



HAL
open science

Échographie des surrénales sur une population de chats malades présentés au CHUVAC de l'ENVT entre janvier 2022 et avril 2023

Manon Duboëlle

► **To cite this version:**

Manon Duboëlle. Échographie des surrénales sur une population de chats malades présentés au CHUVAC de l'ENVT entre janvier 2022 et avril 2023. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04152424

HAL Id: dumas-04152424

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04152424v1>

Submitted on 5 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECHOGRAPHIE DES SURRENALES SUR UNE POPULATION DE CHATS MALADES PRESENTES AU CHUVAC DE L'ENVT ENTRE JANVIER 2022 ET AVRIL 2023

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

**DUBOËLLE Manon, Lorrie,
Nathalie**

Directrice de thèse : Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

JURY

PRESIDENTE :

Mme Catherine TRUMEL

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSEESSEURES :

Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

Ingénieure de Recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Mme Nathalie BOURGES-ABELLA

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITEE :

Mme Mahéva LAUNAY

Praticienne hospitalière à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ECHOGRAPHIE DES SURRENALES SUR UNE POPULATION DE CHATS MALADES PRESENTES AU CHUVAC DE L'ENVT ENTRE JANVIER 2022 ET AVRIL 2023

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

DUBOËLLE Manon, Lorrie, Nathalie

Née le 03/04/1996 à ORSAY (91)

Directrice de thèse : Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

JURY

PRESIDENTE :

Mme Catherine TRUMEL

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESSEURES :

Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

Ingénieure de Recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Mme Nathalie BOURGES-ABELLA

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITEE :

Mme Mahéva LAUNAY

Praticienne hospitalière à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*
Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Pathologie chirurgicale*
M. **GAIDE Nicolas**, *Anatomie Pathologique*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*
Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

Remerciements

A la présidente du jury : **Madame Catherine TRUMEL,**
Professeure de biologie médicale à l'ENVT

*Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury,
Hommages respectueux.*

A l'assesseure du jury : **Madame Nathalie BOURGES-ABELLA,**
Professeure d'histologie à l'ENVT

*Pour avoir accepté cette invitation à juger mon travail,
Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect et toute ma reconnaissance.*

A ma directrice de thèse : **Madame Catherine LAYSSOL-LAMOUR,**
Praticienne hospitalière en imagerie médicale à l'ENVT

*Pour avoir accepté de diriger cette thèse,
Pour votre investissement, votre disponibilité, votre gentillesse tout au long de l'élaboration
de cette thèse.
Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude pour la confiance que vous m'avez
accordée.*

A **Madame Mahéva LAUNAY,**
Praticienne hospitalière en imagerie médicale à l'ENVT

*Pour avoir accepté d'être présente en tant que membre invité.
Je vous présente toute ma reconnaissance.*

Table des matières

Introduction	16
---------------------------	-----------

Partie 1 : étude bibliographique	17
---	-----------

I. Anatomie des glandes surrénales félines.....	17
--	-----------

A. Topographie	17
----------------------	----

B. Vascularisation	18
--------------------------	----

C. Structure histologique	19
---------------------------------	----

II. Physiologie des glandes surrénales chez le chat	21
--	-----------

A. La corticosurrénale	21
------------------------------	----

1. Les minéralocorticoïdes	21
----------------------------------	----

2. Les glucocorticoïdes.....	24
------------------------------	----

3. Les stéroïdes sexuels	26
--------------------------------	----

B. La médullosurrénale	26
------------------------------	----

III. Anomalies histologiques des glandes surrénales chez le chat....	28
---	-----------

A. Anomalies de développement : agénésie et hypoplasie du cortex surrénalien.....	28
---	----

B. Lésions dégénératives.....	28
-------------------------------	----

1. Minéralisation.....	28
------------------------	----

2. Amyloïdose	28
---------------------	----

C. Hyperplasie du cortex.....	29
-------------------------------	----

1. Hyperplasie nodulaire.....	29
-------------------------------	----

2.	Hyperplasie corticale diffuse.....	29
3.	Hyperplasie de la zone glomérulée	29
D.	Lésions tumorales primaires.....	30
1.	Tumeurs cortico-surréaliennes : adénomes et carcinomes.....	30
2.	Tumeurs médullo-surréaliennes : phéochromocytomes.....	31
E.	Lésions métastatiques surréaliennes.....	32
IV.	Affections surréaliennes rencontrées dans l'espèce féline.....	33
A.	Hyperaldostéronisme primaire	33
B.	Hyperadrénocorticisme	33
C.	Hypoadrénocorticisme primaire	34
D.	Excès de stéroïdes sexuels d'origine surréalienne	35
E.	Phéochromocytome.....	35
V.	Echographie des surrénales chez le chat	36
A.	Technique d'exploration des surrénales.....	36
1.	La glande surrénale gauche	36
2.	La glande surrénale droite	37
B.	Aspect échographique des glandes surrénales chez le chat sain	37
C.	Aspect échographique anormal des glandes surrénales	40
1.	Augmentation bilatérale de taille avec conservation de forme	40
2.	Augmentation bilatérale de taille avec perte de forme.....	44
3.	Augmentation unilatérale de taille avec perte de forme : adénomes, carcinomes et phéochromocytomes.....	45
4.	Diminution bilatérale de taille avec conservation de forme.....	47
VI.	Autres modalités d'imagerie des surrénales.....	47

A. La radiographie.....	48
B. Le scanner	49
C. L'imagerie par résonance magnétique	50
D. L'imagerie nucléaire.....	51
E. Limites de l'imagerie.....	52
Bilan.....	53

Partie 2 : étude expérimentale	54
I. Introduction	54
II. Matériel et méthodes	54
A. Sélection des animaux et conception de l'étude.....	54
B. Examen échographique	55
C. Evaluation des glandes surrénales.....	55
D. Analyses statistiques	56
III. Résultats	57
A. Chats inclus dans cette étude.....	57
1. Races	57
2. Statuts reproducteurs	57
3. Âges.....	57
4. Poids	58
5. Affections	58
B. Aspect des glandes surrénales chez les chats malades présentés au CHUVAC	60
1. Nombre de glandes surrénales échographiées.....	60
2. Forme des glandes surrénales.....	60
3. Echogénicité des glandes surrénales	63
4. Taille des glandes surrénales.....	64
IV. Discussion	76
A. Forme des glandes surrénales des chats de l'étude	76
B. Echogénicité des glandes surrénales des chats de l'étude.....	76

C. Concordance des mesures des glandes surrénales entre l'observateur inexpérimenté et l'observateur expérimenté.....	77
D. Comparaison de la taille des glandes surrénales droite et gauche des chats de l'étude	78
E. Influence des différents facteurs sur la taille des glandes surrénales des chats malades au CHUVAC	78
1. Le statut reproducteur.....	78
2. L'âge	78
3. Le poids	79
4. Les affections	79
F. Etude des chats présentant une hypertrophie surrénalienne	80
G. Limites de l'étude.....	83

Conclusion.....85

Table des illustrations86

Table des figures 86

Table des tableaux..... 88

Bibliographie90

Annexe100

Introduction

Les glandes surrénales sont des organes endocriniens présents chez les mammifères et les oiseaux. Elles sont responsables de la sécrétion de diverses hormones qui participent par exemple à la régulation de la pression artérielle ou encore à la réponse de l'organisme face aux situations de stress et d'agression. Certaines de ces hormones sont vitales pour l'organisme.

Chez le chien, les affections des glandes surrénales ont été largement étudiées et sont responsables de maladies bien connues comme le syndrome de Cushing ou la maladie d'Addison. Elles l'ont été en revanche beaucoup moins chez le chat, espèce plus récemment médicalisée. Les affections surrénales félines ont été rapportées de plus en plus fréquemment au cours des dernières années, laissant alors penser qu'elles sont sous-diagnostiquées car mal connues chez cette espèce. Le diagnostic de ces affections se base sur les résultats de tests endocriniens très souvent couplés à des techniques d'imagerie médicale, notamment l'échographie.

L'étude la plus large sur l'échographie des surrénales félines date de 2013 (1) et la plus récente ne concerne que les chats présentant une hypertrophie surrénale (2).

Notre étude a pour objectif de faire l'état des lieux de l'aspect et des dimensions échographiques des surrénales d'une large population de chats admis au centre hospitalier de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) entre janvier 2022 et avril 2023. Une première partie de ce travail sera bibliographique et présentera les données de la littérature disponibles sur l'anatomie, la physiologie, l'aspect échographique des surrénales chez le chat sain, chez le chat malade et les affections félines susceptibles d'entraîner une modification de l'aspect échographique des surrénales. Dans une deuxième partie, nous présenterons l'étude clinique prospective, réalisée depuis janvier 2022 avec le service d'imagerie de l'ENVT.

Partie 1 : étude bibliographique

I. Anatomie des glandes surrénales félines

A. Topographie

Les glandes surrénales doivent leur nom à leur localisation anatomique chez l'Homme. Ce sont des organes pairs situés dans l'espace rétropéritonéal, crânio-médialement à chacun des reins (Figure 1). Au sein de l'espèce féline, les glandes surrénales se retrouvent sous trois formes distinctes selon les individus : bilobées, ovales ou fusiformes. C'est majoritairement la forme bilobée que l'on retrouve chez les chats sains (environ deux tiers des chats), tandis que chez le tiers restant, on retrouve les formes ovales et fusiformes en proportions similaires (1, 3).

La glande surrénale gauche est située ventralement au processus transverse de la deuxième vertèbre lombaire, et ventro-latéralement à l'aorte. Plus précisément, elle est souvent localisée dans un espace formé par l'artère rénale gauche caudalement, par les artères mésentérique crâniale et cœliaque crânialement, par le rein gauche latéralement et par l'aorte médialement avec laquelle la glande surrénale gauche est en relation étroite (Figure 1) (4, 5).

La glande surrénale droite, quant à elle, est localisée ventralement au processus transverse de la dernière vertèbre thoracique, accolée au muscle psoas mineur. Elle est légèrement plus crâniale que la glande surrénale gauche, proche du hile rénal droit, et ses deux tiers crâniaux sont recouverts par le processus caudé du lobe caudé du foie. Elle peut être identifiée caudalement au pilier diaphragmatique droit et dorso-latéralement à la veine cave caudale. En relation étroite avec cette dernière, la capsule de la glande surrénale droite peut être continue avec la tunique externe de la veine cave caudale (Figure 1) (4, 5).

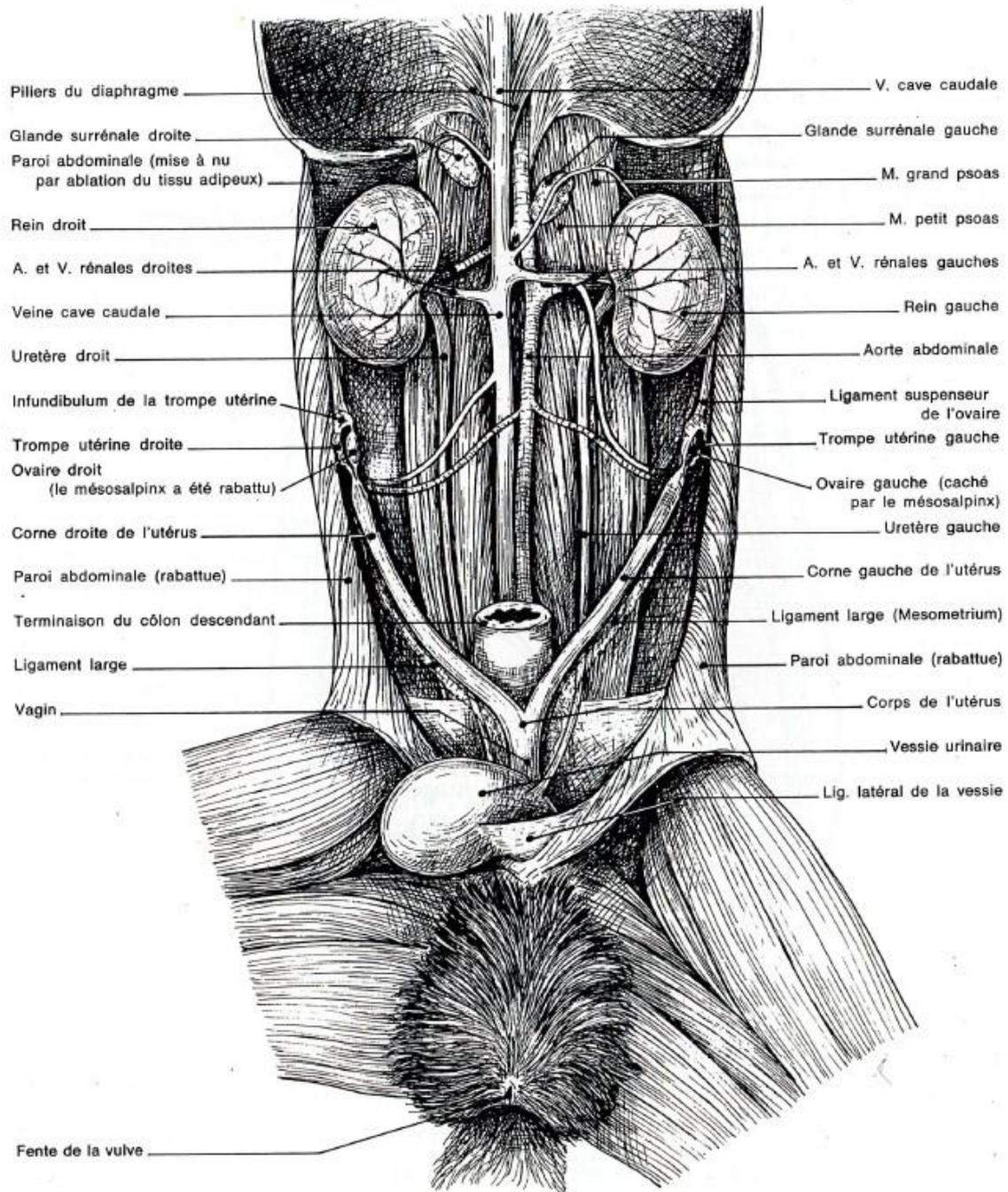


Figure 1 : Topographie des glandes surrénales félines (Barone, 1990)

B. Vascularisation

Les surfaces dorsales et ventrales des glandes surrénales sont traversées respectivement par l'artère et la veine phrénico-abdominales (6). La vascularisation des glandes surrénales est assurée par de petits vaisseaux provenant de l'aorte abdominale, de l'artère rénale, de l'artère abdominale crâniale et de l'artère phrénique caudale. Les capillaires rayonnent depuis le cortex

vers la médulla pour former un réseau capsulaire et médullaire (Figure 2). Le sang veineux, enrichi en hormones, traverse la médulla et est collecté dans la veine centrale pour finalement rejoindre la veine cave caudale par d'autres vaisseaux ramifiés.

Les capillaires lymphatiques, quant à eux, forment un réseau dans le parenchyme surrénalien et drainent la lymphe jusqu'aux nœuds lymphatiques lombo-aortiques (7).

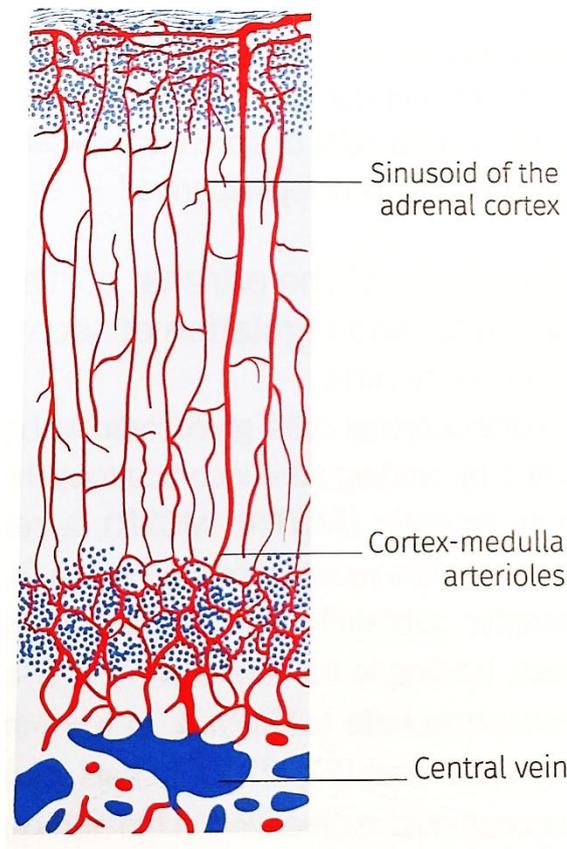


Figure 2 : Illustration schématique du flux sanguin artériel des glandes surrénales (Feldman et al. 2019)

C. Structure histologique

(8) Les glandes surrénales sont entourées d'une fine capsule composée de tissu conjonctif dense et de fibres musculaires lisses. Cette capsule donne naissance à des trabécules qui pénètrent aléatoirement le parenchyme surrénalien. Les glandes surrénales se composent de deux tissus d'origines embryologiques différentes : le cortex, en périphérie, provient de cellules mésenchymateuses, tandis que la médulla, centrale, a pour origine des cellules de la crête neurale.

Le cortex, qui constitue environ les deux tiers de l'épaisseur de la glande (Figure 3), est organisé en trois couches :

- la zone glomérulée, à l'extérieur, est composée de petites cellules disposées en groupes compacts (Figure 4) capables de sécréter les minéralocorticoïdes ;
- la zone fasciculée : il s'agit de la couche la plus épaisse, elle représente 70 à 80% de l'épaisseur corticale. Elle se compose de cellules volumineuses formant des cordons plus ou moins parallèles et perpendiculaires à la capsule (Figure 4), responsables de la sécrétion des glucocorticoïdes ;
- la zone réticulée, accolée à la médulla, constituée de cellules cubiques disposées en réseau autour de gros capillaires sanguins (Figure 4). Ces cellules synthétisent principalement les stéroïdes sexuels (9).

La médulosurrénale, quant à elle, se compose de cellules spécialisées dans la sécrétion de catécholamines dans la circulation sanguine. Ces cellules particulières, dites « chromaffines », peuvent être considérées comme des neurones sympathiques post-ganglionnaires à qui il manque l'axone. Elles sont innervées par des fibres pré-ganglionnaires du système nerveux sympathique qui entraînent, lors de stimuli, la libération d'adrénaline et de noradrénaline dans la circulation sanguine.

Les cellules chromaffines doivent leur nom à leur coloration brune en présence de sels de chrome (9).

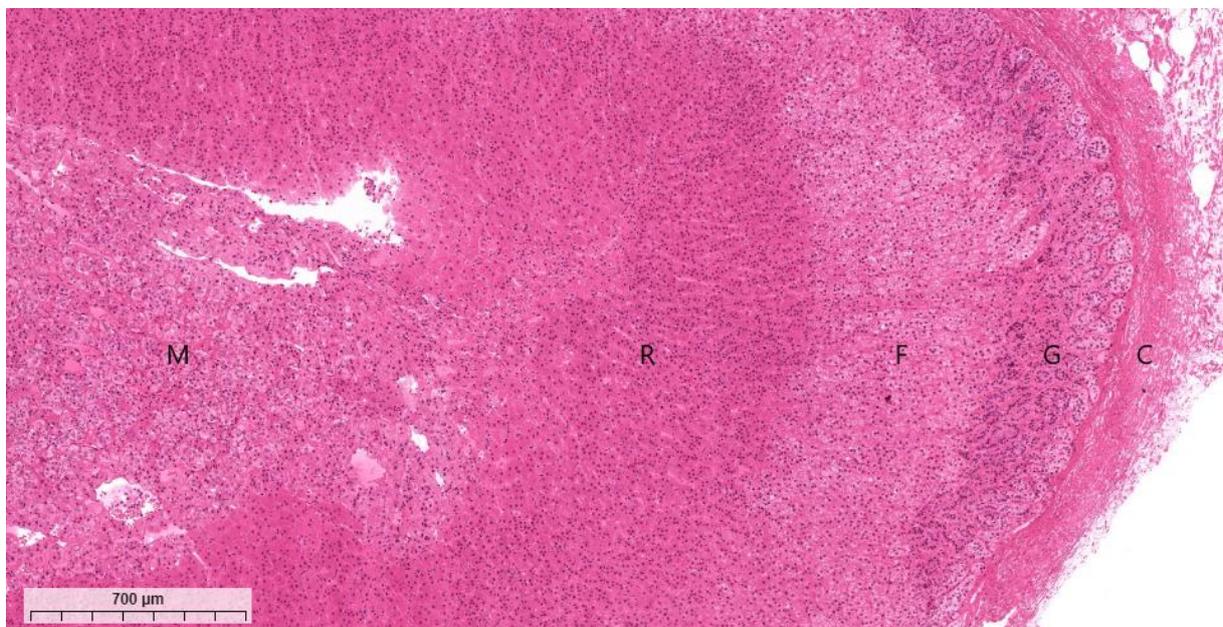


Figure 3 : Illustration d'une coupe histologique de glande surrénale, avec M la médulla, R la zone réticulée, F la zone fasciculée, G la zone glomérulée et C la capsule (<http://www.histologyguide.org/>)

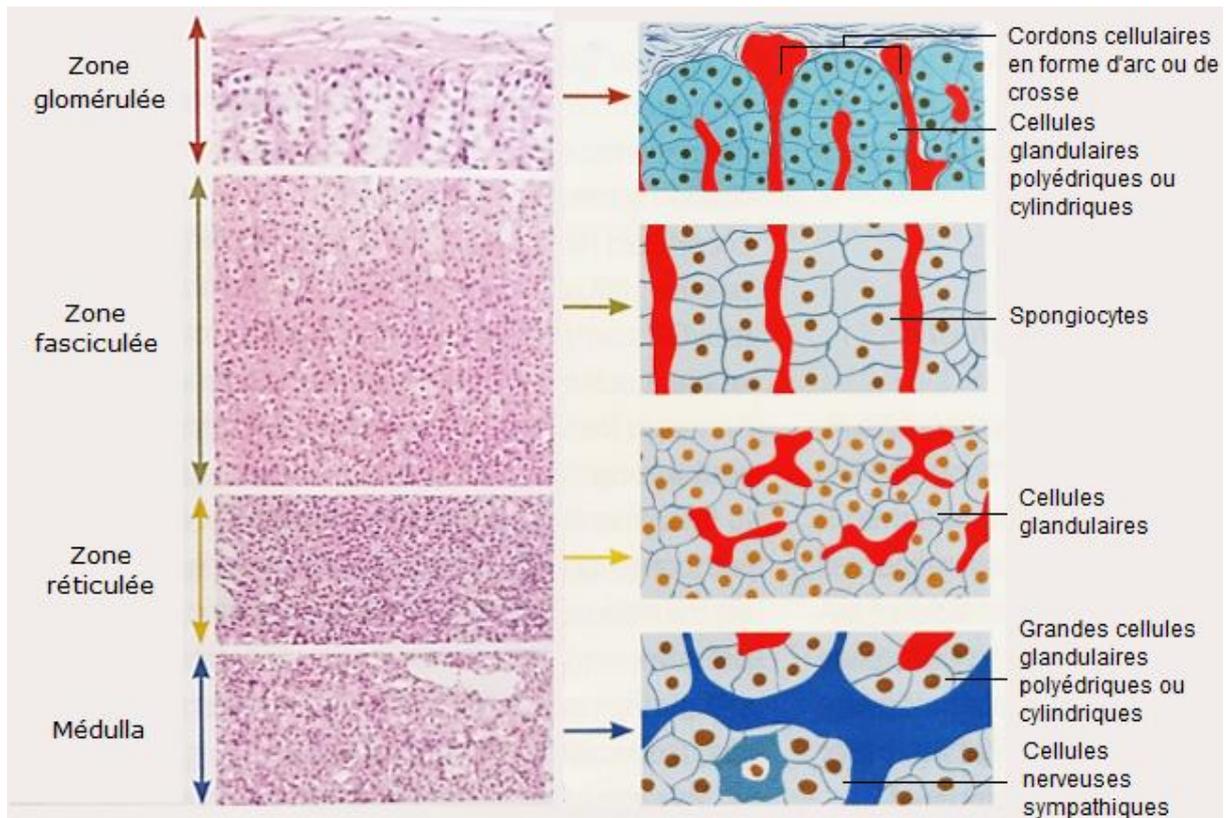


Figure 4 : Section histologique d'une glande surrénale chez un chat sain à gauche, et illustration schématique des cellules du cortex et de la médulla d'une glande surrénale à droite (Feldman et al, 2019)

II. Physiologie des glandes surrénales chez le chat

A. La corticosurrénale

Toutes les hormones sécrétées par la corticosurrénale dérivent du cholestérol. Elles sont classées en trois catégories selon leurs effets majeurs sur les tissus cibles : les minéralocorticoïdes, synthétisés par la zone glomérulée, les glucocorticoïdes et les hormones sexuelles (les androgènes majoritairement) synthétisés par les zones fasciculée et réticulée.

1. Les minéralocorticoïdes

La zone glomérulée sécrète donc, comme dit ci-dessus, les minéralocorticoïdes. Le plus important physiologiquement est l'aldostérone, hormone qui régule les concentrations de

sodium et de potassium, ainsi que la balance entre la volémie et la pression artérielle. Son rôle est donc de prévenir les hypotensions et les hyperkaliémies.

a. Synthèse de l'aldostérone

L'aldostérone est synthétisée à partir du cholestérol, composé de base à la stéroïdogénèse, lui-même dérivé des lipoprotéines de faible densité internalisées au sein du cortex surrénalien. Des enzymes de type cytochrome P450 sont responsables de la plupart des conversions enzymatiques entre le cholestérol et les hormones stéroïdiennes. La zone glomérulée est dépourvue d'une enzyme (CYP17) catalysant les réactions d'hydroxylation de la progestérone et de la prégnénone, ce qui explique le fait que cette zone ne synthétise pas de cortisol ou d'androgènes.

b. Régulation de la sécrétion d'aldostérone

Les deux mécanismes contrôlant la libération d'aldostérone sont le système rénine-angiotensine et la concentration potassique.

Le système rénine-angiotensine maintient la volémie constante en favorisant la rétention de sodium par l'aldostérone pendant les périodes d'hypovolémie et inversement, en diminuant la rétention de sodium pendant les périodes d'hypervolémie. La rénine, synthétisée par l'appareil juxtaglomérulaire du rein, est libérée suite à la stimulation des barorécepteurs présents dans l'artéiole afférente lors de baisse de la perfusion rénale. La concentration en sodium est contrôlée par les cellules de la macula densa. Une concentration sodique trop faible déclenche également la libération de rénine par le biais de voies de communication entre la macula densa et l'appareil juxtaglomérulaire. Une fois sécrétée, la rénine va cliver l'angiotensinogène synthétisé par le foie en angiotensine I. L'enzyme de conversion de l'angiotensine convertit alors l'angiotensine I inactive en angiotensine II active. Cette dernière entraîne alors la vasoconstriction des artéioles afférentes et efférentes et déclenche la production d'aldostérone.

Les ions potassiques, quant à eux, régulent directement la sécrétion d'aldostérone, indépendamment du système rénine-angiotensine. L'hyperkaliémie stimule la sécrétion d'aldostérone par dépolarisation des membranes des cellules de la zone glomérulée et l'hypokaliémie inhibe la sécrétion d'aldostérone par repolarisation de celles-ci.

Ainsi, la sécrétion d'aldostérone est régulée par des boucles de rétrocontrôle négative à la fois pour le système rénine-angiotensine et le potassium. En plus de ces deux mécanismes, la

sécrétion d'aldostérone est influencée par plusieurs autres facteurs (ACTH, peptides natriurétiques et divers neurotransmetteurs), dont aucun n'est directement lié à la boucle de rétroaction négative.

c. Transport, rôles et métabolisme de l'aldostérone

Les cellules stéroïdogènes ne sont pas capables de stocker les hormones qui sont alors directement sécrétées après leur biosynthèse. L'aldostérone se lie alors majoritairement à l'albumine avec laquelle elle a une faible affinité. Les protéines de liaison aux hormones stéroïdiennes ont un rôle tampon, évitant ainsi les variations rapides de leurs concentrations plasmatiques.

L'aldostérone a donc deux fonctions importantes : la régulation de l'homéostasie potassique et la régulation du volume de liquide extracellulaire. Les récepteurs de cette hormone sont principalement localisés au niveau des épithéliums des tubules rénaux, du colon et des glandes salivaires. Au sein du tubule contourné distal, l'aldostérone augmente la réabsorption active de sodium (et donc de l'eau) et l'excrétion passive de potassium. En effet, le complexe aldostérone-récepteur, une fois au sein des cellules tubulaires rénales, initie une séquence d'événements menant à l'activation des canaux sodiques de la membrane apicale. Ensuite, l'augmentation de l'influx de sodium stimule les pompes Na/K ATPase dans la membrane basolatérale. Comme l'aldostérone augmente la réabsorption active de sodium, un gradient électrochimique est établi et facilite le transfert passif de potassium depuis les cellules tubulaires jusqu'à l'urine. Ainsi, le potassium n'est pas excrété par échange direct du sodium mais plutôt d'une manière qui dépend directement de la réabsorption active de sodium. Longtemps considérée uniquement comme un agent endocrinien, des études récentes ont mis en évidence que l'aldostérone était également synthétisée dans d'autres tissus que le cortex surrénalien tels que le cœur, le cerveau et les vaisseaux sanguins. Elle y aurait alors un mode d'action autocrine ou paracrine, et entrainerait l'augmentation de la résistance périphérique vasculaire et l'augmentation du volume de fluide extracellulaire.

Peu de choses sont connues au sujet du métabolisme de l'aldostérone chez le chat. Le foie est généralement considéré comme le site majeur d'inactivation et de conjugaison des hormones stéroïdiennes. Dans l'espèce féline, le cortisol, l'œstradiol et la progestérone sont quasiment exclusivement excrétés dans les fèces via la bile. En considérant les similitudes structurelles de l'aldostérone avec ces hormones, on peut imaginer une voie d'élimination identique (7).

2. *Les glucocorticoïdes*

La zone fasciculée produit les glucocorticoïdes, hormones vitales pour l'organisme. Chez le chat, le cortisol est le glucocorticoïde le plus synthétisé par les glandes surrénales. La zone réticulée, quant à elle, synthétise majoritairement des androgènes ainsi que des glucocorticoïdes en quantité toutefois moindre que la zone fasciculée. Ces deux zones corticales fonctionnent comme une seule et même unité.

a. Synthèse des glucocorticoïdes

La biosynthèse des glucocorticoïdes s'effectue à partir du cholestérol, exogène d'une part (apporté par l'alimentation) et endogène d'autre part (synthétisé à partir de l'acétate). La conversion du cholestérol en prégnénolone est facilitée par l'AdenoCorticoTropic Homorne (ACTH), qui permet 90% de la production de corticostéroïdes surrénaux. La prégnénolone donnera ensuite la progestérone qui subira plusieurs réactions pour aboutir à la formation de cortisol. Des modifications plus complexes la transforment en androgènes.

b. Régulation de la sécrétion des glucocorticoïdes

La synthèse et la libération des glucocorticoïdes et des androgènes sont presque exclusivement contrôlées par l'ACTH sécrété depuis le lobe antérieur de l'hypophyse. En effet, la sécrétion de ces hormones est sous le contrôle de l'axe hypothalamo-hypophysaire. En cas de stress ou d'agression aigüe de l'organisme, l'hypothalamus sécrète la Corticotropin Releasing Hormone (CRH) dans le système porte hypophysaire. Celle-ci stimule la sécrétion d'ACTH par les cellules corticotropes de l'hypophyse antérieure (pars distalis). L'ACTH est une hormone peptidique dont la demi-vie est d'environ dix minutes. Sa fonction primaire est de stimuler la sécrétion de glucocorticoïdes au sein du cortex surréalien. L'ACTH a aussi un effet positif sur la sécrétion de minéralocorticoïdes ou d'hormones sexuelles mais de façon bien moins importante.

La libération d'ACTH peut également être secondaire à de nombreux types de stress : douleur, traumatisme, hypoxie, hypoglycémie, exposition au froid, chirurgie, médiateurs inflammatoires... Mis à part son rôle sécrétoire, l'ACTH a également une action trophique sur les zones fasciculée et réticulée.

Une concentration plasmatique élevée en cortisol inhibe la sécrétion des hormones hypothalamiques et hypophysaires. De plus, l'ACTH a également un rétrocontrôle négatif sur sa propre sécrétion.

c. Transport, rôles et métabolisme du cortisol

Une fois libéré par le cortex surrénalien, le cortisol a besoin d'un transporteur pour circuler dans le sang : la Cortisol Binding Globuline (CBG). Il est donc majoritairement retrouvé sous forme liée dans la circulation sanguine, bien que ce soit sa forme libre qui soit active. Le cortisol est une hormone liposoluble qui peut donc traverser les membranes plasmiques par diffusion passive afin de se fixer sur son récepteur cytoplasmique. Le complexe cortisol-récepteur est ensuite transloqué dans le noyau dans lequel il active ou réprime la transcription de certains gènes cibles. Certains effets du cortisol sont également médiés par sa liaison avec les récepteurs aux minéralocorticoïdes.

Le nom « glucocorticoïdes », famille à laquelle appartient donc le cortisol, réfère à leur rôle dans le métabolisme du glucose. Principalement lors du jeûne, les glucocorticoïdes contribuent au maintien de la glycémie en augmentant la gluconéogenèse hépatique et en diminuant l'utilisation du glucose par les tissus périphériques. Ces effets protègent ainsi les organes glucose-dépendants (cerveau, cœur) de la privation. Les glucocorticoïdes exercent des effets cataboliques sur le muscle, diminuent la synthèse de protéines et augmentent la libération d'acides aminés procurant alors des précurseurs pour la néoglucogenèse. Dans les tissus adipeux, les glucocorticoïdes stimulent la lipolyse ce qui génère des acides gras libres et du glycérol, procurant de l'énergie et un substrat pour la néoglucogenèse. Les glucocorticoïdes ont un spectre d'action bien plus large que leurs effets sur le métabolisme glucidique. Ils affectent presque tous les tissus et de nombreux processus comme la croissance et le développement ainsi que les fonctions rénales (inhibition de la sécrétion et de l'action d'ADH), cardio-vasculaires (effets permissifs sur l'action des catécholamines, augmentation de la synthèse d'hématies), digestives (effet trophique sur la muqueuse gastro-intestinale, augmentation de la sécrétion d'acide gastrique) et immunologiques (action inhibitrice sur la quasi-totalité des médiateurs de l'inflammation, d'où leur action anti-inflammatoire). Le cortisol fait également partie des quelques hormones ayant un rythme circadien. Si chez l'Homme ou le chien, le pic de sécrétion de cortisol est atteint le matin, il est atteint en soirée au sein de l'espèce féline. Cela s'explique par le fait que le chat est un chasseur nocturne. Le chat présente également la particularité d'être

très sensible au stress. En effet, de très hautes concentrations de cortisol peuvent être atteintes en cas de simple contention ou de transport (7, 10).

Le cortisol est métabolisé par le foie, où il subit des conjugaisons aboutissant à sa transformation en un composé hydrosoluble. Contrairement au chien, le chat n'excrète quasiment aucun métabolite stéroïdien dans l'urine. Au sein de l'espèce féline, l'excrétion des métabolites stéroïdiens se fait par la bile.

3. *Les stéroïdes sexuels*

La couche corticale la plus interne, la zone réticulée, synthétise et libère des androgènes, ainsi que des œstrogènes. L'androgène majoritairement produit est la déhydroépiandrostérone (DHEA). L'androsténédione est un produit de la DHEA qui est produit en quantité moindre. La testostérone, formée à partir de l'androsténédione, peut être synthétisée en périphérie mais la majorité de sa biosynthèse se fait dans les gonades (7).

B. La médullosurrénale

La médullosurrénale, d'origine neuro-ectodermique, est responsable de la synthèse et de la sécrétion des catécholamines (adrénaline, noradrénaline et dopamine) dans la circulation sanguine. Contrairement à la production de corticostéroïdes par la corticosurrénale, celle de catécholamines au sein de la médulla n'est pas indispensable à la survie (10, 11).

Ces catécholamines sont synthétisées à partir d'un acide aminé : la tyrosine. Cette dernière, une fois entrée dans la cellule, est convertie en L-dihydroxyphénylalanine (L-DOPA) par la Tyrosine Hydroxylase. Cette conversion est l'étape limitante de la synthèse des catécholamines. En effet, une baisse de la concentration intracellulaire de catécholamines va augmenter l'activité de l'enzyme, augmentant alors la synthèse d'adrénaline et de noradrénaline, tandis que des concentrations intracellulaires élevées de catécholamines vont mener à un rétrocontrôle négatif. La L-DOPA est ensuite transformée en dopamine, produit final dans certains neurones. Dans la médullosurrénale et dans la plupart des neurones sympathiques post-ganglionnaires, la dopamine est transportée au sein de vésicules de stockage dans le cytoplasme des cellules chromaffines pour y être alors convertie en noradrénaline. La synthèse s'arrête là dans les neurones sympathiques post-ganglionnaires, mais se poursuit au sein de la médulla

surrénalienne : la noradrénaline est libérée dans le cytoplasme où une enzyme spécifique (PNMT) la transforme en adrénaline qui sera à son tour stockée dans une vésicule. Les proportions d'adrénaline et de noradrénaline stockées au sein de ces cellules varient selon les espèces. Chez les chats, on estime que la cellule chromaffine stocke 60% d'adrénaline et 40% de noradrénaline (7, 10).

Les catécholamines sont alors libérées des cellules chromaffines par exocytose dans la circulation sanguine après qu'elles aient été stimulées par le système nerveux sympathique. Ces stimuli regroupent par exemple la peur, la perception d'un danger, la douleur, une hypoglycémie...

Les catécholamines exercent leurs effets en se fixant sur les récepteurs adrénergiques présents à la surface des organes cibles. Les récepteurs adrénergiques sont de deux types : les récepteurs α et les récepteurs β , divisés eux-mêmes en α_1 , α_2 , β_1 , β_2 et β_3 . Les récepteurs α ont la même affinité pour la noradrénaline et l'adrénaline, tandis que les récepteurs β ont une affinité plus forte avec l'adrénaline. Les effets des catécholamines dépendent donc de la densité de chacun des récepteurs sur les organes spécifiques ainsi que des concentrations en noradrénaline et en adrénaline.

Leurs effets sont résumés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Organes/tissus	Type de récepteurs	Effets
Système cardiovasculaire	β_1	Augmentation de la fréquence et de la contractilité cardiaque
	α_2	Vasoconstriction
	β_2	Vasodilatation des artérioles présentes au sein des muscles lisses, des artères coronaires et de toutes les veines
Muscles bronchiques	β_2	Relaxation
Tractus gastrointestinal	β_2	Diminution de la motilité
Ilôts pancréatiques	α_2	Diminution de la sécrétion d'insuline et de glucagon
	β_2	Augmentation de la sécrétion d'insuline et de glucagon
Foie	β_2	Augmentation de la glycogénolyse et de la gluconéogenèse
Tissu adipeux	β_2	Augmentation de la lipolyse
Vessie	α_2	Augmentation du tonus du sphincter
	β_2	Relaxation du muscle detrusor
Yeux	α_1	Mydriase

Tableau 1 : Principaux effets physiologiques des catécholamines (Ettinger, 2017)

La demi-vie des catécholamines est très courte (1 à 3 minutes). Elles sont ensuite métabolisées en composés inactifs (métanéphrine, normétanéphrine, acide vanillylmandélique) par des enzymes spécifiques (COMT et MAO) (7, 10, 11).

III. Anomalies histologiques des glandes surrénales chez le chat

A. Anomalies de développement : agénésie et hypoplasie du cortex surrénalien

Chez toutes les espèces, une agénésie totale du cortex surrénalien n'est pas compatible avec la vie, du fait des rôles fondamentaux des hormones corticosurrénales. En revanche, la médullosurrénale n'est pas indispensable à la survie (12).

B. Lésions dégénératives

1. *Minéralisation*

La minéralisation des glandes surrénales est fréquente dans l'espèce féline. En effet, on retrouve ces dépôts calciques chez jusqu'à 30% des chats adultes sains. La cause est inconnue. Ces minéralisations, souvent bilatérales et assez étendues au sein de la glande, n'engendrent pas de signes cliniques. Elles peuvent être détectées accidentellement lors d'un examen d'imagerie médicale de l'abdomen ou d'une autopsie (1, 4, 6, 12).

2. *Amyloïdose*

Les dépôts d'amyloïde ont été rapportés chez 3 chats, au sein des zones réticulée et fasciculée, dont seulement un souffrait d'une amyloïdose généralisée (13).

C. Hyperplasie du cortex

L'hyperplasie est une prolifération excessive d'un tissu organique par la multiplication des cellules qui le constituent. Ces dernières conservent néanmoins une forme et une fonction normales.

1. *Hyperplasie nodulaire*

L'hyperplasie nodulaire est assez commune et se retrouve chez les chats âgés. Elle se caractérise par la présence de nodules sphériques bien définis dans le cortex surrénalien ou attachés à la capsule. Ils sont généralement multiples, bilatéraux, mesurant moins de 1 à 2 cm de diamètre et peuvent impliquer les trois zones du cortex.

Histologiquement, les nodules proches de la capsule ressemblent à la zone glomérulée, avec parfois certaines zones ressemblant à la zone fasciculée. Les cellules ont alors la même taille que celles retrouvées normalement au sein du cortex, quoique parfois hypertrophiées.

L'hyperplasie nodulaire de la zone réticulée peut apparaître comme des foyers discrets au sein du parenchyme cortical qui peuvent même s'étendre jusqu'à la médulla, rendant alors la jonction cortico-médullaire irrégulière. Cette lésion surrénalienne a été observée chez des animaux présentant des perturbations fonctionnelles suggérant un excès d'androgènes (12).

2. *Hyperplasie corticale diffuse*

L'hyperplasie diffuse consiste en une hypertrophie uniforme et souvent bilatérale des glandes surrénales. Il y a alors une hypertrophie et une hyperplasie marquées des cellules des zones fasciculée et réticulée en réponse à une sécrétion autonome et excessive d'ACTH par un adénome hypophysaire. La jonction cortico-médullaire est alors irrégulière et les projections de cellules corticales s'étendent souvent jusqu'à la médulla (12).

3. *Hyperplasie de la zone glomérulée*

Elle survient comme mécanisme compensatoire de l'organisme à une variété de facteurs stimulant sur le long terme la libération de rénine par l'appareil juxta-glomérulaire du rein. Un déficit chronique en sodium, un excès de potassium, une diminution du volume sanguin rénal

ou une baisse durable de la pression artérielle peuvent entraîner l'augmentation de la production d'aldostérone et ainsi l'apparition secondaire de l'hyperplasie de la zone glomérulée (12).

D. Lésions tumorales primaires

Les tumeurs surrénaliennes sont environ 6 à 7 fois moins fréquentes chez le chat que chez le chien. En effet, elles sont rapportées comme étant responsables de 0,03 à 0,2% de toutes les néoplasies félines (6). Elles sont classées selon leur origine : les tumeurs corticales ou médullaires. D'après les données chirurgicales et nécropsiques, les tumeurs corticales sont plus fréquentes que les tumeurs médullaires (14). Elles peuvent être fonctionnelles, c'est-à-dire actives d'un point de vue endocrinien, ou silencieuses (11). Lorsqu'elles sont fonctionnelles, les tumeurs peuvent sécréter diverses hormones surrénaliennes en fonction de leur localisation (minéralocorticoïdes, glucocorticoïdes, stéroïdes sexuels et catécholamines). Ces hormones peuvent être sécrétées seules ou en association (15, 16), et seront alors responsables des divers signes cliniques observés. Il faut noter cependant que ces derniers peuvent aussi être dus à l'effet masse exercé par la tumeur sur les tissus alentours, ou encore à la présence de potentielles métastases au sein d'autres organes.

1. *Tumeurs cortico-surrénaliennes : adénomes et carcinomes*

Histologiquement, les tumeurs corticosurrénaliennes peuvent être divisées en adénomes et carcinomes. Ces deux types tumoraux peuvent sécréter différentes hormones en excès : l'aldostérone, le cortisol, les androgènes, les œstrogènes... La plupart des tumeurs corticosurrénaliennes sont des lésions le plus souvent unilatérales et solitaires, les deux glandes sont autant affectées l'une que l'autre. Des tumeurs bilatérales, bien que rares, sont néanmoins rapportées (11).

Les adénomes sont des tumeurs bénignes tandis que les carcinomes sont malins. Ces derniers ont tendance à infiltrer la veine cave caudale, risquant alors de former un thrombus de cellules tumorales dans la circulation sanguine (12). Ils ne sont pas faciles à différencier, que ce soit par l'imagerie ou par l'histologie (11).

La proportion d'adénomes et de carcinomes félines est variable selon les études.

- D'après une étude de 2017 (17), les adénomes seraient responsables de 50 à 60% des hyperadrénocorticismes surrenalo-dépendants. Les 40 à 50% restants sont dus à des carcinomes cortico-surréaliens ;
- Une étude rétrospective de 2015 (16) s'est intéressée à 33 chats présentant des néoplasies surrenaliennes confirmées par histopathologie. Parmi ces chats, les auteurs ont mis en évidence 17 carcinomes (52%) et 13 adénomes (39%), ainsi que 3 phéochromocytomes (9%). 25 de ces chats ont été sujets à des tests fonctionnels concluant à 19 tumeurs fonctionnelles (76,0%) ;
- Une autre étude plus ancienne a estimé la fréquence des adénomes à 69% et celle des carcinomes à 23% des néoplasies surrenaliennes primaires (15).

Les adénomes et carcinomes fonctionnels sont souvent associés à l'atrophie de la glande controlatérale en raison du rétrocontrôle négatif des concentrations sanguines élevées d'hormones surrenaliennes sur la sécrétion hypophysaire d'ACTH (12).

2. *Tumeurs médullo-surréaliennes : phéochromocytomes*

Les phéochromocytomes sont les tumeurs les plus fréquentes de la médullo-surrénale. Ces tumeurs se développent à partir des cellules chromaffines. Ces dernières étant capables de sécréter des catécholamines, la tumeur est susceptible d'être fonctionnelle et ainsi sécréter de l'adrénaline, de la noradrénaline ou bien des deux. Les phéochromocytomes peuvent être uni- ou bilatéraux et peuvent, par effet masse, comprimer l'aorte ou la veine cave caudale (4, 12).

Plus fréquents que chez le chien, les phéochromocytomes félines restent rares. Seuls quelques cas ont été rapportés (5 cas) dans la littérature vétérinaire (4). L'étude rétrospective de 1997 estime la fréquence des phéochromocytomes et autres tumeurs médullaires neuroendocriniennes à 8% des néoplasies surrenaliennes primaires félines (15).

Il faut noter que des tumeurs bilatérales de différents types ont été rapportées dans la littérature, avec par exemple, un chat atteint d'un adénome surrenalien à droite et d'un phéochromocytome à gauche (18).

E. Lésions métastatiques surrenaliennes

Peu d'études ont été réalisées au sujet des tumeurs métastasants aux glandes surrenales chez les animaux de compagnie. Une étude rétrospective (19) a documenté les types de tumeurs malignes métastasants aux glandes surrenales chez les animaux domestiques, dont les chats. Les auteurs ont recensé les cas de toutes les tumeurs félines malignes ayant métastasé au sein de l'Ecole de Médecine Vétérinaire de Davis (Université de Californie) entre 1983 à 2003.

Tumor Type/Site	No. of Cases with Adrenal Metastases	Total Number of Cases	Frequency (%)
Lymphoma	7	75	9.3
Transitional cell CA*	2	3	66.7
Melanoma	1	1	100
Thyroid follicular CA	1	1	100
Fibrosarcoma	1	1	100
Total	12	81	14.8

* CA = carcinoma/adenocarcinoma.

Tableau 2 : Métastases des glandes surrenales félines (Labelle et al. 2005)

Les résultats obtenus sont rapportés dans le Tableau 2 ci-dessus. Des métastases surrenaliennes ont été retrouvées dans 12 des 81 cas de tumeurs malignes disséminées, soit 14,8%. Les tumeurs métastasants au sein des glandes surrenales sont majoritairement les lymphomes puis les carcinomes à cellules transitionnelles, les mélanomes, les carcinomes folliculaires thyroïdiens et les fibrosarcomes.

Les métastases étaient bilatérales dans 50% des cas et les cellules néoplasiques étaient limitées au cortex des glandes surrenales dans 50% des cas également. Dans 30% des cas, les métastases étaient concentrées au sein de la médulla. Le pattern d'infiltration était variable suivant les tumeurs. La nécrose était l'observation histologique la plus fréquente en cas de métastases surrenaliennes.

Une autre étude (15), plus ancienne, rapporte que les lésions métastatiques seraient responsables de 18% de toutes les lésions néoplasiques des glandes surrenales.

Dans un article de 2016, les auteurs ont reporté la fréquence, l'âge et le sexe des 159 chats autopsiés présentant des anomalies surrenaliennes entre 2004 et 2006 (13). Sur ces 159 chats, huit chats présentaient des métastases surrenaliennes : six chats avaient un lymphome malin et les deux autres étaient atteints respectivement d'un carcinome pulmonaire et d'un carcinome pancréatique.

IV. Affections surrénaliennes rencontrées dans l'espèce féline

A. Hyperaldostéronisme primaire

L'hyperaldostéronisme primaire, aussi connu sous le nom de syndrome de Conn, est le désordre corticosurrénalien le plus courant chez le chat. Il a été diagnostiqué chez un chat pour la première fois en 1983. Bien que rare, cette affection est de plus en plus rapportée dans la littérature, laissant alors penser qu'elle est largement sous-diagnostiquée, privant alors un nombre potentiellement élevé de chats d'une thérapie appropriée voire d'une guérison de la maladie (4, 10).

L'hyperaldostéronisme primaire est dû la plupart du temps à une tumeur corticosurrénalienne, localisée plus précisément au sein de la zone glomérulée, site de la synthèse et de la sécrétion d'aldostérone. Dans 50% des cas, il s'agit d'un adénome, et dans 50% c'est un carcinome (1, 20). Dans les deux cas, la tumeur sécrète de façon excessive et autonome de l'aldostérone. Plus rarement, il peut s'agir d'une hyperplasie non tumorale idiopathique uni- ou bilatérale.

Cette maladie touche les chats plutôt âgés, avec une moyenne d'âge de 12,4 ans lors du diagnostic. Il ne semble pas y avoir de prédisposition de race ou de sexe. Les signes cliniques découlent de l'hypersecretion de minéralocorticoïdes, plus précisément de l'aldostérone, et se caractérisent par une hypertension artérielle (et signes oculaires associés) ainsi qu'une polymyopathie hypokaliémique. L'hyperaldostéronisme primaire est très souvent diagnostiqué à tort comme une maladie rénale chronique à cause de l'association fréquente de l'hypertension artérielle et de l'hypokaliémie avec cette affection (21).

L'imagerie médicale, notamment l'échographie, est utile pour différencier une tumeur corticosurrénalienne d'une hyperplasie bilatérale et permettre ainsi de proposer un traitement adapté (21).

B. Hyperadrénocorticisme

(4, 17) Bien que le terme « hyperadrénocorticisme » fasse référence à une surproduction de n'importe quelle hormone corticosurrénalienne, il est classiquement utilisé en médecine vétérinaire pour décrire l'hypercorticisme, aussi appelé « syndrome de Cushing ». Cette

maladie est donc causée par une sécrétion excessive de cortisol par la zone fasciculée des glandes surrénales. Cette sécrétion autonome peut avoir deux origines : l'hypophyse ou la glande surrénale elle-même. Dans le premier cas, il s'agit souvent d'une tumeur développée à partir des cellules corticotropes de la pars distalis de l'hypophyse qui sécrète de façon autonome de l'ACTH. Cela stimule alors excessivement la production de cortisol depuis le cortex surrénalien. On parle alors d'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant, ou secondaire. Dans le second cas, c'est une tumeur du cortex surrénalien, principalement de la zone fasciculée, qui sécrète de façon autonome et excessive du cortisol. On parle donc d'hyperadrénocorticisme surréno-dépendant, ou primaire. Parmi les chats atteints de tumeur de la zone fasciculée du cortex surrénalien, 50% d'entre eux ont un adénome et 50% ont un carcinome.

Contrairement à ce que l'on observe chez le chien, l'hyperadrénocorticisme est peu commun chez le chat, avec un peu plus de 180 cas décrits dans la littérature vétérinaire. Dans 80% des cas, il s'agit d'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant. La moyenne d'âge lors du diagnostic est de 10 ans, et il ne semble pas y avoir de prédisposition de race ou de sexe. Dans 80% des cas d'hyperadrénocorticisme, le chat développe également un diabète sucré insulino-résistant (17).

L'hyperadrénocorticisme se manifeste par des signes tels qu'une polyuro-polydipsie, une distension abdominale (abdomen penduleux), de la polyphagie, une perte de poids, une alopecie symétrique, une atrophie cutanée laissant apparaître les vaisseaux sanguins sous-cutanés, une amyotrophie... La spécificité clinique du chat est l'extrême fragilité de sa peau (risques de déchirures cutanées lors de manipulations ou de tonte).

L'hypercortisolisme iatrogène, consécutif à l'administration de glucocorticoïdes sur du long terme, semble rare chez le chat (6, 22).

C. Hypoadrénocorticisme primaire

L'hypoadrénocorticisme primaire, ou maladie d'Addison, est une maladie extrêmement rare chez le chat. Depuis sa découverte en 1983, moins d'une quarantaine de cas ont été décrits (10). Bien que la physiopathologie féline de l'hypoadrénocorticisme ne soit pas connue, une destruction auto-immune du cortex surrénalien est suspectée dans la plupart des cas, menant à un déficit en minéralocorticoïdes et en glucocorticoïdes. Un cas consécutif à un traumatisme engendrant une atrophie surrénalienne ainsi que deux cas dus aux infiltrations bilatérales d'un lymphome multicentrique sont également décrits (23).

Les chats atteints sont de tout âge (de 8 mois à 14 ans), sans prédisposition de race ou de sexe. Ils présentent des signes cliniques non spécifiques, similaires à ceux retrouvés chez les chiens : anorexie, vomissements, léthargie, perte de poids. Ces symptômes sont sensés répondre à une thérapie à base de glucocorticoïdes et de minéralocorticoïdes après avoir pris en charge la crise aiguë. Le pronostic des chats atteints d'hypoadrénocorticisme ne semble pas aussi bon que celui des chiens (4, 6, 24).

D. Excès de stéroïdes sexuels d'origine surrénalienne

Les tumeurs corticosurrénales peuvent sécréter en excès un ou de multiples stéroïdes, menant alors à un hyperprogestéronisme, un hyperaldostéronisme et/ou un hyperadrénocorticisme. Lorsque ces tumeurs se situent dans la zone réticulée, ce sont des stéroïdes sexuels qui sont sécrétés (androgènes et œstrogènes). Étant donné que la progestérone est un précurseur des autres hormones sexuelles, l'hyperprogestéronisme peut être associé à des concentrations sériques basales augmentées d'œstrogènes et d'androgènes. La progestérone peut également stimuler l'action du cortisol et avoir un effet glucocorticoïde intrinsèque (6, 25). La présentation clinique varie selon les cas, avec des signes spécifiques comme des modifications des appareils génitaux ou des changements comportementaux chez des animaux stérilisés, mais elle peut aussi ressembler à celle de l'hyperadrénocorticisme. Plus d'une dizaine de cas ont été rapportés dans la littérature vétérinaire et ces affections semblent plus fréquentes chez les chats que chez les chiens (4, 6, 25–32).

Une tumeur des glandes surrénales, notamment de la zone réticulée, doit être envisagée chez les chats présentant des changements de comportement et physiques de nature sexuelle nouvellement développés alors qu'ils sont stérilisés (27).

E. Phéochromocytome

Les phéochromocytomes, tumeurs médullo-surrénales très rares, surviennent chez des chats adultes âgés de plus de 7 ans. Les mâles et les femelles semblent également touchés, mais les animaux stérilisés semblent y être plus sujets. Les signes cliniques rapportés sont peu caractéristiques : polyurie, polydipsie, léthargie, anorexie, vomissements intermittents (18)...

Les catécholamines étant libérées de façon cyclique, ces pics sécrétoires sont susceptibles d'entraîner des signes cliniques paroxystiques.

Bien que l'historique et les résultats de laboratoire puissent être en faveur d'un phéochromocytome, l'imagerie (notamment l'échographie chez le chat) se révèle souvent nécessaire pour conclure à la présence d'une masse surrénalienne.

V. Echographie des surrénales chez le chat

A. Technique d'exploration des surrénales

L'échographie est facilement accessible aux cliniciens. En effet, elle n'est pas invasive, ne requiert pas d'anesthésie générale et permet la visualisation en temps réel des glandes surrénales. Des compétences techniques ainsi qu'une très bonne connaissance de l'anatomie sont néanmoins requises pour les localiser. De plus, une contention adéquate ainsi que la patience de l'animal sont nécessaires pour les visualiser dans de bonnes conditions (4). Dans un environnement calme et sombre, la plupart des chats tolèrent bien la procédure sans qu'une sédation ne soit nécessaire. Le chat est placé en décubitus dorsal ou latéral selon les habitudes de l'opérateur et l'état de santé de l'animal. Les poils de la région abdominale sont tondus et un gel de contact ou de l'alcool est appliqué sur la peau afin de permettre une surface de contact maximale entre la sonde échographique et la peau.

Afin de bien visualiser les glandes surrénales, l'échographe doit être en mode B. De plus, compte-tenu de la petite taille de ces organes, une sonde linéaire ou micro-convexe de haute fréquence (> 7,5 MHz) est recommandée (1, 4, 5).

1. La glande surrénale gauche

Pour observer la glande surrénale gauche, le chat est placé en décubitus dorsal. La surrénale peut être déterminée en identifiant d'abord le rein gauche dans son axe longitudinal, puis en déplaçant légèrement la sonde médialement depuis son pôle crânial jusqu'à l'aorte. Initialement, seule une partie de la glande surrénale gauche est visible avec cette technique puisque, comme dit ci-dessus, le long axe de la glande n'est pas parfaitement parallèle à celui

du rein. La sonde doit ainsi être tournée de 10 à 15 degrés dans le sens des aiguilles d'une montre afin de voir apparaître toute la glande à l'écran (4, 6).

2. *La glande surrénale droite*

Certains auteurs trouvent que la glande surrénale droite est difficile à visualiser. En effet, étant plus crâniale que la gauche, elle se situe sous la cage thoracique, des anses digestives (duodénum, côlon) peuvent s'insérer entre la glande et la sonde, et la présence de gaz ou de contenu intestinal peut altérer les images (4, 33).

Pour la rechercher, le chat peut être placé en décubitus dorsal ou latéral gauche. La sonde est placée dans le plan sagittal du corps, caudalement à la cage thoracique. La sonde est ensuite déplacée médialement depuis le rein droit jusqu'à la veine cave caudale. Il faut veiller à ne pas appliquer trop de pression avec la sonde afin de ne pas écraser la paroi de la veine cave caudale (4). La sonde est ensuite très légèrement déplacée dorso-latéralement : la glande est facilement manquée si les mouvements sont exagérés ou réalisés trop rapidement. La surrénale droite est superposée à la veine cave caudale.

Une fois visualisées, les glandes surrénales sont toujours observées dans au moins deux plans orthogonaux, généralement le plan sagittal ou frontal suivi du plan transversal (4). Le mode Doppler de l'échographe peut permettre de différencier les deux glandes surrénales de certains vaisseaux.

B. Aspect échographique des glandes surrénales chez le chat sain

Contrairement à ce qui est observé chez le chien, les glandes surrénales félines droite et gauche sont d'apparence similaire en échographie. (3, 4, 34) Elles sont bien définies et uniformément hypoéchogènes par rapport à la graisse environnante hyperéchogène qui permet ainsi un bon contraste. Elles apparaissent classiquement bilobées (ovales avec une légère dépression centrale), mais elles peuvent aussi apparaître ovales ou fusiformes (voir les photographies (a), (b) et (c) de la Figure 5 ci-après). Un mince halo hyperéchogène peut être visible autour de la glande (1, 4, 35).

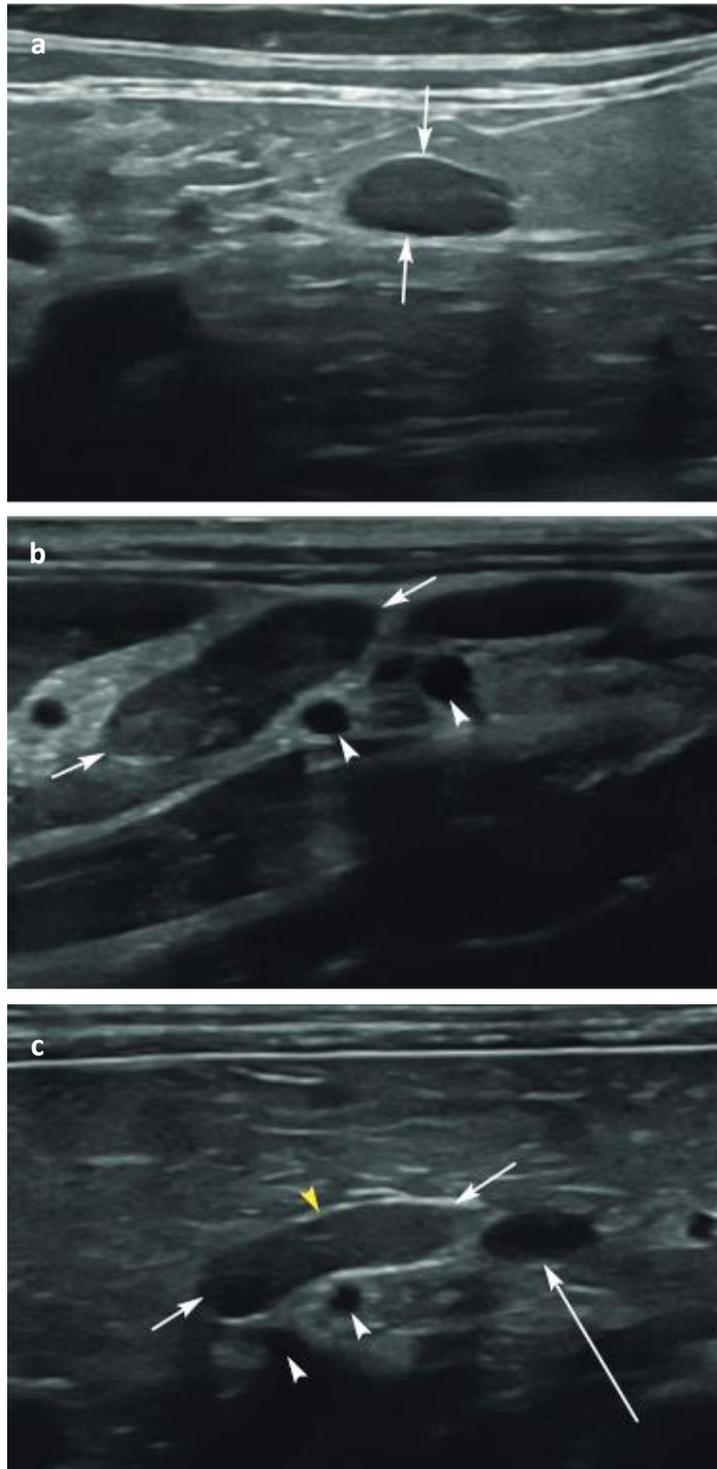


Figure 5 : Images montrant les variations normales de forme des glandes surrénales (Griffin, 2021)

Les flèches courtes montrent les glandes surrénales, de différentes formes selon les images : ovale (a), bilobée (b) et fusiforme (c) En (b) et (c), les artères cœliaque et mésentérique crânielles (têtes de flèches blanches) sont visibles en coupe transversale. En (c), la longue flèche blanche désigne l'artère rénale gauche (partiellement visible) et la tête de flèche jaune ventrale à la glande surrénale montre la localisation de la veine phrénico-abdominale, qui, bien que de petite taille, peut être identifiée en coupe transversale.

La forme de la glande semble influencée par le plan dans lequel l'image échographique est obtenue. En effet, les glandes surrénales ne sont pas parfaitement parallèles à l'axe du corps de l'animal. Elles présentent un pôle crânial légèrement plus latéral et un pôle caudal légèrement plus médial. Ainsi, elles apparaissent ovales lorsque l'on se situe dans le plan sagittal du corps alors que lorsque l'on est dans le plan sagittal de chacune des glandes, elles apparaissent bilobées et cela permet d'obtenir la plus longue distance crânio-caudale (1, 4).

Des foyers hyperéchogènes répartis aléatoirement au sein du parenchyme et associés à des cônes d'ombre sont observés jusqu'à chez 30% des chats sains adultes, parfois également visibles en radiographie (1, 33). Les hypothèses quant à la présence de ces foyers sont une minéralisation/calcification, de petites hémorragies focales ou bien des dépôts lipidiques (1, 4). Parfois, ces foyers hyperéchogènes ne sont pas associés à des cônes d'ombre, certainement car ces zones de calcification sont trop petites pour produire une ombre acoustique (4).

Si les images sont obtenues à l'aide d'une sonde linéaire à haute fréquence, il est parfois possible de distinguer deux couches concentriques distinctes (4). Ces dernières n'ont pas fait l'objet d'études visant à corrélérer la présence de ces deux couches avec le cortex et la médulla (6, 34).

Plusieurs équipes se sont intéressées à la taille des glandes surrénales chez le chat sain. La première étude réalisée à ce sujet (35) comparait les mesures échographiques aux mesures directes des glandes surrénales lors de l'examen post-mortem chez dix chats. Les auteurs ont montré que les seules différences significatives entre ces mesures concernaient la largeur dans le plan transversal. Ils ont attribué cela au plan de coupe, non adapté à cette mesure.

Une étude de 2014 (5) a travaillé sur les variabilités intra- et inter-observateurs quant à l'observation des glandes surrénales félines en échographie. Les auteurs ont cherché à comprendre quelles étaient les sources et l'amplitude de variation des mesures échographiques de ces organes. Ils ont ainsi montré qu'une part importante de ces variations pouvait être attribuée à l'observateur, à l'équipement ou à l'animal. Pour ce faire, trois imageurs à différents niveaux d'expérience ont examiné six chats sains, et sept mesures échographiques de chacune des glandes ont été reportées. Au sein de cette étude, ils insistent sur la nécessité de bien définir les mesures réalisées et les plans associés. En effet, bien que la longueur soit une distance anatomiquement bien définie, les axes courts des glandes le sont beaucoup moins. Il est difficile de savoir de quelle distance il s'agit lorsque l'on évoque : hauteur, largeur ou encore épaisseur. De plus, les glandes surrénales de chats étant généralement bilobées, les distances aux extrémités sont forcément plus larges que la distance de la zone en dépression. Ils ont alors

défini la hauteur dans le plan dorso-ventral et la largeur dans le plan médio-latéral. D'après eux, les mesures de hauteur dans les plans sagittaux et transversaux sont plus fiables que les mesures de longueur et de largeur dans le plan transversal, ce qui vient confirmer les résultats de l'étude de 1993 (35).

L'étude la plus récente à ce sujet (3) a mis en évidence l'absence de différence significative d'épaisseur entre les glandes surrénales droite et gauche, ainsi qu'entre celles des mâles et des femelles. En revanche, c'est la première étude qui conclut à une différence significative de taille de ces organes selon le poids du chat. En effet, les auteurs ont mis en évidence que les chats pesant moins de 4 kg présentaient des glandes surrénales plus petites que leurs congénères pesant entre 4 et 8 kg.

D'autres études antérieures concluaient à l'absence de lien entre la taille des glandes surrénales et le poids, la note d'état corporel ou la surface corporelle (1, 36).

Une étude a mis en évidence une différence significative de la taille des glandes surrénales entre les animaux entiers et stérilisés. En effet, il semblerait que les chats stérilisés aient des glandes surrénales plus grandes que les chats entiers, mâles et femelles confondus (1).

De plus, d'autres études ne mettent pas en évidence de différence significative de taille des glandes surrénales entre les chats malades d'affections chroniques non surrénaliennes et les chats sains (1, 37).

Un récapitulatif bibliographique des mesures échographiques des surrénales chez le chat, réalisées entre 1993 et 2021, est présenté en annexe.

C. Aspect échographique anormal des glandes surrénales

1. *Augmentation bilatérale de taille avec conservation de forme*

a. Hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant

Plusieurs études ont démontré qu'une hypertrophie bilatérale et symétrique des glandes surrénales était l'aspect échographique standard lors d'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant félin. Néanmoins, certains chats présentent des glandes surrénales de taille normale, et quelques individus ont même une hypertrophie surrénalienne unilatérale, amenant alors le clinicien à suspecter à tort une atteinte surrénalienne primaire (1, 4, 17, 38). Une étude

rétrospective de 2014 (39) s'est intéressée à 30 cas d'hyperadrénocorticisme félin. Sur les 27 chats présentant un hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant, 22 d'entre eux présentaient une hypertrophie bilatérale des surrénales (81,5%), 3 avaient des glandes surrénales de taille normale (11,1%) et 2 avaient une hypertrophie surrénalienne unilatérale (7,4%). Chez les chats atteints d'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant, les glandes surrénales hypertrophiées conservent leur forme originelle et présentent souvent une échogénicité hétérogène avec des foyers hyperéchogènes, ou une médulla hyperéchogène entourée d'un parenchyme hypoéchogène par rapport à la graisse environnante (1).

Dans l'étude rétrospective d'Oliveira et al. (2) datant de 2022, l'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant apparaît comme une cause mineure d'hypertrophie surrénalienne (1 chat sur 68).

b. Hyperthyroïdie

En 2012, deux articles se sont intéressés à la taille des glandes surrénales chez les chats atteints d'hyperthyroïdie et leurs résultats divergent. La première étude comparait les mesures des glandes surrénales chez des chats sains, des chats hyperthyroïdiens non traités et des chats hyperthyroïdiens sous traitement. Les auteurs ont mis en évidence l'absence de différence significative en termes de forme et d'échogénicité des glandes surrénales entre ces trois groupes. En effet, l'apparence des glandes surrénales était similaire entre les chats malades et les chats sains. Cependant, les glandes surrénales des chats hyperthyroïdiens, traités ou non, présentaient des mesures crânio-caudales et dorso-ventrales 20% plus grandes que celles des chats sains (Figure 6). Le parenchyme surrénalien contenait également plus de foyers hyperéchogènes (Figure 7), particulièrement chez les chats hyperthyroïdiens non traités, sans que cela ne soit expliqué (40).

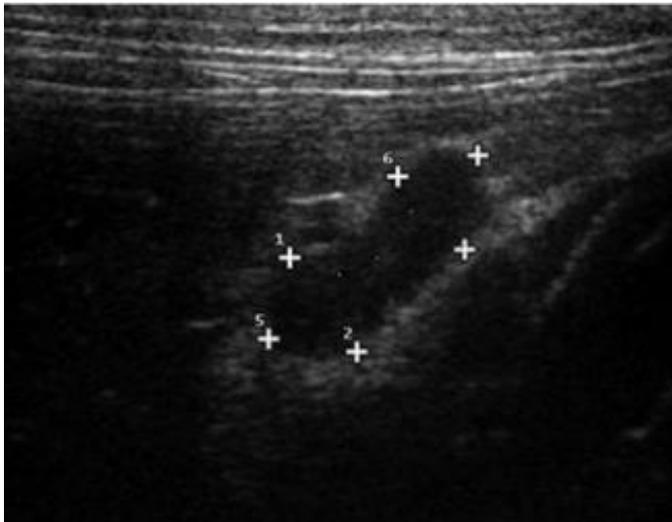


Figure 6 : Image échographique d'une coupe sagittale d'une glande surrénale droite d'un chat hyperthyroïdien (Combes et al. 2012)

Notez la forme de haricot hypoéchogène et bien définie entourée d'un halo hyperéchogène.

Mesures correspondantes :
 - longueur : 14,5 mm
 - hauteur crâniale : 5,7 mm
 - hauteur caudale : 5,2 mm

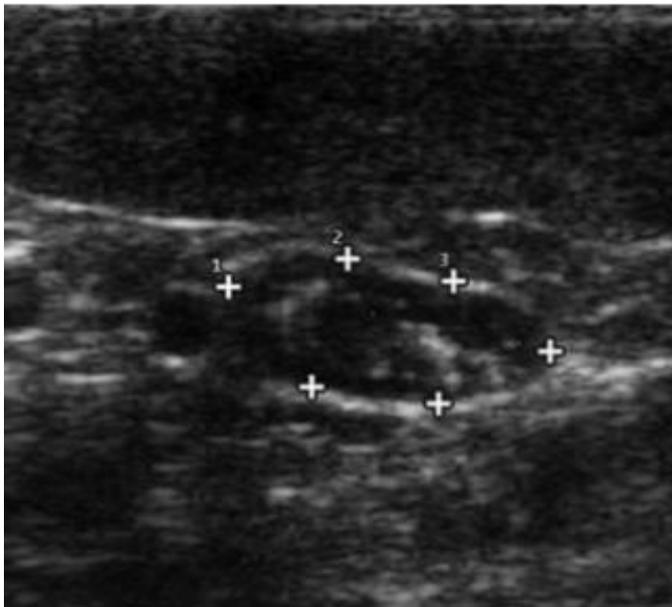


Figure 7 : Image échographique d'une coupe sagittale d'une glande surrénale droite d'un chat hyperthyroïdien (Combes et al. 2012)

Notez l'irrégularité des foyers hyperéchogènes dans les pôles crânial et caudal de la glande.

Mesures correspondantes :
 - longueur : 11,0 mm
 - hauteur crâniale : 4,5 mm
 - hauteur caudale : 4,2 mm

Dans le second article, paru la même année, les auteurs ont comparé les mesures des glandes surrénales entre un groupe de chats sains, un second de chats hyperthyroïdiens et un dernier de chats atteints d'affections chroniques (37). Ils ont alors mis en évidence l'absence de différence significative de taille entre les glandes surrénales des chats sains et les chats atteints d'hyperthyroïdie, que ce soit en termes de longueur ou d'épaisseur, ce qui vient contredire l'étude précédente.

En 2022, une étude s'est intéressée aux affections des chats présentant une hypertrophie surrénalienne détectée à l'échographie (2). D'après cet article, l'hyperthyroïdie serait la seconde affection la plus fréquente associée à une hypertrophie surrénalienne (9 sur 68 chats).

L'hyperthyroïdie apparaît alors comme l'affection endocrinienne la plus prévalente en cas d'augmentation de taille des glandes surrénales.

c. Acromégalie

Une étude de 2015 a comparé l'aspect échographique de différents organes, dont les glandes surrénales, entre des chats atteints d'acromégalie, et d'autres chats atteints d'autres affections ne concernant ni les reins, ni les glandes surrénales, ni le pancréas, ni le foie (41).

L'acromégalie ou hypersomatotropisme, est le syndrome résultant d'une sécrétion excessive d'hormone de croissance (GH – Growth Hormone) chez l'animal adulte. Il est peu fréquent chez les chats. L'acromégalie est généralement causée par un adénome hypophysaire fonctionnel. Les effets caractéristiques de cette sécrétion anormalement élevée de GH comprennent le développement d'un diabète sucré et la croissance des segments acraux du corps (mâchoires, crâne, extrémités). Cette affection est très souvent associée à un diabète sucré insulino-résistant chez le chat (42).

Dans l'étude de 2015, les auteurs rapportent alors une médiane des épaisseurs surrénales significativement plus élevée chez les chats acromégaliques que chez le groupe contrôle. Chez les chats atteints d'acromégalie, les valeurs s'étendaient entre [3,2 – 8,8 mm] alors que chez les chats sains, elles s'étendaient entre [2,3 – 5,3 mm]. La majorité des chats présentait une augmentation bilatérale de l'épaisseur (54%), tandis que d'autres présentaient seulement une augmentation unilatérale de l'épaisseur.

Une autre étude, de 2012, rapporte une hyperplasie du cortex surrénalien visible en histologie suite à l'autopsie mais non rapportée à l'échographie abdominale (42).

Dans l'étude d'Oliveira et al. (2), l'hypersomatotropisme apparaît comme une cause mineure d'hypertrophie surrénalienne (1 chat sur 68).

d. Maladie rénale chronique (MRC)

Bien que peu d'études ne se soient intéressées à la taille des glandes surrénales en cas de maladie rénale chronique, l'étude d'Oliveira et al. (2) met en évidence le rôle majeur de cette affection dans l'augmentation de la taille des glandes surrénales félines. En effet, 25 chats sur les 68 présentant une hypertrophie uni- ou bilatérale des glandes surrénales étaient atteints de maladie rénale chronique. L'occurrence de l'hypertrophie surrénalienne chez les chats avec une maladie

rénale chronique est ambiguë car elle peut être tant la cause d'un hyperaldostéronisme secondaire que la conséquence d'un hyperaldostéronisme primaire.

e. Diabète sucré

Jusqu'à très récemment, une seule étude s'était intéressée à la taille des glandes surrénales en cas de diabète sucré dans l'espèce féline (43). Elle avait conclu au fait que cette affection n'était pas responsable d'une augmentation de taille surrénalienne chez les chats. Or, l'évaluation échographique de la taille des glandes surrénales avait été réalisée lors du diagnostic, soulignant alors la possibilité que le diabète n'avait pas eu le temps d'entraîner des modifications surrénaliennes.

L'étude rétrospective de 2022 (2) met en évidence que le diabète est la troisième maladie la plus fréquente en cas d'hypertrophie surrénalienne chez les chats. En effet, sur les 68 chats présentant une augmentation uni- ou bilatérale de taille de leurs glandes surrénales, 7 chats étaient atteints d'un diabète sucré.

2. *Augmentation bilatérale de taille avec perte de forme*

a. Tumeurs bilatérales

Un cas de tumeurs bilatérales a été rapporté dans la littérature, entraînant alors la déformation et l'hypertrophie des deux glandes surrénales. Cette étude présente le cas d'un chat atteint d'un phéochromocytome au niveau de la glande surrénale gauche et d'un adénome cortical sur la glande surrénale droite, de façon concomitante. A l'échographie, les deux glandes surrénales apparaissaient de taille augmentée : la gauche présentait une augmentation de la taille de l'axe dorso-ventral et de l'axe longitudinal mais sa forme et son échogénicité étaient conservées, tandis que la droite présentait une échogénicité diminuée ainsi qu'un élargissement généralisé, particulièrement marqué au niveau des deux pôles (18).

b. Métastases bilatérales

Les métastases bilatérales sont susceptibles de causer une hypertrophie des surrénales associée à une perte de leur forme d'origine. Malheureusement, aucune description échographique n'existe à ce sujet. Les métastases doivent néanmoins faire partie du diagnostic différentiel

lorsqu'une hypertrophie des deux surrénales est observée, surtout si leur forme n'est pas conservée.

3. Augmentation unilatérale de taille avec perte de forme : adénomes, carcinomes et phéochromocytomes

a. Hyperaldostéronisme primaire

L'aspect échographique le plus fréquemment observé en cas d'hyperaldostéronisme félin est une masse unilatérale d'échogénicité variable (hyperéchogène hétérogène, hypoéchogène homogène ou encore un centre hyperéchogène entouré d'une aire hypoéchogène) (1). La taille de cette masse varie de 1 à 4 cm (Figure 8) (21, 44, 45). Aucun envahissement vasculaire au sein de la veine cave caudale n'a été rapporté (1, 44–46) bien que la masse puisse être en étroite relation avec celle-ci (46).

Le plus souvent, la glande controlatérale conserve une taille, une forme et une échogénicité normales. Il arrive qu'elle ne puisse pas être visualisée (1, 45, 46).

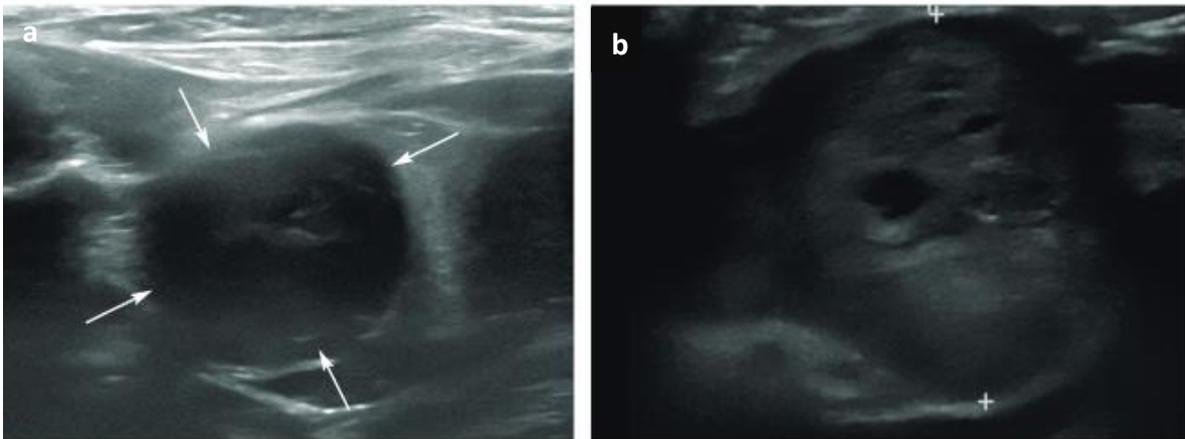


Figure 8 : Images échographiques de nodules surréniens chez deux chats atteints d'hyperaldostéronisme (Griffin, 2021)

(a) Une masse surrénalienne de 2 cm (flèches) au sein de la glande surrénale gauche d'un chat mâle castré de 13 ans présentant une faiblesse des membres postérieurs, une hypokaliémie, une hypertension systémique et une protéinurie. L'aldostérone plasmatique était >5000 pmol/l (RI 87–224 pmol/l). (b) Une masse surrénalienne gauche de 2,7 cm de diamètre (entre les deux marqueurs) chez un chat mâle castré de 10 ans présentant un historique d'hypokaliémie, de faiblesse généralisée, une démarche raide intermittente et une hypertension systémique. L'histopathologie a confirmé que la masse était un adénocarcinome surrénalien.

b. Hyperadrénocorticisme surrélano-dépendant

Plusieurs études se sont intéressées à l'aspect échographique des glandes surrénales chez les chats atteints d'hyperadrénocorticisme surrélano-dépendant. Le plus souvent, une masse

unilatérale est retrouvée. La glande controlatérale est soit de taille normale, soit non visualisée car possiblement atrophiée (1, 17, 39). En effet, la présence d'une tumeur sécrétant du cortisol entraîne un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion hypophysaire d'ACTH et donc de l'activité de la glande controlatérale (38). Occasionnellement, l'une ou les deux glandes surrénales apparaissent minéralisées, bien que cela soit également observé chez les chats sains (17).

c. Hypersécrétion de stéroïdes sexuels

L'aspect des glandes surrénales en cas d'hypersécrétion d'hormones sexuelles est très variable. La plupart des chats présentant une hypersécrétion de stéroïdes sexuels malgré une stérilisation présentent une masse surrénalienne unilatérale. La glande controlatérale n'était pas visualisée dans les études plus anciennes, mais est décrite comme normale ou de petite taille dans les études récentes. La masse surrénalienne est généralement caractérisée comme étant bien délimitée, ronde, homogène ou hétérogène en termes d'échogénicité, et créant parfois un effet masse sur le rein ipsilatéral (29). La taille de cette masse varie de 10 à 46 mm de diamètre au sein des cas rapportés (Figure 9) (26, 29, 47).

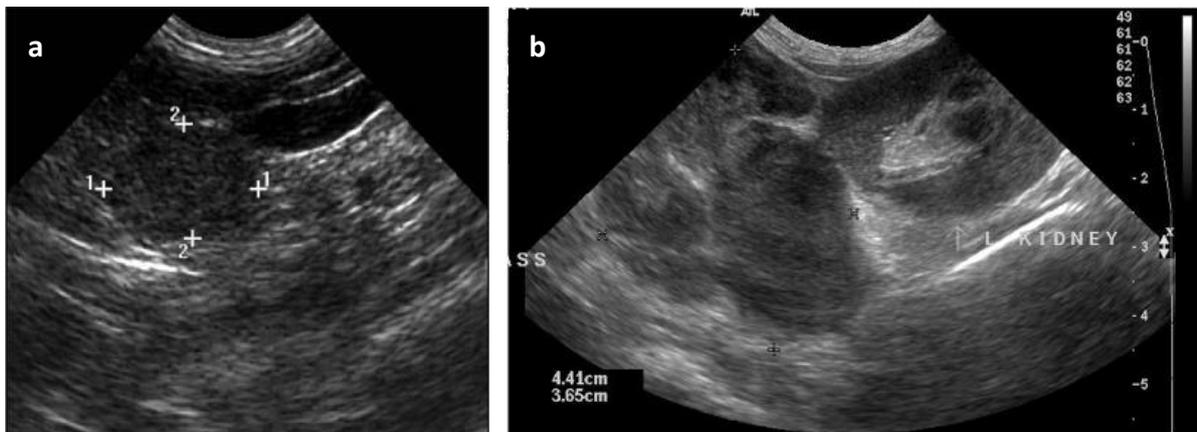


Figure 9 : Images échographiques de masses surrénaliennes sécrétant des stéroïdes sexuels en excès (Millard et al. 2009) (Briscoe et al. 2009)

(a) Masse ovale de 1,8 x 1,2 cm dans la région de la glande surrénale droite, sécrétant de l'androsténédione et de la testostérone. (b) Masse hétéro-échogène et lobulée sur la glande surrénale gauche sécrétant probablement de la progestérone et de l'aldostérone. Elle mesurait 46 mm de diamètre et repoussait le rein gauche caudalement.

d. Phéochromocytome

Peu de cas de phéochromocytome ont été rapportés dans la littérature. Ces tumeurs médullaires se caractérisent par la présence d'une masse d'échogénicité variable (normale, hyperéchogène, hypoéchogène) homogène à hétérogène. Lorsque les dimensions sont indiquées, la taille de la

masse varie de de 7,6 à 21 mm (18, 48, 49). Un article a néanmoins rapporté le cas d'un chat dont la glande surrénale, malgré une augmentation de sa taille, conservait sa forme normale (18). Il semblerait que la glande surrénale gauche soit plus souvent atteinte que la droite, puisque 4 phéochromocytomes sur 5 se localisaient à gauche.

La présence de thrombi tumoraux associés à la présence de phéochromocytome n'a pas été décrite chez le chat (18, 48–51).

4. Diminution bilatérale de taille avec conservation de forme

Un article de 2003 (52) a montré que les chats atteints de cystite interstitielle féline présentaient des glandes surrénales significativement plus petites que les chats sains. Cette réduction de taille concernerait spécifiquement les zones fasciculée et réticulée. Aucune autre anomalie histopathologique n'a été remarquée. De plus, bien que les valeurs de cortisolémie basale soient équivalentes chez les deux groupes, à la suite d'une stimulation à l'ACTH (injection de 125 µg d'ACTH synthétique en intramusculaire), les chats souffrant d'une cystite interstitielle féline avaient une cortisolémie significativement plus faible que celle des chats sains. Il semblerait donc que les chats atteints de cystite interstitielle féline aient un axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien dysfonctionnel lors de conditions stressantes.

VI. Autres modalités d'imagerie des surrénales

Au cours des dernières décennies, l'avancée des techniques d'imagerie médicale a permis d'améliorer grandement notre capacité à identifier les anomalies cliniques et subcliniques des glandes surrénales. En médecine humaine par exemple, l'accès facilité au scanner a résulté en une augmentation des découvertes fortuites des lésions des glandes surrénales. Ainsi, une lésion surrénalienne serait identifiée dans 4% des scanners réalisés pour diverses indications (53). En médecine vétérinaire également, il semblerait que ces organes soient le siège de lésions néoplasiques plus fréquemment que ce que l'on suspectait auparavant. Les tests hormonaux et l'imagerie médicale sont au cœur du diagnostic des lésions surrénaliennes afin de proposer la meilleure stratégie thérapeutique aux patients (14). Voici le descriptif d'autres modalités d'imagerie que l'échographie et leur usage dans l'examen des glandes surrénales.

A. La radiographie

De par leur petite taille et leur opacité tissulaire, les glandes surrénales ne sont pas visibles sur une radiographie, à moins d'être minéralisées (Figure 10) ou considérablement hypertrophiées. En effet, une augmentation modérée de la taille des glandes surrénales ne sera pas détectée radiographiquement (54). Un agrandissement conséquent de celles-ci peut être causé unilatéralement par un phéochromocytome, un adénome ou carcinome cortical, et bilatéralement par une hyperplasie de causes diverses (tumeur hypophysaire, idiopathique, hyperthyroïdie). Une masse surrénalienne doit alors être suspectée lorsqu'un tissu mou ou une masse partiellement minéralisée est présente crânio-médialement à l'un des reins. Les reins peuvent également être déplacés caudo-latéralement par la masse. Une grosse masse surrénalienne peut déplacer le fundus gastrique crânialement, le colon transverse caudo-ventralement et le rein gauche caudalement. Une masse surrénalienne droite peut être plus difficile à détecter car la surrénale droite est en relation assez étroite avec le foie (55).

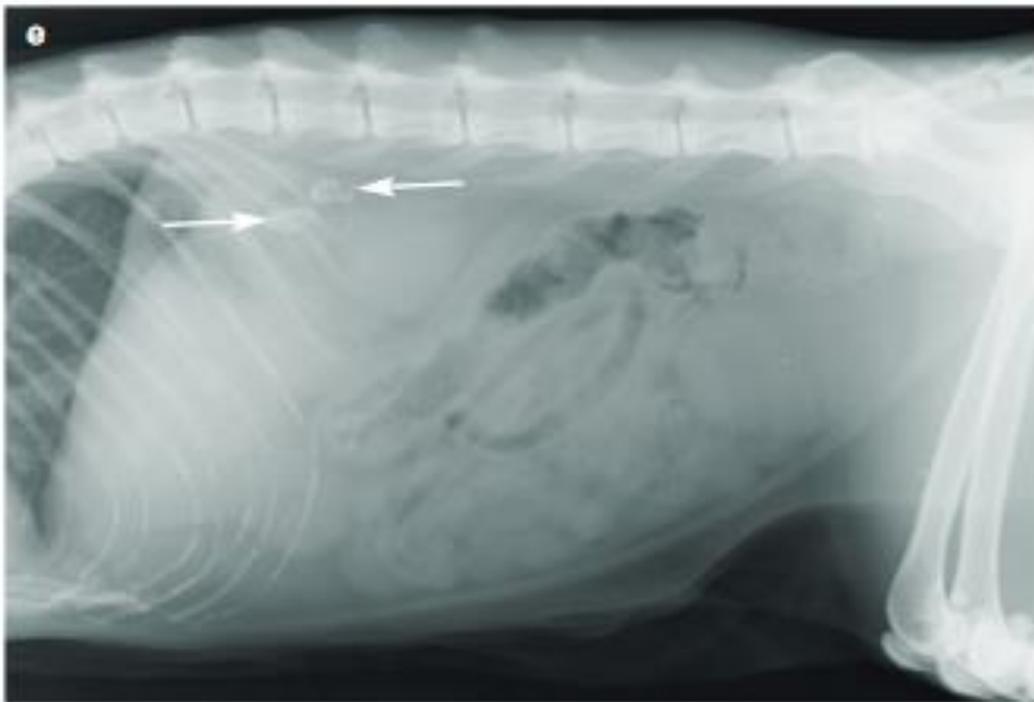


Figure 10 : Radiographie des glandes surrénales droite et gauche minéralisées (flèches) chez un chat mâle castré de 16 an (Griffin, 2021)

Néanmoins, la radiographie peut apporter des informations sur les effets secondaires d'une atteinte surrénalienne (4). Par exemple, en cas d'hyperadrénocorticisme, l'hépatomégalie, la graisse et la distension abdominale seront visibles sur la radiographie (17). Les métastases d'une tumeur surrénalienne seront aussi potentiellement détectables.

B. Le scanner

Le scanner, ou tomodensitométrie, permet de réaliser de manière ciblée des images en coupes fines du corps en combinant l'utilisation des rayons X à un système informatisé, le tout en une seule acquisition d'images. L'algorithme permet ensuite de reconstituer des images en deux ou trois dimensions des différentes structures anatomiques. Le scanner offre ainsi un large champ de vision et donc une perspective globale permettant une évaluation précise des organes.

En ce qui concerne l'examen des glandes surrénales en médecine vétérinaire, le scanner est particulièrement utile chez les animaux chez qui elles sont difficilement visualisables en échographie. Il permet une dé-superposition des tissus mous et donc une évaluation plus complète de la taille, de l'architecture et de la forme des glandes surrénales ainsi que la visualisation de potentielles tumeurs et métastases. De plus, le recours aux produits de contraste permet de distinguer les structures vasculaires des glandes surrénales, ce qui n'est pas toujours aisé en échographie (6). Les produits de contraste offrent également la possibilité de faire la différence entre un envahissement vasculaire d'une tumeur et une compression de la paroi veineuse, ainsi qu'entre un thrombus tumoral et un caillot sanguin.

En ce qui concerne la caractérisation des tumeurs, le scanner ne permet pas d'identifier avec précision le type tumoral. Cet examen est néanmoins recommandé en vue d'une chirurgie (exérèse d'une masse, surrénalectomie) afin d'évaluer sa faisabilité (vascularisation, étendue de la tumeur, infiltration des tissus environnants...) (10).

Une seule étude a été réalisée sur l'élaboration d'intervalles de référence des paramètres biométriques des glandes surrénales chez le chat sain (taille et valeurs d'atténuation) (56). D'après les auteurs, la longueur et la hauteur des glandes surrénales semblent plus fiables que la largeur pour caractériser les glandes surrénales. En effet, les mesures de largeur présentaient une plus grande variabilité. Cette étude rapporte également trois formes distinctes caractérisant les glandes surrénales félines : la forme bilobée, rapportée majoritairement, la forme ovale et celle en tête de flèche, qui n'avait encore jamais été décrite. Cette différence de forme peut expliquer la plus grande variabilité observée dans les mesures de largeur, montrant alors que la forme de la glande doit être prise en compte lors des mesures. Par ailleurs, les dimensions des glandes surrénales sont proches de celles établies en échographie, bien que légèrement supérieures (Tableau 3).

CT measurements	Healthy cats		
	Mean \pm SD	Range	(95% CI) RI
Length (mm)	11.6 \pm 2.1	7.6–15.4	7.4–15.8
Height (mm)	6.1 \pm 1.3	3.7–9.2	3.5–8.7
Non-enhanced attenuation values (HU)	35.4 \pm 8.4	14.8–64.6	18.6–52.2
Enhanced attenuation values (HU)	111.7 \pm 22.6	79.1–161.9	66.6–156.8

CI = confidence interval; RI = reference interval; HU = Hounsfield units

Tableau 3 : Valeurs tomодensitométriques de référence pour la longueur, la hauteur et les valeurs d'atténuations des glandes surrénales chez des chats sains (Mallol et al. 2020)

En accord avec de précédentes études, les auteurs n'ont pas trouvé de corrélation entre les dimensions des glandes surrénales et le poids ou l'âge. En revanche, cette étude met en évidence une différence significative entre la taille des glandes surrénales de chats mâles castrés comparée à celle des chats mâles entiers et des femelles stérilisées. Les chats mâles castrés auraient ainsi des glandes surrénales de plus grande taille. Les valeurs d'atténuation entre les glandes surrénales droite et gauche ne montrent pas de différence significative.

Un autre intérêt du scanner est la possibilité d'examiner l'hypophyse. En effet, dans la plupart des cas d'hyperadrénocorticisme félin, c'est une tumeur hypophysaire qui en est la source. L'examen des glandes surrénales peut donc profiter à celui de l'hypophyse. L'IRM et le scanner permettent de détecter 50% des cas d'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant et de différencier ainsi un hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant d'un hyperadrénocorticisme surréno-dépendant (6, 17).

Bien que plus précis que l'échographie, le scanner nécessite une anesthésie générale et expose l'animal à des rayonnements ionisants. De plus en plus accessible, toutes les structures vétérinaires n'en sont pas pour autant pourvues et son prix peut également être un frein à son utilisation en routine.

C. L'imagerie par résonance magnétique

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est une technique d'imagerie médicale utilisant un champ magnétique puissant permettant d'explorer dans les trois plans de l'espace les différents organes du corps. Cette technique consiste à analyser le comportement des protons de l'eau contenus dans l'organisme lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique. Le signal ainsi recueilli est traité par informatique pour donner des images, reconstruites par la suite.

Les cas pour lesquels l'échographie n'a pas permis de poser un diagnostic clair sont de bons candidats pour l'IRM (57). En effet, l'IRM peut fournir des résultats de meilleure qualité que le scanner en ce qui concerne l'envahissement vasculaire car il possède une résolution et un contraste plus élevés. De plus, il n'est pas toujours nécessaire d'injecter des produits de contraste pour différencier les glandes surrénales des vaisseaux alentours (58). Néanmoins, l'anesthésie générale nécessaire à la réalisation de l'IRM est de plus longue durée, et l'accessibilité de cette technique est encore plus limitée que celle du scanner. En revanche, l'IRM n'expose pas l'animal à des rayonnements ionisants.

Il existe peu de rapports documentant l'utilisation systématique de l'IRM pour l'évaluation des lésions surrénaliennes chez les animaux de compagnie, chiens et chats confondus. Une étude de 2003 s'est intéressée à l'aspect normal des glandes surrénales canines à l'IRM (58), mais c'est la seule à notre connaissance, et aucune étude n'a été réalisée sur les glandes surrénales félines.

Jusqu'ici, le recours à l'IRM en médecine vétérinaire se justifiait plutôt en cas d'atteinte cérébrale, notamment pour l'examen de l'hypophyse dans notre cas.

D. L'imagerie nucléaire

L'imagerie nucléaire regroupe la scintigraphie, le PET scan (Positron Emission Tomography) et le SPECT scan (Single Photon Emission Computed Tomography). Disponible depuis une vingtaine d'années auprès des vétérinaires, elle consiste en l'administration intraveineuse d'un marqueur spécifique d'un organe ou d'une fonction, et du suivi de son accumulation ainsi que de son devenir dans le temps et l'espace. Le marqueur utilisé est un radio-isotope, isolé ou couplé à un composé organique spécifique, qui émet des photons γ ensuite convertis en images. Cette technique est principalement utilisée en oncologie. En effet, elle permet de détecter d'éventuelles tumeurs, leur nombre, leur localisation, leur nature ainsi que le bilan d'extension afin de définir un plan thérapeutique adapté.

La scintigraphie présente une grande spécificité dans le cadre de l'exploration des tumeurs endocriniennes sécrétantes en apportant un point de vue fonctionnel et non pas seulement anatomique de l'organe. Parmi les organes se prêtant particulièrement bien à l'exploration scintigraphique, les glandes surrénales y ont une place de choix. La scintigraphie fournit alors des réponses à certains cas auxquels l'imagerie et les examens complémentaires classiques ne permettent pas d'établir un diagnostic fiable (59). En médecine humaine, l'imagerie nucléaire

est considérée comme complémentaire à l'imagerie anatomique (échographie, scanner, IRM) et est souvent utilisée après qu'une masse ait été identifiée (10).

A l'heure actuelle, aucune étude n'a porté sur la scintigraphie des glandes surrénales félines. En revanche, deux études se sont intéressées à la détection des phéochromocytomes chez des chiens par l'imagerie nucléaire (60, 61).

E. Limites de l'imagerie

L'imagerie conventionnelle présente bien évidemment des limites. La taille des lésions, notamment des tumeurs, peut être limitante. En effet, les tumeurs de petite taille peuvent se situer sous le seuil de détection de l'échographie, du scanner ou de l'IRM mais être pourtant à l'origine des signes cliniques observés. Par exemple, les néoplasies fonctionnelles de la zone glomérulée n'ont pas besoin d'être grandes pour causer un hyperaldostéronisme clinique. L'absence de lésions observables à l'imagerie ne doit pas pour autant exclure du diagnostic différentiel une affection surrénalienne. Réciproquement, une tumeur surrénalienne de taille conséquente peut être visualisable par l'imagerie mais ne pas être à l'origine des signes cliniques. De la même façon, la présence d'un envahissement de la veine cave caudale par une tumeur suggère une exérèse chirurgicale difficile mais l'absence de lésion observée au niveau de la veine cave caudale ne prédit pas une surrénalectomie sans complications.

Il faut toujours confronter les résultats obtenus par l'imagerie à l'historique de l'animal, à l'examen clinique ainsi qu'aux résultats de tests sanguins réalisés (21).

Bilan

Tandis que la médecine humaine se base sur l'examen scanner, l'échographie est une technique d'imagerie médicale à laquelle les vétérinaires recourent énormément. Les glandes surrénales félines sont à l'origine d'affections moins rares que ce que l'on pensait et elles devraient être examinées en routine lors de tout examen échographique abdominal chez le chat. L'échographie reste en effet l'examen d'imagerie médical de choix pour examiner ces organes : elle est peu chronophage, ne nécessite pas d'anesthésie générale ni de précautions particulières lors de l'emploi (pas de rayonnements ionisants), elle est facilement accessible aux cliniciens et son prix est abordable. Néanmoins, l'échographie des surrénales est un véritable challenge pour les praticiens non expérimentés : elles sont de petite taille, leur position peut être assez variable, leur visualisation peut être gênée par la présence de gaz/contenu dans le tube digestif, l'animal peut manquer de patience et ne pas être très coopératif.

Pour autant, l'échographie permet de détecter une asymétrie ou une hypertrophie bilatérale, des modifications de forme ou d'échogénicité des glandes surrénales. La distinction entre les glandes surrénales et les structures vasculaires environnantes peut être réalisée grâce au mode Doppler, lorsqu'il est disponible sur l'échographe. En effet, cette distinction n'est pas toujours aisée. Pour un praticien expérimenté, l'échographie peut également permettre d'identifier la présence d'un envahissement vasculaire, notamment au sein de la veine cave caudale, ainsi que la présence de potentielles métastases à distance. En revanche, comme les autres modalités d'imagerie médicale, l'échographie ne peut pas faire la distinction entre une masse bénigne et une masse maligne.

Il faut garder à l'esprit que l'aspect échographique des glandes surrénales, comme tout autre organe, doit être mis en relation avec l'historique du patient, son examen clinique et les résultats des différents examens complémentaires réalisés. Un examen histologique ou encore un scanner peuvent être nécessaires afin de poser un diagnostic de certitude. L'échographie peut intervenir de nouveau à cette étape puisqu'elle permet la réalisation de cytoponctions (après exclusion d'un phéochromocytome) et de biopsies échoguidées.

Dans la seconde partie de ce travail, nous allons présenter les résultats d'une étude clinique prospective au sein du Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie (CHUVAC) de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT). Cette étude a porté sur l'aspect échographique des surrénales d'une large population de chats admis dans les différents services du CHUVAC pour des affections diverses entre janvier 2022 et avril 2023.

Partie 2 : étude expérimentale

I. Introduction

La revue bibliographique que nous avons réalisée dans la première partie de ce travail (voir le Tableau en annexe) suggère pour les chats sains, une absence de différence de dimensions entre les deux glandes surrénales et une absence d'effet du sexe, de l'âge et du poids du chat sur les dimensions des surrénales. Néanmoins, les études divergent quant à l'impact de certaines affections (endocrinopathies telles que l'hyperthyroïdie, le diabète sucré, ou encore les maladies rénales chroniques).

L'objectif de cette étude descriptive et prospective est de faire un état des lieux de l'aspect échographique des glandes surrénales d'une population de chats malades, reçus au sein du Centre Hospitalier Vétérinaire Universitaire des Animaux de Compagnie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, sur une période de 15 mois. Nos hypothèses, basées sur notre pratique quotidienne sont que (i) les dimensions des surrénales du chat malade sans affection surrénalienne connue, sont peu différentes des dimensions des surrénales du chat sain, (ii) la largeur des surrénales du chat malade ne dépasse jamais 4,8 mm quelle que soit l'affection non surrénalienne diagnostiquée.

II. Matériel et méthodes

A. Sélection des animaux et conception de l'étude

Les chats inclus dans cette étude ont été pris en charge au Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie (CHUVAC) de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) entre le 31 janvier 2022 et 11 avril 2023 pour des affections diverses. Les critères d'inclusion de cette étude étaient la réalisation d'une échographie abdominale au cours de la prise en charge médicale du chat et une patience suffisante de celui-ci en décubitus dorsal

pour l'obtention d'images échographiques des glandes surrénales de qualité satisfaisante. Selon les animaux, une analgésie et une contention chimique ont pu être nécessaires pour la réalisation de l'échographie abdominale mais n'ont jamais été motivées uniquement par les objectifs de cette étude et ne sont pas des critères d'exclusion. Tous les chats ont subi à leur arrivée un examen clinique complet ainsi que divers examens nécessaires à la pose d'un diagnostic le plus précis possible selon les moyens financiers ainsi que les décisions des propriétaires. Les différentes informations cliniques et paracliniques de ces chats ont été collectées sur le logiciel CLOVIS, base de données utilisée au sein du CHUVAC regroupant la totalité des comptes-rendus cliniques ainsi que les résultats des examens complémentaires réalisés.

B. Examen échographique

Pour la réalisation des échographies abdominales, les chats étaient donc placés en décubitus dorsal dans un coussin de contention avec le minimum de contrainte possible. Les poils de la région abdominale ont été tondu et du gel de couplage a été appliqué. Trois échographes de même marque et de même modèle (Epiq 5 Philips Healthcare) ont été utilisés sur la période couvrant l'étude et une seule sonde a été utilisée (sonde linéaire multifréquence L12-5 MHz). Un seul opérateur entraîné a été en charge de tous les examens échographiques.

C. Evaluation des glandes surrénales

Le stockage des vidéos et des photos d'échographies abdominales ainsi que les mesures de glandes surrénales ont été réalisés sur le PACS du centre hospitalier puis exportées et traitées sur le logiciel HOROS (v3.3.5).

Les mesures des surrénales ont été réalisées à postériori et à distance des examens par deux opérateurs (un expérimenté et un non expérimenté) pour un échantillon (35%) de la population de cette étude et les mesures des deux opérateurs ont été comparées. L'opérateur non expérimenté a traité seul le reste de la population. Toutes les mesures ont été réalisées en double aveugle pour l'échantillon traité par deux opérateurs et à l'aveugle pour le reste de la population. L'intérêt de cette première partie du travail en double aveugle a été de s'assurer de la fiabilité des mesures de l'opérateur non expérimenté pour la suite de l'étude.

Chaque surrénale a été échographiée en coupe sagittale, en prenant soin d'obtenir la longueur et la largeur maximale de l'organe. Une coupe transversale a pu être réalisée à la discrétion de l'opérateur mais n'a pas été utilisée pour cette étude.

La forme générale des glandes surrénales a été rapportée : bilobée (ovale avec une dépression centrale), ovale (sans dépression), fusiforme (allongée avec les extrémités plus pointues) et indéterminée. L'échogénicité de chaque glande surrénale comparée aux tissus environnants (hypo-, iso- ou hyperéchogène) et la présence de foyers hyperéchogènes ont également été rapportées.

La longueur maximale (crânio-caudale, L) et les hauteurs maximales du pôle crânial (dorso-ventrale, HPCr) et du pôle caudal (dorso-ventrale, HPCd) ont été mesurées dans le plan sagittal de chaque glande surrénale. La technique de mesure est représentée sur la Figure 11 ci-dessous. Une seule mesure par glande et par opérateur a été réalisée pour chaque animal.

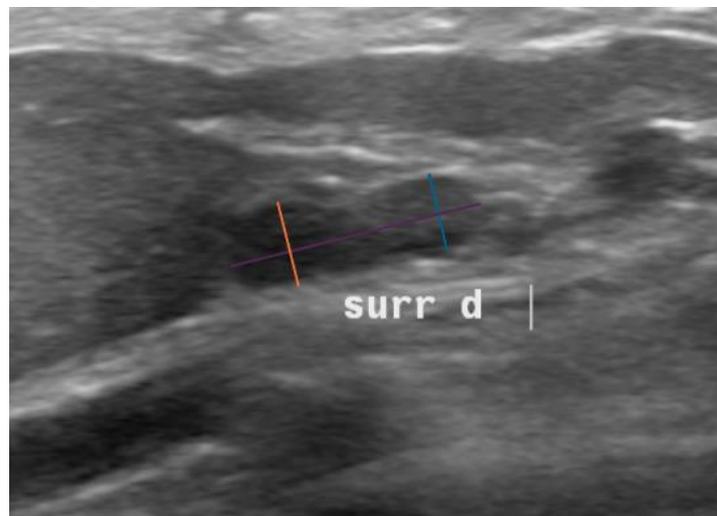


Figure 11 : Illustration des mesures d'une glande surrénale droite en coupe sagittale.

En orange : mesure de la hauteur maximale du pôle crânial (HPCr) ; en bleu : mesure de la hauteur maximale du pôle caudal (HPCd) ; en violet : mesure de la longueur maximale (L).

D. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sur les mesures des glandes surrénales ont été effectuées sur le logiciel d'analyses statistiques R Studio (R version 4.2.2). Afin d'évaluer la concordance entre les mesures réalisées par l'opérateur expérimenté et celles de l'opérateur non expérimenté, plusieurs analyses statistiques ont été réalisées pour chaque mesure : le tracé d'un diagramme

de Bland Altman, le calcul d'un coefficient de Lin ainsi que sa représentation graphique. L'impact de la latéralisation des glandes surrénales sur leur forme a été évalué à l'aide d'un test exact de Fisher. Pour comparer les mesures des glandes surrénales droite et gauche, un test de Student a été réalisé. Enfin, l'évaluation des interactions entre les divers facteurs de variation tels que le statut reproducteur (sexe, stérilisé ou non), le poids, l'âge ou encore les différentes affections sur la taille des glandes surrénales félines a été effectuée à l'aide d'une ANOVA, suivie d'un test de Tukey pour confronter les facteurs deux à deux. La totalité de ces tests statistiques a été réalisée avec un risque de 5%.

III. Résultats

A. Chats inclus dans cette étude

1. Races

Au total, 112 chats ont été inclus dans l'étude. Les races représentées regroupaient des chats européens/domestiques à poils courts (95/112 ; 84,8%), des Maine Coons (3/112 ; 2,7%), des Persans (3/112 ; 2,7%), des Siamois (2/112 ; 1,8%), des Angora Turcs (2/112 ; 1,8%), des Sacrés de Birmanie (2/112 ; 1,8%), des Bengals (2/112 ; 1,8%), un Ragdoll (1/112 ; 0,9%), un Exotic Shorthair (1/112 ; 0,9%) et un chat européen croisé avec un Chartreux (1/112 ; 0,9%).

2. Statuts reproducteurs

Nous dénombrons parmi ces chats : 62 mâles, dont 3 entiers (3/112 ; 2,7%) et 59 castrés (59/112 ; 52,7%), et 50 femelles, dont 2 entières (2/112 ; 1,8%) et 48 stérilisées (48/112 ; 42,8%).

3. Âges

En termes de distribution d'âge, les chats ont été classés dans 4 catégories afin de faciliter les analyses statistiques. Nous dénombrons alors 22 chats âgés de moins de 5 ans (22/112 ; 19,6%),

43 chats âgés de 5 à 10 ans (43/112 ; 38,4%), 34 chats âgés de 10 à 15 ans (34/112 ; 30,4%) et 13 chats âgés de 15 ans et plus (13/112 ; 11,6%).

L'âge moyen est de 8,95 ans \pm 4,578 et l'âge médian est de 8,75 ans (intervalle de 3,5 mois à 19,6 ans).

4. Poids

En termes de distribution de poids, les chats ont été classés dans 4 catégories afin de faciliter les analyses statistiques. Nous dénombrons alors 3 chats pesant moins de 2 kg (3/112 ; 2,7%), 48 chats pesant entre 2 et 4 kg (48/112 ; 42,9%), 50 chats pesant entre 4 et 6 kg (50/112 ; 44,6%) et 11 chats pesant plus de 6 kg (11/112 ; 9,8%).

Le poids moyen est de 4,24 kg \pm 1,25 et le poids médian est de 4,10 kg (intervalle de 1,25 kg à 7,5 kg).

5. Affections

De la même façon que l'âge et le poids, les affections ont été classées dans 8 catégories afin de pouvoir réaliser les analyses statistiques : les affections néoplasiques (13/112 ; 11,6%), les affections rénales chroniques (26/112 ; 23,2%), les affections digestives chroniques (16/112 ; 14,3%), les affections hépato-biliaires chroniques (8/112 ; 7,1%) les affections endocriniennes (9/112 ; 8,0%), les affections aiguës et graves (10/112 ; 8,9%), les affections transitoires, brèves ou auto-résolutives (5/112 ; 4,5%) et les affections infectieuses et/ou les affections dont l'origine reste indéterminée (25/112 ; 22,3%). Toutes les affections et leur catégorisation sont récapitulées dans le Tableau 4 ci-après.

Catégories	Affections	Nombre de chats (n = 112)
Affections néoplasiques (n = 13)	Carcinome pulmonaire, bronchique	2
	Leucémie – hémopathie maligne	3
	Mastocytome viscéral	1
	Carcinome épidermoïde	2 (dont un avec une IRA sur MRC, et un avec une MRC)
	Lymphome splénique	1
	Sarcome des tissus mous	1
	Ostéosarcome du bassin	1
	Carcinome mammaire	1
Hypothèse tumorale (masse abdominale)	1	
Affections rénales chroniques (n = 26)	MRC (Maladie Rénale Chronique)	26 (dont 4 avec une IRA, 2 avec une entéropathie chronique, 3 avec une pyélonéphrite, 2 avec une IRA et une obstruction urétérale et une pyélonéphrite, 2 avec une cystite, 1 avec une CMH, 1 avec une triade féline)
Affections digestives chroniques (n = 16)	Entérite lympho-plasmocytaire VS lymphome digestif de bas grade	14 (dont un avec une pancréatite aigüe)
	Colite granulomateuse histiocytaire	1
	Pancréatite chronique	1
Affections hépatobiliaires chroniques (n = 8)	Lipidose hépatique primaire	4
	Lipidose hépatique secondaire (cause primaire non déterminée)	4
Affections endocriniennes (n = 9)	Diabète sucré	3 (dont un avec une pancréatite aigüe et un avec une acromégalie)
	Diabète acido-cétosique	4 (dont un avec une cholecystite bactérienne et un avec une IRA)
	Hyperthyroïdie	2 (dont un avec un chylothorax/chyloabdomen)
Affections aigües et graves (n = 10)	Syndrome Urinaire Félin – Maladie lithiasique	6 (dont un avec une IC)
	Brèche urétérale = uropéritoine	1
	Pancréatite aigüe	1 (dont un avec une lipidose hépatique secondaire)
	TEA (Thrombo-Embolie Aortique)	1
	Insuffisance rénale aigüe	1
Affections transitoires, auto-résolutives ou brèves (n = 5)	Pulicose	1
	Cystite idiopathique féline	2
	Indiscrétion alimentaire, parasitisme	2
Affections infectieuses et/ou origine indéterminée (n = 25)	PIF (Péritonite Infectieuse Féline)	1
	Hyperplasie gastrique adénomateuse	1
	PRCA (Pure Red Cell Anaplasia)	1
	Hyperthermie d'origine indéterminée	2
	CIPO	1
	Crise urémique d'origine indéterminée	1
	Hyperbilirubinémie d'origine indéterminée	1
	Pneumonie – pleurésie infectieuse	1

Cholangite bactérienne	1
Borréliose de Lyme	1
Gastro-entérite aigüe, infectieuse	2
AHMI (Anémie Hémolytique à Médiation Immune)	3
Infection parodontale	1
Processus inflammatoire biliaire, vésical, colique (ITU)	1
PIF, lymphome hépato-splénique ou du SNC, toxoplasmose	1
Passage viral	1
Abcès des glandes anales	1
Crise paroxystique	1
Colite chronique, masse recto-colique	1
Crise algique, polypnée	1
Bronchite chronique et pancréatite associée	1

Tableau 4 : Récapitulatif des différentes affections des chats inclus dans l'étude et leur catégorisation

B. Aspect des glandes surrénales chez les chats malades présentés au CHUVAC

1. Nombre de glandes surrénales échographiées

Toutes les glandes surrénales n'ont pas pu être visualisées, par manque de coopération de l'animal dans tous les cas (douleur, agressivité, agitation). Les deux glandes surrénales ont pu être visualisées chez 80/112 chats. Parmi les chats restants, seule la gauche a été observée chez 18/32 chats et uniquement la droite chez 14/32 chats. Au final, 98 surrénales gauches et 94 surrénales droites ont été évaluées, soit un total de 192 surrénales.

2. Forme des glandes surrénales

Les différentes formes surrénaliennes observées sont illustrées ci-après (Figure 12).

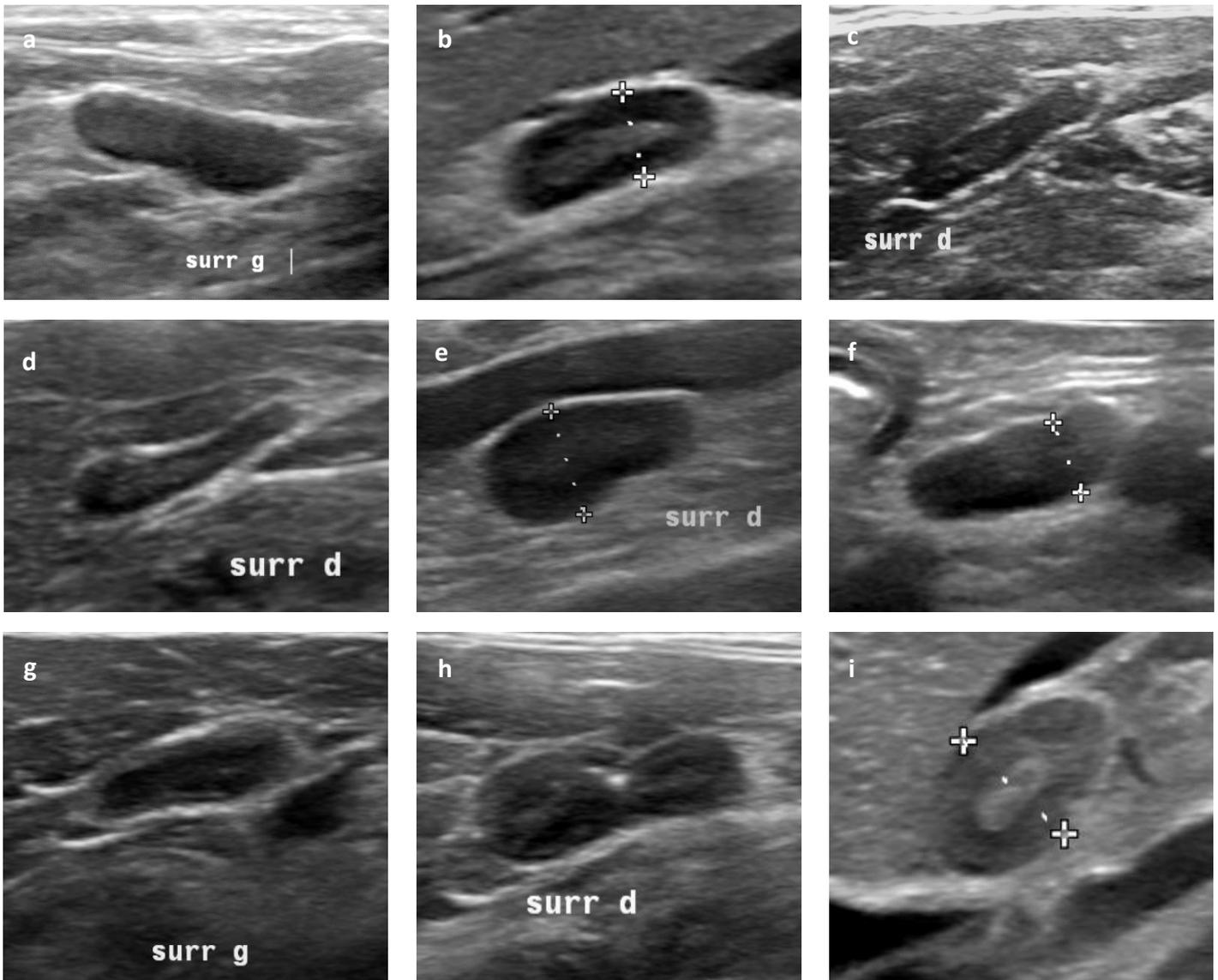


Figure 12 : Clichés échographiques reflétant l'ensemble des formes des surrénales observées sur l'ensemble de notre population.

(a) Glande surrénale gauche bilobée homogène et hypoéchogène par rapport aux tissus environnants ; (b) Glande surrénale droite ovale avec une double échogénicité (périphérie hypoéchogène par rapport aux tissus environnants et centre plus échogène que la périphérie) ; (c) Glande surrénale droite fusiforme hétérogène et hypoéchogène par rapport aux tissus environnants ; (d) Glande surrénale droite de forme indéterminée homogène et hypoéchogène par rapport aux tissus environnants ; (e) Glande surrénale droite en forme de poire homogène et hypoéchogène par rapport aux tissus environnants ; (f) Glande surrénale gauche de forme indéterminée hypoéchogène par rapport aux tissus environnants ; (g) Glande surrénale gauche de forme indéterminée avec une double échogénicité inversée (centre hypoéchogène et périphérie hyperéchogène par rapport aux tissus environnants) ; (h) Glande surrénale droite bilobée hypoéchogène et hétérogène par rapport aux tissus environnants avec un nodule hyperéchogène au niveau de la dépression centrale ; (i) Glande surrénale droite ovale avec une double échogénicité (centre hyperéchogène, périphérie légèrement hypoéchogène par rapport aux tissus environnants).

L'apparence la plus commune des glandes surrénales félines est la forme « bilobée ». En effet, glandes surrénales gauches et droites confondues, 90/192 glandes surrénales présentaient une forme bilobée (46,9%), 37/192 étaient ovales (19,3%), 32/192 étaient fusiformes (16,7%) et 33/192 étaient de forme indéterminée (poire, haricot, autre...) (17,2%), comme cela est représenté sur la Figure 13 ci-après.

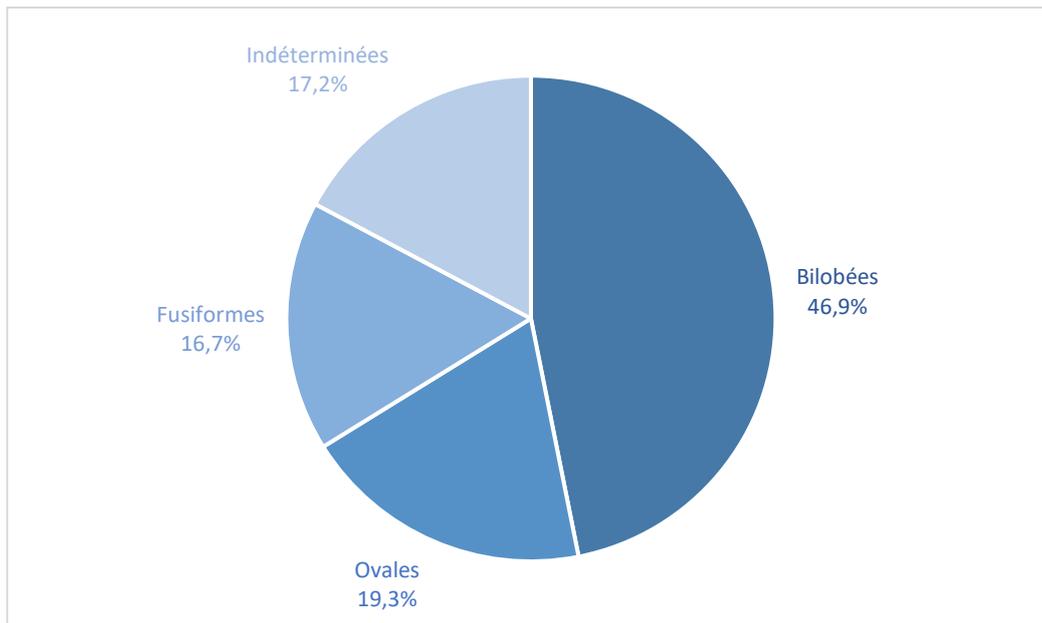


Figure 13 : Représentation graphique de la répartition des différentes formes observées (glandes surrénales gauches et droites confondues)

Parmi les glandes surrénales gauches, 44 sont bilobées (44,9%), 24 sont ovales (24,5%), 11 sont fusiformes (11,2%) et 19 sont de forme indéterminée. Quant aux glandes surrénales droites, 46 sont bilobées (48,9%), 13 sont ovales (13,8%), 21 sont fusiformes (22,3%) et 14 sont de formes indéterminées (14,9%) (voir Figure 14). Un test exact de Fisher a été effectué afin de savoir si la latéralisation des surrénales avait une influence sur leur forme. Le résultat de ce test ainsi que sa représentation graphique sont visualisables ci-après, respectivement dans le Tableau 5 et la Figure 15.

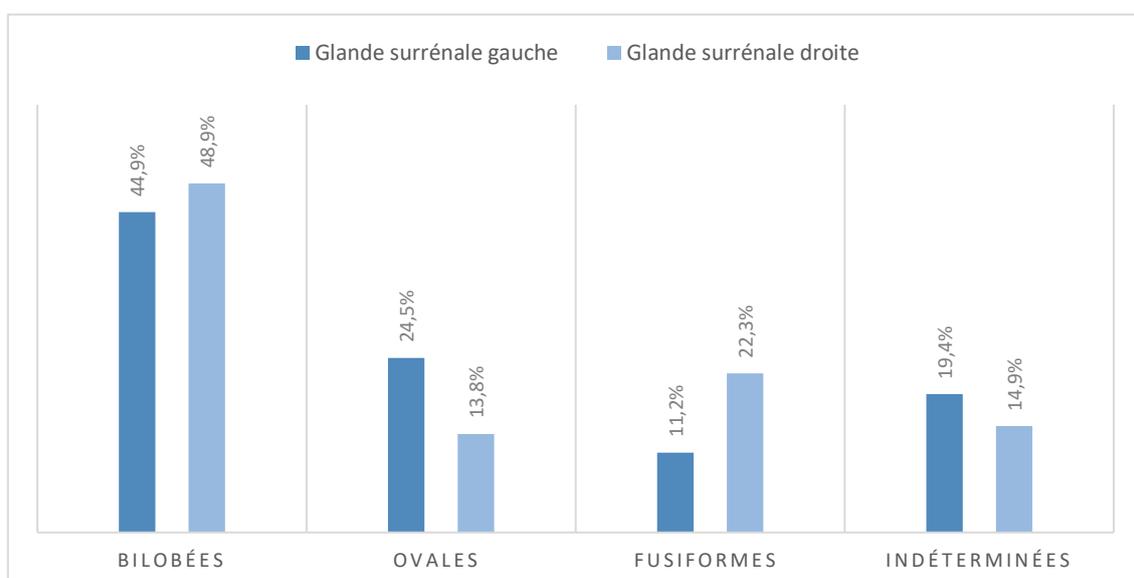


Figure 14 : Représentation graphique de la répartition des différentes formes observées entre les surrénales gauches et droites

	Pvaleur
Test exact de Fisher	0,06855

Tableau 5 : Résultats du test statistique permettant d'évaluer l'impact de la latéralisation des glandes surrénales sur leur forme

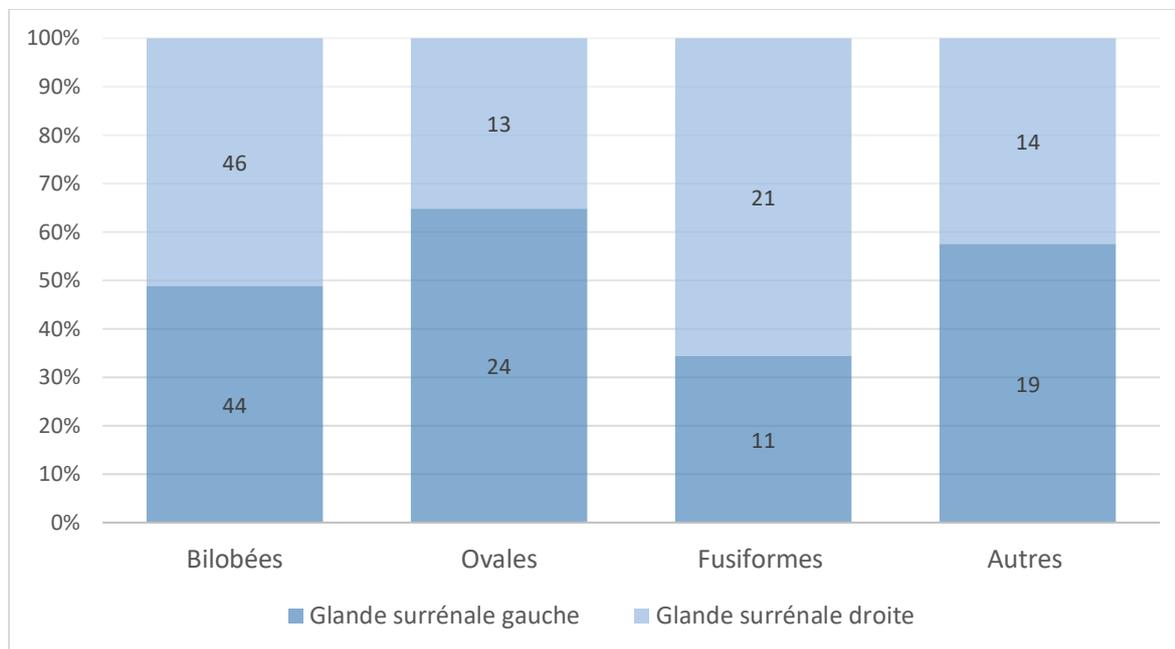


Figure 15 : Représentation graphique du test exact de Fisher

3. Echogénicité des glandes surrénales

La grande majorité des glandes surrénales sont hypoéchogènes de façon homogène par rapport aux tissus environnants (voir les clichés (a), (e) et (f) de la Figure 12). En effet, on dénombre 113/192 glandes surrénales hypoéchogènes de façon homogène par rapport aux tissus environnants (58,9%). On observe aussi une quantité non négligeable de glandes surrénales hypoéchogènes par rapport aux tissus environnants mais de façon hétérogène cette fois-ci, avec 61/192 glandes surrénales observées (soit 31,8%) (voir les clichés (c) et (d) de la Figure 12), ainsi que des doubles échogénicités, c'est-à-dire avec un centre hyperéchogène et une périphérie hypoéchogène par rapport aux tissus alentours (voir les clichés (b) et (i) de la Figure 12). Ces glandes surrénales avec une double échogénicité représentent 8,9% (17/192) des échogénicités observées. Une seule glande surrénale présentait une double échogénicité inversée, avec un centre hypoéchogène et une périphérie hyperéchogène par rapport aux tissus environnants (0,5%) (voir cliché (g) de la Figure 12). Parmi toutes les glandes surrénales

observées, 6 présentaient en plus un nodule hyperéchogène au sein de leur parenchyme (voir cliché (h) de la Figure 12), deux glandes surrénales présentaient un pourtour hyperéchogène et une seule présentait un trait anéchogène au sein du parenchyme.

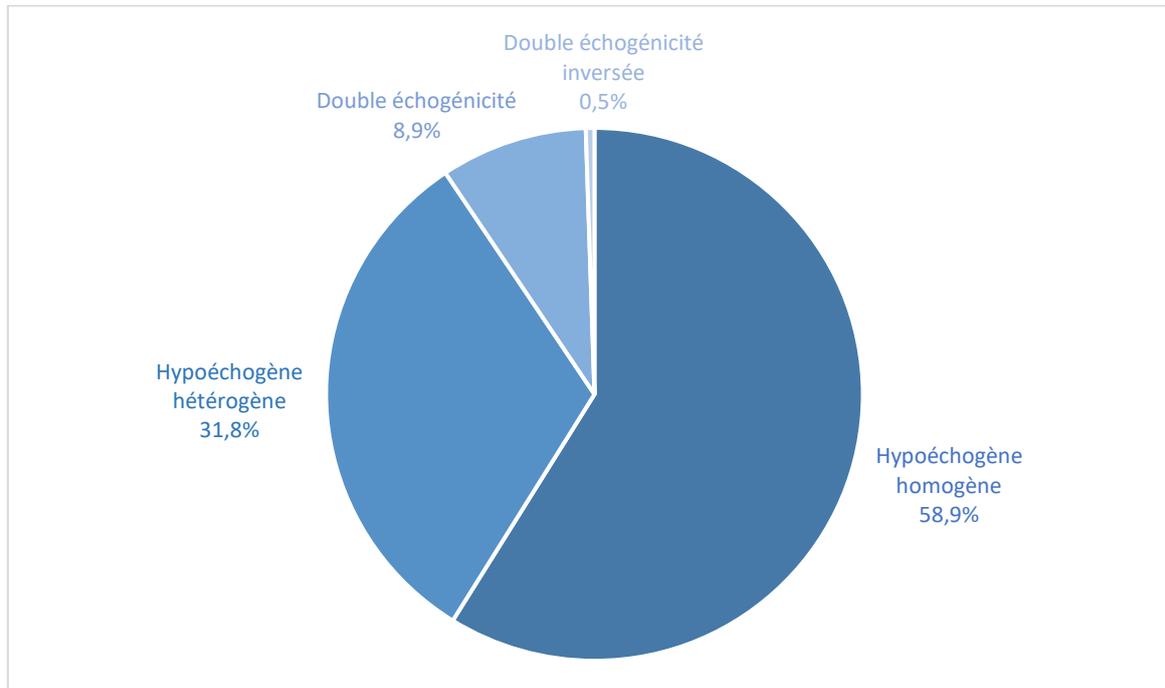


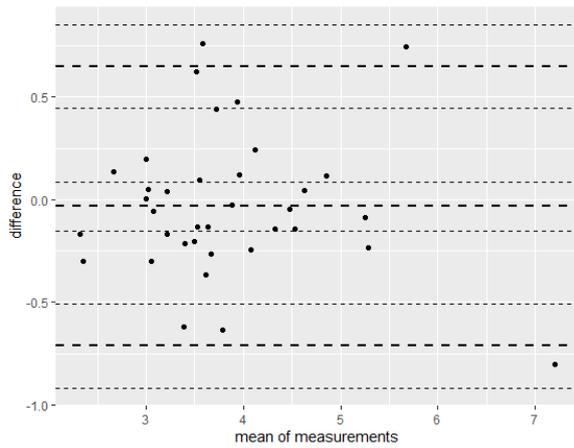
Figure 16 : Représentation graphique de la répartition des différentes échogénités des glandes surrénales observées (glandes surrénales droites et gauches confondues)

4. Taille des glandes surrénales

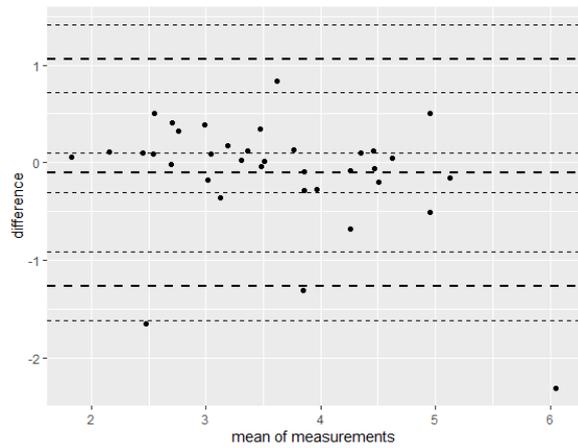
a. Concordance entre les mesures réalisées par les deux opérateurs

Chez 40 chats, les mesures des glandes surrénales ont été réalisées en double aveugle par les deux opérateurs. Pour évaluer la concordance de leurs mesures, des graphiques de Bland Altman ont été réalisés (Figure 17 ci-après). De plus, le coefficient de Lin a été calculé pour chacune des mesures (Tableau 6) ainsi que sa représentation graphique avec la droite $x = y$ (Figure 18).

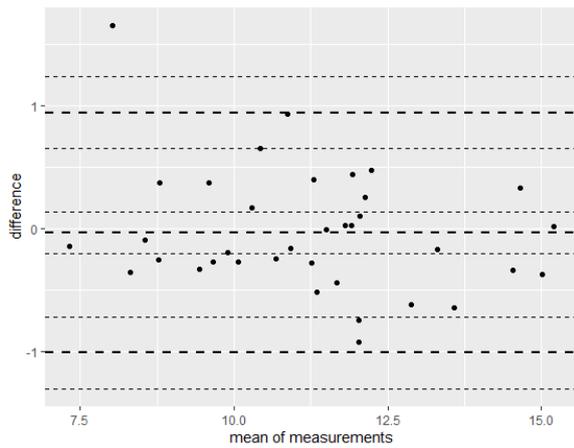
(a) Hauteur du pôle crânial de la glande surrénale gauche



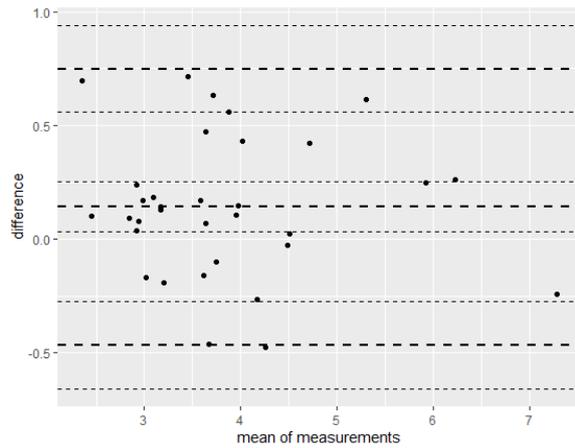
(b) Hauteur du pôle caudal de la glande surrénale gauche



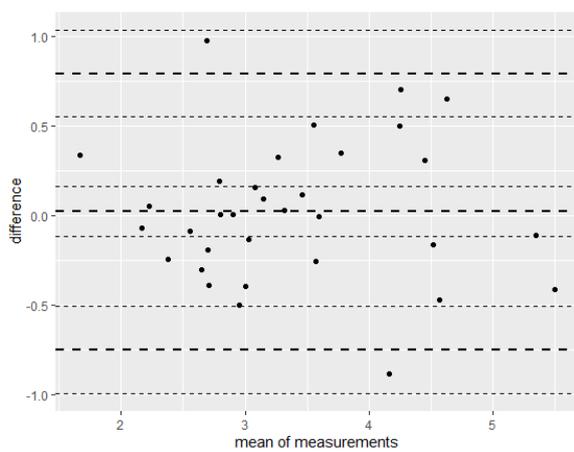
(c) Longueur de la glande surrénale gauche



(d) Hauteur du pôle crânial de la glande surrénale droite



(e) Hauteur du pôle caudal de la glande surrénale droite



(f) Longueur de la glande surrénale droite

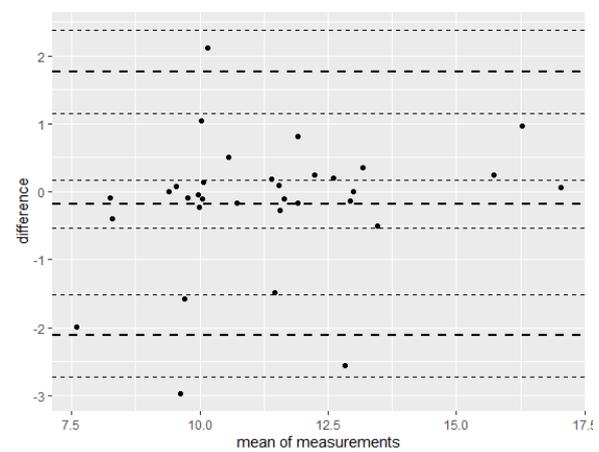


Figure 17 : Série de graphiques de Bland Altman caractérisant la concordance entre les mesures des deux opérateurs

Sur chacun des graphiques ci-dessus, on peut ainsi observer trois lignes en pointillés gras, chacune d'elles étant encadrée par deux lignes plus fines en pointillés également, représentant leur intervalle de confiance à 95%. La droite centrale, en pointillés gras, représente le biais, c'est-à-dire la moyenne des écarts entre les mesures des deux opérateurs. Plus cette droite est proche de zéro et plus l'analyse est juste. La valeur de ce biais permet de conclure à une sur- ou sous-estimation des valeurs d'une mesure par rapport à l'autre. Ce biais est significatif si l'intervalle de confiance à 95% ne contient pas zéro. Les deux autres droites en pointillés gras, à l'extérieur, représentent les limites d'agrément (« limits of agreement ») inférieure et supérieure. Il faut donc que 95% des points se situent entre ces deux droites, sans former de cône.

Pour évaluer la concordance entre deux mesures, il est intéressant de confronter les diagrammes de Bland Altman au coefficient de concordance de Lin. Ce dernier est un coefficient allant de -1 à +1, et dont les valeurs de -1, 0, et +1 signifient respectivement une discordance parfaite, une concordance nulle et une concordance parfaite. De façon simple, le coefficient de concordance de Lin quantifie les écarts entre les points en abscisse (les mesures de l'opérateur non expérimenté) et en ordonnée (les mesures de l'opérateur expérimenté). Les coefficients de Lin déterminés pour chacune des distances mesurées sont répertoriés dans le Tableau 6 ci-dessous et leur représentation graphique à la suite (Figure 18). La droite à 45° passe par les points dont la valeur des mesures entre l'opérateur non expérimenté et de celles de l'opérateur expérimenté sont identiques. C'est la concordance parfaite entre deux mesures. On veut donc s'en approcher le plus possible.

	Coefficient de Lin	Intervalle de confiance à 95%
Hauteur du pôle crânial gauche	0.9369208	[0.8803297 - 0.967217]
Hauteur du pôle caudal gauche	0.8156307	[0.6800434 - 0.8972738]
Longueur gauche	0.9686596	[0.9406499 - 0.9835624]
Hauteur du pôle crânial droit	0.9515693	[0.9054407 - 0.9754846]
Hauteur du pôle caudal droit	0.9123391	[0.8304063 - 0.9556482]
Longueur droite	0.8998847	[0.8106288 - 0.9482736]

Tableau 6 : Récapitulatif des coefficients de Lin pour les mesures effectuées par l'opérateur non expérimenté et par l'opérateur expérimenté pour chacune des mesures surrenaliennes

Le Tableau 7 ci-dessous est une aide à l'interprétation du coefficient de Lin. (62)

Coefficient de Lin	Interprétation
< 0,50	Inacceptable
0,51 – 0,60	Poor
0,61 – 0,70	Mediocre
0,71 – 0,80	Satisfactory
0,81 – 0,90	Fairly good
0,91 – 0,95	Very good
> 0,95	Excellent

Tableau 7 : Interprétation des valeurs du coefficient de concordance de Lin (Partik et al., 2002)

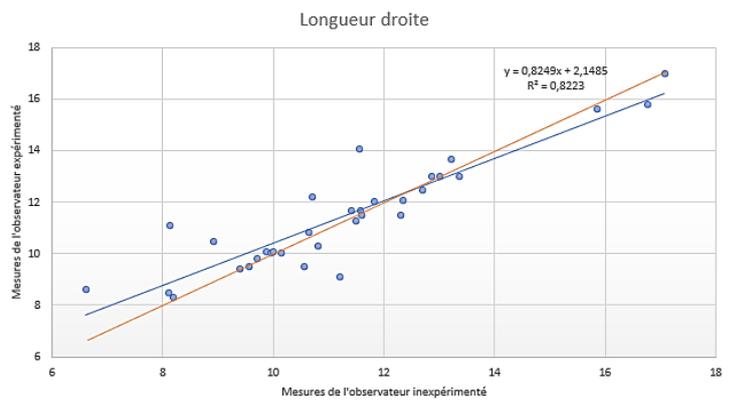
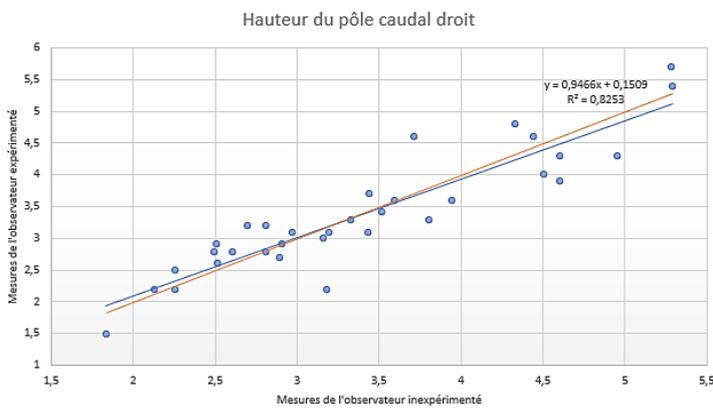
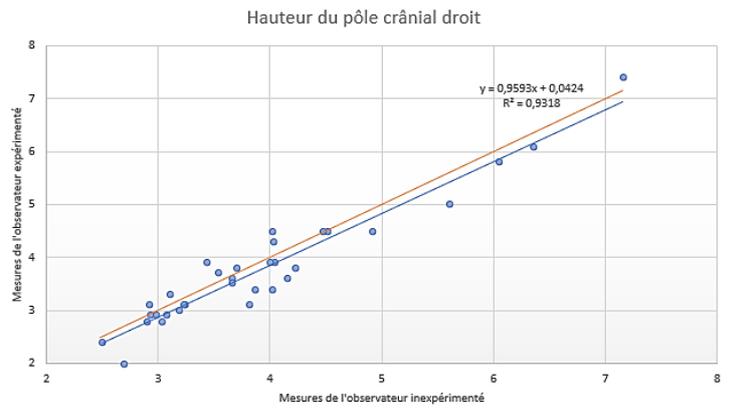
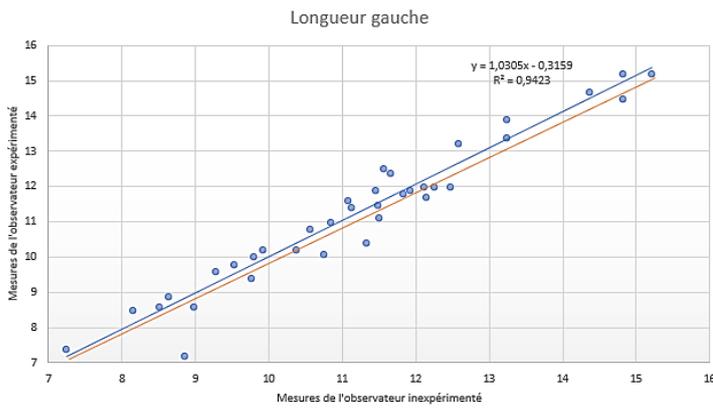
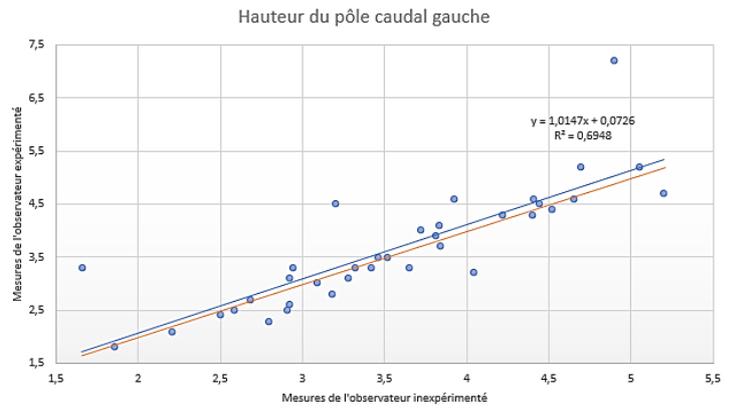
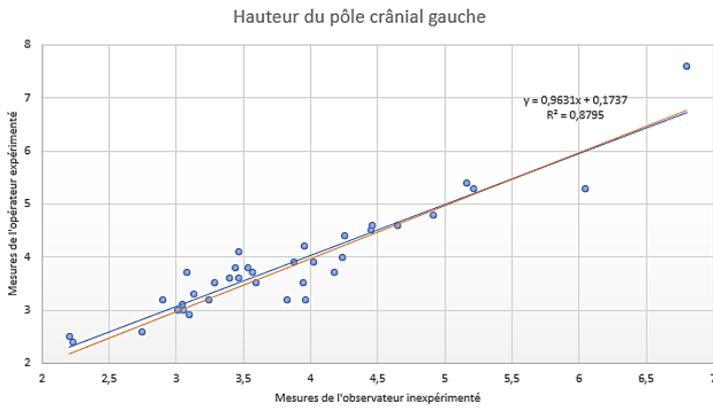


Figure 18 : Série de représentations graphiques de la concordance entre les mesures des glandes surrénales par les deux opérateurs.

En abscisse, on retrouve les mesures de l'observateur inexpérimenté et en ordonnée celles de l'observateur expérimenté, ainsi que la droite de régression linéaire (bleue). La droite $y = x$ est également représentée (orange).

b. Dimensions des surrénales de la population des chats de notre étude

Le Tableau 8 ci-dessous récapitule la totalité des mesures réalisées dans notre étude.

	Mesures (mm)	Glande surrénale gauche	Glande surrénale droite
Pôle crânial	Moyenne ± écart-type	3,78 ± 0,74	3,89 ± 0,88
	Médiane	3,66	3,70
	Valeur min - max	2,20 – 5,88	2,50 – 6,97
Pôle caudal	Moyenne ± écart-type	3,58 ± 0,77	3,43 ± 0,73
	Médiane	3,48	3,37
	Valeur min - max	1,66 - 6,50	1,83 - 5,29
Longueur	Moyenne ± écart-type	10,68 ± 1,80	11,04 ± 1,98
	Médiane	10,72	11,11
	Valeur min - max	7,25 – 14,83	6,61 – 16,76

Tableau 8 : Mesures des glandes surrénales droites et gauches des chats de notre étude

c. Comparaison de la taille entre la glande surrénale droite et la glande surrénale gauche

Dans le Tableau 9 ci-dessous, sont récapitulées les P valeurs obtenues pour chacun des tests statistiques effectués dans l'optique de comparer les dimensions gauches et droites des glandes surrénales félines.

	P valeur (test de Fisher)	P valeur (test de Student)
Pôle crânial gauche VS pôle crânial droit	0.1005	0.3758
Pôle caudal gauche VS pôle caudal droit	0.612	0.1459
Longueur gauche VS longueur droite	0.3619	0.1846

Tableau 9 : Résultats des tests statistiques permettant de comparer les glandes surrénales gauches et droite des chats de notre étude

d. Dimension des glandes surrénales en fonction du statut reproducteur

Le Tableau 10 ci-dessous récapitule les mesures des glandes surrénales en fonction du statut reproducteur des chats de notre étude.

		Mesures (mm)	Mâles entiers (n = 3)	Mâles castrés (n = 59)	Femelles entières (n = 2)	Femelles stérilisées (n = 48)
Glande surrénale gauche	Pôle crânial	Moyenne ± SD	3,04 ± 1,14	3,89 ± 0,66	3,16	3,70 ± 0,81
		Médiane	3,04	3,85	3,16	3,52
		Valeur min - max	2,23 - 3,84	2,74 - 5,73	3,16 - 3,16	2,20 - 5,88
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	2,76 ± 0,78	3,68 ± 0,79	3,26	3,50 ± 0,75
		Médiane	2,76	3,53	3,26	3,38
		Valeur min - max	2,21 - 3,1	2,50 - 6,48	3,26 - 3,26	1,66 - 5,08
	Longueur	Moyenne ± SD	9,11 ± 2,63	11,05 ± 1,71	8,59	10,32 ± 1,81
		Médiane	9,11	11,02	8,59	10,05
		Valeur min - max	7,25 - 10,97	7,97 - 14,83	8,59 - 8,59	7,49 - 14,43
Glande surrénale droite	Pôle crânial	Moyenne ± SD	4,41 ± 0,74	3,89 ± 0,82	2,70	3,88 ± 0,95
		Médiane	4,03	3,67	2,70	3,71
		Valeur min - max	3,94 - 5,26	2,50 - 5,83	2,70 - 2,70	2,54 - 6,97
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	3,45 ± 0,60	3,52 ± 0,75	3,19	3,31 ± 0,73
		Médiane	3,55	3,58	3,19	3,30
		Valeur min - max	2,80 - 3,98	2,13 - 5,24	3,19 - 3,19	1,83 - 5,28
	Longueur	Moyenne ± SD	11,60 ± 3,28	11,29 ± 2,12	10,81	10,71 ± 1,72
		Médiane	12,09	11,20	10,81	10,59
		Valeur min - max	8,10 - 14,60	7,33 - 16,76	10,81 - 10,81	6,61 - 15,40

Tableau 10 : Mesures des glandes surrénales des chats de notre étude selon leur statut reproducteur

e. Taille des glandes surrénales en fonction de l'âge

Le Tableau 11 ci-dessous récapitule les mesures des glandes surrénales en fonction de l'âge des chats de notre étude.

		Mesures (mm)	< 5 ans (n = 22)	≥ 5 - 10 ans (n = 43)	≥ 10 - 15 ans (n = 34)	≥ 15 ans (n = 13)
Glande surrénale gauche	Pôle crânial	Moyenne ± SD	3,65 ± 0,69	3,80 ± 0,73	3,87 ± 0,83	3,74 ± 0,66
		Médiane	3,56	3,85	3,73	3,53
		Valeur min - max	2,23 - 4,984	2,20 - 5,87	2,77 - 5,88	3,05 - 5,19
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	3,45 ± 0,64	3,57 ± 0,77	3,72 ± 0,90	3,54 ± 0,69
		Médiane	3,40	3,47	3,58	3,42
		Valeur min - max	2,21 - 4,65	1,86 - 5,42	1,66 - 6,48	2,69 - 4,917
	Longueur	Moyenne ± SD	10,52 ± 2,44	10,82 ± 1,60	10,80 ± 1,70	10,11 ± 1,42
		Médiane	9,77	10,94	10,94	10,06
		Valeur min - max	7,25 - 14,83	7,71 - 14,24	7,49 - 14,82	8,17 - 12,41
Glande surrénale droite	Pôle crânial	Moyenne ± SD	3,76 ± 0,59	3,82 ± 0,89	3,97 ± 0,91	4,10 ± 1,12
		Médiane	3,77	3,62	3,86	3,64
		Valeur min - max	2,78 - 5,17	2,50 - 6,17	2,70 - 6,97	2,89 - 5,67
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	3,37 ± 0,68	3,45 ± 0,74	3,41 ± 0,78	3,49 ± 0,77
		Médiane	3,33	3,47	3,32	3,65
		Valeur min - max	2,32 - 4,98	1,83 - 5,16	2,13 - 5,29	2,44 - 4,43
	Longueur	Moyenne ± SD	10,83 ± 1,97	11,01 ± 1,73	11,08 ± 2,38	11,37 ± 1,82
		Médiane	10,59	11,21	10,86	11,66
		Valeur min - max	7,34 - 15,00	8,20 - 15,40	6,61 - 16,76	7,75 - 14,65

Tableau 11 : Mesures des glandes surrénales des chats de notre étude selon leur âge

f. Taille des glandes surrénales en fonction du poids

Le Tableau 12 ci-dessous récapitule les mesures des glandes surrénales en fonction du poids des chats de notre étude.

		Mesures (mm)	< 2 kg (n = 3)	≥ 2 - 4 kg (n = 48)	≥ 4 - 6 kg (n = 50)	> 6 kg (n = 11)
Glande surrénale gauche	Pôle crânial	Moyenne ± SD	2,23	3,84 ± 0,76	3,80 ± 0,74	3,62 ± 0,54
		Médiane	2,23	3,66	3,82	3,48
		Valeur min - max	2,23 - 2,23	2,81 - 5,88	2,20 - 5,73	2,78 - 4,45
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	2,21	3,63 ± 0,64	3,55 ± 0,92	3,72 ± 0,49
		Médiane	2,21	3,53	3,36	3,58
		Valeur min - max	2,21 - 2,21	2,63 - 5,08	1,66 - 6,50	3,06 - 4,70
	Longueur	Moyenne ± SD	7,25	10,41 ± 1,84	10,82 ± 1,59	11,55 ± 2,11
		Médiane	7,25	10,58	10,75	12,28
		Valeur min - max	7,25 - 7,25	7,49 - 14,43	8,18 - 14,83	8,13 - 14,82
Glande surrénale droite	Pôle crânial	Moyenne ± SD	4,30 ± 1,26	3,91 ± 1,02	3,90 ± 0,71	3,59 ± 0,79
		Médiane	4,03	3,68	3,80	3,41
		Valeur min - max	3,18 - 5,67	2,70 - 6,97	2,50 - 5,34	2,65 - 5,04
	Pôle caudal	Moyenne ± SD	3,07 ± 0,98	3,38 ± 0,75	3,51 ± 0,72	3,34 ± 0,72
		Médiane	2,80	3,32	3,45	3,40
		Valeur min - max	2,26 - 4,16	2,13 - 5,29	1,83 - 5,24	2,38 - 4,33
	Longueur	Moyenne ± SD	9,84 ± 1,61	11,01 ± 2,02	11,15 ± 2,08	11,11 ± 1,35
		Médiane	10,14	10,64	11,31	11,21
		Valeur min - max	8,10 - 11,27	7,70 - 16,76	6,61 - 16,6	9,05 - 12,86

Tableau 12 : Mesures des glandes surrénales des chats de l'étude selon leur poids

g. Taille des glandes surrénales en fonction des différentes affections

	Mesures (mm)	Affections néoplasiques (n = 13)	Affections digestives chroniques (n = 16)	Affections endocriniennes (n = 9)	Affections rénales chroniques (n = 26)	Affections hépato-biliaires chroniques (n = 8)	Affections aiguës et graves (n = 10)	Affections brèves, transitoires ou auto-résolutives (n = 5)	Affections infectieuses ou d'origine indéterminée (n = 25)
Glande surrénale gauche	Moyenne ± SD	3,58 ± 0,59	3,62 ± 0,46	4,75 ± 0,93	3,99 ± 0,69	3,18 ± 0,38	3,64 ± 1,06	3,98 ± 0,88	3,67 ± 0,59
	Médiane	3,58	3,56	4,46	3,98	3,24	3,39	4,18	3,53
	Valeur min - max	2,20 - 4,59	2,74 - 4,36	3,47 - 5,88	2,77 - 5,62	2,64 - 3,84	2,23 - 5,87	3,05 - 4,98	2,78 - 5,08
Pôle caudal	Moyenne ± SD	3,31 ± 0,83	3,44 ± 0,49	3,96 ± 0,74	4,08 ± 0,94	3,06 ± 0,44	3,34 ± 0,89	3,38 ± 0,75	3,46 ± 0,42
	Médiane	3,44	3,44	3,83	4,05	3,04	3,28	2,98	3,38
	Valeur min - max	1,66 - 4,33	2,63 - 4,40	2,63 - 4,74	2,69 - 6,48	2,50 - 3,85	2,21 - 5,08	2,80 - 4,61	2,78 - 4,61
Longueur	Moyenne ± SD	11,12 ± 1,47	10,22 ± 1,57	11,68 ± 1,56	10,89 ± 2,07	9,67 ± 1,12	10,07 ± 1,85	9,77 ± 0,90	10,95 ± 2,02
	Médiane	11,11	10,25	11,08	10,66	9,23	10,46	9,77	10,84
	Valeur min - max	8,85 - 14,43	7,97 - 13,23	10,05 - 14,82	7,49 - 14,36	8,50 - 11,65	7,23 - 12,39	8,72 - 10,91	7,95 - 14,83
Pôle crânial	Moyenne ± SD	3,81 ± 0,73	3,76 ± 0,73	4,83 ± 1,10	3,99 ± 0,83	3,35 ± 0,65	4,11 ± 1,23	3,89 ± 0,90	3,69 ± 0,73
	Médiane	3,75	3,54	4,68	3,88	2,07	4,02	3,65	3,64
	Valeur min - max	3,00 - 5,67	2,93 - 5,26	3,53 - 6,97	2,54 - 5,34	2,70 - 4,57	2,50 - 6,17	3,11 - 5,17	2,78 - 5,83
Glande surrénale droite	Moyenne ± SD	3,33 ± 0,63	3,53 ± 0,86	3,98 ± 0,86	3,57 ± 0,88	3,01 ± 0,48	3,42 ± 0,59	3,39 ± 0,44	3,23 ± 0,59
	Médiane	3,28	3,58	3,93	3,50	3,05	3,37	3,51	3,32
	Valeur min - max	1,83 - 4,19	2,26 - 5,16	2,76 - 5,29	2,32 - 5,24	2,21 - 3,68	2,70 - 4,50	2,81 - 3,74	2,13 - 4,24
Longueur	Moyenne ± SD	11,23 ± 2,55	11,21 ± 1,78	12,07 ± 2,00	11,07 ± 1,57	10,95 ± 2,16	9,34 ± 1,83	10,20 ± 1,04	11,26 ± 2,12
	Médiane	11,89	11,52	11,49	11,16	10,73	8,98	9,74	10,86
	Valeur min - max	6,61 - 15,00	8,59 - 14,60	10,36 - 16,6	8,20 - 14,65	7,70 - 15,40	7,33 - 12,39	9,57 - 11,75	7,34 - 16,76

Tableau 13 : Mesures des glandes surrénales des chats de l'étude selon les affections dont ils sont atteints

Le Tableau 13 ci-dessus récapitule les mesures des glandes surrénales en fonction des affections des chats de notre étude.

h. Influence des différents facteurs sur la taille des glandes surrénales félines

Le Tableau 14 ci-dessous montre les P valeurs obtenues pour l'ANOVA.

		Statut physiologique	Age	Poids	Affections
Glande surrénale gauche	Pôle crânial	0.167	0.673	0.110	5,327x10⁻⁴
	Pôle caudal	0.635	0.712	0.438	0.034
	Longueur	0.436	0.742	0.151	0.540
Glande surrénale droite	Pôle crânial	0.308	0.699	0.687	0.128
	Pôle caudal	0.503	0.960	0.565	0.098
	Longueur	0.416	0.917	0.675	0.284

Tableau 14 : Récapitulatif des résultats de l'ANOVA, avec en gras, les P valeurs inférieures au seuil de 0,05.

Les interactions entre les différents facteurs n'ont volontairement pas été retranscrites car non significatives.

i. Influence des différentes affections sur le pôle crânial gauche et le pôle caudal gauche

Un test de Tukey a été réalisé suite à l'ANOVA afin d'effectuer des comparaisons multiples, notamment au sein des diverses affections (comparaison deux à deux). Ce test avait donc pour objectif de déterminer quelles étaient les groupes d'affections ayant un impact sur l'épaisseur des pôles crânial gauche et caudal gauche.

Toutes les Pvaleurs du test de Tukey sont supérieures à 0,999.

j. Chats présentant une hypertrophie surrénalienne

Au sein de notre population de chats, certains présentent une hypertrophie surrénalienne, définie comme une épaisseur du pôle crânial supérieure à 4,8 mm (axe dorso-ventral) et/ou une épaisseur du pôle caudal supérieure à 4,5 mm (glandes surrénales droites et gauches confondues). Ce seuil a été choisi de la même façon que dans l'étude d'Oliveira (2), c'est-à-dire en accord avec les mesures des glandes surrénales des chats de l'étude de Combes (1). La longueur n'a pas été prise en compte. Les données sont récapitulées dans le Tableau 15 ci-après.

Pôle crânial gauche (mm)	Pôle caudal gauche (mm)	Longueur gauche (mm)	Pôle crânial droit (mm)	Pôle caudal droit (mm)	Longueur droite (mm)	Âge	Poids	Statut reproducteur	Affection	[K ⁺] [3,5 – 5,1 mmol/L]
5,87	5,08	12,39	6,17	4,50	12,39	9	3,015	Femelle stérilisée	Aigüe et grave	NE
4,21	3,97	11,00	5,29	3,47	10,08	5,5	5,5	Mâle castré	Aigüe et grave	7,2
4,36	4,25	11,55	5,13	5,16	12,85	5,5	5,3	Mâle castré	Digestive chronique	3,9
3,84	3,31	10,97	5,26	3,98	14,60	5	3,2	Mâle entier	Digestive chronique	4,8
3,19	2,63	7,97	4,47	4,98	9,75	1	3,4	Mâle castré	Digestive chronique	NE
NA	NA	NA	5,67	4,16	11,27	15	1,95	Femelle stérilisée	Endocrinienne	NE
5,88	4,74	10,05	6,97	5,29	12,09	14	3	Femelle stérilisée	Endocrinienne	3,9
5,73	4,39	11,99	4,58	3,33	16,60	13	5,1	Mâle castré	Endocrinienne	4,2
4,46	3,81	10,75	4,92	4,95	11,21	8,5	4,4	Femelle stérilisée	Endocrinienne	2,9
5,38	3,62	11,08	4,78	3,71	10,36	11,5	3,3	Femelle stérilisée	Endocrinienne	3,3
4,45	4,70	14,82	4,47	4,33	12,86	10,5	7	Mâle castré	Endocrinienne	3,8
5,08	4,61	11,04	5,83	4,24	13,53	11,5	3,4	Mâle castré	Infectieuse ou idiopathique	3,5
4,91	4,04	12,47	4,23	3,16	13,00	9	4,5	Femelle stérilisée	Infectieuse ou idiopathique	NE
3,33	3,65	12,41	5,04	3,92	12,50	16	6,3	Mâle castré	Infectieuse ou idiopathique	NE
3,82	6,48	11,62	4,57	5,24	11,20	13,5	5,44	Mâle castré	Rénale chronique	2,4
5,62	5,42	13,76	5,34	4,42	11,49	8	4,4	Mâle castré	Rénale chronique	5,0
4,54	5,17	10,55	4,93	4,52	11,65	8	4,4	Mâle castré	Rénale chronique	4,0
4,68	4,95	8,18	4,01	4,35	8,46	13	4	Femelle stérilisée	Rénale chronique	3,4
5,19	4,92	12,11	NA	NA	NA	19,5	3,9	Mâle castré	Rénale chronique	6,4
4,59	4,47	8,17	5,31	4,43	11,68	19,5	3,9	Mâle castré	Rénale chronique	4,3
4,70	4,14	11,83	4,92	3,95	11,08	9,5	3,82	Mâle castré	Rénale chronique	3,2
4,05	3,95	9,87	4,90	4,18	10,37	13,5	3,05	Femelle stérilisée	Rénale chronique	3,9
3,61	4,78	13,28	NA	NA	NA	6	4,19	Femelle stérilisée	Rénale chronique	3,4
4,02	4,65	14,36	3,54	3,44	13,36	2,5	2,13	Femelle stérilisée	Rénale chronique	5,1
NA	NA	NA	5,67	4,18	12,08	17	3,3	Femelle stérilisée	Néoplasique	3,6
4,98	4,61	8,72	5,17	3,74	9,69	4	4	Mâle castré	Brève, transitoire ou auto-résolutive	NE

Tableau 15 : Récapitulatif des chats présentant une hypertrophie d'une ou des deux glandes surrénales

NA : pas de données, NE : non évalué

IV. Discussion

A. Forme des glandes surrénales des chats de l'étude

D'après la littérature, trois formes de glandes surrénales étaient principalement rapportées jusqu'alors (bilobées, ovales et fusiforme). Dans cette étude, d'autres formes ont été remarquées : des glandes surrénales en poire, en haricot ou encore de forme indéterminée. Comme on peut le voir sur la Figure 13, presque la moitié des glandes surrénales (46,9%) présente une forme bilobée tandis que la moitié restante est divisée de façon assez homogène entre les formes « ovales » (19,3%), « fusiformes » (16,6%) et indéterminées (17,2%). En effet, certaines glandes surrénales ne rentraient dans aucune des catégories précédentes, ce qui avait été jusque-là peu ou pas décrit. Le plan de coupe contribue certainement à cela puisque comme décrit dans la partie bibliographique précédente, les glandes surrénales sont légèrement obliques par rapport à l'axe sagittal du corps. En revanche, le fait que la forme bilobée soit la plus représentée est en accord avec les études précédentes.

Le test exact de Fisher (Tableau 5) nous permet de conclure que la forme des glandes surrénales ne dépend pas de leur latéralisation.

En comparant les glandes surrénales gauches et droites de notre population de chats, on observe que la forme « bilobée » est retrouvée presque également des deux côtés. En revanche, la forme « ovale » a plutôt tendance à se retrouver à gauche, tandis que la glande surrénale droite est plus souvent fusiforme que la gauche. Les glandes surrénales de forme indéterminée, quant à elles, s'observent légèrement plus à gauche (Figure 14).

B. Echogénicité des glandes surrénales des chats de l'étude

L'échogénicité des glandes surrénales observées dans cette étude est également en accord avec la littérature. En effet, la majorité des glandes surrénales sont hypoéchogènes de façon homogène par rapport à la graisse environnante. Cependant, près d'un tiers des glandes surrénales présentent un parenchyme hypoéchogène hétérogène par rapport aux tissus environnants. La double échogénicité a également été observée, en proportion moindre. La présence de foyers hyperéchogènes associés à des cônes d'ombre au sein du parenchyme surrénalien a également été décrite dans de précédentes études, celle-ci pouvant atteindre 30%

des chats (Figure 16). Dans cette étude, la présence de ces nodules hyperéchogènes n'est pas associée à des cônes d'ombre et elle ne concerne que 6 chats sur 112 (5,4%). Ces nodules peuvent tout à fait être de petites zones minéralisées, sans être suffisamment importantes pour engendrer des cônes d'ombre.

C. Concordance des mesures des glandes surrénales entre l'observateur inexpérimenté et l'observateur expérimenté

Cette concordance a été testée afin d'évaluer la confiance que l'on pouvait accorder aux mesures de l'opérateur non expérimenté. Pour ce faire, il nous a semblé intéressant de confronter les diagrammes de Bland Altman avec les coefficients de Lin et leur représentation graphique. En effet, les deux méthodes utilisent des critères différents pour juger de la répétabilité, de la reproductibilité ou de la concordance de séries de mesures.

Pour chacun des diagrammes représentés (Figure 17), 95% des points se situent entre les limites d'agrément. De plus, on observe un biais toujours très proche de zéro. Pour les mesures du pôle crânial gauche (a), du pôle caudal gauche (b), de la longueur gauche (c), du pôle caudal droit (e) et de la longueur droite (f), l'intervalle de confiance comprend zéro, ce qui implique que le biais de mesure entre les deux opérateurs n'est pas significatif. Pour le pôle crânial droit (d) en revanche, l'intervalle de confiance du biais ne comprend pas zéro, rendant ainsi le biais de mesure significatif. L'opérateur non expérimenté a alors tendance à surestimer de 0,16 mm les mesures du pôle crânial de la glande surrénale droite par rapport à l'opérateur expérimenté.

Les coefficients de Lin quant à eux, d'après les Tableaux 6 et 7, étaient « plutôt bons » pour les mesures du pôle caudal gauche et de la longueur droite, « très bons » pour celles des pôles crânial gauche et caudal droit, et « excellents » pour les mesures de la longueur gauche et du pôle crânial droit. Pour finir, les représentations graphiques du coefficient de Lin (Figure 18) confirment une bonne concordance entre les mesures de l'observateur inexpérimenté et celles de l'observateur expérimenté puisque les courbes bleues et oranges sont très proches l'une de l'autre pour chacune des mesures. Il apparaît alors que la mesure des glandes surrénales félines sur des images échographiques ne demande pas de grande expérience, que ce soit pour les reconnaître sur des images/vidéos échographiques ou pour les mesurer. C'est pourquoi nous avons pu limiter les mesures en double aveugle à une fraction de la population.

D. Comparaison de la taille des glandes surrénales droite et gauche des chats de l'étude

D'après les études publiées, il n'y avait pas de différence significative de taille entre la glande surrénale droite et la glande surrénale gauche. L'étude présente en vient à la même conclusion (voir Tableaux 8 et 9). En effet, nous n'avons pas montré de différence significative entre les mesures droites et gauches des pôles crâniiaux ($P_{\text{val}} = 0,3758$), des pôles caudaux ($P_{\text{val}} = 0,1459$) et des longueurs des glandes surrénales ($P_{\text{val}} = 0,1846$).

Le Tableau 8 rassemble la totalité de nos données. Les valeurs moyennes des épaisseurs et des longueurs des glandes surrénales des chats de notre étude sont en accord avec les valeurs rapportées dans la littérature (Annexe).

E. Influence des différents facteurs sur la taille des glandes surrénales des chats malades au CHUVAC

1. *Le statut reproducteur*

D'après les résultats statistiques du Tableau 14, le statut reproducteur (sexe et stérilisation) ne semble pas avoir d'influence significative sur la taille des glandes surrénales des chats malades reçus au CHUVAC de l'ENVT.

Cependant, le faible effectif d'animaux non stérilisés rend difficile l'interprétation de ces données. En effet, nous comptons seulement deux femelles entières et trois mâles entiers. Il serait intéressant de refaire une étude similaire avec un nombre de chats non stérilisés plus important.

2. *L'âge*

D'après les résultats statistiques du Tableau 14, l'âge ne semble pas avoir d'influence significative sur la taille des glandes surrénales des chats malades reçus au CHUVAC de l'ENVT.

3. *Le poids*

D'après les résultats statistiques du Tableau 14, le poids ne semble pas non plus avoir d'influence significative sur la taille des glandes surrénales des chats malades reçus au CHUVAC de l'ENVT. Cela est alors en contradiction avec l'étude de Pérez-López et al. (3) qui concluait à un effet significatif du poids sur l'épaisseur des glandes surrénales (entre les chats de moins ou de plus de 4 kg).

4. *Les affections*

D'après les résultats statistiques du Tableau 14, les affections touchant les chats semblent avoir une influence sur la taille de leurs glandes surrénales. Plus précisément, il semblerait que le pôle crânial gauche ($P_{\text{val}} = 5,327 \times 10^{-4}$) et le pôle caudal gauche ($P_{\text{val}} = 0,034$) soient impactés par certaines affections.

Le test de Tukey n'a cependant pas permis d'approfondir ces résultats. En effet, toutes les Pvaleurs du test étant très proches de 1, cela signifie que notre test manque de puissance pour conclure. Ce manque de puissance s'explique par le manque de données. En effet, bien que notre effectif initial de chats (112) soit très satisfaisant, les catégories d'affections scindent l'effectif et certaines de ces catégories comptent un très faible nombre d'animaux, et donc de glandes surrénales. Notre ANOVA nous permet bien de conclure à des différences significatives de taille des glandes surrénales selon certaines affections, mais ces résultats ne sont pas extrapolables à la population générale.

Malgré l'absence de conclusion statistique, les résultats suggèrent que les chats ayant des affections endocriniennes présentent des glandes surrénales plus grandes que les autres. En effet, d'après le Tableau 13, toutes les mesures des glandes surrénales de chats souffrant d'affections endocriniennes sont plus élevées que les mesures des autres. Les chats atteints de maladie rénale chronique semblent présenter un pôle crânial gauche plus épais que les autres. A l'inverse, les chats souffrant d'affections hépato-biliaires chroniques semblent présenter des glandes surrénales plus petites (mise à la part la longueur de la glande surrénale droite). Cette dernière observation n'avait encore jamais été rapportée, à notre connaissance, dans la littérature. Enfin, les chats atteints d'affections brèves, transitoires ou auto-résolutives présenteraient une glande surrénale gauche moins longue que les autres chats, et les chats

atteints d'affections aigües et graves auraient, eux aussi, une glande surrénale droite moins longue.

F. Etude des chats présentant une hypertrophie surrénalienne

Comme récapitulé dans le Tableau 15, on compte 26 chats présentant une hypertrophie surrénalienne (sur la base du seuil de 4,8 mm pour le pôle crânial et de 4,5 mm pour le pôle caudal), soit 23,21% (26 chats sur 112). Cela est plus de trois fois plus élevé que dans l'article de 2022 (2) où ils ne rapportent que 7% d'hypertrophie surrénalienne. Il n'a été possible d'observer qu'une seule glande surrénale chez 4 de ces chats.

Pour 7/26 chats (26,92%), l'hypertrophie est bilatérale tandis que pour les 19/26 autres, l'augmentation d'épaisseur n'est retrouvée que sur une seule glande surrénale. Lorsque cette hypertrophie est unilatérale, elle est plus souvent retrouvée à droite (11/19) qu'à gauche (8/19). Dans l'article d'Oliveira (2), l'hypertrophie surrénalienne concernait plus souvent la glande surrénale gauche. De plus, cette hypertrophie concerne plus souvent le pôle crânial que le pôle caudal. Sur les 33 glandes surrénales hypertrophiées observées, l'augmentation d'épaisseur concernait le pôle crânial et le pôle caudal pour 7 d'entre elles, tandis que seul le pôle crânial était épaissi pour 16 d'entre elles. Les 10 dernières ne présentaient que le pôle caudal épaissi.

La moyenne d'âge des chats présentant une hypertrophie surrénalienne est de 10,35 ans ($\pm 4,87$), et le poids moyen est de 4,07 kg ($\pm 1,16$). L'hypertrophie des glandes surrénales est ainsi majoritairement retrouvée chez des animaux plutôt âgés, et donc prédisposés à développer diverses affections, elles-mêmes favorisant l'hypertrophie des surrénales. Au sein de notre étude, nous comptons 14 mâles castrés, 1 mâle entier et 11 femelles stérilisées avec une hypertrophie surrénalienne. Les individus stérilisés semblent alors surreprésentés, mais cela peut s'expliquer par le fait que la très grande majorité de la population féline présentée au CHUVAC de l'ENVT est stérilisée.

En ce qui concerne les catégories d'affections, elles sont presque toutes représentées. En effet, on dénombre 2 chats atteints d'affections aigües et graves, 3 chats atteints d'affections digestives chroniques, 6 chats atteints d'endocrinopathies, 3 chats atteints d'affections infectieuses ou idiopathiques, 10 chats atteints d'affections rénales chroniques, 1 chat souffrant d'une néoplasie (tumeur pulmonaire primaire) et un chat avec une affection brève, transitoire ou auto-résolutive. Il faut noter que deux tiers des chats atteints d'endocrinopathies présentent

une hypertrophie surrénalienne (6 sur 9, soit 66,67%). De même, les affections rénales chroniques sont bien représentées avec 10 chats sur 26 (38,46%) soit plus d'un tiers des chats atteints de maladie rénale chronique.

Les affections les plus représentées dans notre étude sont donc les affections rénales chroniques (10/26 soit 38,46%), suivies par les affections endocriniennes (6/23 soit 26,09%). Ces résultats sont alors concordants avec ce qui avait été rapporté dans l'étude d'Oliveira (2). Cette dernière avait en effet mis en évidence une prévalence de 36,8% pour les maladies rénales chroniques et 29,4% pour les endocrinopathies.

Les affections rénales chroniques sont ainsi surreprésentées dans la population de chats présentant des surrénales d'épaisseur supérieure à 4,8 mm (plus d'un tiers des chats avec une maladie rénale chronique ont une « hypertrophie surrénalienne »). Or, l'implication d'une maladie rénale chronique est ambiguë étant donné qu'elle peut être autant la cause que la conséquence d'un hyperaldostéronisme. Plusieurs études (63, 64) ont mis en évidence le fait que le système rénine-angiotensine-aldostérone était impliqué dans la sclérose rénale progressive. De plus, il semblerait que l'aldostérone contribue à la progression des lésions rénales en favorisant les thrombus et la fibrose (65, 66). Ainsi, l'hyperaldostéronisme primaire peut favoriser le développement de maladie rénale chronique. D'un autre côté, un hyperaldostéronisme secondaire peut être amené à se développer par la mise en place d'un mécanisme compensateur des pertes électrolytiques secondaires à la polyurie, elle-même causée par la maladie rénale chronique. Dans nos cas d'hypertrophie surrénalienne associés à une affection rénale chronique, aucune masse ou nodule n'a été observé sur les surrénales, suggérant alors la probabilité plus grande d'être face à un hyperaldostéronisme secondaire. Néanmoins, il n'est pas possible d'exclure un processus primaire sur la seule base de ces observations. Les concentrations plasmatiques de potassium des chats présentant une hypertrophie des glandes surrénales ont été relevées également dans le Tableau 15 ci-dessus. D'après l'article de Combes (1), un hyperaldostéronisme primaire peut être suspecté pour une concentration plasmatique de potassium inférieure à 3 mmol/L. Dans notre cas, seuls deux chats présentaient de telles concentrations. Le premier souffrait d'un diabète acido-cétosique et le second d'une maladie rénale chronique. Il serait néanmoins intéressant de réaliser des dosages d'aldostérone et de l'activité de la rénine afin de clarifier le type d'hyperaldostéronisme, en particulier chez ces deux individus. De plus, cela permettrait de mettre en place une thérapeutique adaptée dans le cas d'atteinte primaire.

Les affections endocriniennes sont également très représentées parmi les chats présentant des surrénales d'épaisseur augmentée. En effet, 6 des 9 chats atteints d'endocrinopathies présentent une hypertrophie d'une ou des deux glandes surrénales. Parmi eux, on dénombre deux chats atteints d'hyperthyroïdie, 3 chats atteints de diabète acido-cétosique et un chat présentant un diabète sucré et un hypersomatotropisme. Le diabète sucré est également bien représenté en cas d'hypertrophie surrénalienne dans cette étude. Deux études se sont intéressées à l'impact de cette affection sur la taille des glandes surrénales. La première (43) avait conclu au fait que le diabète sucré n'entraînait pas d'hypertrophie des surrénales, tandis que la seconde (2) avait mis en évidence que le diabète sucré était la troisième cause la plus fréquente responsable d'augmentation de taille des glandes surrénales. En ce qui concerne l'hyperthyroïdie, l'hypertrophie surrénalienne associée peut s'expliquer par l'augmentation des taux circulants d'hormones thyroïdiennes qui stimulent la clairance du cortisol et la libération d'ACTH, causant alors un épaissement bilatéral secondaire des cortex surrénaux. Les chats hyperthyroïdiens peuvent aussi présenter une réponse exagérée à des stress mineurs, qui peut être associée à l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et ainsi une augmentation de taille des surrénales.

De la même façon que dans l'étude d'Oliveira (2), aucun des chats présentant une hypertrophie surrénalienne (excepté le chat atteint d'un diabète sucré et d'un hypersomatotropisme) n'a été testé pour l'hyperadrénocorticisme hypophyso-dépendant et l'hypersomatotropisme, deux maladies bien connues dans le diagnostic différentiel de l'hypertrophie des glandes surrénales chez le chat. La prévalence de ces deux affections est donc probablement sous-estimée.

L'hypothèse selon laquelle l'hypertrophie surrénalienne serait la manifestation d'une adaptation métabolique au stress et aux différentes affections chroniques a également été émise. Néanmoins, il ne faut pas que cela soit un prétexte pour ne pas l'explorer. Des examens supplémentaires devraient être mis en œuvre afin de comprendre la pertinence clinique et la gravité d'une hypertrophie surrénalienne, que ce soit chez des chats sains ou malades.

Enfin, on remarque que parmi les chats présentant une hypertrophie surrénalienne, aucun ne présente une affection hépato-biliaire chronique. Cela concorde avec l'hypothèse émise ci-dessus selon laquelle les chats atteints d'affections hépato-biliaires chroniques auraient des glandes surrénales de plus petite taille.

G. Limites de l'étude

Cette étude présente plusieurs limites.

L'utilisation de trois échographes différents (bien que de même modèle) peut avoir contribué à de légères variations dans les résultats en fonction des réglages utilisés et de la qualité des images obtenues. Cependant, compte tenu du fait que l'intégralité des images a été réalisée par le même opérateur entraîné, il est probable que le biais induit par le changement d'appareil soit négligeable.

Les images des glandes surrénales sur lesquelles ont été effectuées les mesures ont été obtenues soit à partir de photos, soit à partir de vidéos. Lorsqu'il s'agissait de vidéos, c'était à la personne qui mesurait de choisir l'image sur laquelle faire les mesures. On peut donc être amené à se demander si cela n'entraîne pas un biais. En effet, il n'est pas possible de savoir si les deux observateurs auraient choisi la même image ou non.

Le choix de nos facteurs de variation s'est basé sur la littérature. Nous avons alors choisi d'intégrer le statut reproducteur, l'âge ainsi que le poids dans cette étude puisque les conclusions des études précédentes présentaient des résultats discordants quant à leur influence respective sur la taille des glandes surrénales félines. Enfin, le choix d'étudier l'impact des affections sur la taille de ces organes était le cœur de cette étude. Nous avons choisi de séparer les affections aiguës des affections chroniques car nous avons émis l'hypothèse qu'une affection chronique était plus susceptible d'entraîner un changement d'aspect échographique des glandes surrénales qu'une affection évoluant seulement sur quelques jours, bien que certaines affections puissent se manifester de façon aiguë après avoir évolué sur le long terme de façon subclinique (les urolithiases par exemple). De plus, nous voulions un groupe de chats atteints de maladies rénales chroniques puisque l'étude d'Oliveira (2) avait conclu au fait que les chats atteints de ce type d'affection avaient tendance à présenter des glandes surrénales hypertrophiées. D'après la littérature, les endocrinopathies telles que le diabète et l'hyperthyroïdie pouvaient également engendrer une hypertrophie surrénalienne, ce qui a motivé le choix d'une catégorie d'affections endocriniennes. Enfin, les néoplasies, susceptibles de métastaser aux glandes surrénales, nous ont également paru intéressantes à séparer des autres types d'affections. Nous n'avons volontairement pas inclus le facteur « race », car aucun article n'avait mis en évidence l'impact de celle-ci sur la taille des glandes surrénales chez le chat. De plus, la très grande majorité de notre effectif étant composé de chats européens, les statistiques n'auraient pas été très pertinentes avec un ou deux individus représentant les autres races. Nous

n'avons pas choisi non plus d'intégrer la présence d'une anesthésie ou d'une sédation. En effet, l'étude s'étant intéressée à l'effet d'une anesthésie au propofol sur la taille des glandes surrénales félines (67) avait conclu en une absence d'influence, et au vu des différents cocktails anesthésiques utilisés sur nos chats, il aurait été difficile de mettre en évidence l'effet d'une classe de molécules bien précise.

Nous aurions également souhaité recruter un groupe de chats sains afin de réaliser une étude comparative. Le temps nous a manqué pour réaliser le même travail avec un effectif de chats sains suffisamment élevé pour conclure statistiquement.

Dans les cas d'hypertrophie surrénalienne, des tests endocriniens voire histopathologiques dont nous ne disposons pas pour les chats concernés, auraient permis de caractériser fonctionnellement les glandes surrénales et de mettre en parallèle les mesures échographiques des surrénales avec leur activité ainsi que celle de l'axe hypothalamo-hypophysaire.

A l'avenir, l'idéal serait d'associer une étude échographique avec une exploration endocrinienne des glandes surrénales. Un nombre plus conséquent de chats permettrait également de trancher quant à l'impact de certaines affections sur l'aspect échographique des glandes surrénales (notamment les maladies rénales chroniques, les dysendocrinies, ainsi que les affections hépato-biliaires chroniques). De plus, les chats étant particulièrement sensibles au stress, il serait important de clarifier l'impact de ce stress et des maladies chroniques sur l'aspect des glandes surrénales (taille, échogénicité, forme) pour savoir si l'hypertrophie surrénalienne est un phénomène statique ou dynamique dans le temps.

Conclusion

Notre étude permet de faire un état des lieux de l'aspect et des mesures des glandes surrénales dans une population de chats tout-venant présentés en consultation d'un CHUVAC pour des motifs très variés. Les résultats que nous avons obtenus sont pour la plupart concordants avec la littérature et il en ressort que :

- la forme des surrénales la plus fréquemment observée chez les chats de l'étude est la forme bilobée mais d'autres formes, peu ou jamais rapportées dans la littérature, ont été observées dans cette étude (poire, haricot ou autre...) ;
- les glandes surrénales gauche et droite ne présentent pas de différence significative en termes de taille et le statut reproducteur, l'âge et le poids n'ont pas d'influence sur la taille des glandes surrénales félines ;
- certaines affections comme les endocrinopathies et les affections rénales chroniques sont associées à une augmentation de la taille des surrénales.

Il est regrettable que nous n'ayons pas pu inclure de chats atteints d'affections surrénaliennes avérées dans notre travail, ce qui reflète cependant la rareté de ces affections dans la population des chats qui sont présentés à notre CHUVAC.

Table des illustrations

Table des figures

Figure 1 : Topographie des glandes surrénales félines (Barone, 1990)	18
Figure 2 : Illustration schématique du flux sanguin artériel des glandes surrénales (Feldman et al. 2019).....	19
Figure 3 : Illustration d'une coupe histologique de glande surrénale, avec M la médulla, R la zone réticulée, F la zone fasciculée, G la zone glomérulée et C la capsule (http://www.histologyguide.org/).....	20
Figure 4 : Section histologique d'une glande surrénale chez un chat sain à gauche, et illustration schématique des cellules du cortex et de la médulla d'une glande surrénale à droite (Feldman et al, 2019).....	21
Figure 5 : Images montrant les variations normales de forme des glandes surrénales (Griffin, 2021).....	38
Figure 6 : Image échographique d'une coupe sagittale d'une glande surrénale droite d'un chat hyperthyroïdien (Combes et al. 2012).....	42
Figure 7 : Image échographique d'une coupe sagittale d'une glande surrénale droite d'un chat hyperthyroïdie (Combes et al. 2012).....	42
Figure 8 : Images échographiques de nodules surrénaux chez deux chats atteints d'hyperaldostéronisme (Griffin, 2021).....	45
Figure 9 : Images échographiques de masses surrénales sécrétant des stéroïdes sexuels en excès (Millard et al. 2009) (Briscoe et al. 2009)	46
Figure 10 : Radiographie des glandes surrénales droite et gauche minéralisées (flèches) chez un chat mâle castré de 16 an (Griffin, 2021).....	48
Figure 11 : Illustration des mesures d'une glande surrénale droite en coupe sagittale.....	56

Figure 12 : Clichés échographiques reflétant l'ensemble des formes des surrénales observées sur l'ensemble de notre population.	61
Figure 13 : Représentation graphique de la répartition des différentes formes observées (glandes surrénales gauches et droites confondues)	62
Figure 14 : Représentation graphique de la répartition des différentes formes observées entre les surrénales gauches et droites.....	62
Figure 15 : Représentation graphique du test exact de Fisher.....	63
Figure 16 : Représentation graphique de la répartition des différentes échogénicités des glandes surrénales observées (glandes surrénales droites et gauches confondues).....	64
Figure 17 : Série de graphiques de Bland Altman caractérisant la concordance entre les mesures des deux opérateurs	65
Figure 18 : Série de représentations graphiques de la concordance entre les mesures des glandes surrénales par les deux opérateurs.....	68

Table des tableaux

Tableau 1 : Principaux effets physiologiques des catécholamines (Ettinger, 2017)	27
Tableau 2 : Métastases des glandes surrénales félines (Labelle et al. 2005).....	32
Tableau 3 : Valeurs tomодensitométriques de référence pour la longueur, la hauteur et les valeurs d'atténuations des glandes surrénales chez des chats sains (Mallol et al. 2020)	50
Tableau 4 : Récapitulatif des différentes affections des chats inclus dans l'étude et leur catégorisation	60
Tableau 5 : Résultats du test statistique permettant d'évaluer l'impact de la latéralisation des glandes surrénales sur leur forme.....	63
Tableau 6 : Récapitulatif des coefficients de Lin pour les mesures effectuées par l'opérateur non expérimenté et par l'opérateur expérimenté pour chacune des mesures surrénaliennes...	66
Tableau 7 : Interprétation des valeurs du coefficient de concordance de Lin (Partik et al., 2002)	67
Tableau 8 : Mesures des glandes surrénales droites et gauches des chats de notre étude	69
Tableau 9 : Résultats des tests statistiques permettant de comparer les glandes surrénales gauches et droite des chats de notre étude.....	69
Tableau 10 : Mesures des glandes surrénales des chats de notre étude selon leur statut reproducteur	70
Tableau 11 : Mesures des glandes surrénales des chats de notre étude selon leur âge	71
Tableau 12 : Mesures des glandes surrénales des chats de l'étude selon leur poids.....	72
Tableau 13 : Mesures des glandes surrénales des chats de l'étude selon les affections dont ils sont atteints.....	73
Tableau 14 : Récapitulatif des résultats de l'ANOVA.	74

Tableau 15 : Récapitulatif des chats présentant une hypertrophie d'une ou des deux glandes surrénales..... 75

Bibliographie

1. COMBES, Anaïs, PEY, Pascaline, PAEPE, Dominique, ROSENBERG, Dan, DAMINET, Sylvie, PUTCUYPS, Ingrid, BEDU, Anne-Sophie, DUCHATEAU, Luc, DE FORNEL-THIBAUD, Pauline, BENCHEKROUN, Ghita et SAUNDERS, Jimmy H. Ultrasonographic appearance of adrenal glands in healthy and sick cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 juin 2013. Vol. 15, n° 6, pp. 445-457. DOI 10.1177/1098612X12469523.
2. OLIVEIRA, João, DIAS, Maria Joana, FONTES, Ana Paula, ENGLAR, Ryane E., VICENTE, Gonçalo, FERREIRA, Rui Lemos, GALAC, Sara et LEAL, Rodolfo Oliveira. Ultrasonographic Detected Adrenomegaly in Clinically Ill Cats: A Retrospective Study. *Veterinary Sciences*. août 2022. Vol. 9, n° 8, pp. 420. DOI 10.3390/vetsci9080420.
3. PÉREZ-LÓPEZ, Laura, WÄGNER, Ana María, SAAVEDRA, Pedro, JABER, Jose Raduan et MELIÁN, Carlos. Ultrasonographic evaluation of adrenal gland size in two body weight categories of healthy adult cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 août 2021. Vol. 23, n° 8, pp. 804-808. DOI 10.1177/1098612X20974962.
4. GRIFFIN, Sally. Feline abdominal ultrasonography: what's normal? what's abnormal? The adrenal glands. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. janvier 2021. Vol. 23, n° 1, pp. 33-49. DOI 10.1177/1098612X20979509.
5. COMBES, Anaïs, STOCK, Emmelie, VAN DER VEKENS, Elke, DUCHATEAU, Luc, VAN RYSSSEN, Bernadette et SAUNDERS, Jimmy H. Ultrasonographical examination of feline adrenal glands: intra- and inter-observer variability. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 décembre 2014. Vol. 16, n° 12, pp. 937-942. DOI 10.1177/1098612X14522049.
6. COMBES, A. et SAUNDERS, J. H. Ultrasonographic examination of the feline adrenal glands: A review. *Revue Vétérinaire Clinique*. 1 janvier 2014. Vol. 49, n° 1, pp. 1-12. DOI 10.1016/j.anicom.2013.12.002.
7. FELDMAN, Edward C., FRACASSI, Federico et PETERSON, Mark E. *Feline endocrinology*. . Milano : edra, 2019. ISBN 978-88-214-4837-9.

8. NATHALIE BOURGÈS ABELLA. *Polycopié d'histologie - Cours de première année ENVT*. 1 septembre 2018.
9. LACOUR, Bernard et BELON, Jean-Paul. *Physiologie*. . Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2015. Les cours de L2-M2 pharma. ISBN 978-2-294-74287-3. 612.007 6
10. FELDMAN, Edward C., NELSON, Richard W., REUSCH, Claudia et SCOTT-MONCRIEFF, J. Catharine R. *Canine & feline endocrinology*. . Fourth edition. St. Louis, Missouri : Elsevier Saunders, 2015. ISBN 978-1-4557-4456-5. SF992.E53 F45 2015
11. RIJNBERK, Adam. *Clinical endocrinology of dogs and cats: an illustrated text*. . 2nd. revised edition. Hannover : Schlütersche, 2010. Vet. ISBN 978-3-89993-058-0. F.09.04-RIJ-C
12. JUBB, K. V. F., KENNEDY, Peter Carleton et PALMER, Nigel. *Pathology of domestic animals*. . 4th ed. San Diego New York Boston [etc.] : Academic press, 1993. ISBN 978-0-12-391605-1. 636.089 607
13. HERBACH, Nadja, WIELE, Kirstin, KONIETSCHKE, Ulrike et HERMANNNS, Walter. Pathologic Alterations of Canine and Feline Adrenal Glands. *Open Journal of Pathology*. 1 janvier 2016. Vol. 06, pp. 140-153. DOI 10.4236/ojpathology.2016.63017.
14. LUNN, Katharine F. et PAGE, Rodney L. Tumors of the Endocrine System. In : *Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology*. [en ligne]. Elsevier, 2013. pp. 504-531. [Consulté le 27 septembre 2022]. ISBN 978-1-4377-2362-5.
15. MYERS, Nathaniel C. Adrenal Incidentalomas: Diagnostic Workup of the Incidentally Discovered Adrenal Mass. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1 mars 1997. Vol. 27, n° 2, pp. 381-399. DOI 10.1016/S0195-5616(97)50038-6.
16. DANIEL, Gideon, MAHONY, Orla M, MARKOVICH, Jessica E, APPLEMAN, Elizabeth, MONAGHAN, Kelly N, LAWRENCE, Yuri A, FIOCCHI, E Hathaway, WEAVER, Kelli, JOHNSTON, Andrea et BARTON, Bruce. Clinical findings, diagnostics and outcome in 33 cats with adrenal neoplasia (2002–2013). *Journal of Feline Medicine and Surgery*. février 2016. Vol. 18, n° 2, pp. 77-84.

17. BOLAND, Lara A et BARRS, Vanessa R. Peculiarities of feline hyperadrenocorticism: Update on diagnosis and treatment. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 septembre 2017. Vol. 19, n° 9, pp. 933-947. DOI 10.1177/1098612X17723245.
18. CALSYN, Jon David R., GREEN, Rebecca A., DAVIS, Garrett J. et REILLY, Christopher M. Adrenal Pheochromocytoma With Contralateral Adrenocortical Adenoma in a Cat. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1 janvier 2010. Vol. 46, n° 1, pp. 36-42. DOI 10.5326/0460036.
19. LABELLE, P. et DE COCK, H. E. V. Metastatic Tumors to the Adrenal Glands in Domestic Animals. *Veterinary Pathology*. 1 janvier 2005. Vol. 42, n° 1, pp. 52-58. DOI 10.1354/vp.42-1-52.
20. MATTOON, John S., NYLAND, Thomas G., MASSON, Laurent et BOYER, Charlotte. *Diagnostic échographique chez les carnivores domestiques*. . Paris : Éditions Med'com, 2017. ISBN 978-2-35403-252-4. 636.089 60754
21. DJAJADININGRAT-LAANEN, Sylvia, GALAC, Sara et KOOISTRA, Hans. Primary hyperaldosteronism: expanding the diagnostic net. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. septembre 2011. Vol. 13, n° 9, pp. 641-650. DOI 10.1016/j.jfms.2011.07.017.
22. FERASIN, L. Iatrogenic Hyperadrenocorticism in a Cat following a Short Therapeutic Course of Methylprednisolone Acetate. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 juin 2001. Vol. 3, n° 2, pp. 87-93. DOI 10.1053/jfms.2001.0117.
23. PARNELL, N. K., POWELL, L. L., HOHENHAUS, A. E., PATNAIK, A. K. et PETERSON, M. E. Hypoadrenocorticism as the primary manifestation of lymphoma in two cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 avril 1999. Vol. 214, n° 8, pp. 1208-1211, 1200.
24. ETTINGER, Stephen J. *Textbook of veterinary internal medicine. Volume 2*. . Eighth edition. St. Louis, Missouri : Elsevier, 2017. ISBN 978-0-323-46214-3.
25. GUERIOS, Simone Domit, SOUZA, Carlos Henrique de Melo et BACON, Nicholas J. Adrenocortical tumor in a cat secreting more than one type of corticosteroid. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*. 1 juillet 2015. Vol. 1, n° 2, pp. 2055116915617970. DOI 10.1177/2055116915617970.

26. BOAG, A. K., NEIGER, R. et CHURCH, D. B. Trilostane treatment of bilateral adrenal enlargement and excessive sex steroid hormone production in a cat. *Journal of Small Animal Practice*. 2004. Vol. 45, n° 5, pp. 263-266. DOI 10.1111/j.1748-5827.2004.tb00234.x.
27. MILLARD, Ralph P., PICKENS, Erika H. et WELLS, Katherine L. Excessive production of sex hormones in a cat with an adrenocortical tumor. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 février 2009. Vol. 234, n° 4, pp. 505-508. DOI 10.2460/javma.234.4.505.
28. BOORD, M. et GRIFFIN, C. Progesterone secreting adrenal mass in a cat with clinical signs of hyperadrenocorticism. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 mars 1999. Vol. 214, n° 5, pp. 666-669.
29. BRISCOE, Katherine, BARRS, Vanessa R, FOSTER, Darren F et BEATTY, Julia A. Hyperaldosteronism and Hyperprogesteronism in a Cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 septembre 2009. Vol. 11, n° 9, pp. 758-762. DOI 10.1016/j.jfms.2009.07.010.
30. YU, Jane, LENORD, Jason, LAU, Michelle, BRUNEL, Laurencie, GRAY, Rachael, DONAHOE, Shannon L et BOLAND, Lara. Gynaecomastia in a male neutered cat with an adrenal tumour and associated hyperprogesteronism, hypercortisolism and hyperaldosteronism. *JFMS Open Reports*. 29 septembre 2021. Vol. 7, n° 2, pp. 20551169211045640. DOI 10.1177/20551169211045640.
31. HARRO, Cailin C., REFSAL, Kent R., SHAW, Nicole, ALSTON, Samantha M., FOLGER, William, GROSS, Carolyn, COUSINS, W. Mark, MONAHAN, Colleen F., MAZAKI-TOVI, Michal et LANGLOIS, Daniel K. Retrospective study of aldosterone and progesterone secreting adrenal tumors in 10 cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2021. Vol. 35, n° 5, pp. 2159-2166. DOI 10.1111/jvim.16256.
32. NADOLSKI, Amy C., MARKOVICH, Jessica E., JENNINGS, Samuel H. et MAHONY, Orla M. Mammary development, hyperestrogenemia, and hypocortisolemia in a male cat with an adrenal cortical carcinoma. *The Canadian Veterinary Journal*. octobre 2016. Vol. 57, n° 10, pp. 1077-1080.
33. BARTHEZ, Paul Y., NYLAND, Thomas G. et FELDMAN, Edward C. Ultrasonography of the Adrenal Glands in the Dog, Cat, and Ferret. *Veterinary Clinics of North*

America: Small Animal Practice. juillet 1998. Vol. 28, n° 4, pp. 869-885. DOI 10.1016/S0195-5616(98)50082-4.

34. ZIMMER, C., HÖRAUF, A. et REUSCH, C. Ultrasonographic examination of the adrenal gland and evaluation of the hypophyseal-adrenal axis in 20 cats. *Journal of Small Animal Practice*. 2000. Vol. 41, n° 4, pp. 156-160. DOI 10.1111/j.1748-5827.2000.tb03185.x.

35. CARTEE, Robert E., BODNER, Susan T. Finn et GRAY, Bruce W. Ultrasound Examination of the Feline Adrenal Gland. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. novembre 1993. Vol. 9, n° 6, pp. 327-330. DOI 10.1177/875647939300900607.

36. ZATELLI, A., D'IPPOLITO, P., FIORE, I. et ZINI, E. Ultrasonographic evaluation of the size of the adrenal glands of 24 diseased cats without endocrinopathies. *Veterinary Record*. mai 2007. Vol. 160, n° 19, pp. 658-660. DOI 10.1136/vr.160.19.658.

37. RAMSPOTT, Sabine, HARTMANN, Katrin, SAUTER-LOUIS, Carola, WEBER, Karin et WEHNER, Astrid. Adrenal function in cats with hyperthyroidism. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. avril 2012. Vol. 14, n° 4, pp. 262-266. DOI 10.1177/1098612X11435893.

38. CHIARAMONTE, Deirdre et GRECO, Deborah S. Feline Adrenal Disorders. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. février 2007. Vol. 22, n° 1, pp. 26-31.

39. VALENTIN, S. Y., CORTRIGHT, C. C., NELSON, R. W., PRESSLER, B. M., ROSENBERG, D., MOORE, G. E. et SCOTT-MONCRIEFF, J. C. Clinical findings, diagnostic test results, and treatment outcome in cats with spontaneous hyperadrenocorticism: 30 cases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. avril 2014. Vol. 28, n° 2, pp. 481-487. DOI 10.1111/jvim.12298.

40. COMBES, Anaïs, VANDERMEULEN, Eva, DUCHATEAU, Luc, PEREMANS, Kathelijne, DAMINET, Sylvie et SAUNDERS, Jimmy. Ultrasonographic Measurements of Adrenal Glands in Cats with Hyperthyroidism. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2012. Vol. 53, n° 2, pp. 210-216. DOI 10.1111/j.1740-8261.2011.01888.x.

41. LOURENÇO, Bianca N, RANDALL, Elissa, SEILER, Gabriela et LUNN, Katharine F. Abdominal ultrasonographic findings in acromegalic cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. août 2015. Vol. 17, n° 8, pp. 698-703. DOI 10.1177/1098612X14556847.

42. GRECO, Deborah S. Feline Acromegaly. *Topics in Companion Animal Medicine*. 1 février 2012. Vol. 27, n° 1, pp. 31-35. DOI 10.1053/j.tcam.2012.05.004.
43. KLEY, S., ALT, M., ZIMMER, C., HOERAUF, A. et REUSCH, C. E. Evaluation of the low-dose dexamethasone suppression test and ultrasonographic measurements of the adrenal glands in cats with diabetes mellitus. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*. novembre 2007. Vol. 149, n° 11, pp. 493-500. DOI 10.1024/0036-7281.149.11.493.
44. LO, A.j., HOLT, D.e., BROWN, D.c., SCHLICKSUP, M.d., ORSHER, R.j. et AGNELLO, K.a. Treatment of Aldosterone-Secreting Adrenocortical Tumors in Cats by Unilateral Adrenalectomy: 10 Cases (2002–2012). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2014. Vol. 28, n° 1, pp. 137-143. DOI 10.1111/jvim.12186.
45. MOORE, Lisa E., BILLER, David S. et SMITH, Thomas A. Use of abdominal ultrasonography in the diagnosis of primary hyperaldosteronism in a cat. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 juillet 2000. Vol. 217, n° 2, pp. 213-215. DOI 10.2460/javma.2000.217.213.
46. ANDREW, Roderick, HARVEY, Andrea M et TASKER, Séverine. Primary hyperaldosteronism in the cat: A series of 13 cases. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 juin 2005. Vol. 7, n° 3, pp. 173-182. DOI 10.1016/j.jfms.2004.08.007.
47. MILLARD, Ralph P., PICKENS, Erika H. et WELLS, Katherine L. Excessive production of sex hormones in a cat with an adrenocortical tumor. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 février 2009. Vol. 234, n° 4, pp. 505-508. DOI 10.2460/javma.234.4.505.
48. CERVONE, Mario. Concomitant multiple myeloma and probable pheochromocytoma in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*. 1 juillet 2017. Vol. 3, n° 2, pp. 2055116917719209. DOI 10.1177/2055116917719209.
49. WIMPOLE, Justin A., ADAGRA, Carl F.M., BILLSON, Mark F., PILLAI, Dilo N. et FOSTER, Darren J. Plasma free metanephrines in healthy cats, cats with non-adrenal disease and a cat with suspected pheochromocytoma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 1 juin 2010. Vol. 12, n° 6, pp. 435-440. DOI 10.1016/j.jfms.2009.10.010.

50. HENRY, C. J., BREWER, W. G., MONTGOMERY, R. D., GROTH, A. H., CARTEE, R. E. et GRIFFIN, K. S. Clinical vignette. Adrenal pheochromocytoma. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. juin 1993. Vol. 7, n° 3, pp. 199-201. DOI 10.1111/j.1939-1676.1993.tb03188.x.
51. CHUN, R, JAKOVLJEVIC, S, MORRISON, WB, DENICOLA, DB et CORNELL, KK. Apocrine gland adenocarcinoma and pheochromocytoma in a cat. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1 janvier 1997. Vol. 33, n° 1, pp. 33-36. DOI 10.5326/15473317-33-1-33.
52. WESTROPP, Jodi L., WELK, Kristin A. et BUFFINGTON, C. A. Tony. Small adrenal glands in cats with feline interstitial cystitis. *The Journal of Urology*. décembre 2003. Vol. 170, n° 6 Pt 1, pp. 2494-2497. DOI 10.1097/01.ju.0000095566.63870.66.
53. ALSHAHRANI, Meshal Ali, BIN SAEEDAN, Mnahi, ALKHUNAIZAN, Tariq, ALJOHANI, Ibtisam Musallam et AZZUMEEA, Fahad Mohammed. Bilateral adrenal abnormalities: imaging review of different entities. *Abdominal Radiology*. janvier 2019. Vol. 44, n° 1, pp. 154-179.
54. HUDSON, Lola C. et HAMILTON, William P. *Atlas of Feline Anatomy: For Veterinarians*. [en ligne]. 2. Teton NewMedia, 2017. [Consulté le 8 septembre 2022]. ISBN 978-1-315-13786-5.
55. THRALL, Donald E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. . 6th ed. St. Louis, Mo : Elsevier Saunders, 2013. ISBN 978-1-4557-0364-7.
56. MALLOL, Claudia, ALTUZARRA, Raúl, ESPADA, Yvonne, TOBÓN RESTREPO, Mauricio, SERRANO, Emmanuel et NOVELLAS, Rosa. CT characterisation of feline adrenal glands. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. avril 2020. Vol. 22, n° 4, pp. 285-291. DOI 10.1177/1098612X19840090.
57. GAVIN, Patrick R. et BAGLEY, Rodney S. *Practical small animal MRI*. . Ames (Iowa) : Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-0-8138-0607-5. X.03.04-GAV-P
58. LLABRES-DIAZ, Francisco J. et DENNIS, Ruth. Magnetic Resonance Imaging of the Presumed Normal Canine Adrenal Glands. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2003. Vol. 44, n° 1, pp. 5-19. DOI 10.1111/j.1740-8261.2003.tb01442.x.

59. VÉTÉRINAIRE.FR, Le Point. Les tumeurs endocrines sont explorées par la scintigraphie - La Semaine Vétérinaire n° 1309 du 04/04/2008. *Le Point Vétérinaire.fr*. [en ligne]. 2008. [Consulté le 13 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/la-semaine-veterinaire/article/n-1309/les-tumeurs-endocrines-sont-explorees-par-la-scintigraphie.html>
60. BERRY, Clifford R., WRIGHT, Kathy N., BREITSCHWERDT, Edward B. et FELDMAN, Jerome M. Use of 123iodine Metaiodobenzylguanidine Scintigraphy for the Diagnosis of a Pheochromocytoma in a Dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1993. Vol. 34, n° 1, pp. 52-55. DOI 10.1111/j.1740-8261.1993.tb01994.x.
61. BERRY, Clifford R., DEGRADO, Timothy R., NUTTER, Felicia, GARG, Pradeep K., BREITSCHWERDT, Edward B., SPAULDING, Kathy, CONCANNON, Kevin D., ZALUTSKY, Michael R. et EDWARD COLEMAN, R. Imaging of pheochromocytoma in 2 dogs using p-[18F]Fluorobenzylguanidine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2002. Vol. 43, n° 2, pp. 183-186. DOI 10.1111/j.1740-8261.2002.tb01667.x.
62. PARTIK, Bernhard L., STADLER, Alfred, SCHAMP, Stephan, KOLLER, Anke, VORACEK, Martin, HEINZ, Gertraud et HELBICH, Thomas H. 3D versus 2D ultrasound: accuracy of volume measurement in human cadaver kidneys. *Investigative Radiology*. septembre 2002. Vol. 37, n° 9, pp. 489-495. DOI 10.1097/01.RLI.0000023573.59066.43.
63. FOGO, Agnes B. Pathology of progressive nephropathies. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*. mai 2000. Vol. 9, n° 3, pp. 241.
64. WOLF, G. et NEILSON, E. G. Angiotensin II as a renal growth factor. *Journal of the American Society of Nephrology: JASN*. mars 1993. Vol. 3, n° 9, pp. 1531-1540. DOI 10.1681/ASN.V391531.
65. HOSTETTER, T. H., ROSENBERG, M. E., IBRAHIM, H. N. et JUKNEVICIUS, I. Aldosterone in progressive renal disease. *Seminars in Nephrology*. novembre 2001. Vol. 21, n° 6, pp. 573-579. DOI 10.1053/snep.2001.26797.
66. EPSTEIN, Murray. Aldosterone as a determinant of cardiovascular and renal dysfunction. *Journal of the Royal Society of Medicine*. août 2001. Vol. 94, n° 8, pp. 378-383.

67. COMBES, A., VANDERMEULEN, E., DUCHATEAU, L., PEREMANS, K., HESTA, M. et SAUNDERS, J. H. Effect of propofol anesthesia on ultrasonographic measurements of the adrenal glands of healthy cats. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 31 octobre 2014. Vol. 83, n° 5, pp. 250-254.

Annexe

Tableau récapitulatif des mesures de glandes surrénales rapportées dans la bibliographie, entre 1993 et 2021

Année	Titre de l'article	Auteurs	Nombre de chats	Sains ou malades ?	Glande surrénale gauche			Glande surrénale droite			
					Hauteur pôle crânial	Hauteur pôle caudal	Largeur	Longueur	Hauteur pôle crânial	Hauteur pôle caudal	Largeur
1993	Ultrasound Examination of the Feline Adrenal Gland	Cartee et al.	10	Sains	My = 3,99 mm (± 0,2 mm)		My = 4,34 mm (± 0,3 mm)	My = 10,71 mm (± 0,4 mm)	My = 3,99 mm (± 0,2 mm)	My = 4,34 mm (± 0,3 mm)	My = 10,71 mm (± 0,4 mm)
2000	Ultrasonographic examination of the adrenal gland and evaluation of the hypophysial-adrenal axis in 20 cats	Zimmer et al.	20	Sains			Intervalle = 3,0 - 5,3 mm Md = 3,9 mm	Intervalle = 4,5 - 13,3 mm Md = 8,9 mm		Intervalle = 2,9 - 4,5 mm Md = 3,9 mm	Intervalle = 6,9 - 13,7 mm Md = 9,8 mm
2007	Evaluation of the low-dose dexamethasone suppression test and ultrasonographic measurements of the adrenal glands in cats with diabetes mellitus	Kley et al.	20	Diabétiques			Intervalle = 2,4 - 4,6 mm Md = 3,5 mm	Intervalle = 7,1 - 11,3 mm Md = 9,8 mm		Intervalle = 2,6 - 4,8 mm Md = 3,6 mm	Intervalle = 4,6 - 13,2 mm Md = 10,1 mm
2007	Ultrasonographic evaluation of the size of the adrenal glands of 24 diseased cats without endocrinopathies	Zatelli et al.	24	Malades (pas d'endocrinopathies)			My = 3,8 mm (SD = 0,8 mm) Md = 3,6 mm Intervalle = 2,8 - 4,7 mm	My = 11,3 mm (SD = 2,8 mm) Md = 10,6 mm Intervalle = 7,1 - 19,5 mm		My = 4,5 mm (SD = 1,0 mm) Md = 4,2 mm Intervalle = 3,4 - 7,1 mm	My = 9,8 mm (SD = 2,4 mm) Md = 9,9 mm Intervalle = 5,4 - 13,7 mm
			18	Sains			Md = 3,9 mm (SD = 0,6 mm)			Md = 4,0 mm (SD = 0,9 mm)	
2012	Adrenal function in cats with hyperthyroidism	Ramsport et al.	17	Hyperthyroïdiens			Md = 4,2 mm (SD = 0,9 mm)			Md = 4,1 mm (SD = 1,1 mm)	
			18	Malades chroniques			Md = 3,7 mm (SD = 0,6 mm)			Md = 3,8 mm (SD = 0,8 mm)	
			30	Sains	My = 4,1 mm (SD = 0,9 mm)	My = 3,8 mm (SD = 0,9 mm)		My = 10,1 mm (SD = 2,2 mm)	My = 3,8 mm (SD = 0,9 mm)	My = 3,7 mm (SD = 0,7 mm)	My = 9,9 mm (SD = 1,6 mm)
2012	Ultrasonographic measurements of adrenal glands in cats with hyperthyroidism	Combes et al.	10	Hyperthyroïdiens traités	My = 4,9 mm (SD = 0,9 mm)	My = 4,7 mm (SD = 0,9 mm)		My = 11,1 mm (SD = 1,0 mm)	My = 4,7 mm (SD = 0,9 mm)	My = 4,5 mm (SD = 0,8 mm)	My = 12,2 mm (SD = 1,7 mm)
			13	Hyperthyroïdiens non traités	My = 4,5 mm (SD = 0,9 mm)	My = 4,1 mm (SD = 0,7 mm)		My = 11,5 mm (SD = 1,7 mm)	My = 4,9 mm (SD = 0,7 mm)	My = 4,1 mm (SD = 0,8 mm)	My = 12,0 mm (SD = 3,0 mm)
			94	Sains	My = 3,8 mm (SD = 0,8 mm) Md = 3,8 mm Intervalle = 1,8 - 5,9 mm	My = 3,6 mm (SD = 0,7 mm) Md = 3,5 mm Intervalle = 2,3 - 5,5 mm		My = 10,4 mm (SD = 1,8 mm) Md = 10,5 mm Intervalle = 5,8 - 14,1 mm	My = 3,7 mm (SD = 0,9 mm) Md = 3,7 mm Intervalle = 1,5 - 6,7 mm	My = 3,6 mm (SD = 0,7 mm) Md = 3,7 mm Intervalle = 2,4 - 5,3 mm	My = 10,8 mm (SD = 1,9 mm) Md = 10,8 mm Intervalle = 6,1 - 17,7 mm
2013	Ultrasonographic appearance of adrenal glands in healthy and sick cats	Combes et al.	51	Malades (pas d'endocrinopathies)	My = 4,2 mm (SD = 0,9 mm) Md = 4,3 mm Intervalle = 2,3 - 5,8 mm	My = 3,9 mm (SD = 0,8 mm) Md = 3,9 mm Intervalle = 2,0 - 6,1 mm		My = 10,8 mm (SD = 2,0 mm) Md = 10,7 mm Intervalle = 6,9 - 15,5 mm	My = 4,0 mm (SD = 1,2 mm) Md = 4,1 mm Intervalle = 1,5 - 7,5 mm	My = 3,9 mm (SD = 1,0 mm) Md = 4,0 mm Intervalle = 1,6 - 6,0 mm	My = 10,9 mm (SD = 2,0 mm) Md = 11,0 mm Intervalle = 6,7 - 14,7 mm
2014	Effect of propofol anesthesia on ultrasonographic measurements of the adrenal glands of healthy cats	Combes et al.	20	Chats sains, avant anesthésie au propofol Chats sains, après anesthésie au propofol	My = 3,7 mm (SD = 0,8 mm)	My = 3,7 mm (SD = 0,9 mm)		My = 9,7 mm (SD = 1,5 mm)	My = 3,9 mm (SD = 0,8 mm)	My = 3,9 mm (SD = 0,7 mm)	My = 10,8 mm (SD = 1,7 mm)
			24 G, 22 D	Sains	Md = 3,5 mm	Md = 3,5 mm				Md = 3,6 mm	
2015	Abdominal ultrasonographic findings in acromegalic cats	Lourenço et al.	16 G, 12 D	Acromégaliques	Intervalle = 2,3 - 5,1 mm Md = 5,1 mm	Intervalle = 2,3 - 5,1 mm Md = 5,1 mm		Intervalle = 2,7 - 5,3 mm Md = 5,4 mm	Intervalle = 4,4 - 8,1 mm		
2021	Ultrasonographic evaluation of adrenal gland size in two body weight categories of healthy adult cats	Pérez-López et al.	13	Sains ≤ 4 kg Sains > 4 - 8 kg	My = 3,1 mm (SD = 0,6 mm)	My = 3,1 mm (SD = 0,6 mm)		My = 7,3 mm (SD = 2,1 mm)	My = 3,2 mm (SD = 0,4 mm)		My = 7,7 mm (SD = 1,7 mm)
			26	Sains > 4 - 8 kg	My = 3,7 mm (SD = 0,7 mm)	My = 3,7 mm (SD = 0,7 mm)		My = 8,7 mm (SD = 1,7 mm)	My = 3,7 mm (SD = 0,6 mm)		My = 10,0 mm (SD = 2,0 mm)

Echographie des surrénales sur une population de chats malades présentés au CHUVAC de l'ENVT entre janvier 2022 et avril 2023

Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

Manon Duboëlle, 7 juillet 2023

Résumé

Cette étude prospective a évalué l'aspect échographique (taille, forme, échogénicité) des glandes surrénales de 112 chats malades reçus au CHUVAC de l'ENVT. Aucune différence significative de taille n'a été mise en évidence entre les glandes surrénales gauche et droite et la forme majoritairement retrouvée de façon bilatérale est la forme bilobée. Des formes atypiques ont été observées, plus rarement que les formes classiques mais sans support bibliographique. Cette étude s'est également intéressée à l'impact du statut reproducteur des chats (sexe, stérilisation), de leur âge, de leur poids et de différentes catégories d'affections sur la taille des glandes surrénales. Aucune différence significative n'a été observée pour le statut reproducteur, l'âge ou le poids. En revanche, certaines affections entraînent une différence significative de taille pour le pôle crânial et le pôle caudal de la glande surrénale gauche. Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour les autres mesures (longueur de la glande surrénale gauche, épaisseur du pôle crânial/caudal et longueur de la glande surrénale droite). De plus, il semblerait que les affections endocriniennes entraînent une augmentation des dimensions des deux glandes surrénales, et que les affections hépato-biliaires chroniques entraîneraient, à l'inverse, une diminution de ces mêmes dimensions. Pour finir, la prévalence de l'hypertrophie surrénalienne (épaisseur du pôle crânial > 4,8 mm et/ou épaisseur du pôle caudal > 4,5 mm) est de 23,21%. Elle semble survenir majoritairement chez des chats souffrant d'affections rénales chroniques (38,46%) et de dysendocrinies (23,07%).

Mots-clés : glandes surrénales, chat, échographie

Abstract

This prospective study evaluated the ultrasonographic appearance (size, shape, echogenicity) of the adrenal glands of 112 sick cats received at the ENVT CHUVAC. No significant difference in size was found between left and right adrenal glands, and the bilobed shape was found to be the most common one. Atypical shapes have been observed, more rarely than the classic forms, but without bibliographical support. The study also examined the impact of reproductive status (sex, neutering), age, weight and various categories of disease on adrenal gland size. No significant differences were observed for reproductive status, age or weight. On the other hand, certain conditions resulted in a significant difference in size between the cranial and caudal poles of the left adrenal gland. No significant differences were found for the other measurements (length of the left adrenal gland, thickness of the cranial/caudal pole and length of the right adrenal gland). Furthermore, it seems that endocrine disorders increase the size of both adrenal glands, while chronic liver and biliary disorders decrease their size. Finally, the prevalence of adrenal hypertrophy (cranial pole thickness > 4.8 mm and/or caudal pole thickness > 4.5 mm) is 23.21%. It seems to occur mainly in cats suffering from chronic kidney disease (38.46%) and dysendocrinia (23.07%).

Key words: adrenal glands, cat, ultrasonography