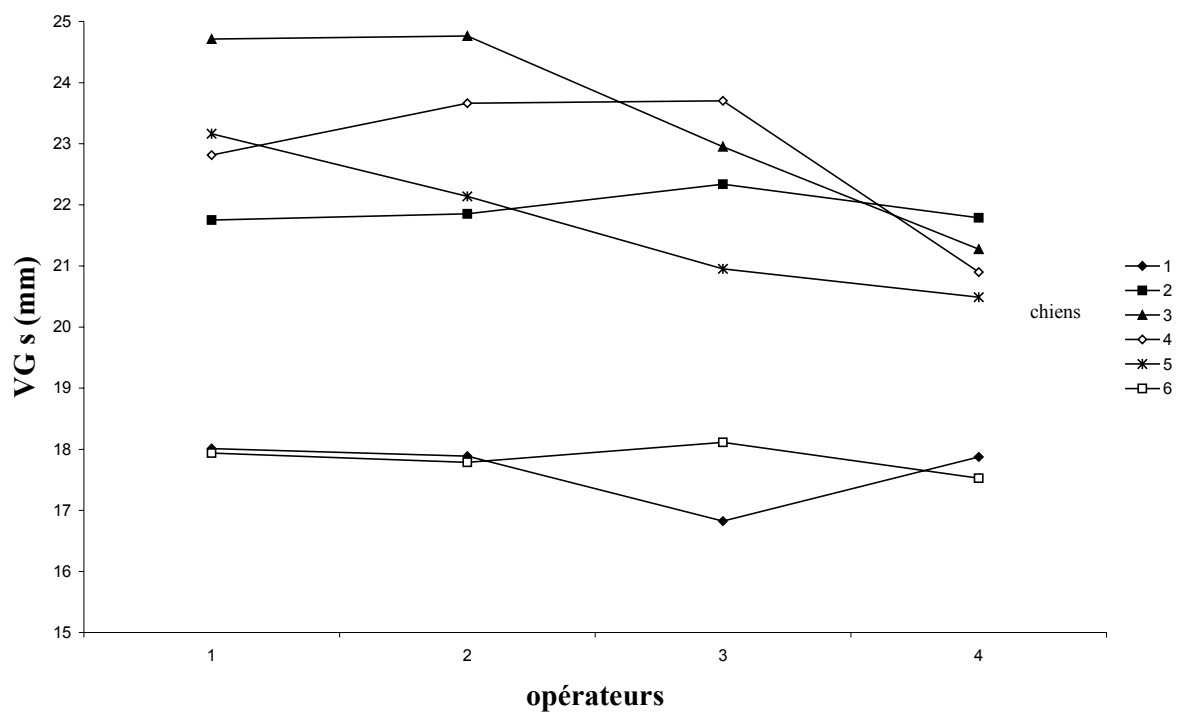


Figure 6: Evolution du classement des six chiennes Beagle pour la moyenne du paramètre VG s, en fonction de l'opérateur

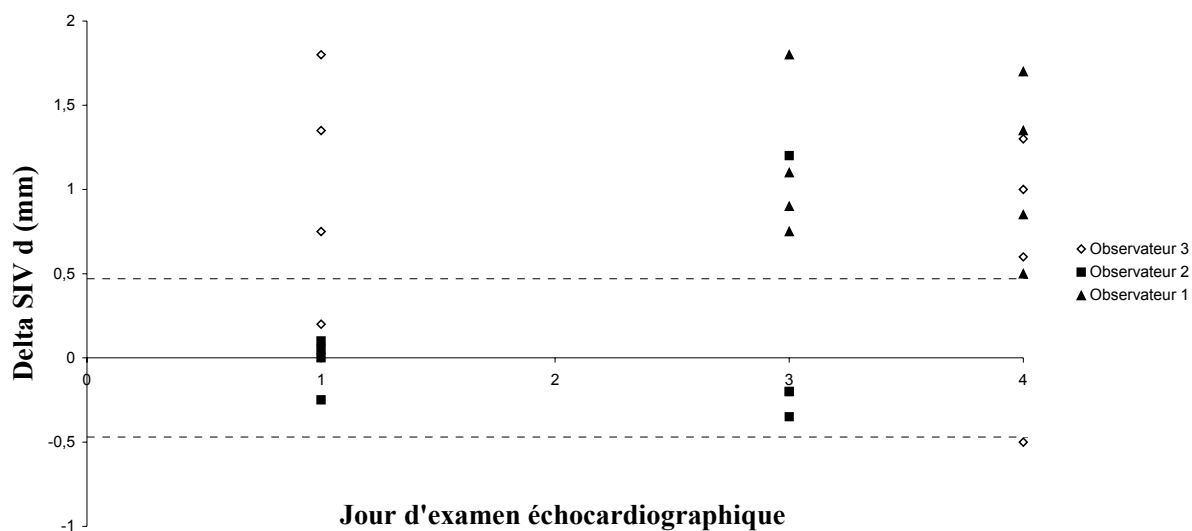


Figure 7 : Différences pour le paramètre SIV d chez quatre chats européens entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence, pour les jours auxquels a participé l'opérateur de référence (jours 1, 3 et 4).  
*Les pointillés représentent l'écart-type de variabilité intrajour de l'opérateur de référence pour le paramètre considéré. Toute valeur située en dehors de cet intervalle ( $\pm$ écart-type) traduit la différence entre l'opérateur donné et l'opérateur de référence.*

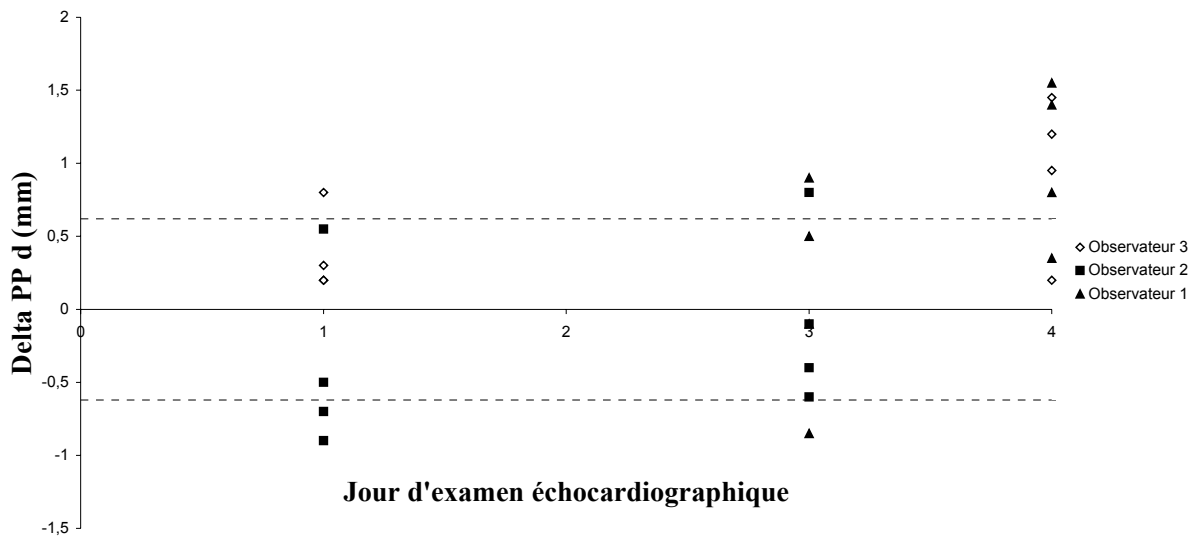


Figure 8 : Différences pour le paramètre PP d chez quatre chats européens entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence, pour les jours auxquels a participé l'opérateur de référence (jours 1, 3 et 4).

*Les pointillés représentent l'écart-type de variabilité intrajour de l'opérateur de référence pour le paramètre considéré. Toute valeur située en dehors de cet intervalle ( $\pm$ écart-type) traduit la différence entre l'opérateur donné et l'opérateur de référence.*

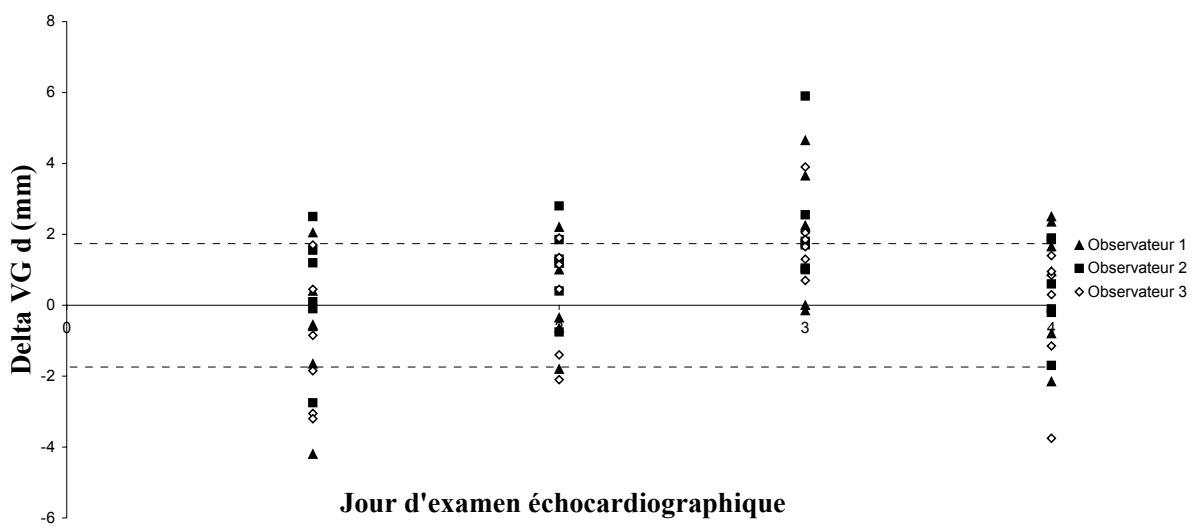


Figure 9 : Différences pour le paramètre VG d chez six chiennes Beagle entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence.

*Les pointillés représentent l'écart-type de variabilité intrajour de l'opérateur de référence pour le paramètre considéré. Toute valeur située en dehors de cet intervalle ( $\pm$ écart-type) traduit la différence entre l'opérateur donné et l'opérateur de référence.*

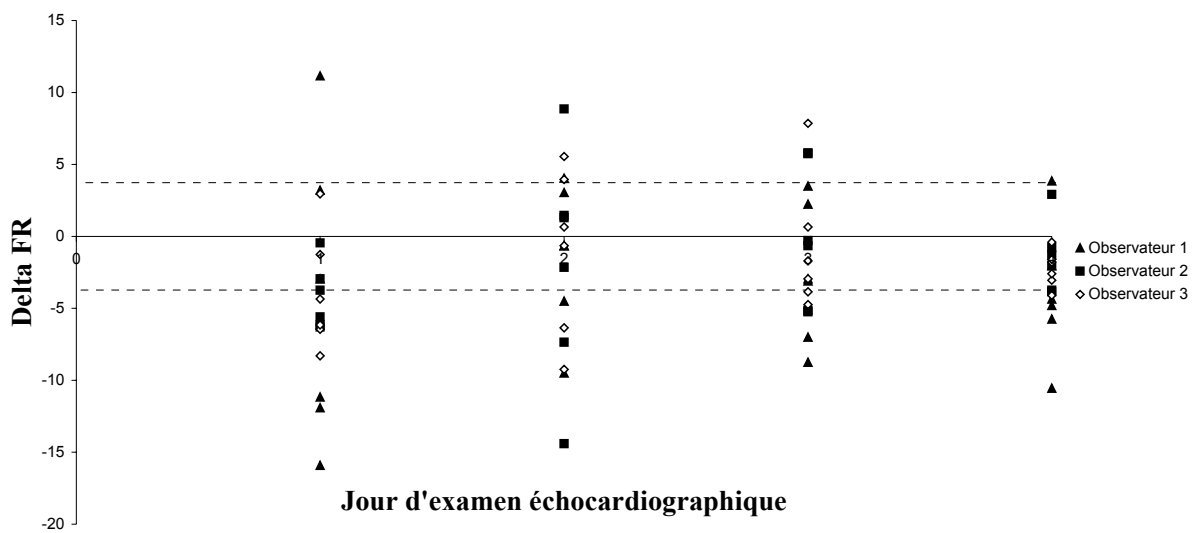


Figure 10 : Différences pour le paramètre FR chez six chiennes Beagle entre les moyennes des 3 opérateurs et de l'opérateur de référence.

*Les pointillés représentent l'écart-type de variabilité intrajour de l'opérateur de référence pour le paramètre considéré. Toute valeur située en dehors de cet intervalle ( $\pm$ écart-type) traduit la différence entre l'opérateur donné et l'opérateur de référence.*



## IV. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était donc de déterminer les propriétés métrologiques de l'échocardiographie, en répétant des examens échocardiographiques sur quatre chats et six chiennes. De plus, la présence des quatre opérateurs dans chaque protocole nous a permis d'étudier l'effet opérateur de la technique. Nos résultats montrent que la variabilité intraopérateur de la méthode est bonne, tant en répétabilité qu'en reproductibilité. En revanche, dans le cadre d'un suivi, il est fortement conseillé de :

- conserver le même opérateur
- d'interpréter l'évolution d'une mesure en la confrontant à l'écart-type de variabilité interjour du paramètre.

La lecture du tableau 3 montre que, dans les études antérieures de reproductibilité, un seul opérateur intervenait (Moïse et coll., 1986, Amory et coll., 1991, Young et Scott, 1998). Il était de ce fait impossible de comparer la répétabilité et la reproductibilité de différents opérateurs. Or, en pratique, il est fréquent que pour des raisons de disponibilité, le suivi d'un animal ne soit pas toujours effectué par le même opérateur.

Dans notre étude, 96 examens ont été réalisés sur quatre chats et 192 examens sur six chiens, à chaque fois par quatre opérateurs. Ces chiffres se démarquent de ceux observés dans le tableau 3; dans ces études, la tendance était plutôt à une faible répétition du nombre des examens échocardiographiques sur chaque animal, mais à un nombre d'animaux élevé. Ceci s'explique par la différence d'objectif : il ne s'agissait pas, pour nous, d'étudier la variabilité biologique, mais d'obtenir des mesures répétées effectuées par plusieurs opérateurs de façon à déterminer la répétabilité et la reproductibilité de l'échocardiographie. Cependant, même sur les trois études précitées qui testaient la variabilité interjour, le nombre d'examens réalisés était inférieur à ceux de notre étude.

Les différences de protocole entre les deux parties expérimentales s'expliquent par des raisons techniques et logistiques. Pour le protocole sur les chats, antérieur à celui sur les chiens, nous ne disposions que d'un nombre réduit d'animaux et l'emploi du temps des opérateurs a empêché leur présence simultanée pour les quatre jours de manipulation.

Notre étude a été réalisée dans la salle de consultation de l'Unité de Cardiologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Nous souhaitons que le contexte expérimental corresponde le plus possible avec la réalité de la pratique clinique. Pour cette raison, et contrairement à l'étude chez le cheval réalisée par Young et coll. en 1998, ou celle chez le chien réalisée par Allworth et coll. en 1995, les animaux n'étaient pas familiarisés avec la

technique d'examen et/ou avec l'environnement. Par ailleurs, aucune contention pharmacologique n'a été utilisée. Enfin, les mesures étaient réalisées en aveugle.

Les mesures moyennes obtenues par Valérie Chetboul, opérateur de référence, sont en accord avec les valeurs trouvées dans la littérature pour les trois chats sains (Pipers et coll., 1978, Jacobs et coll., 1985 et Moïse et coll., 1986) et pour les six chiennes Beagle (Crippa et coll., 1992). Par ailleurs, la durée moyenne des temps d'examen pour les deux opérateurs les plus expérimentés est proche de celle évoquée dans l'étude de Snyder et coll. (trois minutes) ; les autres dépassant légèrement cette durée.

Pour déterminer la variabilité intra et interopérateur de l'examen échocardiographique, deux modèles statistiques ont été utilisés. Le premier a permis d'étudier la variabilité intraopérateur, c'est-à-dire la variabilité intrajour, la répétabilité, et la variabilité interjour, la reproductibilité.

Aucune donnée n'est disponible en terme de répétabilité chez le chat. Dans notre étude, les coefficients de variation de répétabilité de l'opérateur de référence témoignent d'une bonne fiabilité de la méthode puisqu'ils sont compris entre 6 et 15 %, à l'exception du paramètre VD d (33 %). La reproductibilité a été étudiée en 1986 par un seul opérateur chez des chats anesthésiés (Moïse et coll., 1986). Le tableau 10 présente une comparaison des coefficients de variation obtenus alors et des nôtres. On constate qu'ils sont assez proches, quoique légèrement supérieurs dans notre étude (pour six paramètres sur huit). Ceci peut s'expliquer par l'état vigile des chats, qui n'étaient pas, par conséquent, parfaitement immobiles pendant les examens. Chez le chien, il n'existe pas, à notre connaissance, de données sur les propriétés métrologiques de l'échocardiographie. Cependant, les résultats obtenus par l'opérateur de référence sont tout à fait cohérents avec ceux trouvés chez le chat, puisque les coefficients de variation sont compris entre 5 et 14 % en répétabilité et entre 4 et 16 % en reproductibilité, à l'exception du paramètre VD d (22 %).

Les coefficients de variation des deux autres opérateurs familiarisés avec la technique varient, chez le chat, entre 6 et 19 % et entre 5 et 20 %, respectivement, pour la variabilité intrajour et interjour (paramètre VD d exclu). Chez le chien, ces mêmes résultats varient entre 3 et 13 % et entre 5 et 20 %, toujours respectivement.

Tableau 10 : Coefficients de variation de reproductibilité (%) obtenus lors de deux études chez des chats anesthésiés et chez des chats vigiles

Paramètres	Coefficients de variation de reproductibilité (%)	
	Moïse et coll., 1986	Chetboul et coll., 2003
<b>SIV d (mm)</b>	9	12
<b>VG d (mm)</b>	5	2
<b>PP d (mm)</b>	9	11
<b>SIV s (mm)</b>	6	16
<b>VG s (mm)</b>	10	15
<b>PP s (mm)</b>	9	7
<b>AO (mm)</b>	7	12
<b>AG (mm)</b>	7	12

Le diamètre du ventricule droit en diastole (VD d) est le paramètre qui a présenté les coefficients de variation les plus élevés (entre 30 et 62 % chez le chat, 13 et 34 % chez le chien). Cette variabilité peut s'expliquer par la difficulté de mesurer ce paramètre en échocardiographie du fait notamment de la position anatomique du ventricule droit et de ses contours irréguliers. Ces résultats tendent à prouver que l'intérêt de ce paramètre dans un cadre d'un suivi clinique apparaît assez limité.

Le modèle statistique a également permis de mettre en évidence des interactions « Animal\*Jour » significatives ( $p < 0.05$ ) pour certains paramètres pour tous les opérateurs à l'exception de celui de référence chez le chien et pour l'opérateur 3 chez le chat. D'un point de vue statistique, cela signifie que, pour un paramètre donné, le classement des animaux obtenu par l'opérateur n'est pas le même d'un jour sur l'autre et que la modification de ce classement s'explique par l'interaction significative. Ainsi, dans ce cas, l'aptitude de l'opérateur à être reproductible dépend de l'animal et le calcul d'un coefficient de variation de reproductibilité global n'a alors plus de signification. Cependant, au regard du faible nombre d'animaux utilisés, il nous était impossible d'estimer cette interaction.

Le second modèle statistique a permis d'étudier la variabilité interopérateur. Pour tous les paramètres mesurés, chez le chat et chez le chien, l'effet « opérateur » est apparu significatif ( $p < 0.05$ ), à l'exception du diamètre aortique chez le chat. Cela signifie que la part de variation liée à l'opérateur dans la mesure de ces paramètres est discernable des variations résiduelles. Par ailleurs, des interactions significatives ( $p < 0.05$ ) entre l'animal et l'opérateur ont été mises en évidence pour les paramètres SIV d, VG d, PP d chez le chat, et VD d, VG d, VG s et PP s chez le chien. D'un point de vue statistique, cela signifie que la modification du classement des animaux en fonction de l'opérateur s'explique par l'interaction significative « Animal\*Opérateur ». Les paramètres représentés dans les figures 3 à 6 ont été choisis car ils correspondent à des paramètres d'intérêt dans le diagnostic de la CMH chez le chat et de la CMD chez le chien.

Observons ainsi les figures 3 et 4 et rappelons que la cardiomyopathie hypertrophique du chat se caractérise par une épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche et du septum interventriculaire en diastole supérieur à six mm (Snyder et coll., 2001, Bright et coll., 1991, Fox et coll., 1995). Pour le chat 3, on constate ainsi que l'opérateur 1 obtient pour PP d une valeur très légèrement supérieure à six millimètre et, pour SIV d, une valeur juste inférieure à sept millimètres. Sur les critères précités, cet opérateur conclurait que ce chat est atteint de CMH. Sur les valeurs qu'il obtient sur ce même chat, l'opérateur de référence

n'aurait cependant pas la même conclusion, de même que les autres opérateurs. Le caractère opérateur dépendant de l'examen échocardiographique est ainsi mis en évidence.

Par ailleurs, dans l'expérience chez le chat, une tendance à la surestimation des valeurs obtenues par l'opérateur de référence se dégage à l'observation des figures 7 et 8. Si cette tendance n'est pas confirmée par l'étude chez le chien, la dispersion des valeurs obtenues par tous les opérateurs excédant l'écart-type de répétabilité de celui de référence confirme l'impossibilité de remplacer l'opérateur de référence par un autre, ce, par exemple, dans le cadre d'un suivi clinique.

Cette étude avait également pour but de tester l'influence de l'expérience de l'opérateur sur la répétabilité et la reproductibilité des mesures pratiquées. Dans les deux protocoles, l'opérateur le moins expérimenté a obtenu les résultats de répétabilité les moins bons pour tous les paramètres chez le chien et pour huit paramètres sur onze chez le chat. La reproductibilité de cet opérateur était également la moins bonne pour six paramètres sur onze chez le chien (VD d, SIV d, PP s, FR, AG et AG/AO) ; l'opérateur de référence obtenant les meilleurs résultats pour six paramètres (SIV d, PP d, SIV s, VG s, AO et AG/AO). Les autres opérateurs ont globalement obtenu des résultats intermédiaires. Chez le chat, la reproductibilité de l'opérateur le moins expérimenté était meilleure que la répétabilité pour tous les paramètres sauf PP d, AG et AG/AO. De plus, il a obtenu les meilleurs résultats pour quatre paramètres (VG s, VD d, PP s et FR). Ceci peut s'expliquer par le fait que, pour un opérateur avec une bonne variabilité intrajour, une petite variation interjour peut entraîner une augmentation de l'écart-type de reproductibilité qui peut être alors être supérieur à celui d'un opérateur avec une répétabilité plus faible.

L'importance du critère expérience apparaît donc essentielle. Il est cependant rarement évoqué dans la littérature. La lecture du tableau 3 confirme que, dans beaucoup d'études, les informations sur le nombre d'opérateurs et leur niveau d'expérience sont incomplètes. Les écarts-types de variabilité interjour obtenus dans notre étude montrent que l'interprétation de l'évolution des paramètres doit se faire avec précaution. En effet, ils sont sujets à des variations non négligeables en fonction de l'expérience de l'opérateur. On citera l'exemple du paramètre VG d, chez le chat, où l'opérateur de référence a obtenu un écart-type de reproductibilité de 0.25 mm, contre 2.19 mm pour l'opérateur 3. Chez le chien, pour le paramètre SIV s, l'opérateur 4 a obtenu un écart-type de 0.48 mm, contre 1.97 mm pour l'opérateur 2. De plus, l'observation des différences significatives obtenues dans les études référencées dans le tableau 3 a permis de trouver des résultats pour lesquels la différence observée entre deux examens est inférieure à l'écart-type de variabilité interjour de notre

opérateur de référence. Dans l'essai clinique du benazepril de Amberger et coll., la diminution significative de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche sur des chats atteints de CMH est inférieure à cet écart-type (0.11 mm contre 0.47 mm); de même pour l'augmentation du diamètre aortique dans l'étude chez le chat de Sisson et coll. en 1991 (0.9 mm contre 1.15 mm). Nos résultats démontrent clairement que l'interprétation de mesures répétées en échocardiographie devrait toujours se faire en confrontant l'évolution mesurée à l'écart-type de reproductibilité du paramètre considéré. Une différence inférieure à celui-ci ne doit pas être analysée comme une aggravation, ou une amélioration, selon le paramètre et la cardiopathie.

## **CONCLUSION**

Parmi les critères de variation de l'échocardiographie, le rôle de l'opérateur n'avait jamais été étudié. Ces expériences visaient donc, par le biais de mesures répétées sur des chats et des chiens, effectuées par quatre opérateurs de niveau d'expérience différent, à déterminer les propriétés métrologiques de la méthode. A leur issue, il apparaît que sous réserve d'une expérience suffisante de l'opérateur, la technique présente une assez bonne répétabilité et reproductibilité intraopérateur. Ceci confère à cette méthode un intérêt en terme de suivi sur l'animal, dans un cadre d'essai clinique, de traitement diététique ou encore de suivi de l'évolution d'une cardiopathie. Cependant, le caractère opérateur-dépendant, les différences constatées entre les mesures des opérateurs et celles de l'opérateur de référence et les écarts, en fonction de l'expérience, dans les résultats de variabilité indiquent clairement que ce suivi doit se faire par le même opérateur.

De plus, dans un suivi échocardiographique, l'interprétation de la modification d'un paramètre devrait se faire en considérant d'une part le niveau d'expérience de l'opérateur, et d'autre part la variabilité intrinsèque de ce paramètre, mesurée par son écart-type ou son coefficient de variation. Il s'agit en effet de ne pas tirer de conclusion hâtive sur l'interprétation des données recueillies. Une augmentation, ou au contraire une diminution, d'un paramètre d'intérêt ne constituent pas nécessairement un signe d'amélioration ou d'aggravation pathologique.





## **BIBLIOGRAPHIE**

- ALLEN D.G.** Echocardiographic study of the anesthetized cat. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 1982; **46**: 115-122.
- ALLWORTH M.S., CHURCH D.B., MADDISON J.E., EINSTEIN R., BRENNAN P., HUSSEIN N.A., MATTHEWS R.** Effect of enalapril in dogs with pacing-induced heart failure. *American Journal of Veterinary Research*, 1995; **56**: 85-94.
- AMBERGER C.N., GLARDON O. GLAUS T., HÖRAUF A., KING J.N., SCHMIDLI H., SCHRÖTER L., LOMBARD C. W.** Effects of benazepril in the treatment of feline hypertrophic cardiomyopathy. Results of a prospective, open-label, multicenter clinical trial. *Journal of Veterinary Cardiology*, 1999; **1**: 19-26.
- AMORY H., JAKOVLJEVIC S., LEKEUX P.** Quantitative M-mode and two-dimensional echocardiography in calves. *The Veterinary Record*, 1991; **128**: 25-31.
- BONAGURA J.D., GRADY M.R., POWERS J.D., HERRING D.S.** Quantitative cross sectional echocardiography in the normal dog. *Veterinary radiology*, 1986; **27**: 34-49.
- BRIGHT J.M., GOLDEN A.L., GOMPF R.E., WALKER M.A., TOAL R.L.** Evaluation of the calcium channel-blocking agents Diltiazem and Verapamil for treatment of feline hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 1991; **5**: 272-282.
- CALVERT C.A., HALL G., JACOBS G., PICKUS C.** Clinical and pathologic findings in Doberman Pinschers with occult cardiomyopathy that died suddenly or developed congestive heart failure: 54 cases (1984-1991). *Journal of American Veterinary Medical Association*, 1997; **210**: 505-511.
- CHETBOUL V., CONCORDET D., POUCHELON J.L., ATHANASSIADIS NICOLAS, MULLER C., BENIGNI L., MUNARI A.C., LEFEBVRE H.P.** Effects of inter- and intra-observer variability on echocardiographic measurements in awake cats. *Journal of Veterinary Medicine*, 2003; accepté.
- CHETBOUL V., POUCHELON J.L., BONHOEFFER P.** L'examen doppler cardiaque chez les carnivores domestiques. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 1995; **171** (12): 799-818.
- CHETBOUL V., POUCHELON J.L., BUREAU-AMAGLIO S., TESSIER D.** Echocardiographie et Echo-Doppler du chien et du chat. 1<sup>ère</sup> édition. Paris : Masson, 1999. 169 pages.
- CRIPPA I., FERRO E., MELLONI E., BRAMBILLA P., CAVALLETTI E.** Echocardiographic parameters and indices in the normal Beagle dog. *Laboratory Animals*, 1992; **26**: 190-195.
- FAYOLLE C.** Echocardiographie en mode M chez le chien. Données bibliographiques. *Thèse Médecine vétérinaire : Toulouse* : 1983; 189 pages.

**FOX P.R., BOND B.R., PETERSON M.E.** Echocardiographic reference values in healthy cats sedated with ketamine hydrochloride. *American Journal of Veterinary Research*, 1985; **46**: 1479-1484.

**FOX P.R., LIU S.K., MARON B.J.** Echocardiographic assessment of spontaneously occurring feline hypertrophic cardiomyopathy. An animal model of human disease. *Circulation*, 1995; **92**: 2645-2651.

**GAVAGHAN B.J., KITTLESON M.D.** Dilated cardiomyopathy in an American Cocker Spaniel with taurine deficiency. *Australian Veterinary Journal*, 1997; **75**: 862-868.

**GOODINS J.P., ROBINSON W.F., MEWS J.C.** Echocardiographic assessment of left ventricular dimensions in clinically normal English Cocker Spaniels. *American Journal of Veterinary Research*, 1986; **47**: 296-300.

**HÄGGSTRÖM J., HANSSON K., KARLBERG B.E., KVART C., MADEJ A., OLSSON K.** Effects of long-term treatment with enalapril or hydralazine on the rennin-angiotensin-aldosterone system and fluid balance in dogs with naturally acquired mitral valve regurgitation. *American Journal of Veterinary Research*, 1996; **57**: 1645-1652.

**HANTON G., LODOLA A.** Echocardiography, a non-invasive method for the investigation of heart morphology and function in laboratory dogs: 2. effects of minoxidil and quinidine on the left ventricle function. *Laboratory Animals*, 1998; **32**: 183-190.

**JACOBS J., KNIGHT D.H.** M-Mode echocardiographic measurements in nonanesthetized healthy cats: effects of body weight, heart rate, and other variables. *American Journal of Veterinary Research*, 1985; **46**: 1705-1711.

**KEISTER D.M., KITTLESON M.D., BONAGURA J.D., PIPERS F.S., KNAUER K.W.** Milrinone: a clinical trial in 29 dogs with moderate to severe congestive heart failure. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 1990; **4**: 79-86.

**KITTLESON M.D., EYSTER G.E., KNOWLEN G.G., OLIVIER N.B., ANDERSON L.K.** Efficacy of digoxin administration in dogs with idiopathic congestive cardiomyopathy. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 1985; **186**: 162-165.

**KITTLESON M.D., KEENE B., PION P.D., et al.** Results of the Multicenter Spaniel Trial (MUST): taurine- and carnitine-responsive dilated cardiomyopathy in American Cocker Spaniels with plasma taurine concentration. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 1997; **11**: 204-211.

**KITTLESON M.D., PIPERS F.S., KNAUER K.W., KEISTER D.M., KNOWLEN G.G., MINER W.S.** Echocardiographic and clinical effects of milrinone in dogs with myocardial failure. *American Journal of Veterinary Research*, 1985; **46**: 1659-1664.

**MOÏSE N.S., DIETZE A.E., MEZZA L.E., STRICKLAND D., ERB H.N., EDWARDS N.J.** Echocardiography, electrocardiography, and radiography of cats with dilatation cardiomyopathy, hypertrophic cardiomyopathy, and hyperthyroidism. *American Journal of Veterinary Research*, 1986; **47**: 1476-1486.

**MOÏSE N.S., HORNE W.A., FLANDERS J.A., STRICKLAND D.** Repeatability of the M-mode echocardiogram and the effects of acute changes in heart rate, cardiac contractility, and preload in healthy cats sedated with ketamine hydrochloride and acepromazine. *Cornell Veterinary*, 1986; **76**: 241-258.

**MORRISON S.A., MOÏSE N.S., SCARLETT J., MOHAMMED H., YEAGER A.E.** Effects of breed and body weight on echocardiographic values in four breeds of dogs of differing somatotype. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 1992; **6**: 220-224.

**PICKERSGILL C.H., MARR C.M., REID S.W.J.** Repeatability of diagnostic ultrasonography in the assessment of the equine superficial digital flexor tendon. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2001; **33**: 33-37.

**PIPERS F.S., REEF V., HAMLIN R.L.** Echocardiography in the domestic cat. *American Journal of Veterinary Research*, 1979; **40**: 882-886.

**RUSH J.E., FREEMAN L.M., BROWN D.J., BREWER B.P., ROSS J.N., MARKWELL P.J.** Clinical, echocardiographic, and neurohormonal effects of a sodium-restricted diet in dogs with heart failure. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2000; **14**: 513-520.

**RUSH J.E., FREEMAN L.M., BROWN D.J., SMITH F.W.K.** The use of enalapril in the treatment of feline hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 1998; **34**: 38-41.

**SISSON D.D., KNIGHT D.H., HELINSKI C. et al.** Plasma taurine concentrations and M-mode echocardiographic measures in healthy cats and in cats with dilated cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 1991; **5**: 232-238.

**SISSON D., SCHAEFFER D.** Changes in linear dimensions of the heart, relative to body weight as measured by M-mode echocardiography in growing dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 1991; **52**: 1591-1596.

**SLEEPER M.M., HENTHORN P.S., VIJAYASARATHY C., DAMBACH D.M., BOWERS T., TIJSKENS P., ARMSTRONG C.F., LANKFORD E.B.** Dilated cardiomyopathy in juvenile Portuguese water dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2002; **16**: 52-62.

**SNYDER P.S., SADEK D., JONES G.L.** Effect of amlodipine on echocardiographic variables in cats with systemic hypertension. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2001; **15**: 52-56.

**SNYDER P.S., SATO T., ATKINS C.E.** A comparison of echocardiographic indices of the nonracing, healthy greyhound to reference values from other breeds. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 1995; **36**: 387-392.

**SODERBERG S.F., BOON J.A., WINGFIELD W.E., MILLER C.W.** M-mode echocardiography as a diagnostic aid for feline cardiomyopathy. *Veterinary radiology*, 1983; **24**: 66-73.

**VOLLMAR A.** Use of echocardiography in the diagnosis of dilated cardiomyopathy in Irish Wolfhounds. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 1999; **35**: 279-283.

**YOUNG L.E., SCOTT G.R.** Measurement of cardiac function by transthoracic echocardiography: day to day variability and repeatability in normal thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 1998; **30**: 117-122.

**YAMAMURA H., ETOH T., SATOH T., YAMAKASI R., ONODA S., TERADA T.** Application of echocardiography in dogs. Analysis of echocardiograms of valves and ventricular walls. *Advances in Animal Cardiology*, 1977; **10**: 33-44.

## **ANNEXES**

**Annexe 1** : Ordre de passage des quatre chats examinés par échocardiographie par quatre opérateurs, sur quatre jours différents non consécutifs

JOUR 1		JOUR 2		JOUR 3		JOUR 4	
Chat	Opérateur	Chat	Opérateur	Chat	Opérateur	Chat	Opérateur
1	3	1	2	1	4	1	1
2	2	2	3	2	1	2	4
3	4	3	1	3	2	3	3
4	2	4	3	4	1	4	4
1	4	1	1	1	2	1	3
2	3	2	2	2	4	2	1
3	4	3	1	3	2	3	3
4	3	4	2	4	4	4	1
1	2	1	3	1	1	1	4
2	3	2	2	2	4	2	1
3	2	3	3	3	1	3	4
4	4	4	1	4	2	4	3
1	2	1	3	1	1	1	4
2	4	2	1	2	2	2	3
3	3	3	2	3	4	3	1
4	4	4	1	4	2	4	3
1	3	1	2	1	4	1	1
2	2	2	3	2	1	2	4
3	3	3	2	3	4	3	1
4	2	4	3	4	1	4	4
1	4	1	1	1	2	1	3
2	4	2	1	2	2	2	3
3	2	3	3	3	1	3	4
4	3	4	2	4	4	4	1

Chaque chat et opérateur est identifié par un numéro (de 1 à 4 pour les chats et pour les opérateurs). L'ordre indiqué correspond à l'ordre de passage des animaux. Par exemple, le jour 1, le chat 1 est examiné par l'opérateur 3, puis le chat 2 par l'opérateur 2...

Tous les opérateurs n'étaient pas présents le même jour.



**Annexe 2 : Ordre de passage des six chiennes examinées par échocardiographie par quatre opérateurs, sur quatre jours différents non consécutifs**

JOUR 1		JOUR 2		JOUR 3		JOUR 4	
Chien	Opérateur	Chien	Opérateur	Chien	Opérateur	Chien	Opérateur
1	1	1	2	1	3	1	4
2	2	2	3	2	4	2	1
3	3	3	4	3	1	3	2
4	4	4	1	4	2	4	3
5	2	5	3	5	4	5	1
6	3	6	4	6	1	6	2
1	4	1	1	1	2	1	3
2	1	2	2	2	3	2	4
3	3	3	4	3	1	3	2
4	4	4	1	4	2	4	3
5	1	5	2	5	3	5	4
6	2	6	3	6	4	6	1
1	4	1	1	1	2	1	3
2	1	2	2	2	3	2	4
3	3	3	4	3	1	3	2
4	4	4	1	4	2	4	3
5	1	5	2	5	3	5	4
6	2	6	3	6	4	6	1
1	3	1	4	1	1	1	2
2	4	2	1	2	2	2	3
3	2	3	3	3	4	3	1
4	3	4	4	4	1	4	2
5	4	5	1	5	2	5	3
6	1	6	2	6	3	6	4
1	3	1	4	1	1	1	2
2	4	2	1	2	2	2	3
3	1	3	2	3	3	3	4
4	2	4	3	4	4	4	1
5	4	5	1	5	2	5	3
6	1	6	2	6	3	6	4
1	2	1	3	1	4	1	1
2	3	2	4	2	1	2	2
3	1	3	2	3	3	3	4
4	2	4	3	4	4	4	1
5	3	5	4	5	1	5	2
6	4	6	1	6	2	6	3
1	2	1	3	1	4	1	1
2	3	2	4	2	1	2	2
3	1	3	2	3	3	3	4
4	2	4	3	4	4	4	1
5	3	5	4	5	1	5	2
6	4	6	1	6	2	6	3
1	1	1	2	1	3	1	4
2	2	2	3	2	4	2	1
3	4	3	1	3	2	3	3
4	1	4	2	4	3	4	4
5	3	5	4	5	1	5	2
6	4	6	1	6	2	6	3
1	1	1	2	1	3	1	4
2	2	2	3	2	4	2	1
3	4	3	1	3	2	3	3
4	1	4	2	4	3	4	4
5	2	5	3	5	4	5	1
6	3	6	4	6	1	6	2

Chaque chienne et opérateur est identifié(e) par un numéro (de 1 à 6 pour les chiennes et de 1 à 4 pour les opérateurs). L'ordre indiqué correspond à l'ordre de passage des animaux. Par exemple, le jour 1, la chienne 1 est examinée par l'opérateur 1, puis la chienne 2 par l'opérateur 2...

**Annexe 3 : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 1)**

jour	chat	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
1	1	3	4	1.9	5.0	17.8	5.0	6.5	13.0	6.2	30	10.5	10.1	0.96
1	2	2	4	4.3	5.5	13.4	5.3	8.9	6.0	7.4	60	9.7	10.1	1.04
1	3	4	2	0.8	5.8	10.6	5.4	8.0	3.8	9.2	64	10.9	9.1	0.83
1	4	2	5	5.4	4.4	12.8	5.2	7.4	6.0	7.0	53	10.5	11.6	1.11
1	1	4	2	1.8	4.0	17.6	5.6	7.4	10.4	6.2	41	9.0	8.7	0.97
1	2	3	4	5.5	7.4	13.2	4.6	9.4	6.7	9.1	49	11.5	10.5	0.91
1	3	4	2	2.0	5.6	9.8	5.0	7.4	4.6	9.0	53	10.5	9.5	0.90
1	4	3	4	1.7	4.1	15.4	4.6	7.7	6.5	7.9	58	9.9	10.6	1.07
1	1	2	5	4.4	3.2	17.8	3.2	6.6	11.6	5.2	35	11.2	12.1	1.08
1	2	3	3	3.7	6.8	13.3	5.4	9.6	6.5	8.8	51	10.6	11.4	1.08
1	3	2	4	1.9	5.9	11.5	4.6	6.4	5.9	7.0	49	10.0	9.7	0.97
1	4	4	2	2.2	4.2	14.4	4.8	6.2	6.6	7.8	54	10.4	7.4	0.71
1	1	2	3	3.0	4.4	16.2	4.6	5.6	12.2	6.2	25	10.4	11.0	1.06
1	2	4	2	3.2	5.0	15.4	4.2	6.8	6.0	9.0	61	10.9	10.3	0.94
1	3	3	3	1.6	7.4	10.6	5.0	7.8	4.8	9.2	55	10.0	9.7	0.97
1	4	4	2	1.4	4.4	12.6	5.2	7.4	4.8	7.4	62	10.1	8.3	0.82
1	1	3	4	2.4	5.3	15.6	4.8	6.5	11.8	5.8	25	9.3	10.3	1.11
1	2	2	5	2.2	4.6	15.2	4.2	7.2	7.2	7.2	53	9.8	8.9	0.91
1	3	3	4	1.6	4.4	10.4	5.8	6.8	4.8	9.0	54	8.8	9.1	1.03
1	4	2	4	4.8	4.4	14.6	3.8	6.8	7.8	6.8	47	7.6	8.6	1.13
1	1	4	2	0.8	3.6	19.6	3.6	7.2	12.4	6.8	37	10.4	9.8	0.94
1	2	4	2	2.4	5.6	16.0	4.2	8.6	6.4	8.2	60	10.8	10.7	0.99
1	3	2	3	4.6	5.6	10.8	4.0	7.4	4.8	7.6	56	8.2	8.2	1.00
1	4	3	3	1.9	6.0	12.7	5.8	7.7	6.7	7.7	47	8.4	8.3	0.99

**Annexe 4 : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 2)**

jour	chat	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
2	1	2	3	2.6	3.4	19.4	3.1	5.8	13.9	4.8	30	9.1	9.7	1.07
2	2	3	3	2.6	5.8	12.7	6.7	8.6	5.5	10.1	57	11.6	10.7	0.92
2	3	1	4	2.2	7.9	7.0	6.2	7.7	4.1	7.2	41	9.4	8.5	0.90
2	4	3	3	3.7	5.4	11.3	5.9	6.8	5.7	7.9	50	9.0	10.3	1.14
2	1	1	5	4.6	5.8	14.6	6.2	6.5	12.0	6.2	18	7.7	8.4	1.09
2	2	2	3	5.0	4.1	15.4	4.6	7.4	6.2	7.7	59	9.4	11.2	1.19
2	3	1	6	6.4	7.0	8.4	6.2	6.6	7.0	7.8	17	9.2	8.6	0.93
2	4	2	5	4.6	4.2	15.0	3.2	6.2	8.0	5.6	47	8.8	9.4	1.07
2	1	3	5	2.2	4.6	17.8	5.5	6.2	14.2	6.2	20	8.5	8.8	1.04
2	2	2	4	3.6	3.4	15.0	4.6	6.6	6.8	7.4	55	10.5	10.8	1.03
2	3	3	4	2.4	6.2	9.2	6.0	7.0	3.6	9.4	61	8.7	9.4	1.08
2	4	1	5	6.0	5.0	13.9	5.5	7.7	7.2	7.4	48	9.1	8.6	0.95
2	1	3	4	1.4	4.8	15.0	4.5	7.1	10.8	6.8	28	8.3	8.7	1.05
2	2	1	4	4.1	6.2	14.2	4.8	10.3	6.5	7.0	54	12.0	11.6	0.97
2	3	2	5	1.8	5.2	9.6	4.4	7.2	4.6	6.8	52	9.0	8.1	0.90
2	4	1	2	5.6	4.4	12.6	4.4	6.4	5.2	7.0	59	9.0	8.6	0.96
2	1	2	4	5.2	4.2	18.6	2.8	7.0	12.8	4.4	31	9.8	9.4	0.96
2	2	3	3	1.4	7.2	14.2	5.3	9.4	6.2	8.9	56	8.6	9.3	1.08
2	3	2	5	5.0	5.4	8.6	6.4	6.4	5.0	9.0	42	8.0	9.0	1.13
2	4	3	3	2.2	6.5	12.5	5.8	9.8	5.0	9.4	60	8.2	8.0	0.98
2	1	1	9	3.1	4.3	15.4	5.3	7.7	8.9	7.2	50	9.4	10.8	1.15
2	2	1	3	2.9	7.4	15.1	2.9	8.9	7.2	7.2	52	11.0	10.2	0.93
2	3	3	3	2.0	5.6	10.0	5.6	7.8	4.0	9.8	60	9.9	9.1	0.92
2	4	2	5	5.5	5.3	11.3	5.5	7.4	5.5	7.4	51	9.9	9.3	0.94

**Annexe 5 : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 3)**

jour	chat	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
3	1	4	2	1.7	4.3	19.4	3.6	8.4	10.3	6.2	47	11.3	9.4	0.83
3	2	1	3	3.4	7.9	13.2	5.3	9.4	6.7	7.7	49	9.6	12.9	1.34
3	3	2	3	2.7	4.5	10.7	4.6	6.2	4.6	8.3	57	9.7	7.7	0.79
3	4	1	3	2.0	4.6	11.6	4.0	8.8	5.4	7.0	53	10.1	10.3	1.02
3	1	2	4	6.5	4.3	19.0	3.6	7.0	11.8	5.0	38	9.3	10.3	1.11
3	2	4	2	3.6	6.0	16.3	5.3	9.4	4.6	9.8	72	7.9	9.1	1.15
3	3	2	3	2.1	4.8	11.2	5.0	7.0	5.3	7.8	53	9.0	8.2	0.91
3	4	4	2	3.2	4.0	14.0	4.0	9.2	4.6	8.6	67	8.0	7.1	0.89
3	1	1	5	6.0	4.8	17.4	4.8	8.4	12.0	5.2	31	8.3	11.8	1.42
3	2	4	2	6.7	4.1	15.6	5.3	9.4	5.3	8.9	66	9.1	8.0	0.88
3	3	1	3	1.4	5.4	8.6	5.6	7.6	3.2	9.6	63	9.8	7.8	0.80
3	4	2	3	2.6	4.8	12.2	5.0	7.2	5.4	7.8	56	10.5	10.3	0.98
3	1	1	6	2.8	6.0	14.2	4.6	6.6	8.8	8.2	38	10.3	11.9	1.15
3	2	2	2	1.6	4.4	14.8	4.6	7.0	5.2	8.0	65	10.3	9.9	0.96
3	3	4	2	1.8	5.0	11.0	5.4	8.6	3.2	9.8	71	9.5	7.4	0.78
3	4	2	2	3.4	5.2	12.2	5.4	8.2	5.6	6.4	54	9.1	7.9	0.87
3	1	4	2	1.4	5.0	16.6	4.8	6.2	11.0	6.6	34	10.9	8.6	0.79
3	2	1	4	3.4	5.8	12.8	3.6	8.6	5.6	6.8	56	9.7	10.0	1.03
3	3	4	2	1.1	5.0	10.6	5.0	6.4	4.3	8.8	59	7.7	6.7	0.87
3	4	1	2	4.6	4.8	13.7	4.6	7.4	7.2	5.5	47	8.4	8.4	1.00
3	1	2	4	3.8	4.6	19.4	3.6	7.7	12.5	4.8	36	8.1	9.3	1.15
3	2	2	3	1.7	5.3	15.1	5.8	7.7	6.5	8.6	57	10.2	12.4	1.22
3	3	1	5	3.4	6.8	9.0	6.6	7.8	4.4	8.6	51	8.3	7.8	0.94
3	4	4	2	2.8	3.6	12.6	4.8	7.2	5.4	7.8	57	8.8	8.6	0.98

**Annexe 6 : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez quatre chats européens (jour 4)**

jour	chat	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
4	1	1	4	2.2	5.0	16.3	4.3	8.2	10.1	6.0	38	9.1	10.0	1.10
4	2	4	2	4.1	5.5	15.4	5.3	10.1	6.5	8.6	58	11.3	11.1	0.98
4	3	3	2	2.8	6.6	10.6	5.6	8.6	4.4	8.6	58	8.9	9.5	1.07
4	4	4	2	3.0	4.6	12.0	3.4	6.6	5.2	6.6	57	9.8	8.8	0.90
4	1	3	3	3.8	4.6	19.7	4.3	6.7	12.2	6.5	38	9.6	8.9	0.93
4	2	1	6	3.1	5.5	11.0	6.2	5.8	5.3	7.7	52	10.4	11.1	1.07
4	3	3	2	3.0	5.6	10.0	5.2	6.6	5.4	9.0	46	9.4	9.7	1.03
4	4	1	7	4.3	5.3	14.4	4.3	7.4	7.9	7.4	45	8.5	9.0	1.06
4	1	4	2	2.9	4.6	18.0	3.6	7.2	10.8	7.2	40	9.2	9.3	1.01
4	2	1	2	4.6	8.4	12.0	6.7	10.1	4.6	8.9	62	9.3	11.9	1.28
4	3	4	2	1.8	5.6	10.4	5.4	9.2	3.8	9.4	63	10.6	9.8	0.92
4	4	3	3	3.4	5.3	12.5	5.3	7.2	6.5	7.7	48	8.9	9.2	1.03
4	1	4	2	1.7	4.8	19.7	3.6	7.0	9.6	7.9	51	9.9	8.9	0.90
4	2	3	4	3.8	5.3	15.4	5.8	10.8	5.8	7.4	63	9.9	9.6	0.97
4	3	1	12	2.2	5.8	12.6	5.8	7.2	5.2	8.4	59	9.0	10.7	1.19
4	4	3	3	2.4	6.7	12.5	6.0	7.7	7.2	7.0	42	8.6	10.3	1.20
4	1	1	3	4.0	5.4	17.8	6.0	6.2	13.4	5.6	25	9.2	10.5	1.14
4	2	4	2	4.1	5.0	16.1	4.8	7.7	5.8	8.6	64	8.4	8.0	0.95
4	3	1	5	2.9	7.9	8.9	6.2	8.2	4.1	7.4	54	10.2	9.2	0.90
4	4	4	2	2.9	4.8	13.4	5.0	8.2	5.5	8.4	59	9.9	9.0	0.91
4	1	3	3	4.3	3.8	17.5	5.3	6.2	12.0	6.2	32	9.6	9.3	0.97
4	2	3	3	1.4	7.2	16.6	6.2	10.8	5.5	8.9	67	11.4	8.7	0.76
4	3	4	2	2.4	5.4	10.8	5.0	7.2	4.8	9.2	56	10.4	8.0	0.77
4	4	1	3	5.3	5.8	13.4	4.8	5.8	7.2	6.7	46	8.4	10.2	1.21

**Annexe 7a : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 1, 1<sup>ère</sup> partie)**

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
1	1	1	17	10.6	7.3	26.5	7.8	10.6	13.5	14.7	49.2	16.3	16.2	0.99
1	2	2	5	8.7	7.1	32.7	7.1	10.7	19.4	11.7	40.6	18.5	17.4	0.94
1	3	3	3	10.2	7.7	32.7	7.1	10.2	19.9	11.2	39.1	19.7	16.0	0.81
1	4	4	4	11.4	7.8	31.5	8.1	11.0	19.8	13.6	37.1	20.0	16.8	0.84
1	5	2	5	11.7	9.7	33.1	5.8	11.7	24.7	8.4	25.5	19.0	15.4	0.81
1	6	3	3	5.8	6.8	28.9	6.8	9.1	20.1	9.4	30.3	19.4	15.8	0.81
1	1	4	4	7.8	8.1	29.9	6.5	12.5	18.7	8.8	37.4	18.7	16.0	0.86
1	2	1	10	9.1	8.5	28.3	11.7	12.9	12.0	19.6	57.7	15.4	17.0	1.10
1	3	3	3	6.4	7.0	32.7	8.2	10.8	23.7	10.5	27.7	18.8	17.0	0.90
1	4	4	2	9.9	7.0	35.4	7.0	10.8	22.8	12.3	35.5	20.8	17.9	0.86
1	5	1	4	14.6	8.8	33.0	7.0	11.4	23.7	9.6	28.3	18.4	16.5	0.90
1	6	2	7	4.9	6.8	28.6	6.2	12.2	17.4	10.1	39.1	17.5	13.9	0.79
1	1	4	3	11.7	7.8	28.8	7.0	11.7	17.7	9.4	38.7	17.9	14.6	0.82
1	2	1	5	6.1	9.1	34.8	7.9	12.3	18.4	15.2	47.1	20.4	21.1	1.03
1	3	2	8	5.8	6.1	34.5	7.6	10.2	22.8	11.7	33.9	17.2	16.7	0.97
1	4	3	2	10.2	7.0	33.9	7.0	11.4	22.5	12.0	33.6	21.7	16.2	0.75
1	5	1	4	10.8	9.4	31.6	7.3	12.6	23.7	9.4	25.0	19.4	17.6	0.91
1	6	2	9	5.0	6.7	28.6	6.4	9.6	17.8	11.4	37.8	17.0	15.2	0.89
1	1	3	3	8.5	7.6	27.2	7.3	12.6	15.5	11.7	43.0	18.0	14.5	0.81
1	2	4	2	11.1	8.5	35.9	6.7	12.9	21.3	12.0	40.7	18.3	12.8	0.70
1	3	2	6	9.6	6.4	39.7	5.3	9.6	26	9.4	34.6	18.5	19.2	1.04
1	4	3	3	8.2	7.9	33.9	7.0	11.1	24.8	9.4	26.7	20.6	16.5	0.80
1	5	4	3	14.3	7.9	32.7	6.4	12.3	20.5	10.2	37.5	18.5	15.6	0.84
1	6	1	9	8.5	7.9	27.2	8.2	7.3	19.3	11.7	29.0	16.6	14.7	0.89

**Annexe 7b** : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 1, 2<sup>e</sup> partie)

jour	chien	opérateur	Durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
1	1	3	4	8.8	6.7	27.8	7.9	11.7	16.9	10.8	39.0	18.8	15.0	0.80
1	2	4	2	10.5	7.6	35.6	8.5	11.1	20.7	11.4	41.8	20.0	12.3	0.62
1	3	1	6	10.8	7.3	38.3	6.7	10.8	30.1	4.4	21.4	18.8	21.0	1.12
1	4	2	6	14.0	6.1	34.2	9.4	10.5	24.8	11.4	27.4	18.7	20.3	1.09
1	5	4	2	12.9	6.1	33.0	6.1	11.1	20.5	12.3	38.1	18.1	15.6	0.86
1	6	1	4	9.4	7.0	25.7	8.5	8.5	19.3	11.1	25.0	16.5	17.4	1.05
1	1	2	12	7.3	7.0	29.1	6.5	9.9	20.3	9.1	30.4	18.8	12.8	0.68
1	2	3	2	8.6	7.5	33.0	8.8	11.7	23.1	10.9	29.9	21.3	15.0	0.70
1	3	1	5	13.5	6.8	34.3	7.5	9.6	25.2	9.1	26.5	19.8	14.1	0.71
1	4	2	5	11.4	5.8	37.7	8.5	10.8	25.4	9.6	32.6	18.6	17.1	0.92
1	5	3	2	11.1	8.2	31.0	7.9	11.4	19.3	10.8	37.7	19.7	17.4	0.88
1	6	4	3	13.4	7.9	27.5	5.8	9.9	16.4	10.5	40.4	17.6	11.8	0.67
1	1	2	4	7.3	7.6	29.8	6.1	12.3	18.4	10.8	38.2	17.7	15.8	0.89
1	2	3	4	10.2	9.1	32.4	9.4	11.4	20.7	12.6	36.0	21.7	18.6	0.86
1	3	4	2	14.3	7.0	35.6	5.3	12.6	21.3	9.9	40.2	18.3	14.6	0.80
1	4	1	6	11.4	8.5	35.6	6.4	11.7	23.7	11.4	33.6	19.4	17.1	0.88
1	5	3	2	10.8	9.4	33.0	8.2	11.1	21.3	11.4	35.4	19.3	18.0	0.93
1	6	4	2	10.8	6.4	26.6	7.6	11.1	16.7	10.8	37.4	14.7	10.3	0.70
1	1	1	5	11.4	7.3	28.9	6.7	9.6	19.3	9.9	33.3	17.6	12.3	0.70
1	2	2	6	6.7	7.0	33.3	8.5	12.3	21.3	11.1	36.0	19.7	17.2	0.87
1	3	4	3	11.4	6.4	36.2	6.7	11.1	21.9	12.0	39.5	17.8	15.1	0.85
1	4	1	7	12.3	8.2	35.4	5.8	10.2	23.7	12.3	33.1	19.1	2.09	0.11
1	5	2	4	11.1	6.4	32.4	6.1	9.6	20.2	10.2	37.8	18.8	16.7	0.89
1	6	3	2	7.0	7.9	28.6	7.6	11.4	17.5	10.5	38.8	17.9	14.2	0.79

**Annexe 8a** : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 2, 1<sup>ère</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
2	1	2	4	6.8	7.3	27.8	7.8	11.4	15.1	11.9	45.8	18.1	16.6	0.92
2	2	3	2	5.7	7.0	35.3	8.1	10.9	22.1	10.6	37.5	20.4	16.2	0.79
2	3	4	2	13.0	6.8	34.4	5.8	12.0	21.8	9.7	36.8	16.1	15.0	0.93
2	4	1	5	10.1	7.8	31.2	10.4	11.7	15.9	18.5	49.0	18.8	23.9	1.27
2	5	3	3	5.8	7.5	32.8	6.8	12.7	19.8	11.0	39.6	19.3	17.9	0.93
2	6	4	3	8.1	5.2	28.8	6.0	10.9	19.2	9.6	33.3	18.1	13.8	0.76
2	1	1	4	6.2	7.5	27.0	8.1	9.4	18.4	10.9	31.7	18.4	16.6	0.90
2	2	2	6	8.6	7.0	35.3	5.5	9.6	22.1	10.6	37.5	18.8	16.0	0.85
2	3	4	2	10.9	7.0	33.8	5.2	11.7	19.7	11.9	41.5	18.0	15.5	0.86
2	4	1	4	13.1	6.4	35.6	7.9	10.5	23.1	11.7	35.3	17.1	18.5	1.08
2	5	2	4	10.2	6.4	33.0	6.4	10.8	21.6	10.5	34.5	20.3	14.2	0.70
2	6	3	2	5.3	7.3	29.5	8.8	10.8	18.4	11.7	37.6	18.6	16.1	0.87
2	1	1	7	14.6	9.4	26.0	7.9	12.6	15.8	12.6	39.3	15.6	16.7	1.07
2	2	2	3	10.9	5.2	35.6	7.0	10.4	21.6	11.7	39.4	19.5	17.7	0.91
2	3	3	3	8.5	6.7	33.6	7.9	10.2	22.8	11.1	32.2	18.8	16.2	0.86
2	4	4	4	11.1	8.2	30.7	6.4	11.7	19.3	12.6	37.1	20.6	16.3	0.79
2	5	2	5	11.2	7.3	34.8	7.5	10.9	21.0	13.0	39.6	19.4	14.8	0.76
2	6	3	5	4.4	6.5	30.1	7.5	10.9	19.5	10.6	35.3	17.9	13.1	0.73
2	1	4	2	9.4	6.2	29.6	7.3	11.4	18.2	9.9	38.6	17.3	15.7	0.91
2	2	1	4	9.1	6.5	35.1	7.5	9.6	25.2	11.2	28.2	18.1	14.6	0.81
2	3	3	2	8.4	8.4	31.8	8.4	10.4	23.1	10.4	27.6	18.2	17.9	0.98
2	4	4	4	13	7.8	34.1	7.1	11.7	20.8	12.7	39.1	18.6	17.9	0.96
2	5	1	6	10.7	10.1	33.8	6.8	10.4	22.1	12.3	34.6	18.5	20.8	1.12
2	6	2	3	4.7	6.2	32.2	3.9	11.9	20.3	8.1	37.1	17.0	13.2	0.78



**Annexe 8b:** Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 2, 2<sup>e</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
2	1	4	3	8.6	7.5	27.0	8.1	12.2	17.9	9.1	33.7	18.4	14.5	0.79
2	2	1	4	8.8	7.0	37.4	7.3	14.0	23.6	12.5	36.8	20.4	13.8	0.68
2	3	2	5	8.3	7.8	34	5.5	11.2	24.2	9.1	29.0	17.4	15.3	0.88
2	4	3	2	8.8	8.8	34.1	7.1	11.0	23.7	9.4	30.5	22.2	18.6	0.84
2	5	1	7	11.4	9.7	32.8	8.1	11.7	21.1	13.0	35.6	18.4	19.7	1.07
2	6	2	8	4.1	7.5	29.1	6.4	10.5	19.5	11.4	32.8	18.4	15.0	0.82
2	1	3	2	7.3	8.4	25.9	7.7	12.5	15.2	12.3	41.2	20.0	14.8	0.74
2	2	4	3	10.5	8.2	32.7	8.2	12.6	19.9	12.6	39.3	19.3	14.0	0.73
2	3	2	4	9.1	7.6	32.7	8.2	9.6	26.0	9.1	20.5	16.7	19.0	1.14
2	4	3	2	9.4	8.1	33.4	7.5	10.7	22.4	9.4	33.0	20.5	20.0	0.98
2	5	4	3	9.4	10.7	31.2	7.5	13.0	19.5	12.3	37.5	18.6	13.3	0.72
2	6	1	9	10.1	6.2	30.6	6.0	10.1	17.9	11.7	41.5	17.7	14.9	0.84
2	1	3	4	6.0	7.0	26.5	6.8	12.2	15.3	10.6	42.2	19.3	14.8	0.77
2	2	4	2	8.3	6.5	37.4	5.5	11.2	24.4	9.9	34.7	20.1	15.5	0.77
2	3	1	3	8.8	7.3	32.4	9.4	10.5	22.8	13.1	29.7	18.7	16.6	0.89
2	4	2	2	9.1	8.5	34.2	6.7	10.8	22.5	10.8	34.2	19.0	17.2	0.91
2	5	4	3	9.9	8.5	31.0	7.0	11.7	20.5	11.1	34.0	18.8	16.4	0.87
2	6	1	3	5.7	6.5	26.8	9.4	10.4	16.4	13.0	38.8	19.0	14.6	0.77
2	1	2	3	7.5	6.8	31.2	8.3	10.6	17.4	14.0	44.2	17.6	17.1	0.97
2	2	3	2	8.1	6.2	37.1	7.0	10.1	23.1	10.6	37.8	17.9	16.2	0.91
2	3	1	4	9.9	7.3	35.1	9.1	9.9	24.7	11.7	29.6	17.1	15.9	0.93
2	4	2	4	10.1	8.3	34.3	5.5	11.2	24.9	9.1	27.3	16.7	20.0	1.20
2	5	3	2	8.1	7.5	33.2	6.0	11.7	20.0	10.6	39.8	18.3	16.2	0.89
2	6	4	5	7.5	7.8	29.9	6.5	11.9	17.7	9.9	40.9	20.0	16.1	0.81

**Annexe 9a:** Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 3, 1<sup>ère</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
3	1	3	4	7.0	7.5	28.8	7.0	12.2	19.2	10.4	33.3	19.3	15.9	0.82
3	2	4	2	11.7	6.8	35.1	6.5	12.7	20.8	10.9	40.7	19.7	15.2	0.77
3	3	1	6	9.1	6.2	36.9	5.2	10.9	25.7	7.3	30.3	19.2	19.0	0.99
3	4	2	3	13.8	7.3	31.2	8.8	10.6	22.9	10.9	26.7	19.1	17.9	0.94
3	5	4	2	13.7	8.8	31.0	6.7	11.7	19.0	12.9	38.7	19.9	12.9	0.65
3	6	1	6	5.2	7.0	26.8	8.2	10.9	20.0	9.1	25.4	17.5	14.9	0.85
3	1	2	2	7.5	7.7	29.3	6.6	10.9	20.2	10.2	31.0	16.7	15.1	0.90
3	2	3	3	8.2	7.6	34.5	7.3	12.3	21.9	10.5	36.4	20.1	17.0	0.85
3	3	1	4	8.5	9.6	32.1	9.4	12.3	23.7	12.9	26.4	17.0	17.5	1.03
3	4	2	4	9.1	8.8	33.3	8.2	10.2	23.4	11.1	29.8	20.0	16.7	0.84
3	5	3	3	7.6	7.3	32.4	7.9	10.5	22.5	11.4	30.6	20.2	16.3	0.81
3	6	4	5	7.3	7.3	30.6	6.0	13.0	17.9	10.6	41.5	17.6	12.2	0.69
3	1	2	6	8.1	6.5	28.1	7.0	9.9	17.4	12.5	38.0	20.0	16.3	0.82
3	2	3	2	8.3	7.8	35.6	7.5	11.7	22.1	11.4	38.0	20.8	15.9	0.76
3	3	4	4	11.7	7.3	31.3	7.9	11.7	19.6	12.6	37.4	18.3	18.5	1.01
3	4	1	4	8.2	8.2	36.2	9.1	11.4	24.8	13.4	31.5	18.2	18.8	1.03
3	5	3	2	8.5	8.2	31.3	8.5	11.7	18.7	10.8	40.2	20.8	17.9	0.86
3	6	4	3	8.8	7.3	26.3	6.1	8.8	18.1	11.4	31.1	16.2	12.8	0.79
3	1	1	6	10.5	7.6	25.7	10.8	9.4	21.0	9.4	18.2	18.4	16.4	0.89
3	2	2	5	8.8	7.0	36.8	6.4	8.2	22.5	11.4	38.9	17.8	16.6	0.93
3	3	4	2	10.2	7.3	33.3	6.4	11.4	21.0	11.1	36.8	20.6	16.6	0.81
3	4	1	6	14	7.0	33.6	9.1	11.1	23.7	11.1	29.6	16.2	18.1	1.12
3	5	2	3	10.5	7.0	31.9	6.7	11.4	20.7	12.3	34.9	19.2	18.0	0.94
3	6	3	2	6.4	6.1	30.7	6.4	11.4	16.9	11.7	44.8	18.4	15.4	0.84

**Annexe 9b** : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 3, 2<sup>e</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
3	1	1	7	6.8	9.1	27.8	6.8	9.9	17.4	11.4	37.4	18.7	16.6	0.89
3	2	2	2	9.9	6.0	35.8	7.3	9.9	19.5	12.7	45.7	17.9	14.6	0.82
3	3	3	2	8.8	7.1	33.4	7.1	11.0	21.8	11.7	35.0	20.1	18.4	0.92
3	4	4	4	10.4	7.1	32.1	6.5	11.7	21.1	11.7	34.3	20.2	15.3	0.76
3	5	2	3	12.3	7.8	32.5	6.8	10.7	20.1	12.3	38.0	20.0	17.2	0.86
3	6	3	3	7.5	6.8	29.9	6.2	12.0	16.9	10.4	43.5	18.0	15.5	0.86
3	1	4	2	11.9	7.3	26.8	6.2	13.0	16.6	11.4	37.9	18.8	15.8	0.84
3	2	1	6	6.5	8.3	35.6	8.6	11.4	21.8	12.7	38.7	18.7	12.3	0.66
3	3	3	2	9.9	8.2	34.5	7.6	10.5	24.3	10.8	29.7	20.6	18.8	0.91
3	4	4	3	12.6	7.3	30.4	7.3	11.4	20.5	13.1	32.7	18.8	16.4	0.87
3	5	1	5	9.1	9.4	36.8	6.1	11.1	25.4	9.1	31.0	18.0	14.5	0.81
3	6	2	6	5.2	6.5	31.2	8.3	11.2	16.6	13.0	46.7	17.6	13.8	0.78
3	1	4	3	10.1	7.8	27.0	7.3	11.4	18.4	10.9	31.7	18.8	12.7	0.68
3	2	1	8	6.0	6.8	36.4	6.5	9.4	21.3	11.4	41.4	16.7	19.4	1.16
3	3	2	4	6.8	6.5	38.4	6.2	10.4	26.0	9.6	32.4	16.2	17.4	1.07
3	4	3	2	11.4	8.1	34.7	8.4	11.7	26.9	9.4	22.4	21.8	17.5	0.80
3	5	1	5	12.3	7.0	34.8	5.8	11.7	21.9	9.4	37.0	18.2	15.6	0.86
3	6	2	5	4.2	7.0	29.1	5.7	12.7	18.2	10.1	37.5	16.0	14.6	0.91
3	1	3	2	7.5	6.5	29.1	5.7	9.9	20.3	9.1	30.4	19.6	15.4	0.79
3	2	4	4	9.6	9.1	32.4	7.6	11.7	21.9	10.5	32.4	19.6	13.5	0.69
3	3	2	4	6.4	6.4	38.0	5.3	10.2	26	7.3	31.5	18.7	19.3	1.03
3	4	3	2	7.0	9.1	35.6	7.6	12.9	22.5	11.7	36.9	19.5	17.4	0.89
3	5	4	4	12.3	7.9	31.3	7.3	12.3	20.2	13.4	35.5	18.1	13.8	0.76
3	6	1	6	6.2	6.0	30.1	6.5	10.1	14.5	13.2	51.7	15.0	15.1	1.01

**Annexe 10a** : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 4, 1<sup>ère</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
4	1	4	2	9.4	6.0	28.1	7.3	10.6	17.1	10.9	38.9	17.6	14.5	0.82
4	2	1	8	6.5	8.8	36.6	7.3	7.5	28.1	10.1	23.4	19.5	15.1	0.77
4	3	2	4	9.1	7.9	34.5	5.8	9.9	23.4	9.9	32.2	18.5	15.2	0.82
4	4	3	2	10.5	7.3	33.3	7.0	10.5	22.5	12.6	32.5	22.6	17.8	0.79
4	5	1	4	6.4	9.9	33.6	7.6	13.1	24.3	9.4	27.8	17.9	15.6	0.87
4	6	2	3	5.8	6.4	25.7	7.3	10.5	15.8	10.5	38.6	18.6	13.8	0.74
4	1	3	2	7.0	8.5	26.3	5.6	9.9	16.4	11.1	37.8	17.9	15.4	0.86
4	2	4	4	9.1	7.9	34.2	7.6	12.3	22.5	10.2	34.2	19.9	15.0	0.75
4	3	2	3	9.2	6.4	33.6	7.0	9.1	23.7	9.6	29.6	18.5	17.1	0.92
4	4	3	2	9.4	6.7	35.6	6.7	11.4	24.3	10.8	32.0	20.0	21.7	1.09
4	5	4	7	13.4	9.4	32.4	6.7	11.7	24.0	9.4	26.1	19.9	13.8	0.69
4	6	1	7	4.7	5.8	25.1	9.6	10.5	16.9	12.6	32.6	16.0	13.6	0.85
4	1	3	2	7.3	7.0	26.0	7.0	11.4	15.8	10.8	39.3	17.6	17.4	0.99
4	2	4	3	10.2	7.9	33.0	7.9	12.0	22.8	11.7	31.0	19.1	14.6	0.76
4	3	1	4	9.6	7.3	35.6	6.7	9.4	24.3	10.5	32.0	17.6	15.1	0.86
4	4	2	5	7.8	6.4	31.2	7.8	8.3	22.5	11.9	27.9	21.0	15.2	0.72
4	5	4	2	12.4	8.3	33.5	6.0	12.9	19.7	12.4	41.1	19.0	13.6	0.72
4	6	1	4	9.4	6.9	25.7	7.3	9.4	19.2	11.4	25.4	16.2	14.3	0.88
4	1	2	3	5.7	7.3	27.8	8.6	10.2	18.4	11.0	33.8	19.5	13.7	0.70
4	2	3	2	9.4	7.8	32.2	7.3	10.2	23.7	9.4	26.6	19.2	17.3	0.90
4	3	1	3	11.0	6.9	36.3	6.5	10.6	21.2	11.4	41.6	18.9	15.0	0.79
4	4	2	2	10.6	6.1	34.7	7.8	8.6	22.9	12.2	34.1	20.1	17.4	0.87
4	5	3	2	7.8	7.3	35.5	5.7	10.6	24.1	9.0	32.2	18.4	16.6	0.90
4	6	4	3	11.4	7.3	24.1	7.3	11.8	15.5	11.0	35.6	18.0	13.1	0.73

**Annexe 10b** : Paramètres échocardiographiques obtenus par quatre opérateurs chez six chiennes Beagle (jour 4, 2<sup>e</sup> partie)

jour	chien	opérateur	durée (min)	VD d (mm)	SIV d (mm)	VG d (mm)	PP d (mm)	SIV s (mm)	VG s (mm)	PP s (mm)	FR (%)	AO (mm)	AG (mm)	AG/AO
4	1	2	3	6.9	7.8	28.6	8.6	10.2	15.9	12.7	44.3	18.9	16.6	0.88
4	2	3	2	9.0	6.9	32.7	6.1	10.2	22.0	10.6	32.5	18.8	17.0	0.90
4	3	4	3	9.1	7.6	31.6	6.7	10.8	20.7	11.1	34.3	19.6	14.4	0.73
4	4	1	3	12.6	5.8	35.6	7.9	10.8	25.1	10.5	29.5	18.2	15.2	0.84
4	5	3	2	9.4	7.3	32.1	6.4	11.7	21.9	10.2	31.8	18.8	16.5	0.88
4	6	4	4	9.9	6.0	28.3	8.1	11.7	18.7	10.4	33.9	18.1	15.6	0.86
4	1	1	3	10.4	5.7	26.0	8.1	10.6	19.7	10.6	24.0	13.6	8.9	0.65
4	2	2	4	8.8	5.5	35.6	7.0	8.6	24.4	9.6	31.4	19.6	18.9	0.96
4	3	4	3	10.6	6.8	35.3	6.2	10.4	24.2	8.8	31.6	18.4	15.3	0.83
4	4	1	5	12.9	7.3	32.4	7.3	10.2	22.5	11.1	30.6	18.5	14.5	0.78
4	5	2	3	9.1	5.8	34.5	6.4	9.9	23.7	9.4	31.4	19.0	17.8	0.94
4	6	3	2	7.3	6.1	25.7	7.9	9.9	17.2	11.1	33.0	19.8	18.4	0.93
4	1	1	3	8.5	6.7	29.5	8.8	10.5	19.0	12.3	35.6	16.6	12.6	0.76
4	2	2	3	8.2	6.7	35.4	7.0	9.6	24.0	11.1	32.2	19.1	18.7	0.98
4	3	3	2	8.5	7.6	34.5	7.6	12.3	25.7	9.9	25.4	19.8	19.2	0.97
4	4	4	2	9.4	8.2	34.2	7.0	12.6	21.3	12.6	37.6	20.3	17.1	0.84
4	5	2	2	9.6	7.6	35.1	6.1	10.5	25.1	9.9	28.3	19.7	18.5	0.94
4	6	3	2	7.6	7.6	28.6	7.0	9.9	18.4	10.2	35.7	18.1	18.2	1.01
4	1	4	5	6.8	6.0	31.7	7.3	11.7	18.4	9.4	41.8	19.8	16.7	0.84
4	2	1	5	8.6	5.7	35.3	7.5	8.1	23.6	11.4	33.1	16.6	16.1	0.97
4	3	3	2	8.6	6.5	33.0	7.5	10.9	22.3	10.9	32.3	17.5	16.8	0.96
4	4	4	5	14.3	8.5	31.9	7.6	12.6	21.6	12.3	32.1	20.2	17.2	0.85
4	5	1	4	10.5	7.3	35.6	7.0	10.8	23.1	9.1	35.3	18.5	18.6	1.01
4	6	2	3	9.6	8.8	26.3	8.2	9.4	16.7	12.6	36.7	20.3	14.9	0.73

Dans cette partie sont présentées les analyses statistiques de quelques paramètres échocardiographiques mesurés chez le chat et le chien.

## 1. ETUDE CHEZ QUATRE CHATS EUROPEENS

### 1. 1. REPETABILITE

D'après le premier modèle statistique, pour l'épaisseur du septum interventriculaire en diastole (SIV d) et pour l'opérateur 4, SYSTAT donne les résultats suivants :

```
Categorical values encountered during processing are:
JOUR$ (3 levels)
  1, 3, 4
CHAT$ (4 levels)
  1, 2, 3, 4

Dep Var: SIVD   N: 24   Multiple R: 0.872   Squared multiple R: 0.760
```

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR\$	0.697	2	0.349	1.600	0.242
CHAT\$	5.865	3	1.955	8.971	0.002
CHAT\$*JOUR\$	1.729	6	0.288	1.322	0.319
Error	2.615	12	0.218		

Seul l'effet chat est significatif (p=0.002).

### 1. 2. REPRODUCTIBILITE

D'après le premier modèle statistique, pour l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en diastole (PP d) et pour l'opérateur 4, SYSTAT donne les résultats suivants :

```
Categorical values encountered during processing are:
JOUR$ (3 levels)
  1, 3, 4
CHAT$ (4 levels)
  1, 2, 3, 4
```

Dep Var: PPVGD N: 24 Multiple R: 0.766 Squared multiple R: 0.586  
 Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR\$	0.336	2	0.168	0.423	0.665
CHAT\$	3.718	3	1.239	3.121	0.066
CHAT\$*JOUR\$	2.701	6	0.450	1.134	0.400
Error	4.765	12	0.397		

Il n'y a pas d'effet significatif.

### 1. 3. ETUDE DES INTERACTIONS « CHAT\*OPERATEUR »

D'après le second modèle statistique, et pour le paramètre SIV d, SYSTAT donne les résultats suivants :

Categorical values encountered during processing are:

JOUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

CHAT\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

OPERATEUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

Dep Var: SIVD N: 96 Multiple R: 0.832 Squared multiple R: 0.692

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR\$	0.662	3	0.221	0.425	0.736
CHAT\$	29.738	3	9.913	19.097	0.000
OPERATEUR\$	27.452	3	9.151	17.629	0.000
CHAT\$*OPERATEUR\$	12.925	9	1.436	2.767	0.008
CHAT\$*JOUR\$	6.822	9	0.758	1.460	0.181
Error	35.297	68	0.519		

Trois effets sont significatifs : l'effet Chat ( $P < 10^{-3}$ ), l'effet Opérateur ( $P < 10^{-3}$ ) et l'effet Chat\*Opérateur ( $P = 0.008$ ).

## 2. ETUDE CHEZ SIX CHIENNES BEAGLE

### 2. 1. REPETABILITE

D'après le premier modèle statistique, pour le paramètre PP d et pour l'opérateur 4, SYSTAT donne les résultats suivants :

Categorical values encountered during processing are:

JOUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

CHIEN\$ (6 levels)

1, 2, 3, 4, 5, 6

Dep Var: PPVGD N: 48 Multiple R: 0.746 Squared multiple R: 0.556

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR\$	1.248	3	0.416	0.745	0.536
CHIEN\$	5.942	5	1.188	2.130	0.096
CHIEN\$*JOUR\$	9.580	15	0.639	1.145	0.373
Error	13.390	24	0.558		

Il n'y a pas d'effet significatif.

### 2. 2. REPRODUCTIBILITE

D'après le premier modèle statistique, pour le diamètre du ventricule gauche en diastole (VG d) et pour l'opérateur 2, SYSTAT donne les résultats suivants :

Categorical values encountered during processing are:

JOUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

CHIEN\$ (6 levels)

1, 2, 3, 4, 5, 6

Dep Var: DIAMVGD N: 48 Multiple R: 0.953 Squared multiple R: 0.908

Analysis of Variance



Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR\$	8.427	3	2.809	1.449	0.253
CHIEN\$	360.229	5	72.046	37.157	0.000
CHIEN\$*JOUR\$	89.339	15	5.956	3.072	0.007
Error	46.535	24	1.939		

Il y a deux effets significatifs : l'effet chien ( $P < 10^{-3}$ ) et l'effet chien\*jour ( $P = 0.007$ )

### 2. 3. ETUDE DES INTERACTIONS « CHIEN\*OPERATEUR »

D'après le second modèle statistique, pour le paramètre PP s, SYSTAT donne les résultats suivants :

Categorical values encountered during processing are:

OPERATEUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

CHIEN\$ (6 levels)

1, 2, 3, 4, 5, 6

JOUR\$ (4 levels)

1, 2, 3, 4

Dep Var: PPVGS N: 192 Multiple R: 0.607 Squared multiple R: 0.369

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
OPERATEUR\$	17.545	3	5.848	2.731	0.046
CHIEN\$	39.421	5	7.884	3.682	0.004
JOUR\$	6.150	3	2.050	0.957	0.415
CHIEN\$*OPERATEUR\$	73.776	15	4.918	2.297	0.006
CHIEN\$*JOUR\$	50.980	15	3.399	1.587	0.083
Error	321.194	150	2.141		

Il y a trois effets significatifs : l'effet opérateur ( $P = 0.046$ ), l'effet chien ( $P = 0.004$ ) et l'effet chien\*opérateur ( $P = 0.006$ ).

## **SOMMAIRE**

<b>REMERCIEMENTS ET DEDICACES.....</b>	<b>5</b>
<b>PLAN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABREVIATIONS.....</b>	<b>11</b>
<b>TABLES DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>17</b>

## **PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES**

<b>I. L'ECHOCARDIOGRAPHIE : RAPPELS HISTORIQUES ET TECHNIQUES.....</b>	<b>19</b>
<b>II. UTILISATIONS DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE.....</b>	<b>20</b>
II. 1. UTILISATION DIAGNOSTIQUE.....	20
II. 2. UTILISATION EN TERME DE SUIVI.....	23
<i>II. 2. 1. NOTION DE PARAMETRES D'INTERET.....</i>	<i>23</i>
<i>II. 2. 2. DUREE DES SUIVIS ECHOCARDIOGRAPHIQUES.....</i>	<i>24</i>
<i>II. 2. 3. UTILISATION DU SUIVI ECHOCARDIOGRAPHIQUE EN RECHERCHE.....</i>	<i>24</i>
<i>II. 2. 3. 1. ETUDES DES EFFETS DES INHIBITEURS DE L'ENZYME DE CONVERSION.....</i>	<i>25</i>
<i>II. 2. 3. 2. ETUDE DES EFFETS DU DILTIAZEM CHEZ LE CHAT.....</i>	<i>25</i>
<i>II. 2. 3. 3. ETUDE DES EFFETS DE L'AMLODIPINE CHEZ LE CHAT.....</i>	<i>26</i>
<i>II. 2. 3. 4. ETUDE DE LA CARDIOMYOPATHIE DILATEE CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT.....</i>	<i>26</i>
<i>II. 2. 3. 5. ETUDE DES EFFETS D'UN REGIME HYPOSODE CHEZ LE CHIEN.....</i>	<i>27</i>
<b>III. PROPRIETES METROLOGIQUES DE L'ECHOCARDIOGRAPHIE.....</b>	<b>33</b>
III. 1. NOTIONS DE REPETABILITE ET DE REPRODUCTIBILITE.....	33
III. 2. ETUDES METROLOGIQUES EN ECHOCARDIOGRAPHIE.....	33
III. 3. NOTION D'EFFET OPERATEUR.....	34

## **DEUXIEME PARTIE : DONNES EXPERIMENTALES**

<b>I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>37</b>
---	-----------

<b>II. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>38</b>
II. 1. ANIMAUX.....	38
II. 2. ECHOGRAPHES UTILISES.....	38
II. 3. EXAMENS ECHOCARDIOGRAPHIQUES.....	38
II. 4. CALENDRIERS ET DEROULEMENT DES MANIPULATIONS.....	39
II. 5. OPERATEURS.....	39
II. 6. ANALYSE STATISTIQUE.....	40
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>42</b>
III. 1. EXAMENS CLINIQUES, MESURES DE PRESSION ARTERIELLE ET TRACES ELECTROCARDIOGRAPHIQUES.....	42
III. 2. MESURES ECHOCARDIOGRAPHIQUES.....	42
III. 3. MESURES DE REPETABILITE.....	42
III. 4. MESURES DE REPRODUCTIBILITE.....	48
III. 5. EFFET DE L'EXPERIENCE DE L'OPERATEUR SUR LA REPETABILITE ET LA REPRODUCTIBILITE.....	48
III. 6. POSSIBILITE DE REMPLACER L'OPERATEUR DE REFERENCE.....	49
<b>IV. DISCUSSION.....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>67</b>
<b>AGREMENTS ADMINISTRATIF ET SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>70</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>75</b>
ANNEXE 1.....	75
ANNEXE 2.....	76
ANNEXE 3.....	77
ANNEXE 4.....	78
ANNEXE 5.....	79
ANNEXE 6.....	80
ANNEXE 7.....	81

ANNEXE 8.....	83
ANNEXE 9.....	85
ANNEXE 10.....	87
ANNEXE 11.....	89