



HAL
open science

Évaluation échographique de l'épaisseur des glandes surrénales chez 154 chiens âgés de moins d'un an. Étude rétrospective de 2012 à 2022

Lucie Carcouet

► **To cite this version:**

Lucie Carcouet. Évaluation échographique de l'épaisseur des glandes surrénales chez 154 chiens âgés de moins d'un an. Étude rétrospective de 2012 à 2022. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04413163

HAL Id: dumas-04413163

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04413163>

Submitted on 23 Jan 2024

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.

ANNEE 2023 - Thèse n°111

**Evaluation échographique de l'épaisseur des glandes
surrénales chez 154 chiens âgés de moins d'un an.
Etude rétrospective de 2012 à 2022.**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 10/11/2023

par

Lucie CARCOUET

Sous la direction de

Nora BOUHSINA

Président du jury : Monsieur Jean-Marie BACH, Professeur à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Membres du jury :

Rapporteur : Madame Nora BOUHSINA, Maître de conférences à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Assesseur : Madame Amandine DRUT, Maître de conférences à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2023 - Thèse n°111

**Evaluation échographique de l'épaisseur des glandes
surrénales chez 154 chiens âgés de moins d'un an.
Etude rétrospective de 2012 à 2022.**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 10/11/2023

par

Lucie CARCOUET

Sous la direction de
Nora BOUHSINA

Président du jury : Monsieur Jean-Marie BACH, Professeur à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Membres du jury :

Rapporteur : Madame Nora BOUHSINA, Maître de conférences à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Assesseur : Madame Amandine DRUT, Maître de conférences à Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment		
Responsable : Emmanuel JAFFRES – Adjointe : Frédérique NGUYEN		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (Pr émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR)	Grégoire MIGNOT (MC) Solemn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Quentin PRUVOST (CEC)	Emmanuel JAFFRES (MC) Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Charlotte MOCQUARD (PRAG) Aurore CALVEL (PRAG)
Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique		
Responsable : Raphaël GUATTEO – Adjoint : Jean-Michel CAPPELIER		
Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségolène CALVEZ (MC HDR) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr) Pauline MAISONNASSE (CERC)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (CERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr)	Marie-France PILER (Pr) Sofia STRUBBIA (MC)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Catherine IBISCH – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Éric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC Stagiaire)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Éric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Éric GOYENVALLE (MC HDR)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DEFOURMSTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass)	Sabrina VIEU (AERC) Maria Dolores SANCHEZ (AERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr) Catherine IBISCH (MC) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAT (MC) Nicolas CHOUIIN (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) Francis FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (Pf) Lamia BRIAND (Pf)
Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Sébastien CURET-PLOQUIN – Adjointe : Vanessa JURY		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (MC HDR) Émilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril GAILLARD (PCEA)	
Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Samira ROUSSELIERE – Adjointe : Véronique CARIOU		
Mathématiques, statistiques, informatique	El Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr)	Véronique CARIOU (Pr) Jean-Michel GALHARRET (MC) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Économie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GOYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférence, MCC : MC contractuel, PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole, HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel, Ens.Cont. : Enseignant Contractuel

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénoms de l'auteur : Lucie CARCOUET
- Année de soutenance : 2023
- Titre de la thèse : Evaluation échographique de l'épaisseur des glandes surrénales chez 154 chiens âgés de moins d'un an. Etude rétrospective de 2012 à 2022.
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes.
- Ecole de soutenance : Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 105 p.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	11
TABLE DES ANNEXES	14
TABLE DES FIGURES	15
TABLE DES TABLEAUX	19
TABLE DES ABREVIATIONS	21
INTRODUCTION	23
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ETUDE DES GLANDES SURRENALES CHEZ LE CHIEN ET LEUR APPROCHE ECHOGRAPHIQUE.....	25
1. La glande surrénale chez le chien.....	26
1.1. Anatomie régionale.....	26
1.1.1. Caractéristiques anatomiques	26
1.1.2. Topographie et rapports anatomiques.....	26
1.1.3. Vascularisation, drainage lymphatique et innervation.....	28
1.2. Histologie topographique.....	28
1.3. Physiologie	29
1.3.1. La corticosurrénale	30
1.3.1.1. Les stéroïdes	30
1.3.1.2. Les glucocorticoïdes	31
1.3.1.3. Les minéralocorticoïdes.....	32
1.3.1.4. Les stéroïdes sexuels.....	33
1.3.2. La médullosurrénale	34
1.4. Physio-pathologie	35
1.4.1. Anomalies de développement.....	35
1.4.2. Insuffisance corticosurrénalienne	35
1.4.2.1. Insuffisance corticosurrénalienne primaire.....	35
1.4.2.2. Insuffisance corticosurrénalienne secondaire	37
1.4.2.3. Insuffisance corticosurrénalienne relative	37
1.4.3. Hypercorticisme.....	37
1.4.4. Autres affections surrénaliennes.....	38
2. L'échographie des glandes surrénales chez le chien	38
2.1. Place de l'imagerie dans l'évaluation des glandes surrénales	38
2.1.1. L'échographie.....	39
2.1.2. Autres techniques d'imagerie	40
2.2. Principes de l'échographie des glandes surrénales chez le chien	41
2.2.1. Rappels des grands principes physiques de l'échographie	41
2.2.2. Choix de la sonde échographique pour l'exploration des glandes surrénales du chien	41
2.2.3. Influence des paramètres échographiques sur la qualité d'image.....	42

2.2.4.	Convention d'orientation de l'image échographique.....	43
2.3.	Protocole de l'échographie des glandes surrénales.....	43
2.3.1.	Matériel et réglages	43
2.3.2.	Techniques d'exploration échographique.....	44
2.3.2.1.	Préparation de l'animal et contention.....	44
2.3.2.2.	Positionnement et voies d'abords	44
2.3.2.3.	Visualisation des glandes surrénales.....	45
2.3.2.4.	Les différentes coupes d'organes.....	48
2.3.3.	Aspect des glandes surrénales en échographie	48
2.3.3.1.	Echogénicité	48
2.3.3.2.	La forme	49
2.3.3.3.	La taille.....	50
2.4.	Les modifications échographiques pathologiques des glandes surrénales	58
2.4.1.	Augmentation de taille des glandes surrénales.....	58
2.4.1.1.	Hypertrophie surrénalienne généralisée.....	58
2.4.1.2.	Les masses ou nodules surrénaliens.....	59
2.4.2.	Atrophie surrénalienne	60
DEUXIEME PARTIE : ETUDE RETROSPECTIVE DE L'ÉPAISSEUR ECHOGRAPHIQUE DES GLANDES SURRENALES CHEZ 154 CHIENS ENTRE 2012 ET 2022		61
1.	Objectifs de l'étude.....	62
2.	Matériels et méthodes	62
2.1.	Les critères d'inclusion et d'exclusion de la population d'étude.....	62
2.2.	Collecte des données et méthode de mesure.....	63
2.2.1.	Données anamnésico-cliniques des patients et constitution des groupes d'étude	63
2.2.2.	Matériel et logiciel de travail pour les données échographiques	63
2.2.3.	Méthode de mesure échographique	64
2.3.	Tests statistiques	64
3.	Résultats.....	67
3.1.	Caractéristiques de la population canine étudiée.....	67
3.1.1.	Races, formats et poids.....	67
3.1.2.	Age	67
3.1.3.	Sexe et statut de stérilisation.....	69
3.1.4.	Visualisation des glandes surrénales	70
3.2.	Etude des données échographiques	71
3.2.1.	Statistiques descriptives.....	71
3.2.1.1.	Groupe n°1 (chiens de races de petit format)	72
3.2.1.2.	Groupe n°2 (chiens de races de moyen format).....	74
3.2.1.3.	Groupe n°3 (chiens de races de grand format)	76
3.2.2.	Analyses statistiques.....	78
3.2.2.1.	Comparaison des glandes surrénales droite et gauche.....	78
3.2.2.2.	Comparaison des pôles crânial et caudal	79
3.2.2.3.	Influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales.....	81

3.2.2.3.1.	Groupe n°1 (chiens de races de petit format)	82
3.2.2.3.2.	Groupe n°2 (chiens de races de moyen format).....	83
3.2.2.3.2.1.	Glande surrénale gauche.....	83
3.2.2.3.2.2.	Glande surrénale droite.....	83
3.2.2.3.3.	Groupe n°3 (chiens de races de grand format)	84
3.2.2.3.3.1.	Glande surrénale gauche.....	84
3.2.2.3.3.2.	Glande surrénale droite.....	85
3.2.2.4.	Influence du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales	86
3.2.2.5.	La variabilité intra-observateur.....	87
3.2.2.6.	Intervalles de référence.....	90
TROISIEME PARTIE : DISCUSSION		91
1.	Synthèse des résultats de l'étude et comparaison à la littérature	92
1.1.	Influence de l'âge	92
1.2.	Influence du sexe	93
1.3.	Comparaison des glandes surrénales droite et gauche.....	93
1.4.	Variabilité intra-observateur.....	94
2.	Difficultés et biais rencontrés au cours de l'étude.....	94
2.1.	Mode de recrutement	94
2.2.	Examen échographique.....	95
3.	Perspectives possibles.....	95
CONCLUSION		97
BIBLIOGRAPHIE.....		99

TABLE DES ANNEXES

Annexe n°1 : Résumé des signes cliniques et biologiques de l'hypercorticisme chez le chien.....	103
Annexe n°2 : Représentations graphiques de la répartition des races au sein des groupes d'étude.....	104

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Aspect macroscopique de la glande surrénale gauche d'un chien, sectionnée en coupe sagittale. D'après Pagani et al. (2017) ⁹	27
Figure 2 : Aspect macroscopique de la glande surrénale droite d'un chien, sectionnée en coupe sagittale. D'après Pagani et al. (2017) ⁹	27
Figure 3 : Illustration anatomique des glandes surrénales droite et gauche et de leurs relations avec les structures adjacentes. D'après Dyce et al. (2010) ⁶	27
Figure 4 : Vascularisation et innervation de la glande surrénale droite chez le chien. D'après Hermanson et al. (2020) ³	28
Figure 5: Coupe histologique d'une glande surrénale réalisée à Oniris. A : au grossissement x12, visualisation du cortex (C), de la médulla (M). B : au grossissement x 20, visualisation de la zone glomérulée (G), la zone fasciculée (F), la zone réticulée (R).....	29
Figure 6 : Schéma simplifié de la synthèse des différents stéroïdes (minéralocorticoïdes, glucocorticoïdes, stéroïdes sexuels) depuis le cholestérol. L'ensemble possède un noyau stérane commun.	30
Figure 7 : Axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et la régulation endocrinienne des glucocorticoïdes. D'après Guzmán et al. (2022) ¹⁶	32
Figure 8 : Schéma simplifié de la régulation de la sécrétion de l'aldostérone. D'après Guzmán et al. (2022) ¹⁶	33
Figure 9 : Section médiane de glande surrénale, chez un chien sain (A) et chez un chien atteint de la Maladie d'Addison (B) où on peut visualiser la médulla seule, entourée de la capsule. D'après Weather et al (2000) ³	36
Figure 10 : Scanner (à gauche) et IRM (à droite) permettant de visualiser la glande surrénale droite (flèche blanche pleine) et gauche (flèche blanche en tirets) de chiens adultes présentés en consultation à Oniris.....	40
Figure 11 : Echelle de gris et échogénicité relative des différents organes et tissus. D'après Kremkau et al.(2016) ²⁸	41
Figure 12 : Schéma représentant les images de glandes surrénales obtenues à partir de sondes échographiques convexe (à gauche) et linéaire (à droite) par le service d'imagerie d'Oniris.	42
Figure 13 : Positionnement de la sonde microconvexe pour l'obtention d'une coupe longitudinale de la glande surrénale gauche (A) et droite (B) chez un chien de race de moyen format, en décubitus dorsal, présenté à Oniris.	45
Figure 14 : Schéma de l'échographie en coupe longitudinale (à gauche) et transversale (à droite) de la glande surrénale gauche. Modifié et traduit d'après Penninck et al. (2015) ⁴⁰ . RG = rein gauche ; CA = artère cœliaque ; CMA = artère mésentérique crâniale ; VCC = veine cave caudale ; AO = aorte	46
Figure 15 : Image échographique de la glande surrénale gauche (flèches) chez deux chiens présentés à Oniris. Le mode Doppler est appliqué à gauche afin de mettre en évidence la veine rénale (VR) gauche caudale à la glande et les artères cœliaque (AC) et mésentérique crâniale (AMC) se rejoignant dans l'aorte (AO). La veine phrénico-abdominale est visible sur les deux images (*). A droite, la rate est visible ainsi que l'artère ou la veine rénale (▲)	46
Figure 16 : Schéma de l'échographie en coupe longitudinale (à gauche) et transversale (à droite) de la glande surrénale droite. Modifié et traduit d'après Penninck et al. (2015) ⁴⁰ . RD = rein droit ; VCC	

= veine cave caudale ; AO = aorte	47
Figure 17 : Image échographique de la glande surrénale droite (flèches), localisée dorsalement à la veine cave caudale (VCC) et médialement à l'artère mésentérique crâniale, chez deux chiens présentés en consultation à Oniris .Par ailleurs, la veine cave caudale est écrasée à gauche.....	47
Figure 18 : Image échographique de la structure en couches de la glande surrénale gauche chez un chien présenté à Oniris. Ca = capsule ; M = médulla ; Co = cortex ; AO = aorte ; LCM = limite cortico-médullaire	48
Figure 19 : Différentes formes des glandes surrénales chez de jeunes chiens reçus à Oniris. Forme tubulaire de la glande surrénale gauche (E) et droite (B) en coupe longitudinale ; forme bilobée de la glande surrénale gauche en coupe longitudinale (C) ; forme ovoïde de la glande surrénale droite (flèche) en coupe transversale (D) ; forme «en virgule » ou « en flèche » de la glande surrénale droite en coupe longitudinale (A) ; veine phrénico-abdominale (*) ; veine cave caudale (VCC).	49
Figure 20 : Dimensions macroscopiques de la glande surrénale gauche. Cr = crânial ; V = ventral ; Lat = latéral. D'après Pagani et al. (2017) ⁹	51
Figure 21 : Schéma des mesures de la glande surrénale droite selon les coupes échographiques réalisées par Grooters et al. (1995) ⁵ . Les lignes en pointillés parallèles représentent le passage de la veine phrénico-abdominale. Cr = crânial ; L = latéral ; V = ventral.....	51
Figure 22 : Schéma des mesures de la glande surrénale gauche selon les coupes échographiques réalisées par Grooters et al. (1995) ⁵ . Les lignes en pointillés parallèles représentent le passage de la veine phrénico-abdominale. Cr = crânial ; M = médial ; V = ventral	52
Figure 23 : Mesures échographiques de la glande surrénale droite en coupe longitudinale (A) et en coupe transversale (B) chez un chien sain dans l'étude de Soulsby et al. (2015) ⁴⁹	52
Figure 24 : Image échographique de la glande surrénale droite chez chien adulte atteint de la Maladie d'Addison présenté en consultation à Oniris. Il est observé une diminution de l'épaisseur (taille indiquée en haut à gauche par mesure via des curseurs).	60
Figure 25 : Exemples de mesures de l'épaisseur maximale du pôle caudal et crânial de la glande surrénale gauche à l'aide de la perpendiculaire (à gauche) ou en ajustant subjectivement l'angulation (à droite) au cours de l'étude sur le logiciel SYNAPSE®.	64
Figure 26 : Histogramme de la répartition des chiens selon leur âges et le groupe distinguant les trois formats de races. N=154.....	68
Figure 27 : Schéma de la répartition des chiens selon leurs sexe et statut de stérilisation. N=154	70
Figure 28 : Distributions des glandes surrénales visualisées selon leur latéralité. N=154	70
Figure 29 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon 3 catégories d'âge.	73
Figure 30 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon 4 catégories d'âge.	75
Figure 31 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon 4 catégories d'âge.	77
Figure 32 : Résultats des analyses multivariées de Kruskal-Wallis sur les épaisseurs des glandes surrénales gauche (N=73) et droite (N=54) selon les différentes catégories d'âge du groupe n°1 (chiens de races de petit format).....	82
Figure 33 : Résultats de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis sur l'épaisseur de la glande surrénale	

gauche selon les différentes catégories d'âge chez les chiens du groupe n°3. N=125	84
Figure 34 : Résultats de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis sur l'épaisseur de la glande surrénale droite selon les différentes catégories d'âge chez les chiens du groupe n°3. N=104	85
Figure 35 : Résultat de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis de l'influence du sexe sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens du groupe n°3 âgés de 6 à 9 mois. N=34.....	87
Figure 36 : Histogramme des résultats du test non paramétrique de Kruskal-Wallis sur les écart-types moyens des différentes régions des glandes surrénales mesurées au cours de l'étude. N=525	89
Figure 37 : Répartition des races des chiens de petit format au sein du groupe n°1. N=45 (29%)	104
Figure 38 : Répartition des races des chiens de grand format au sein du groupe n°3. N=66 (43%)	104
Figure 39 : Répartition des races des chiens de moyen format au sein du groupe n°2. N=43 (28%)	104

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Effets des glucocorticoïdes sur l'organisme. D'après Rijnberk et al. (2010) ¹¹	31
Tableau 2 : Effets des catécholamines sur l'organisme. D'après Rijnberk et al. (2010) ¹¹	34
Tableau 3 : Synthèse bibliographique des valeurs seuils de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales mesurées dans le plan longitudinal, ainsi que de la corrélation entre l'épaisseur et le poids des chiens, dans diverses populations canines. D'après Soulsby et al. (2013) ⁴⁷ , complété avec des études récentes. N = nombre d'individus sains de l'étude ; A = âge ; P = poids.....	56
Tableau 4 : Valeurs d'épaisseurs et de longueurs (Moyenne ± écart-type) des glandes surrénales prises en coupe longitudinale chez 15 chiots âgés de 5 à 6 mois selon l'étude de Santo et al. (2013) ¹ et chez 6 chiots âgés de moins de 9 mois selon l'étude de Kumar et al. (2020) ²	58
Tableau 5 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°1 (races de petit format).	68
Tableau 6 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°2 (races de moyen format).	68
Tableau 7 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°3 (races de grand format).	69
Tableau 8 : Résumé de la répartition des individus selon leur groupe, leur âge, leurs sexe et statut de stérilisation. FE = femelle entière ; FS = femelle stérilisée ; MS = mâle stérilisé ; ME = mâle entier ; Mnc = mâle de statut non connu.....	69
Tableau 9 : Résumé des régions visualisées par organe au cours de l'étude. N= 154.....	71
Tableau 10 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	72
Tableau 11 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle crânial des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	72
Tableau 12 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	74
Tableau 13 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle crânial des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	74
Tableau 14 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	76
Tableau 15 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du pôle crânial des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.	76
Tableau 16 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du groupe n°1	78
Tableau 17 : Résultats des tests de Student sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du groupe n°2	78

Tableau 18 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du groupe n°3	79
Tableau 19 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du groupe n°1	80
Tableau 20 : Résultats des tests de Student sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du groupe n°2	80
Tableau 21 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du groupe n°3	80
Tableau 22 : Résultats des tests statistiques de Kruskal-Wallis et de l'ANOVA sur l'épaisseur des glandes surrénales selon le facteur « âge ».	81
Tableau 23 : Résultats du test de REGWQ sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche selon les différentes catégories d'âge des chiens du groupe n°2. N=82.....	83
Tableau 24 : Résultats du test de TUKEY sur l'épaisseur de la glande surrénale droite selon les différentes catégories d'âge des chiens du groupe n°2. N=69.....	84
Tableau 25 : Résumé des interprétations des résultats statistiques de l'influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales selon les groupes distinguant trois formats de races.	86
Tableau 26 : Résumé des résultats statistiques sur l'épaisseur des glandes surrénales selon le sexe des chiens répartis dans les trois groupes et l'âge. N=141.....	86
Tableau 27 : Comparaison de la limite de répétabilité <i>r</i> et de l'étendue maximale des mesures d'épaisseur de la glande surrénale droite des groupes n°1, n°2 et n°3.....	88
Tableau 28 : Comparaison de la limite de répétabilité <i>r</i> et de l'étendue maximale des mesures d'épaisseur de la glande surrénale gauche des groupes n°1, n°2 et n°3.	88
Tableau 29 : Ecart-types moyens des mesures d'épaisseur des deux régions des glandes surrénales associés au résultat du test non paramétrique de Kruskal-Wallis. N=525.....	89
Tableau 30 : Intervalles de référence associés aux intervalles de confiance (IC) à 90% proposés pour la glande surrénale droite selon les groupes et catégories d'âge des chiens. Les valeurs de moyennes et des valeurs extrêmes de l'étude sont également présentées. *Intervalles mesurés selon une méthode non paramétrique.	90
Tableau 31 : Intervalles de référence associés aux intervalles de confiance (IC) à 90% proposés pour la glande surrénale gauche selon les groupes et catégories d'âge de chien. Les valeurs de moyennes et des valeurs extrêmes de l'étude sont également présentées. *Intervalles mesurés selon une méthode non paramétrique. ▲ Données suspectes selon le test de Tukey.	90
Tableau 32 : Signes cliniques liés au syndrome de Cushing, avec catégorisation de leur fréquence d'apparition. D'après Behrend et al. (2013) ²³ , Guptill et al. (1997) ²²	103

TABLE DES ABREVIATIONS

ACTH : AdrenoCorticoTropic Hormone
ACVR : American College of Veterinary Radiology
ADH : Antidiuretic hormone
ARN : Acide RiboNucléique
ATPase : Adénosine-TriPhosphatase
CHUV : Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire de Nantes
CRH : Corticotropin-Releasing Hormone
ECVDI : European College of Veterinary Diagnostic Imaging
IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
PACS : Picture Archive and Communication System
TSH : Thyroid-Stimulating Hormone

INTRODUCTION

L'examen échographique occupe une place prépondérante dans l'exercice courant du praticien vétérinaire. Il s'agit d'un outil précieux dans la démarche diagnostique. Ceci est particulièrement le cas dans les affections surrénaliennes chez le chien. Dans cette démarche, le vétérinaire s'appuie sur des références qualitatives et quantitatives afin d'interpréter au mieux les images réalisées au cours de l'examen.

Les glandes surrénales s'évaluent échographiquement au travers de critères de forme, d'échostructure et également de taille. Une littérature étaye ces paramètres chez le chien adulte et établit des normes dans différentes populations (réparties selon poids, format, âge, sexe) de façon à identifier les anomalies surrénaliennes le plus précisément possible. Cependant, les études réalisées sur les jeunes animaux sont rares^{1,2} et aucune n'a rapporté l'évolution de l'aspect de ces glandes au cours de la croissance dans l'espèce canine. Bien que les affections surrénaliennes dans cette catégorie d'âge soient rares, il est nécessaire de connaître les caractéristiques chez un individu considéré sain avant de pouvoir mettre en évidence des modifications échographiques.

Par conséquent, l'objectif de cette étude rétrospective consiste en une évaluation de la taille des glandes surrénales chez le chien âgé de moins d'un an, en examinant l'influence de l'âge puis du sexe sur l'épaisseur de ces organes. Dans un second temps, il s'agit de proposer des intervalles de référence pour chaque sous-population étudiée dans l'optique de discuter du caractère anormal de certaines valeurs et de constituer un support d'aide au diagnostic dans la pratique courante du vétérinaire.

Le présent document débutera donc par une revue bibliographique de l'anatomie, de la physiologie et de la pathologie des glandes surrénales afin de souligner l'importance de ces organes en médecine vétérinaire, puis d'appuyer dans un second temps le choix de l'examen échographique pour leur exploration. Dans une seconde partie, il sera étudié de manière rétrospective l'épaisseur échographique des glandes surrénales chez le chien en croissance de moins d'un an, au travers de différentes catégories de format de races et d'intervalles d'âge. Enfin, les résultats seront discutés avant de proposer des perspectives à cette étude.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ETUDE DES GLANDES SURRENALES
CHEZ LE CHIEN ET LEUR APPROCHE ECHOGRAPHIQUE

1. La glande surrénale chez le chien

1.1. Anatomie régionale

1.1.1. Caractéristiques anatomiques

Les glandes surrénales sont des organes abdominaux pairs situés dans l'espace rétropéritonéal, crânialement et médialement aux reins. Elles sont entourées d'une capsule adipeuse. Elles sont asymétriques, de forme allongée avec une orientation crânio-caudale et aplaties dans le sens dorso-ventral. Elles ont une couleur jaune brunâtre chez les carnivores et ont une consistance ferme et élastique. La surface peut être légèrement granuleuse dans l'espèce canine et lisse dans les autres espèces. Leurs dimensions sont très variables selon la race. Dans l'exemple d'une race de moyen format, les dimensions sont estimées : de l'ordre de 20 à 23 mm pour la longueur ; de 10 mm à droite et 15 mm à gauche pour la largeur ; de 5 mm pour l'épaisseur^{3,4}.

La glande surrénale gauche est souvent plus volumineuse que la glande surrénale droite. Elle possède une forme bilobée avec des extrémités larges et arrondies. Son centre concave accueille sa vascularisation (figure n°1). Le pôle crânial peut, chez certains chiens, être presque deux fois plus large que les autres régions de la glande⁴⁻⁶.

En comparaison, la glande surrénale droite a un aspect plus variable : elle peut être ovoïde, bilobée, prendre la forme d'un cœur ou d'un « V » (figure n°2). Sa largeur augmente progressivement depuis le pôle crânial jusqu'à sa région moyenne. Elle se sépare ensuite en deux vers le pôle caudal. La plus grande portion se projette caudalement et parallèlement à la veine cave caudale. La portion la plus petite se projette quant à elle caudo-latéralement vers le rein droit⁴⁻⁶.

1.1.2. Topographie et rapports anatomiques

La glande surrénale gauche est située en regard de la deuxième vertèbre lombaire et ventro-latéralement à l'aorte abdominale.

Ses rapports sont déclinés tels que : le rein gauche se trouve en regard de ses bord latéral et caudal ; l'aorte est en regard de sa partie médiale ; sa face dorsale est en contact avec le muscle psoas et reçoit l'artère phrénico-abdominale gauche ; la veine phrénico-abdominale gauche passe ventralement ; son bord crânial est en regard du départ des artères coeliaque et mésentérique crâniale ; les artère et veine rénales gauches passent à son bord caudal^{3,4,7,8} (figure n°3).

La glande surrénale droite se situe plus crânialement que la glande surrénale gauche, en regard de la première vertèbre lombaire.

Elle entretient des rapports comme suit : le rein droit est en regard de ses bords latéral et ventral ; la veine cave caudale est à son bord médial et ventral ; les deux tiers de sa face ventral sont en rapport avec le lobe latéral droit du foie et voit émerger la veine phrénico-abdominale ; sa face dorsale est en rapport avec le muscle psoas et le processus latéral de la dernière vertèbre thoracique, et reçoit l'artère phrénico-abdominale droite ; les artère et veine rénales droites passent à son bord caudal^{3,4,7,8} (figure n°3).

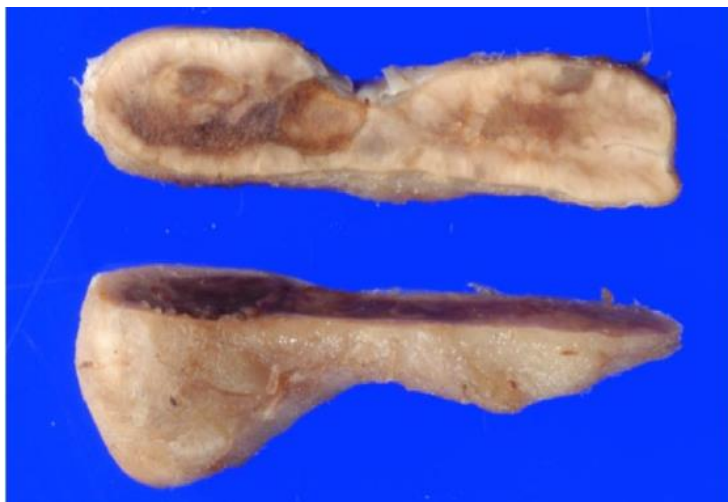


Figure 1 : Aspect macroscopique de la glande surrénale gauche d'un chien, sectionnée en coupe sagittale. D'après Pagani et al. (2017)⁹

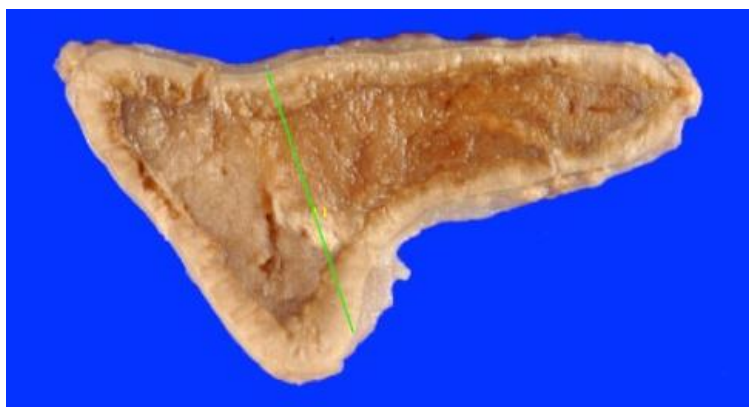


Figure 3 : Aspect macroscopique de la glande surrénale droite d'un chien, sectionnée en coupe sagittale. D'après Pagani et al. (2017)⁹

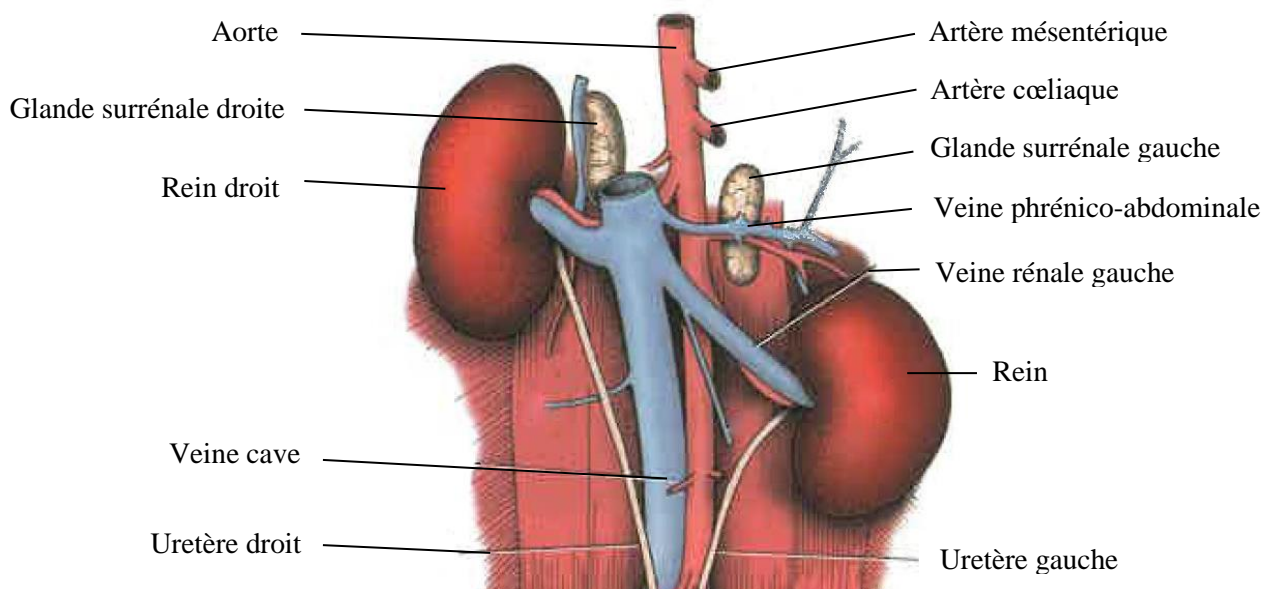


Figure 2 : Illustration anatomique des glandes surrénales droite et gauche et de leurs relations avec les structures adjacentes. D'après Dyce et al. (2010)⁶

1.1.3. Vascularisation, drainage lymphatique et innervation

La vascularisation artérielle des glandes surrénales est divisée en trois régions :

- Le pôle crânial de la glande est perfusé par l'artère phrénique caudale et l'artère abdominale crâniale, dérivant d'un rameau commun phrénico-abdominal.
- La région moyenne de la glande surrénale reçoit du sang depuis l'aorte abdominale.
- Le pôle caudal de la glande est irrigué par les artères lombaire et rénale.

L'irrigation interne de la glande surrénale est assurée par un réseau de capillaires sinusoides formant d'abord un plexus capsulaire. Celui-ci s'anastomose au sein du cortex jusqu'à la médulla. Le sang est par la suite drainé au niveau du hile de la glande surrénale par la veine surrénale. La veine surrénale droite s'abouche directement dans la veine cave caudale tandis que celle de la glande surrénale gauche entre dans la veine rénale gauche^{3,7,8} (figures n°3 et n°4).

Le drainage lymphatique est effectué par des plexus localisés dans la capsule, le cortex, la jonction cortico-médullaire et la médulla. La lymphe chemine ensuite jusqu'aux nœuds lymphatiques lombo-aortiques^{4,7}.

Les glandes surrénales sont innervées par le système orthosympathique depuis les ganglions mésentériques crânial et péritonéal^{3,8}.

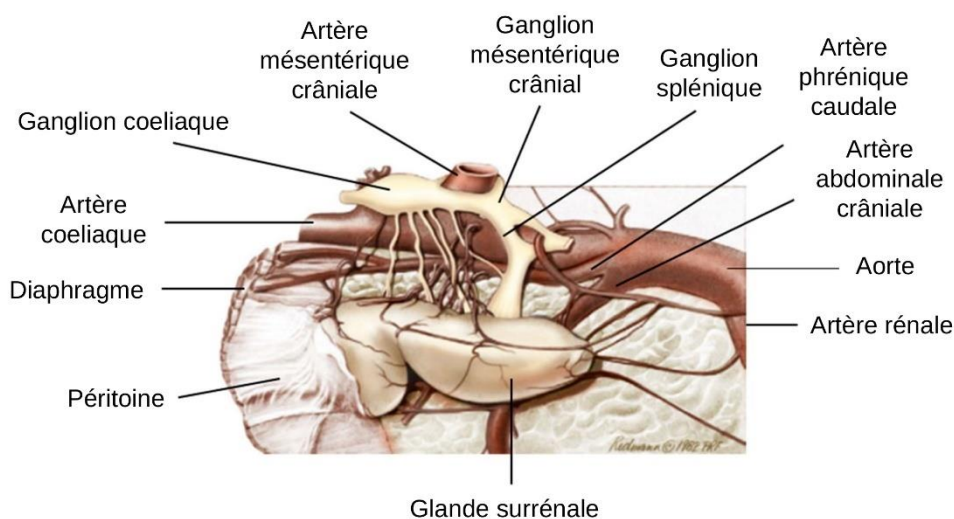


Figure 4 : Vascularisation et innervation de la glande surrénale droite chez le chien. D'après Hermanson et al. (2020)³

1.2. Histologie topographique

La glande surrénale, préparée en coupe colorée, est visualisée au faible grossissement du microscope comme étant un organe ovoïde, richement vascularisé et innervé. Elle est composée de trois couches concentriques se succédant depuis l'extérieur vers l'intérieur comme suit^{4,10} (figure n°5) :

- La **capsule**, fine et dense. Elle recouvre l'organe de sa structure riche en collagène.
- La **corticosurrénale**, divisée en trois zones histologiques que sont, de la capsule vers le centre :
 - o La **zone glomérulée**, constituée de cellules sécrétoires richement vascularisées en lien avec la face interne de la capsule ;

- La **zone fasciculée**, constituée d'une seule assise de colonnes cellulaires riche en gouttelettes lipidiques. C'est la couche la plus épaisse ;
 - La **zone réticulée**, représentée par une couche mince faiblement concentrée en lipides.
- Ces trois zones sont généralement peu distinguables : elles ont une composition commune riche en lipides et ont un contenu cellulaire élevé en réticulum endoplasmique, en lien avec leur activité de synthèse protéique intense.
- La **médullosurrénale**, constituée d'amas de cellules de composition élevée en granulations en raison d'une synthèse protéique intense.

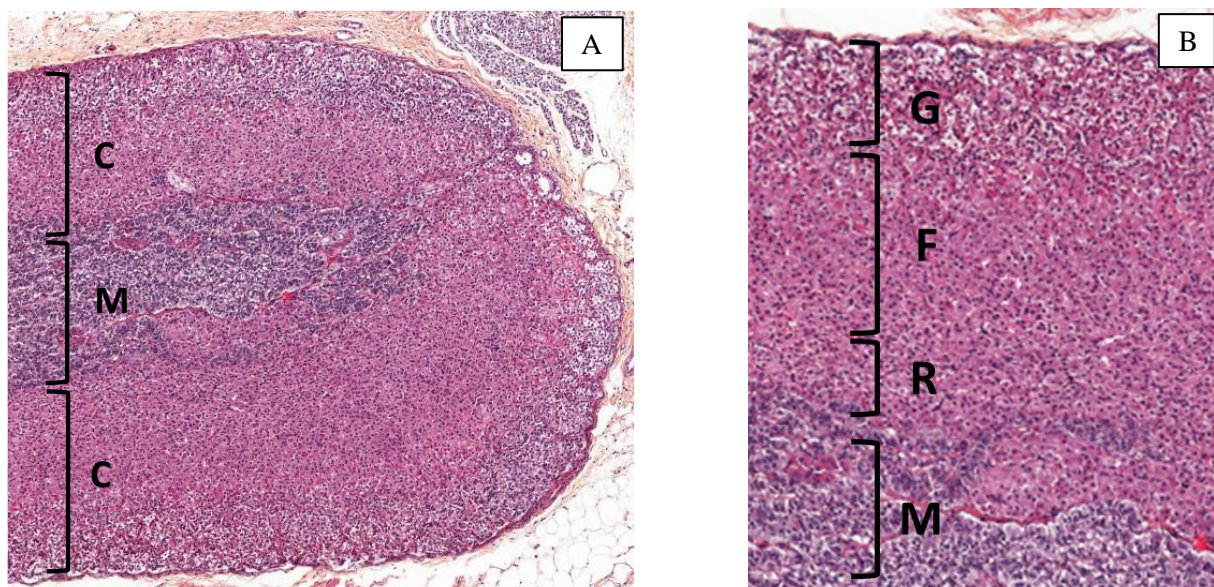


Figure 5: Coupe histologique d'une glande surrénale réalisée à Oniris. A : au grossissement x12, visualisation du cortex (C), de la médulla (M). B : au grossissement x 20, visualisation de la zone glomérulée (G), la zone fasciculée (F), la zone réticulée (R).

1.3. Physiologie

Le fonctionnement des glandes surrénales est complexe. Un rapide rappel du rôle joué dans l'organisme et des systèmes de régulation de la sécrétion permet de comprendre l'importance majeure que possèdent ces organes et précise l'intérêt d'une exploration échographique, lorsque ceux-ci sont affectés.

Les glandes surrénales jouent un rôle prépondérant dans la sécrétion endocrinienne. Elles produisent de nombreuses hormones agissant sur des cellules ubiquitaires et dont la sécrétion est initiée par des systèmes complexes tels que le système endocrinien, nerveux ou encore immunitaire, en interaction les uns avec les autres.

Le cortex, provenant du mésoderme, est le lieu de synthèse d'hormones stéroïdiennes tandis que la médullosurrénale, d'origine neuroectodermique, est responsable de la synthèse des catécholamines^{11,12}. Chaque entité possède des systèmes de régulation détaillés par la suite.

1.3.1. La corticosurrénale

La zone glomérulée sécrète les minéralocorticoïdes tandis que les zones réticulée et fasciculée sont associées à la synthèse des glucocorticoïdes et stéroïdes sexuels. Néanmoins, la zone fasciculée possède la majeure responsabilité de la synthèse des glucocorticoïdes, et inversement, la zone réticulée des stéroïdes sexuels¹¹⁻¹³.

1.3.1.1. Les stéroïdes

Synthèse et métabolisation

Les stéroïdes comptent parmi eux le cortisol, la corticostérone, l'aldostérone, la testostérone et l'œstradiol. Ils proviennent d'un même substrat synthétisé en grande majorité par le foie : le cholestérol. L'ensemble possède topologiquement un noyau stérane carboné commun. Depuis le cholestérol, une cascade de clivage enzymatique zone-dépendante permet d'aboutir à différentes familles de molécules (glucocorticoïdes, minéralocorticoïdes et stéroïdes sexuels) (figure n°6). Dans une moindre mesure, les hormones stéroïdiennes sont aussi produites depuis l'acétate contenu dans les glandes surrénales^{11,13}.

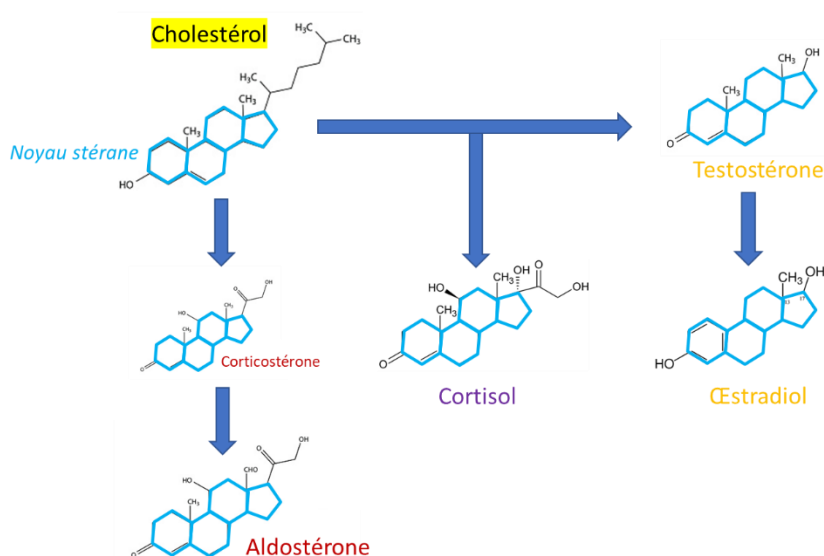


Figure 6 : Schéma simplifié de la synthèse des différents stéroïdes (*minéralocorticoïdes, glucocorticoïdes, stéroïdes sexuels*) depuis le cholestérol. L'ensemble possède un noyau stérane commun.

A la suite de leur production, leur transport dans la circulation sanguine requiert des protéines sanguines plus ou moins spécifiques, de quantité et d'affinité inversement proportionnelles. Pour être biologiquement actifs, les stéroïdes sont sous forme libre. Ils représentent, dans l'exemple du cortisol chez le chien, une fraction de 6 à 14% dans la circulation sanguine¹¹. Ils atteignent les récepteurs nucléaires des cellules cibles et agissent ainsi directement sur la production protéique en stimulant la transcription d'ARN messagers.

Par la suite, leur métabolisation hépatique augmente leur solubilité et rend possible leur élimination dans les urines. Cette quantité émise est un reflet du taux plasmatique et peut être le support d'exploration biologique afin d'évaluer la production surrénalienne¹¹.

1.3.1.2. Les glucocorticoïdes

Effets biologiques des glucocorticoïdes

Les glucocorticoïdes sont les hormones possédant le plus large panel d'actions et de tissus cibles parmi les stéroïdes. Ils jouent le rôle « d'hormones de stress » car ils ont notamment des effets spécifiques par organe visant à augmenter la glycémie, paramètre critique et témoin du support d'énergie dans l'organisme. Leurs effets généraux consistent à stimuler le catabolisme protéique (excepté celui du cœur et du cerveau) afin d'apporter un substrat protéique à la néoglucogenèse hépatique. Ajouté à cela, ils inhibent l'absorption et l'utilisation du glucose par les tissus périphériques et facilitent l'action d'hormones hyperglycémiantes (glucagon, adrénaline)^{11,12,14}.

Le second rôle général attribué aux glucocorticoïdes consiste en une activité anti-inflammatoire et d'immunosuppression, largement exploitée en médecine vétérinaire.

Les effets des glucocorticoïdes par organes sont listés dans le tableau n°1.

Tableau 1 : Effets des glucocorticoïdes sur l'organisme. D'après Rijnberk et al. (2010)¹¹

<i>Organes/Systèmes cibles</i>	<i>Effets biologiques</i>	
Foie	Stimulation de la néoglucogenèse Stimulation de la glycogénolyse	
Tissus adipeux	Stimulation de la lipolyse	
Muscle	Protéolyse et atrophie	
Coeur	Effets inotrope et chronotrope positifs	
Reins	Inhibition de l'ADH Augmentation de la filtration glomérulaire	
Os	Diminution de l'ostéosynthèse	
Peau	Diminution de la production du collagène	
Système immunitaire	Inhibition de la synthèse de cytokines inflammatoires Lymphopénie Eosinopénie Neutrophilie	} Diminution de la réponse inflammatoire et immunitaire
Système nerveux	Effet neuroprotecteur par maintien de la glycémie	
Système sanguin	Erythrocytose Thrombocytose	
Hypophyse et hypothalamus	Rétro-contrôle négatif sur l'ACTH et la CRH Diminution de la sécrétion de TSH	

Régulation de la sécrétion des glucocorticoïdes

La sécrétion des glucocorticoïdes est régulée par l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (figure n°7). Celui-ci fait intervenir les noyaux paraventriculaires de l'hypothalamus, à l'origine de CRH (Corticotropin-Releasing Hormone), le lobe antérieur de l'hypophyse, producteur d'ACTH (AdrenoCorticoTropic Hormone) par stimulation de la CRH, et enfin le cortex surrénalien¹¹.

L'ACTH intervient à plusieurs reprises dans la production des stéroïdes. Préalablement, elle mobilise le substrat primaire qu'est le cholestérol en activant la cholestérol-desmolase. Par la suite, le degré d'influence de l'ACTH varie selon les chemins de la cascade enzymatique. Elle atteint dans une plus grande proportion les cellules des zones fasciculée et réticulée qui agissent sur la synthèse de glucocorticoïdes^{12,14}.

L'ACTH est également responsable de la croissance trophique des glandes surrénales. Ainsi, une stimulation chronique provoquera leur hyperplasie et augmentera les sécrétions endocriniennes. A l'inverse, un déficit sera à l'origine d'une atrophie avec baisse de synthèse endocrinienne associée.^{11,13}

La sécrétion d'ACTH est pulsatile (6 à 12 pics par 24h chez le chien¹¹) et augmente sous l'action d'un stress (une hypoglycémie, un effort physique important, une atteinte organique chronique ou aiguë¹¹). Sa sécrétion est également stimulée par le système immunitaire, au moyen notamment des interleukines 1.

L'ACTH est soumise à un rétrocontrôle négatif par le cortisol, agissant directement sur les cellules corticotropes de l'antéhypophyse ainsi qu'en amont, sur les neurones produisant la CRH. Ajouté à cela, le cortisol bloque la libération des interleukines par les macrophages, d'où il tire son activité immunomodulatrice¹¹.

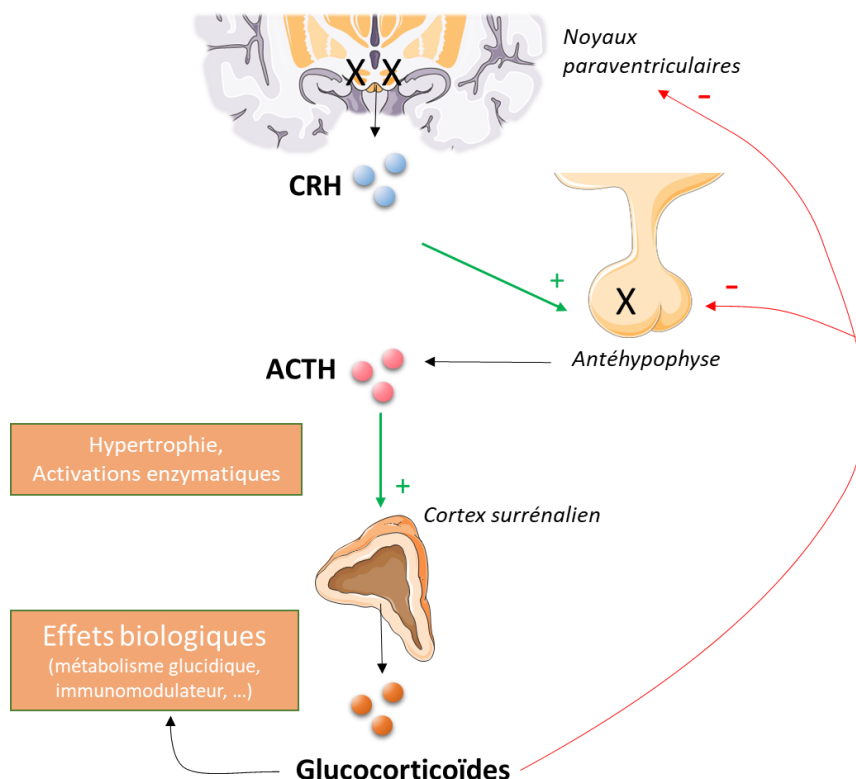


Figure 7 : Axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et la régulation endocrinienne des glucocorticoïdes. D'après Guzmán et al. (2022)¹⁶

1.3.1.3. Les minéralocorticoïdes

Effets biologiques des minéralocorticoïdes

Les minéralocorticoïdes ont pour principal représentant l'aldostérone. Cette hormone participe à la régulation de la volémie et de la pression artérielle en agissant sur le rein au niveau du tubule contourné distal et du tube collecteur du néphron¹⁴. Elle provoque l'augmentation de la natrémie par une plus grande perméabilisation au sodium des cellules épithéliales en contact avec l'urine, ayant pour conséquence une réabsorption passive d'eau par potentiel hydrique. L'aldostérone est également responsable d'une excrétion de potassium ainsi que d'une excrétion de protons au moyen de l'échange avec le sodium^{11,13}.

Régulation de la sécrétion des minéralocorticoïdes

La sécrétion d'aldostérone est régie par deux mécanismes (figure n°8).

D'une part, elle est stimulée par le système rénine-angiotensine. Celui-ci est sensible à une hypotension rénale (possible conséquence d'une hypovolémie ou d'une sténose de l'artère rénale¹⁴) ainsi qu'à une hyponatrémie, grâce aux barorécepteurs et chémorécepteurs de l'appareil juxtaglomérulaire. En réponse à ces critères d'alerte, la rénine est libérée par les cellules de l'artériole afférente. Cette enzyme clive l'angiotensinogène en angiotensine I, aboutissant à l'angiotensine II par le biais de l'enzyme de conversion de l'épithélium pulmonaire. L'angiotensine II normalise la perfusion rénale par deux moyens. Elle est à l'origine (1) d'une vasoconstriction périphérique, restaurant la pression artérielle par augmentation de la résistance vasculaire, (2) d'une stimulation de la sécrétion d'aldostérone, participant à l'augmentation de la volémie par réabsorption sodique et d'eau.

D'autre part, le potassium régule la synthèse d'aldostérone par une boucle auto-régulatrice : l'hyperkaliémie stimule directement la libération d'aldostérone par dépolarisation des cellules de la zone glomérulée qui est alors responsable de l'excrétion potassique rénale^{11,13,15}.

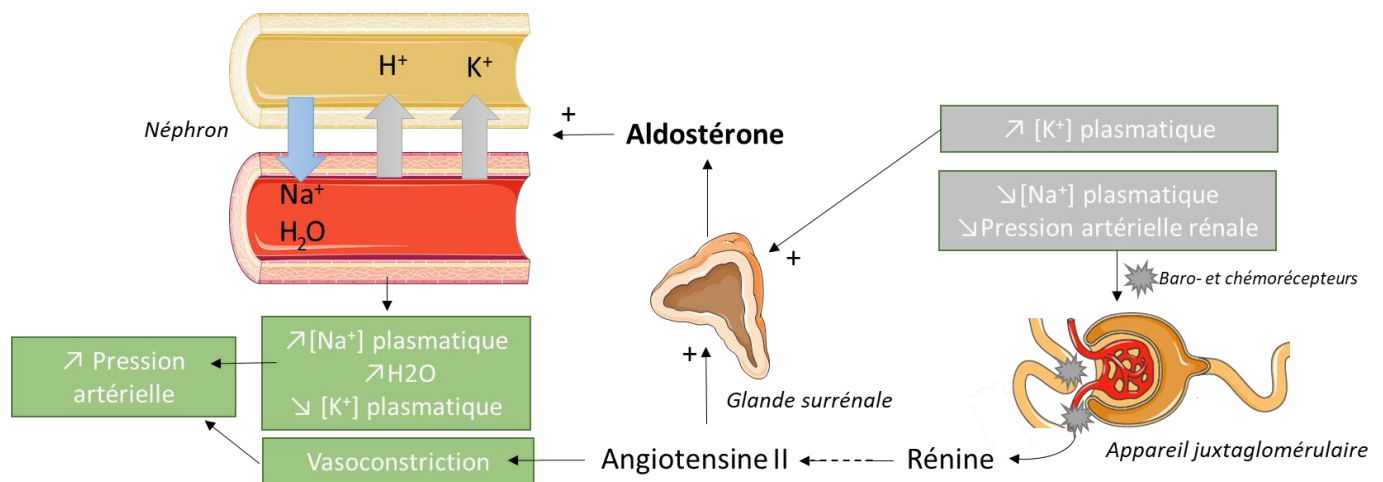


Figure 8 : Schéma simplifié de la régulation de la sécrétion de l'aldostérone. D'après Guzmán et al. (2022)¹⁵

1.3.1.4. Les stéroïdes sexuels

Les stéroïdes sexuels produits par la glande surrénale sont surtout représentés par la testostérone, de laquelle peut dériver l'œstrogène, synthétisé dans une moindre mesure. Leur régulation semble faire intervenir l'ACTH bien que des connaissances sur le mécanisme exact manquent encore¹¹. En cas de stérilisation de l'animal, la production ne se voit pas augmenter pour pallier les valeurs physiologiques. De même, en cas d'hypersecretion d'ACTH, on ne voit pas se développer chez les animaux d'anomalie du derme ou de changements comportementaux^{11,13}.

1.3.2. La médullosurrénale

Synthèse et métabolisation des catécholamines surrénaliennes

La médulla est constituée de cellules chromaffines encore appelées phéochromocytes. Issues du neuroectoderme, ces cellules sont en lien direct avec le système nerveux autonome. Elles produisent et libèrent dans la circulation sanguine des catécholamines, telles que l'adrénaline et la noradrénaline, par stimulation via l'acétylcholine préganglionnaire. Ces hormones se lient à leurs récepteurs membranaires adrénergiques α et β permettant leur action finale. Elles sont par la suite métabolisées en partie par le foie et éliminées par les urines^{11,13}.

Contrairement à la corticosurrénale, la médullosurrénale ne représente pas une fonction vitale pour l'organisme. La production de catécholamines extra-surrénaliennes permet de combler les besoins physiologiques^{11,13}.

Régulation et effets biologiques des catécholamines surrénaliennes

Les catécholamines surrénaliennes sont libérées à la suite d'une stimulation par le système nerveux orthosympathique, notamment en cas de situations de stress (hypovolémie, hypotension, hypoglycémie, perception d'un danger, etc...). En réponse, les catécholamines sont entre autres responsables d'effets cardiorespiratoires et hyperglycémisants rassemblés dans le tableau n°2.

Tableau 2 : Effets des catécholamines sur l'organisme. D'après Rijnberk et al. (2010)¹¹

<i>Organes/Tissus</i>	<i>Récepteurs et sous-types</i>	<i>Effets biologiques</i>
<i>Système cardiovasculaire</i>	$\beta 1$	Chronotrope et inotrope positifs
	$\alpha 2$	Vasoconstriction
	$\beta 2$	Vasodilatation coronaire, veineuse et des artères des muscles squelettiques
<i>Muscles lisses bronchiques</i>	$\beta 2$	Relaxation
<i>Système digestif</i>	$\beta 2$	Diminution de la motilité
<i>Pancréas</i>	$\alpha 2$	Diminution de la sécrétion d'insuline et de glucagon
	$\beta 2$	Augmentation de la sécrétion d'insuline et de glucagon
<i>Foie</i>	$\beta 2$	Néoglucogenèse et glycogénolyse
<i>Tissus adipeux</i>	$\beta 2$	Lipolyse
<i>Vessie</i>	$\beta 2$	Relaxation du détrusor
	$\alpha 2$	Augmentation du tonus sphinctérien
<i>Yeux</i>	$\alpha 1$	Mydriase

La sécrétion des hormones surrénaliennes est modifiée par le stress, organique ou comportemental. Ainsi, la suspicion d'une affection surrénalienne se fait en première intention au travers de critères anamnestiques et cliniques, puis est renforcée par une exploration biologique et par imagerie. Nous insisterons sur les aspects des affections pouvant entraîner une répercussion trophique sur les glandes surrénales, suspectées d'être détectables en imagerie, et limiterons l'abord des tests d'exploration.

1.4. Physio-pathologie

Chez les animaux en croissance, les affections surrénaliennes sont peu décrites. Certaines d'entre elles, bien que rares, peuvent cependant se manifester dès les premières semaines de vie. Nous porterons une attention particulière sur ces affections et présenterons de manière plus succincte celles dominantes chez le chien.

Les affections surrénaliennes du jeune chien concernent essentiellement la partie corticale de la glande, bien que peu de littérature se porte spécifiquement sur le sujet. L'affection principale dont la médullosurrénale fait l'objet, le phéochromocytome, est de nature tumorale. Son existence parmi les animaux en croissance n'est pas rapportée au sein de la littérature et il ne sera donc pas décrit.

1.4.1. Anomalies de développement

Les anomalies de développement surrénaliennes restent rares au sein de l'espèce canine, bien que certaines soient décrites de façon plus fréquente que dans les autres espèces. C'est le cas de l'agénésie unilatérale surrénalienne, qui concerne plus particulièrement la glande surrénale gauche chez le chien. L'agénésie totale du cortex surrénalien n'est pas viable¹⁶.

L'hypoplasie ou atrophie congénitale de la zone glomérulée est liée à une anomalie de sécrétion d'ACTH fœtale. Celle-ci peut être liée à une anomalie de développement de l'hypophyse¹⁶.

D'autres anomalies surrénaliennes congénitales sont rapportées dans diverses espèces (exemples de la dysplasie surrénalienne, du développement de tissu cortical surajouté, de l'hyperplasie surrénalienne congénitale) mais aucun cas n'est connu dans l'espèce canine.

1.4.2. Insuffisance corticosurrénalienne

L'insuffisance de la corticosurrénale rassemble toutes les affections responsables d'une diminution du taux de stéroïdes sanguins en-dessous des valeurs physiologiques. Elle peut être classée en deux groupes : (1) l'insuffisance primaire, dont l'origine est liée à des lésions surrénaliennes, (2) l'insuffisance secondaire, décrite lors d'une diminution de sécrétion d'ACTH par l'antéhypophyse. Une troisième catégorie existe : l'insuffisance corticosurrénalienne relative, dont l'importance est minoritaire.

Chez les animaux en croissance, l'insuffisance primaire est principalement décrite.

1.4.2.1. Insuffisance corticosurrénalienne primaire

Définition et épidémiologie

L'hypocorticisme primaire, aussi appelée Maladie d'Addison, est peu fréquente chez le chien et sa prévalence est estimée entre 0,06 et 0,28%¹⁵. Elle touche les jeunes animaux (4 ans d'âge moyen) et un cas a été recensé chez un chiot âgé de 8 semaines¹⁷. Elle atteint les femelles dans une proportion sensiblement plus importante que les mâles¹⁸. Certaines races sont prédisposées à développer la maladie (Dogue Allemand, Rottweiler, Caniche, West Highland White Terrier, Leonberg). La présomption de son caractère héréditaire est élevée, bien que pas tout à fait connue selon les races.^{11,15,17}

Etiologie histo-pathologique

Le manque de production hormonale résulte d'une destruction de plus de 90% du tissu de la corticosurrénale (figure n°9), seuil à partir duquel des répercussions cliniques peuvent être visualisées¹¹.

L'origine auto-immune est principalement décrite, bien que des cas incluant une origine néoplasique, infectieuse, hypoxique liée à une thrombose des vaisseaux surrénaliens ou encore médicamenteuse iatrogène, ont été rapportés dans une moindre mesure^{15,16}. Le système immunitaire est alors dirigé contre des protéines de la cascade enzymatique. La destruction tissulaire peut toucher les trois zones ou être circonscrite aux zones fasciculée et réticulée, laissant fonctionnelle la zone glomérulée.

Ainsi, l'affection peut être caractérisée par une déficience en glucocorticoïdes seule ou être associée à une déficience en minéralocorticoïdes.

Dans le cas d'une atteinte globale, qualifiée d'hypocorticisme primaire typique, le manque d'aldostérone est responsable d'une hyperkaliémie et d'une hyponatrémie. Ces désordres électrolytiques sont à l'origine des signes cliniques de la maladie¹⁵⁻¹⁸.

Lors de l'atteinte unique de la production en glucocorticoïdes, l'affection est dite « atypique » et se caractérise par des signes frustrés pouvant aboutir à un sous-diagnostic de la maladie. Cette deuxième situation survient dans de plus rares cas et peut évoluer vers l'affection plus classique au bout de quelques mois¹⁹.

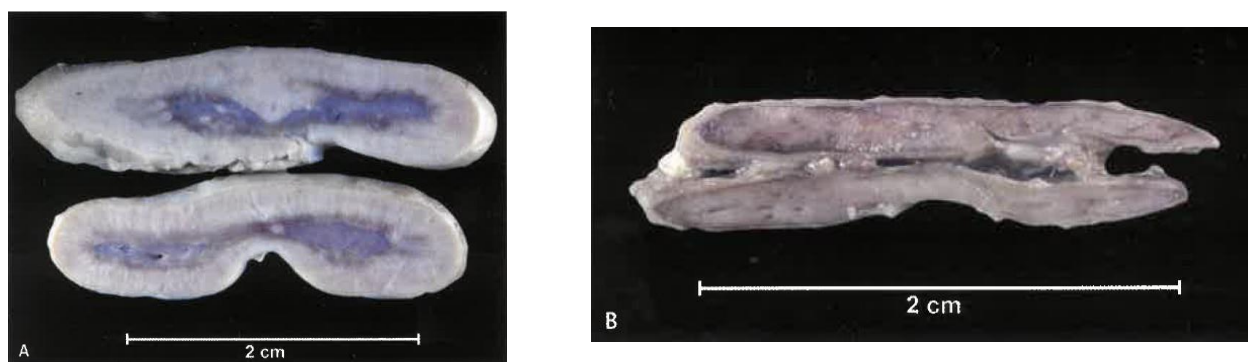


Figure 9 : Section médiane de glande surrénale, chez un chien sain (A) et chez un chien atteint de la Maladie d'Addison (B) où on peut visualiser la médulla seule, entourée de la capsule. D'après Weather et al (2000)³

Présentation clinique

La présentation clinique la plus courante est une décompensation brutale qualifiée de « crises addisoniennes ». Elle est caractérisée par une déshydratation sévère et une hypovigilance suscitées par le manque d'aldostérone. Cette urgence peut survenir sans l'installation des signes classiques de fatigue, des troubles digestifs (vomissements, diarrhée, anorexie) ou encore de polyuro-polydipsie. L'hyperkaliémie peut ajouter des troubles cardiaques graves. Ainsi, l'équilibre endocrinien (exemple de la réabsorption sodique par la vasopressine) semble permettre à l'organisme de compenser la destruction tissulaire progressive jusqu'à un seuil de décompensation.

Diagnostic

Associé au tableau clinique, la présomption de l'affection est renforcée par des paramètres en faveur d'une insuffisance pré-rénale (azotémie, hyponatrémie, hyperkaliémie, hyperphosphatémie, acidose métabolique) et un ratio Na^+/K^+ inférieur à 27¹¹. A ce stade de l'exploration, une exploration par imagerie des glandes surrénales peut être réalisée. Les tests fonctionnels, tels que le test de stimulation à l'ACTH, ont par ailleurs une valeur diagnostique s'ajoutant au reste des examens.

De plus, l'hypocorticisme primaire peut survenir de façon concomitante à d'autres atteintes endocriniennes telles qu'une hypothyroïdie, une hypoparathyroïdie ou un diabète sucré¹¹, dont le tableau clinique se complexifie alors.

1.4.2.2. Insuffisance corticosurrénalienne secondaire

Elle a lieu lorsque la production déficitaire en stéroïdes est liée à un manque de stimulation par l'ACTH. Cela peut être dû à deux mécanismes :

- L'insuffisance spontanée : forme rare, elle provient souvent d'une anomalie de l'antéhypophyse d'origine néoplasique ou accidentelle, suite à un traumatisme crânien.
- L'insuffisance iatrogène : plus commune, celle-ci survient lors d'une corticothérapie à long terme.

A la faveur d'une administration iatrogène chronique, le rétrocontrôle négatif sur l'ACTH et la CRH est à l'origine d'une atrophie des zones fasciculée et réticulée de la corticosurrénale²⁰. Cette mise au repos forcée de la glande peut toutefois être réversible. Cependant, une période d'hyposécrétion des stéroïdes peut persister pendant plusieurs mois suivant l'arrêt de la corticothérapie¹¹. Il est cependant rare d'administrer à de jeunes animaux un traitement long à base de corticoïdes au cours de leur croissance.

1.4.2.3. Insuffisance corticosurrénalienne relative

L'insuffisance corticosurrénalienne relative comprend une pathogénie qui n'est pas tout à fait connue. Elle consiste en une demande forte en cortisol par l'axe hypothalamo-hypophysaire à la suite d'un important stress aigu pour l'organisme (traumatisme, chirurgie, stimulation du système immunitaire à la suite d'une infection, etc...). L'hypercorticisme requis par cette stimulation est insuffisant au regard de la capacité des glandes surrénales à produire du cortisol en temps nécessaire. L'insuffisance est donc qualifiée de relative. Des cas d'insuffisances corticosurrénales sont décrits lors de stress chroniques (infections chroniques, maladie cachectisante, etc...) ¹¹.

1.4.3. Hypercorticisme

L'hypercorticisme, aussi appelé Syndrome de Cushing, est une dysendocrinie fréquente dans l'espèce canine. Cependant, elle touche majoritairement des chiens âgés de 2 à 16 ans, et 75% des chiens atteints ont plus de 9 ans²¹. Aucun cas n'est rapporté sur des individus d'âge inférieur à un an. Ainsi, les signes cliniques et biologiques de la maladie sont abordés dans l'annexe n° 1.

Diagnostic

Le diagnostic de cette affection n'est pas aisé, du fait de manifestations frustrées et d'installation progressive. Les données anamnestiques, cliniques et biologiques (analyses hématologique, biochimique et urinaire) doivent amener le clinicien à approfondir les examens par le biais d'imagerie médicale et de tests dynamiques. Ceux-ci ont pour but de renforcer sa suspicion, considérant qu'aucun test n'apporte un diagnostic de certitude²².

Les tests dynamiques les plus fréquemment utilisés sont le test de freinage à la dexaméthasone à faible dose et le test de stimulation à l'ACTH. L'établissement du rapport créatinine/cortisol urinaire est également source d'information dans ce cadre. Ils peuvent cependant tous être négatifs chez un patient atteint d'hypercorticisme. De ce fait, de nouveaux tests dynamiques sont recommandés en cas de forte suspicion, complétés d'arguments échographiques²².

1.4.4. Autres affections surrénaliennes

Les glandes surrénales peuvent également faire l'objet d'autres affections : des hémorragies (d'origine traumatique ou infectieuse), des infiltrations amyloïdes ou encore des minéralisations. Ces dernières ont une incidence estimée à moins de 6% dans l'espèce canine et qui se trouve plus faible que chez le chat. Les hémorragies peuvent survenir chez toutes les espèces. Il est décrit des hémorragies de naissance, présumées traumatiques¹⁶.

L'inflammation, voire la nécrose des glandes surrénales, peuvent être occasionnées par des agents bactériens ou parasitaires sous la forme d'abcès ou encore de granulomes. Une hypertrophie surrénalienne est susceptible de succéder à ces phénomènes¹⁶.

L'hyperplasie corticale ou capsulaire survient préférentiellement chez les chiens adultes à gériatriques. Elle peut être nodulaire ou diffuse dans le cas d'hypercorticisme ACTH-dépendant^{6,16}.

Les néoplasies surrénaliennes, divisées en tumeurs primaires et secondaires, surviennent essentiellement chez les animaux adultes à gériatriques. Parmi les tumeurs primaires figurent les adénomes, les carcinomes, les phéochromocytomes, les lipomes ou encore les myolipomes.

Des métastases s'infiltrant secondairement au sein des glandes surrénales sont décrites comme provenant de tumeurs mammaires, bronchiques, prostatiques, rénales, vésicales, gastriques ou encore pancréatiques^{6,16,23}.

Les affections surrénaliennes sont rares chez les chiens en croissance. Cependant, lors de leur suspicion, la présentation d'un tableau clinique et biologique ne suffit généralement pas à aboutir à un diagnostic de certitude. La démarche diagnostique consiste alors à rassembler le plus d'arguments possibles en faveur de ces affections. Ainsi, parmi les examens complémentaires vers lesquels le clinicien peut se diriger, l'imagerie, et en particulier l'échographie, tient une place de choix.

2. L'échographie des glandes surrénales chez le chien

2.1. Place de l'imagerie dans l'évaluation des glandes surrénales

Les affections surrénaliennes peuvent être associées à des modifications morphologiques de ces organes. L'imagerie médicale permet leur approche par la visualisation des organes et représente donc un outil de forte valeur pour le clinicien. L'indication des examens d'imagerie dépend notamment de leur facilité d'accès pour le vétérinaire ainsi que de leur sensibilité.

Nous présenterons plus particulièrement l'intérêt de l'échographie par rapport aux autres méthodes dont nous limiterons le détail.

2.1.1. L'échographie

L'échographie est l'examen de référence pour la détection d'anomalie de taille, de forme ou de structure. Elle permet d'obtenir des images bidimensionnelles d'un organe en temps réel^{24,25}, donnant son nom au mode B temps réel utilisé dans l'exploration des glandes surrénales. Le mode Doppler, fréquemment utilisé dans la recherche de ces organes, ajoute le bénéfice de visualiser le flux sanguin et de repérer les vaisseaux qui leur sont adjacents^{6,24}.

Maintenant présente dans la plupart des cliniques et de qualité grandissante, l'échographie est fréquemment réalisée par les cliniciens dont la formation initiale permet dès lors l'accès.

Sa pratique ne requiert par ailleurs qu'un temps limité (entre 15 et 30 minutes selon le format de l'animal et l'expérience de l'opérateur) et n'est pas invasive. L'examen est peu dangereux pour l'animal car il nécessite rarement une anesthésie (ponction échoguidée, défaut de compliance)²⁴. Il a également l'avantage, pour le manipulateur, de ne pas l'exposer aux rayons ionisants, contrairement à la radiographie.

L'échographie des glandes surrénales s'inscrit généralement dans un examen abdominal complet²⁶. Elle peut être prescrite dans le cadre d'une présentation clinique laissant suspecter une atteinte organique autre que surrénalienne (c'est par exemple le motif d'exploration chez les animaux de notre étude), mais peut aboutir à la découverte fortuite de lésions des glandes surrénales^{23,27}.

Le progrès technologique des échographes a augmenté la sensibilité de l'examen. L'échographie a montré un intérêt certain dans le diagnostic de l'hypercorticisme, ainsi que dans l'exploration de son origine surrénalienne ou hypophysaire²⁸⁻³¹.

Cependant, considérant leur taille, leur localisation profonde, l'interférence par le gaz digestif ou encore le manque de coopération de l'animal, les glandes surrénales sont parfois difficiles à appréhender. Il est notamment plus compliqué chez les chiens de grand format d'obtenir des images complètes de la glande surrénale droite, localisée en profondeur et crânialement⁶. Ainsi, certaines études relatent l'observation de 91% des glandes surrénales gauches des chiens de la cohorte contre 86% des glandes surrénales droite³². Quelques années plus tard, les observations démontreront respectivement 94% et 85%³³.

Des techniques supplémentaires à l'échographie peuvent permettre d'approfondir l'exploration d'anomalies surrénaliennes. Il est réalisé, par exemples, des ponctions écho-guidées pour analyse cytologique ou encore l'ajout d'un produit de contraste.

L'analyse cytologique s'est montrée intéressante dans la distinction d'une origine médullaire ou corticale. Elle est cependant décevante pour le caractère malin ou bénin de la lésion et comporte des risques de dissémination néoplasique notamment³⁴. Le produit de contraste a permis de préciser la nature tumorale surrénalienne³⁵. Il a également montré une augmentation de la perfusion corticale surrénalienne chez des individus atteints d'un hypercorticisme ACTH-dépendant. Son utilisation reste anecdotique^{36,37}.

2.1.2. Autres techniques d'imagerie

La radiographie est rarement utilisée pour l'exploration des glandes surrénales en médecine vétérinaire. Leur appréhension se limite : (1) à des signes indirects d'atteinte surrénalienne (exemple d'une hépatomégalie ou d'ostéopénie lors d'hypercorticisme)²⁴, (2) lors de cas spécifiques d'atteinte surrénaliennes tels que des masses surrénaliennes volumineuses (supérieure à 20 mm³⁸) ou des calcifications intra-surrénaliennes^{24,38,39}. Cependant, elle est indiquée dans le cas de tumeurs surrénaliennes pour effectuer un bilan d'extension thoracique et abdominal.

Le scanner ou tomodensitométrie (figure n° 10), est une méthode privilégiée d'imagerie de haute résolution. Elle est peu courante en médecine vétérinaire en raison de diverses contraintes : logistiques installation, entretien, formation, coût et nécessité d'une anesthésie générale du patient. Cependant, elle tend à devenir de plus en plus fréquente. Parmi ses qualités, elle offre une bonne sensibilité d'exploration des glandes surrénales^{40,41}, permet d'évaluer la glande hypophysaire en cas d'atteinte surrénalienne secondaire²⁴, d'explorer des cas complexes d'infiltrations tissulaires ou vasculaires (métastases, thrombus)³⁹, ou encore de réaliser des bilans d'extension. Cette technique s'affranchit de facteurs limitants tels que la taille de l'animal ou la présence d'air dans le tube digestif contrairement à l'échographie²⁴.

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est un examen de haute résolution davantage utilisé pour l'exploration de la glande hypophysaire²⁴.



Figure 10 : Scanner (à gauche) et IRM (à droite) permettant de visualiser la glande surrénale droite (flèche blanche pleine) et gauche (flèche blanche en tirets) de chiens adultes présentés en consultation à Oniris.

Enfin, la scintigraphie présente une utilité singulière dans l'exploration fonctionnelle des masses surrénaliennes. La technique utilise des marqueurs iodés ayant une affinité spécifique pour le cortex et la médulla. Elle participe ainsi à l'identification de masses surrénaliennes sécrétantes, dont la connaissance préalable est préférable avant un recours chirurgicale^{22,24}.

Malgré les bénéfices de résolution et de sensibilité des examens d'imagerie en coupe, en particulier du scanner, ils sont généralement utilisés dans un second temps pour la caractérisation de l'atteinte surrénalienne. L'échographie constitue la modalité de choix du clinicien en première intention. Cependant, la qualité de cet examen dépend notamment de la maîtrise de son principe, du protocole d'exploration des glandes surrénales et de l'expérience du manipulateur.

2.2. Principes de l'échographie des glandes surrénales chez le chien

Pour bien comprendre les images échographiques visualisées et appréhender les limites de leur qualité, nous faisons un rapide rappel des principes de l'échographie, des facteurs modulables par l'imageur ainsi que de l'aspect échographique normal des glandes surrénales.

2.2.1. Rappels des grands principes physiques de l'échographie

L'imagerie échographique repose sur la physique des ultrasons et traduit en images les changements de milieu que traversent ces derniers. Ces ultrasons sont générés par salves via l'excitation de cristaux piézoélectriques contenus dans la sonde échographique, encore appelée transducteur. Ils ont une fréquence élevée (de 20kHz à 1GHz). La sonde envoie et reçoit les ondes ultrasonores puis traite en images le support d'informations qu'elles génèrent selon leur interaction (notamment la réflexion) avec le milieu rencontré, via une échelle de gris (figure n°11). Elles renseignent ainsi la profondeur et la densité, celle-ci aussi qualifiée d'échogénicité, des tissus explorés²⁵.

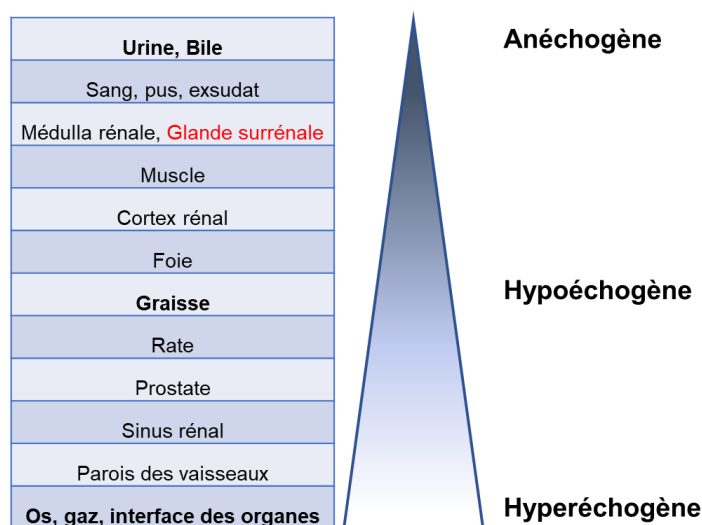


Figure 11 : Echelle de gris et échogénicité relative des différents organes et tissus. D'après Kremkau et al.(2016)²⁸

2.2.2. Choix de la sonde échographique pour l'exploration des glandes surrénales du chien

Le choix de la sonde échographique conditionne la qualité de l'examen et il n'est pas rare de devoir changer le type de sonde au cours de l'exploration des glandes surrénales.

Son choix sera directement lié à la localisation de l'organe d'intérêt, soit sa profondeur dans la cavité à explorer (elle-même dépendante du format de l'individu), puis dans une seconde mesure, lié à la facilité d'accès à cet organe. Parmi les critères de choix, la fréquence, la forme et taille du champ d'exploration ainsi que la surface de contact sonde – peau, sont les éléments prépondérants à la sélection de la bonne sonde selon l'organe à étudier^{25,39}.

Ainsi, pour l'exploration des glandes surrénales, on peut être amené à utiliser des sondes linéaires ou (micro)convexe.

La sonde linéaire sert lors d'exploration d'organes superficiels grâce à ses hautes fréquences (jusqu'à 18 MHz) offrant une bonne résolution spatiale dans le champ proche (figure n°12). Dans le cas de l'exploration des glandes surrénales, elle est indiquée chez les petits chiens pour lesquels ces organes sont relativement proches de la sonde^{1,6,30,42}.

La sonde (micro)convexe sert lors d'une exploration plus profonde des cavités grâce à ses fréquences basses (jusqu'à 9 MHz) et à son champ d'exploration s'élargissant en profondeur (figure n°12). L'examen est en contrepartie limité par sa plus faible résolution spatiale. Elle est indiquée chez les grands chiens dont les glandes surrénales se trouvent particulièrement en profondeur (entre 8 et 15 cm)^{6,42-45}.

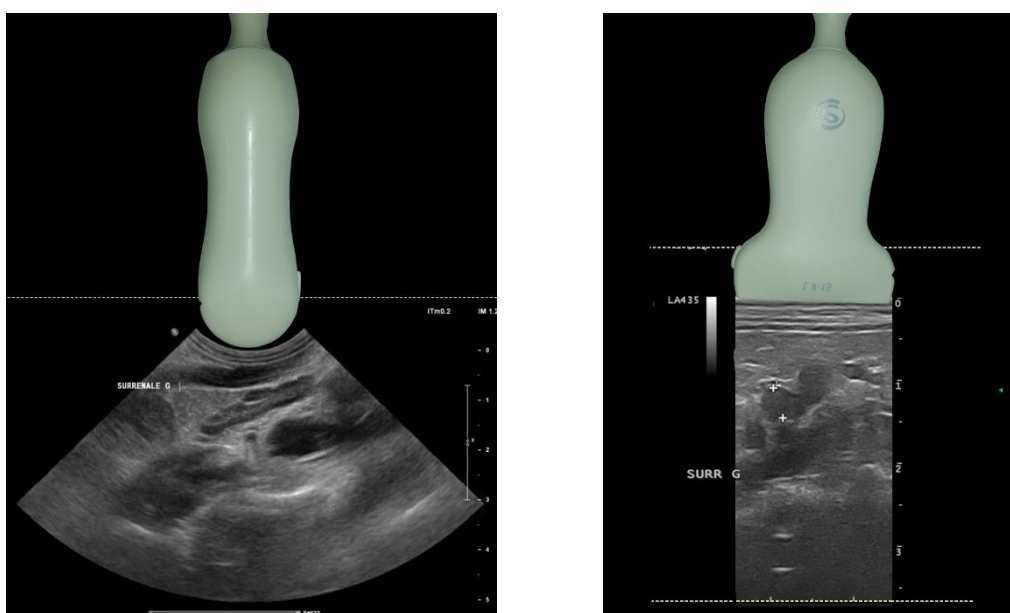


Figure 12 : Schéma représentant les images de glandes surrénales obtenues à partir de sondes échographiques convexe (à gauche) et linéaire (à droite) par le service d'imagerie d'Oniris.

2.2.3. Influence des paramètres échographiques sur la qualité d'image

Le manipulateur participe à la qualité de l'examen échographique, soit au travers de réglages directement sur l'échographe, soit par la technique d'exploration détaillée par la suite^{25,39}.

A l'aide de paramètres réglables sur l'échographe, le manipulateur influence certaines caractéristiques des ondes émises :

- La **fréquence**, notamment par le choix de la sonde proposant un intervalle de fréquences déterminées puis par l'ajustement au sein de cet intervalle.
- La **résolution latérale**, par le choix de la fréquence et la place de la zone focale. Sa position optimale se situe au niveau du tiers distal de la zone à examiner.

- La **profondeur du champ d'image**, en ajustant la longueur du grand axe visualisé, on optimise alors l'observation de la zone ou de l'organe d'intérêt.
- Le **contraste**, permettant de distinguer deux tissus d'échogénicité proche, est particulièrement intéressant à moduler dans le cas d'une exploration de glandes surrénales localisées en profondeur ou encore chez un animal en surpoids. Le choix de la fréquence et l'amélioration de la résolution spatiale augmentent aussi indirectement le contraste.
- Le **gain** pallie la faible quantité de signal perçue par la sonde en l'augmentant artificiellement. Il peut être modifié de façon générale ou focale, à l'aide de plusieurs curseurs ou potentiomètres découpant l'image par niveau.

La qualité échographique se trouve limitée par certains facteurs. Parmi eux, intervenant dans l'exploration des glandes surrénales sont les suivants^{25,39} :

- La **différence d'impédance acoustique**, lorsqu'elle se trouve élevée, empêche la visualisation des tissus sous-jacents. Cette situation est rencontrée dans deux cas : (1) de façon fréquente, lorsqu'il se trouve de l'air dans le tube digestif superposant les glandes surrénales et (2) dans le cas particulier du patient de grand format chez lequel une exploration transcostale peut être nécessaire.
- Le **phénomène d'atténuation** augmente avec la fréquence de l'onde. Plus elle est haute, moins l'exploration échographique est profonde. La position variable des glandes surrénales selon le format de l'individu entraîne le besoin d'adapter la fréquence échographique. De plus, ce phénomène est renforcé par les graisses péritonéales pouvant entourer les glandes surrénales dans le cas d'un animal en surpoids.
- La **résolution spatiale**, caractérisée par la capacité à distinguer deux points proches, permet de détecter la plus petite anomalie possible (modifications de la taille, forme, densité, nodule...). Elle diminue à mesure de fréquences basses.

On comprend alors que l'examen échographique est un compromis entre la résolution et la profondeur d'exploration.

2.2.4. Convention d'orientation de l'image échographique

Par convention, sur une coupe longitudinale de glande surrénale, le témoin de la sonde est orienté vers la partie crâniale de l'animal. Ceci se traduit par une représentation de la partie crâniale de l'animal sur la gauche de l'image échographique (et donc la partie caudale de l'animal se trouve sur la droite de l'image). Sur une coupe transversale, on oriente le témoin vers la droite de l'animal pour que celle-ci soit représentée sur la gauche de l'image à l'écran⁴².

2.3. Protocole de l'échographie des glandes surrénales

2.3.1. Matériel et réglages

L'exploration échographique des glandes surrénales est utilisée en mode B temps réel. Elle requiert des sondes (micro)convexe ou linéaire selon le format de l'animal. Chez des chiens âgés de moins de 9 mois, il a été montré que la glande surrénale droite se trouvait à $1,1 \pm 0,13$ cm de la peau, confirmant l'intérêt de l'utilisation d'une sonde microconvexe (de 6 à 10 MHz) dans ces études^{1,2}.

La recherche des glandes surrénales peut, dans un premier temps, être facilitée par une sonde de basse fréquence avant d'opter pour une sonde de haute fréquence offrant des images de meilleure résolution. De plus, chez un chien obèse, une sonde de basse fréquence limite l'atténuation des graisses, même si elle diminue en contrepartie la résolution spatiale et le niveau de détail.

2.3.2. Techniques d'exploration échographique

La technique d'exploration des glandes surrénales est standardisée par le consensus établi par l'ACVR (American College of Veterinary Radiology) et l'ECVDI (European College of Veterinary Diagnostic Imaging) publié en 2022⁴².

2.3.2.1. Préparation de l'animal et contention

Un jeûne d'au moins 12h est recommandé afin de limiter la présence d'un contenu alimentaire et/ou aérique dans le tractus digestif pouvant s'interposer et gêner la visualisation des glandes surrénales. En cas de difficulté, il est recommandé de modifier l'abord d'examen, de changer l'animal de décubitus (passage du dorsal en latéral ou debout) ou encore de différer de quelques heures l'examen²⁴.

L'animal est classiquement tondu de façon large. A droite, la zone peut être étendue crânialement jusqu'aux dernières côtes, de façon à aborder plus facilement la glande surrénale droite^{39,45}. Un gel de couplage échographique est abondamment appliqué sur l'abdomen dans l'intérêt de limiter l'interposition d'air entre la sonde et la peau de l'animal.

2.3.2.2. Positionnement et voies d'abords

Les voies d'abords sont ici détaillées dans l'objectif de comprendre le compromis de résolution et de profondeur d'examen.

- **Décubitus dorsal** (figure n°13) : c'est la voie d'abord la plus commune pour les chiens de races de petits et moyens formats. La sonde est positionnée de chaque côté de l'abdomen, caudalement à l'hypocondre, de façon à éviter au maximum les artefacts liés au gaz du tractus digestif³².
- **Décubitus latéral** : parfois nécessaire chez les chiens de races de grand format à thorax profond (selon les auteurs, nécessaire pour un poids dépassant 30 kg⁴⁶ voire utilisé dès 10 kg⁴⁷), l'abord intercostal doit avoir lieu dans le 12^e espace intercostal^{5,6}. La position subcostale est préférable à l'intercostale lié au risque de générer des artefacts par les côtes⁴⁶.
- **Debout** : parfois nécessaire chez les chiens de grande taille, cet abord facilite l'accès aux glandes surrénales qui ont tendance à basculer profondément dans l'abdomen crânial. La sonde est alors positionnée dans l'angle costo-lombaire^{45,47}.

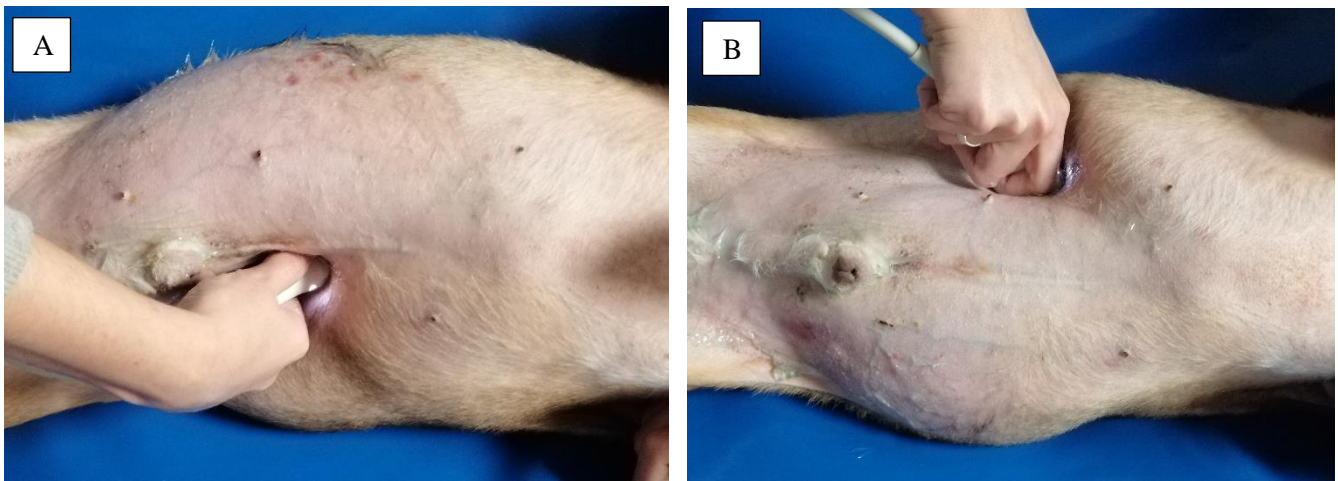


Figure 13 : Positionnement de la sonde microconvexe pour l'obtention d'une coupe longitudinale de la glande surrénale gauche (A) et droite (B) chez un chien de race de moyen format, en décubitus dorsal, présenté à Oniris.

2.3.2.3. Visualisation des glandes surrénales

Dans un premier temps, l'imageur se repère grâce au rein depuis lequel il trouve les vaisseaux adjacents aux glandes surrénales.

La glande surrénale gauche

La glande surrénale gauche se trouve en visualisant d'abord le pôle crânial du rein gauche en coupe longitudinale. La sonde est ensuite déplacée médialement en suivant l'artère rénale gauche, jusqu'à l'aorte⁶. On visualise la glande ventro-latéralement à l'aorte, crânialement à l'origine de la veine rénale gauche, ou encore caudalement à l'origine des artères coeliaque (la plus crâniale) et mésentérique crâniale (légèrement plus caudale)³⁹ (figure n°14 et n°15). Il est parfois nécessaire de varier légèrement l'angulation de la sonde (entre une dizaine⁴⁸ et une vingtaine de degrés dans le sens horaire⁴⁵) pour obtenir une coupe longitudinale de la glande, celle-ci n'étant pas tout à fait dans le même plan que l'aorte^{5,6,39}. La coupe transversale est obtenue par une rotation de 90° de la sonde vers la droite de l'animal.

Chez les animaux de faible note d'état corporel, la glande est apposée latéralement à l'aorte. Chez les animaux en surpoids, la graisse péritonéale vient envelopper la glande surrénale et la déplace latéralement par rapport au vaisseau³⁹.

La glande surrénale droite

La recherche de la glande surrénale droite s'effectue d'abord par une coupe longitudinale et oblique du bord crânial du rein droit. La veine rénale sert de repère : on la suit crânio-médialement jusqu'à son abouchement à la veine cave caudale, en coupe longitudinale. Celle-ci peut parfois être collabée en raison de la pression exercée sur la paroi abdominale, la rendant difficile à observer (figure n°17). Cette caractéristique amène cependant à la différencier de l'aorte, située juste à côté. En appliquant le mode Doppler, la reconnaissance de la veine cave caudale est facilitée par le flux visualisé en bleu, signe d'un mouvement rétrograde³⁹. On balaye ensuite légèrement ventralement et dorsalement la sonde jusqu'à visualiser la glande surrénale droite^{6,24,39} (figure n°16). Pour obtenir sa longueur, la sonde est légèrement tournée dans le sens horaire ou anti-horaire selon l'individu. L'obtention d'une coupe optimale peut être difficile à cause de sa forme recourbée latéralement⁶.

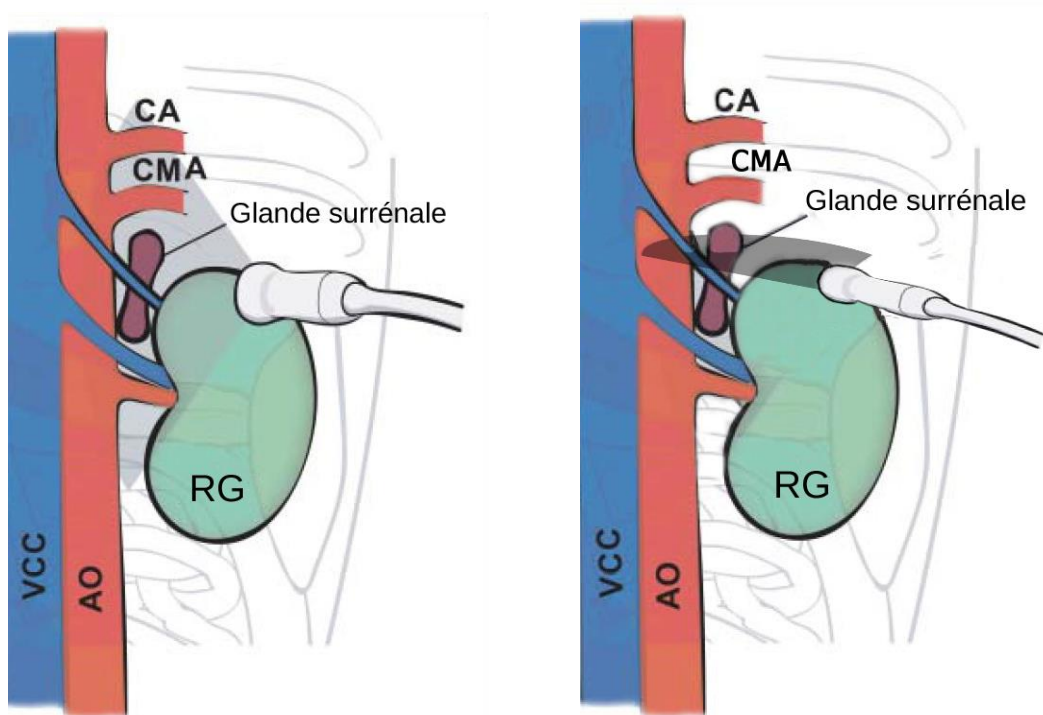


Figure 14 : Schéma de l'échographie en coupe longitudinale (à gauche) et transversale (à droite) de la glande surrénale gauche. Modifié et traduit d'après Penninck et al. (2015)⁴⁰. RG = rein gauche ; CA = artère cœliaque ; CMA = artère mésentérique crâniale ; VCC = veine cave caudale ; AO = aorte

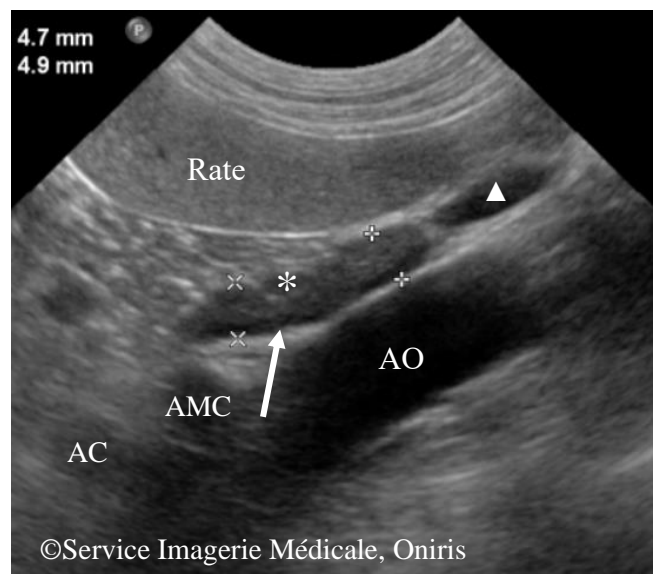
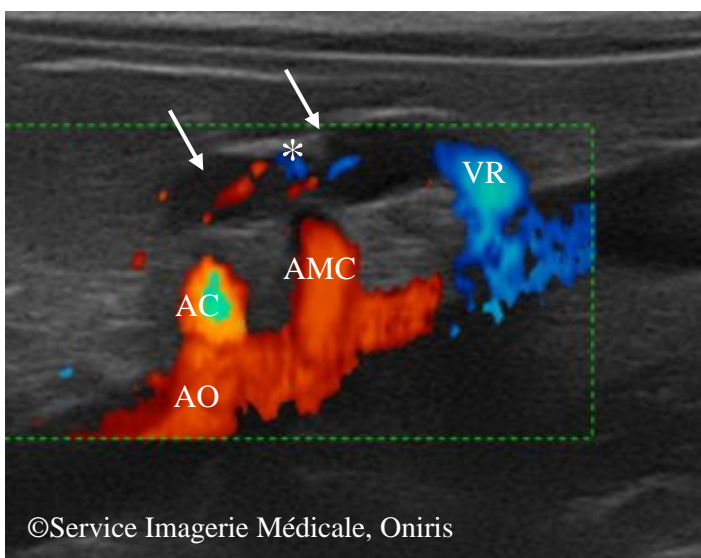


Figure 15 : Image échographique de la glande surrénale gauche (flèches) chez deux chiens présentés à Oniris. Le mode Doppler est appliqué à gauche afin de mettre en évidence la veine rénale (VR) gauche caudale à la glande et les artères cœliaque (AC) et mésentérique crâniale (AMC) se rejoignant dans l'aorte (AO). La veine phrénico-abdominale est visible sur les deux images (*). A droite, la rate est visible ainsi que l'artère ou la veine rénale (▲)

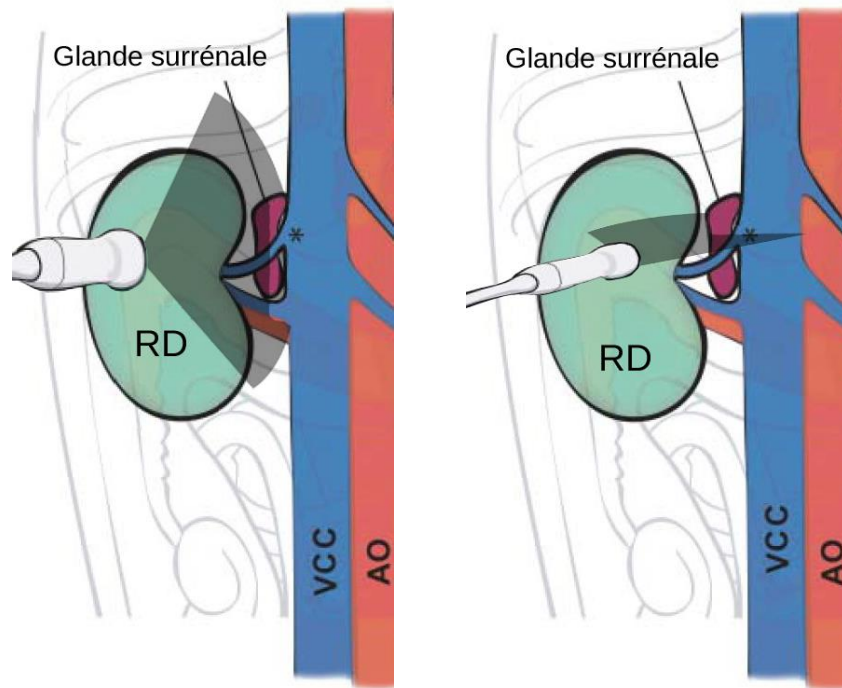


Figure 16 : Schéma de l'échographie en coupe longitudinale (à gauche) et transversale (à droite) de la glande surrénale droite. Modifié et traduit d'après Penninck et al. (2015)⁴⁰. RD = rein droit ; VCC = veine cave caudale ; AO = aorte

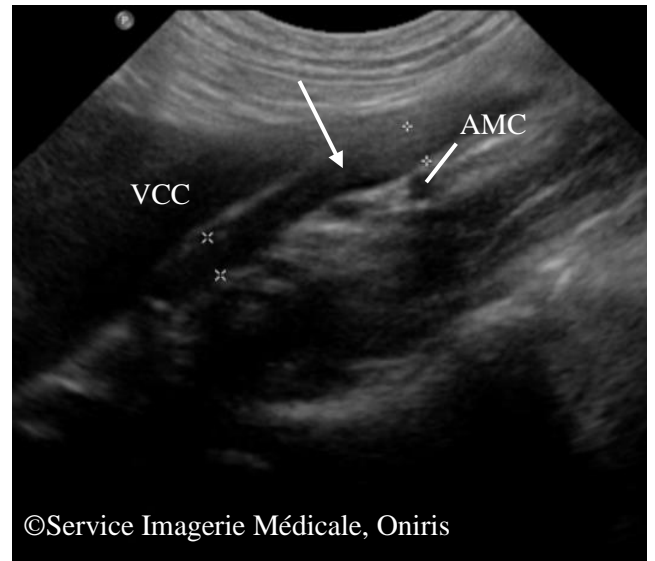
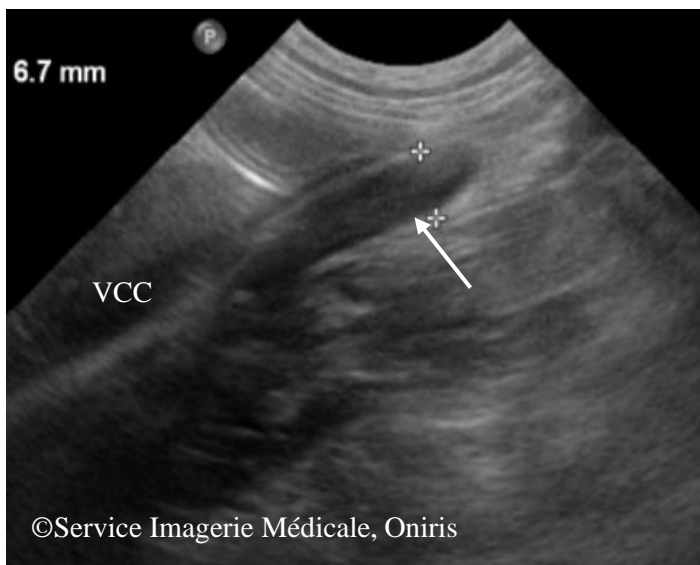


Figure 17 : Image échographique de la glande surrénale droite (flèches), localisée dorsalement à la veine cave caudale (VCC) et médialement à l'artère mésentérique crâniale, chez deux chiens présentés en consultation à Oniris. Par ailleurs, la veine cave caudale est écrasée à gauche.

2.3.2.4. Les différentes coupes d'organes

La totalité des glandes surrénales est balayée, en définissant des coupes standardisées. Il est défini^{6,24,39,46} (figure n°14 et 16) :

- Une **coupe longitudinale** : réalisée selon le grand axe de l'organe. Elle peut être obtenue suivant le plan sagittal ou dorsal voire oblique de l'animal³⁹. Elle permet de visualiser la longueur de la glande surrénale ainsi que l'épaisseur maximale de ses deux pôles dans le plan sagittal.
- Une **coupe transversale** : réalisée selon le petit axe de l'organe et obtenue par une rotation de 90° de la sonde suivant la coupe longitudinale. Elle permet de visualiser l'épaisseur et la largeur maximales de la glande surrénale.

2.3.3. Aspect des glandes surrénales en échographie

2.3.3.1. Echogénicité

Les glandes surrénales apparaissent homogènes, bien délimitées aux contours réguliers. Leur parenchyme est hypoéchogène à la graisse péritonéale qui les entoure^{6,24,42}. Elles sont parfois confondues avec les vaisseaux ; c'est particulièrement le cas du pôle caudal de la glande surrénale gauche qui est adjacent à l'artère rénale gauche⁵. D'un point de vue structurel, il est possible de visualiser une fine couche hyperéchogène externe correspondant à la capsule. La limite cortico-médullaire n'est pas systématiquement visualisée, et ne le fût pas dans une étude sur les jeunes animaux (entre 5 et 6 mois)¹. Dans certains cas, il a été observé une fine ligne hyperéchogène parallèle à la capsule, à l'aide d'une sonde à haute fréquence⁴⁸ en réalisant une coupe longitudinale⁵. Elle représente la jonction cortico-médullaire. La médulla apparaît alors plus hyperéchogène au cortex^{24,39} (figure n°18).

La veine phénico-abdominale peut être visualisée comme étant deux lignes fines hyperéchogènes traversant de façon oblique le centre de la glande (figure n°19, E). Elle n'est pas systématiquement visualisée à cause de sa petite taille³⁹.

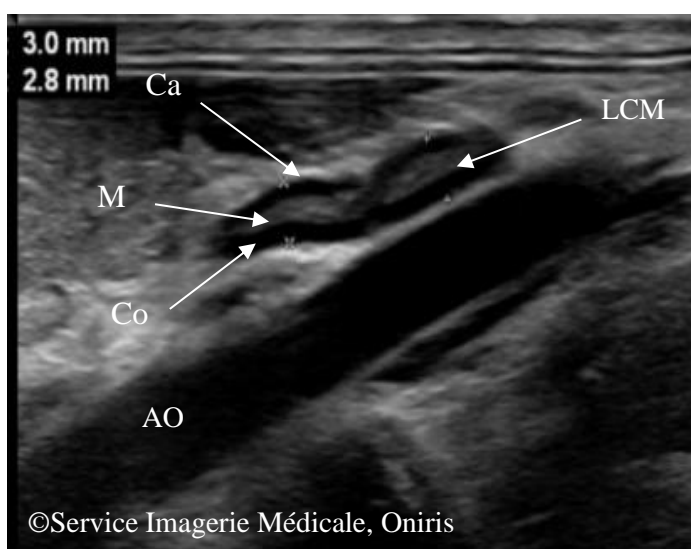


Figure 18 : Image échographique de la structure en couches de la glande surrénale gauche chez un chien présenté à Oniris. Ca = capsule ; M = médulla ; Co = cortex ; AO = aorte ; LCM = limite cortico-médullaire

2.3.3.2. La forme

La forme des glandes surrénales peut varier selon l'individu (figure n°19), en particulier à droite. En coupe longitudinale, celle-ci peut être de forme oblongue (B) ou triangulaire (A). Dans cette situation, elle est aussi dénommée « en virgule »²⁴ ou encore « en pointe de flèche »^{45,46}, la pointe se trouvant au pôle crâniale de la glande et perpendiculaire à la veine cave caudale⁴⁷. Cette partie, plus évasée, rend difficile de voir le pôle crânial en entier. Son pôle caudal, plus allongé, est couramment identifié³⁹.

La glande surrénale gauche est allongée et bilobée. En coupe longitudinale, elle est communément décrite en forme de « cacahuète » avec la présence d'un léger rétrécissement en son centre^{6,39,42} (C). Elle peut également apparaître longiligne selon la coupe réalisée (E)⁶. Chez les chiots, il a été observé une forme semblable à celle des adultes¹.

En coupe transversale, elles apparaissent toutes les deux ovales^{6,24} (D).

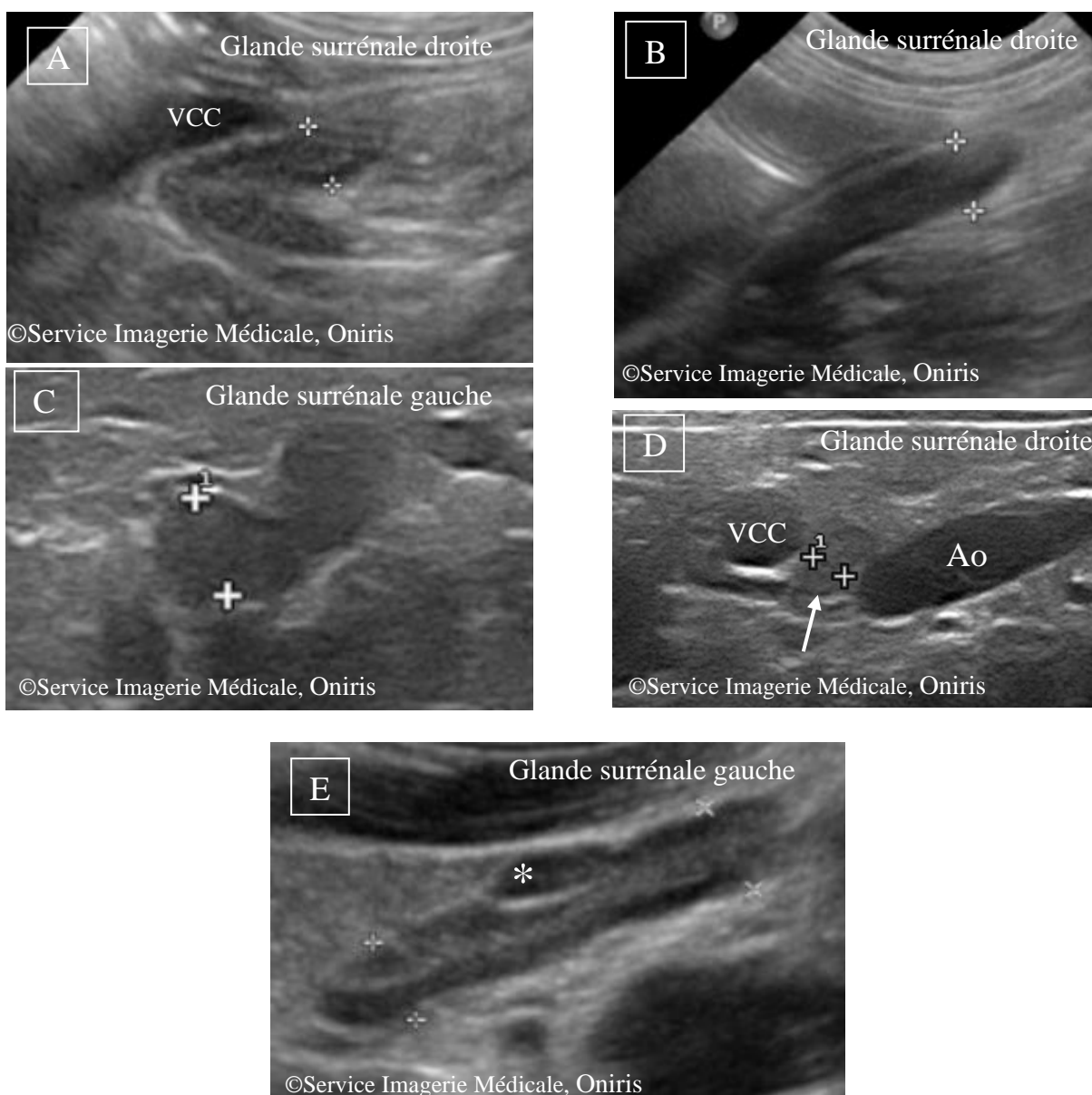


Figure 19 : Différentes formes des glandes surrénales chez de jeunes chiens reçus à Oniris. Forme tubulaire de la glande surrénale gauche (E) et droite (B) en coupe longitudinale ; forme bilobée de la glande surrénale gauche en coupe longitudinale (C) ; forme ovoïde de la glande surrénale droite (flèche) en coupe transversale (D) ; forme « en virgule » ou « en flèche » de la glande surrénale droite en coupe longitudinale (A) ; veine phrénico-abdominale (*) ; veine cave caudale (VCC).

2.3.3.3. La taille

La taille des glandes surrénales a fait l'objet de multiples études utilisant différents protocoles de mesures sur des populations variées.

Populations étudiées

Les mesures de la taille des glandes surrénales ont été évaluées au sein de populations diverses :

- Des animaux « sains », présentés par exemple pour une vaccination et sans symptôme clinique⁴⁹ (études rétrospectives). Cette catégorie rassemble également des animaux dont l'anamnèse, l'examen clinique, les examens biochimiques et tests dynamiques, et l'imagerie permettent d'exclure toute anomalie surrénalienne et autre anomalie majeure (études prospectives)^{1,33,46,50}. La plupart des études excluent les animaux ayant reçu un traitement (topique ou systémique) contenant des corticostéroïdes quelques mois avant l'exécution du protocole afin de prévenir de fausses valeurs⁴⁶.
- Des animaux « sans maladie endocrinienne », maintenus dans les études après application des critères d'exclusions permettant d'écarter de façon optimale un dysfonctionnement surrénalien^{9,28,43}.
- Des animaux atteints d'hypercorticisme, dont l'affection a été objectivée par des critères cliniques, biologiques et hormonaux^{28-30,51} voire d'imagerie³⁶.

Définition des dimensions étudiées

Avant l'établissement de consensus, il était utilisé toutes sortes de mesures visant à évaluer la taille des glandes surrénales. Ces différences mènent Soulsby et al. (2015)⁴⁶ à souligner un défaut de clarté quant à la terminologie des mesures des glandes surrénales utilisées au travers de la littérature, en particulier celle du pôle caudal.

Il est constaté que certains auteurs utilisent des qualificatifs de dimension différents pour la même méthode de mesure. C'est par exemple le cas dans l'étude de Mogicato et al. (2011)³³ ou encore dans celle de Choi et al. (2011)²⁸ qui utilisent le terme de « largeur » alors qu'ils réalisent la mesure de « l'épaisseur » comme décrite par Soulsby et al. (2015)⁴⁶.

Par ailleurs, dans des publications plus anciennes, les conditions de mesures ne sont pas exactement précisées. L'étude de Barthez et al. (1998)⁴⁸ par exemple, emploie le mot « épaisseur » pour qualifier le « diamètre minimum » de la glande surrénale sans préciser la coupe dont il est issu, et le mot « largeur » pour le « diamètre maximal ». Douglass et al. (1997)⁴³ qualifie de « largeur » la mesure prise après une angulation de 90° par rapport à la coupe longitudinale, sans préciser l'orientation sagittale ou dorsale pouvant faire varier la dimension évaluée.

Ces différents qualificatifs rendent difficile la comparaison des mesures au sein de la littérature.

Les mesures des glandes surrénales sont définies comme suit (figures n° 20, 21 et 22) :

- La longueur : qualifie la plus grande dimension crânio-caudale en coupe longitudinale sagittale et dorsale^{5,9,42,46,49}.
- La largeur : qualifie la plus grande dimension médio-latérale en coupe transversale^{5,46,49}, obtenue perpendiculairement à l'axe longitudinal de la glande^{28,42} et mesurée en région caudale, moyenne et crâniale de la glande⁵.

- L'épaisseur : qualifie la plus grande dimension dorso-ventrale mesurée en coupe sagittale et transversale^{5,9,42,43,46}.
- La hauteur : qualifie la mesure dorso-ventrale de la glande en coupe longitudinale et transversale⁴⁹ et synonyme de l'épaisseur.

Bien qu'il semble que la « largeur » et « l'épaisseur » soient utilisées majoritairement indistinctement dans les études récentes^{6,39}, Soulsby et al. (2015)⁴⁶ en font la distinction. Ils sont rejoints par d'autres auteurs observant par ailleurs que la largeur varie selon la région de la glande surrénale, tandis que l'épaisseur reste globalement la même, excepté en région moyenne où l'on observe un rétrécissement^{5,26} (Figure n°20).

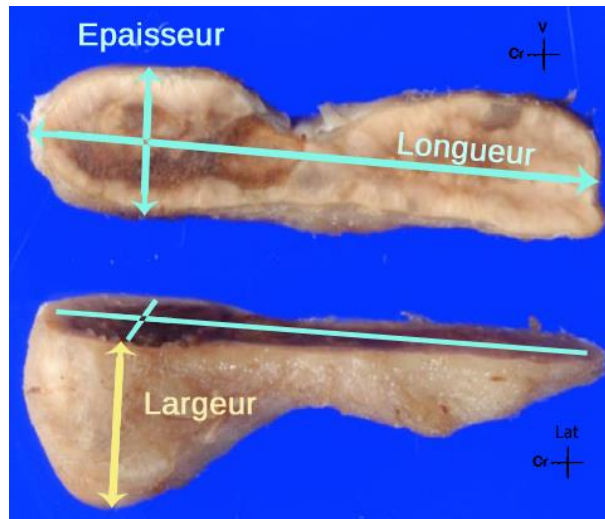


Figure 20 : Dimensions macroscopiques de la glande surrénale gauche. Cr = crânial ; V = ventral ; Lat = latéral. D'après Pagani et al. (2017)⁹

Glande surrénale droite

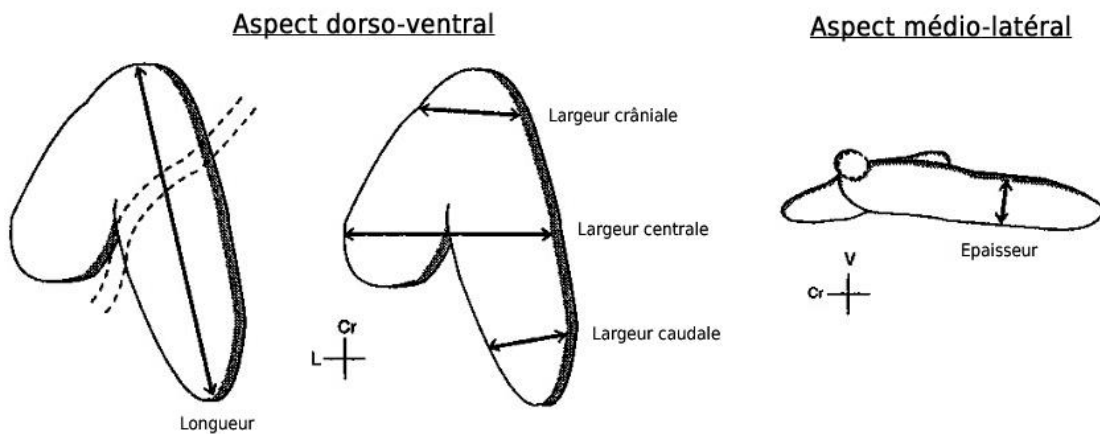


Figure 21 : Schéma des mesures de la glande surrénale droite selon les coupes échographiques réalisées par Grooters et al. (1995)⁵. Les lignes en pointillés parallèles représentent le passage de la veine phrénico-abdominale. Cr = crânial ; L = latéral ; V = ventral

Glande surrénale gauche

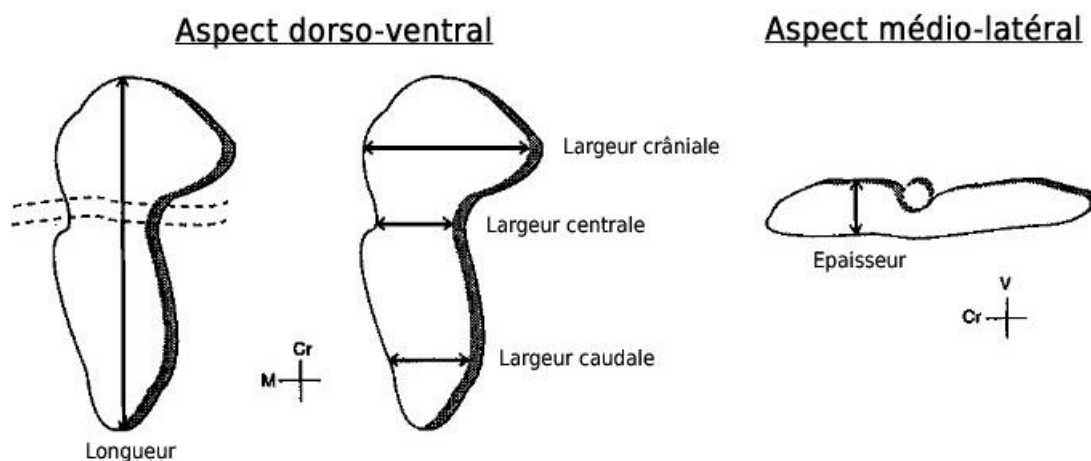


Figure 22 : Schéma des mesures de la glande surrénale gauche selon les coupes échographiques réalisées par Grooters et al. (1995)⁵. Les lignes en pointillés parallèles représentent le passage de la veine phrénico-abdominale. Cr = crânial ; M = médial ; V = ventral

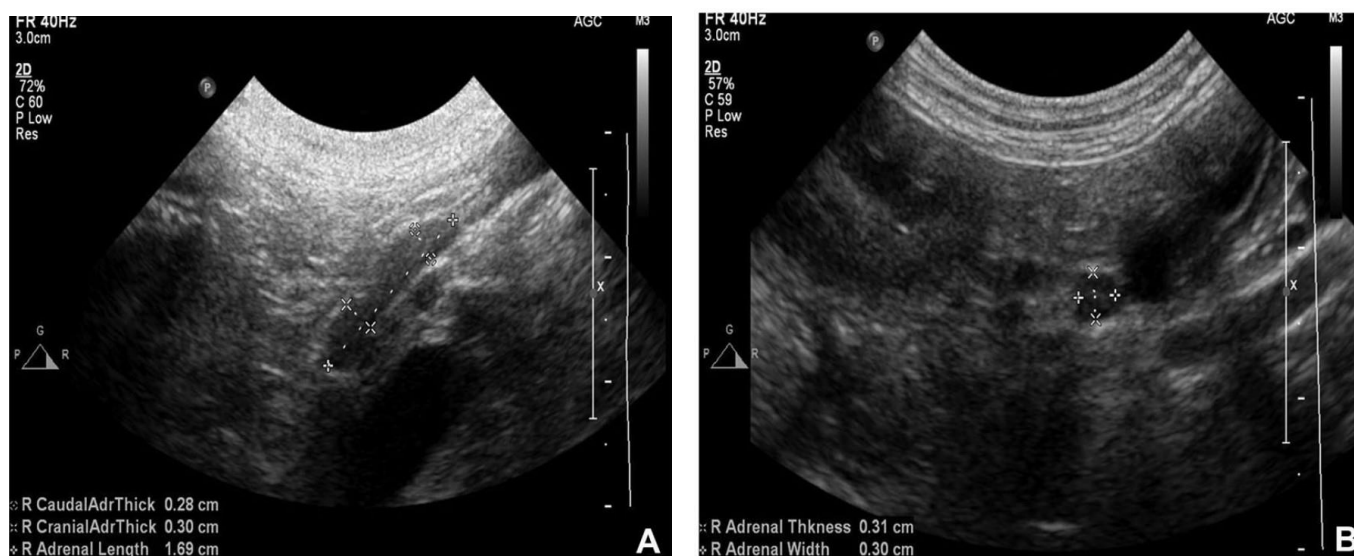


Figure 23 : Mesures échographiques de la glande surrénale droite en coupe longitudinale (A) et en coupe transversale (B) chez un chien sain dans l'étude de Soulsby et al. (2015)⁴⁹

Il s'est longtemps posé la question de **la dimension** la plus fiable pour évaluer de façon sensible et spécifique les éventuelles lésions surrénaliennes.

Ainsi, les mesures de la longueur et de la largeur des glandes surrénales sont celles qui ont montré le plus de variations entre les imageurs^{5,9,32,48}. Ceci est peut être attribué à l'anatomie (forme en « V » de la glande surrénale droite), à la localisation des glandes surrénales ou encore à la qualité de la coupe réalisée. Il est effectivement possible de surestimer la mesure en coupe transversale, ceci lié à un axe légèrement oblique par rapport à la dimension minimale^{5,6,22,31,43}. De même, il est possible de sous-estimer les mesures sur une coupe longitudinale ne suivant pas exactement le grand axe de la glande^{6,22}.

Ajouté à cela, il apparaît que l'épaisseur des glandes surrénales est la mesure donnant le moins de variabilité intra- et inter-opérateurs^{33,49}. Elle apparaît régulière sur l'ensemble de l'organe⁴³ et proche des mesures macroscopiques définissant la taille réelle de l'organe^{5,9}. La différence mesurée entre les valeurs

échographiques et macroscopiques est de $0,57 \pm 0,47$ mm pour la glande surrénale gauche et de $0,64 \pm 0,60$ mm pour la glande surrénale droite, soit des différences similaires à la résolution axiale de la sonde utilisée⁵. Il est ainsi plus pertinent de mesurer la dimension dorso-ventrale représentant l'épaisseur et valorisant ainsi la résolution axiale plutôt que la dimension médio-latérale de la largeur²⁵. Enfin, l'épaisseur est la dimension modifiée en cas d'hyperplasie surrénalienne²⁹ liée à un hypercorticisme.

La surface est une mesure qui montre une bonne corrélation avec les valeurs anatomiques^{5,9}, mais ne figure actuellement pas dans la méthode de mesure consensuelle⁴².

Les études précisent une différence de taille entre **les régions** des glandes surrénales, en plan sagittal et transverse^{5,9,28,31,46,48,52}.

Plusieurs arguments privilégient la mesure du pôle caudal par rapport à celle du pôle crânial. D'une part, les mesures échographiques du pôle crânial engendreraient le plus de marge d'erreur en comparaison avec celles macroscopiques⁹. Les limites de ce pôle sont définies davantage subjectivement par les imageurs, probablement du fait de son anatomie différente selon la latéralité. D'autre part, le pôle crânial droit n'est pas toujours visualisé en raison de sa localisation particulièrement profonde et crâniale, surtout chez les chiens à thorax profond^{28,29,31,32}. Le pôle caudal semble plus accessible dans cette même situation⁴³.

Par ailleurs, des études montrent que les valeurs grossières de l'épaisseur des glandes surrénales sont assimilables à celles de l'épaisseur du pôle caudal ; celles du pôle crânial sont généralement significativement différentes^{5,31,48}. Cette approximation semble pourtant diminuer la sensibilité de détection d'un hypercorticisme selon Melián et al. (2021)³⁰.

Variabilité inter- et intra-opérateurs et qualité de l'équipement

La fiabilité des mesures échographiques est dépendante de nombreux paramètres parmi lesquels on compte le matériel utilisé, l'imageur et son niveau d'expertise ainsi que le protocole utilisé⁴⁹. Il est donc difficile de comparer la pertinence des mesures entre les différentes études, d'autant plus que ces informations ne sont pas toujours renseignées, particulièrement dans les études plus anciennes.

Les mesures sont de plus en plus précises grâce à un matériel de qualité grandissante. On note que celles-ci sont d'abord données de l'ordre du millimètre^{5,24}, puis de l'ordre de 0,1 mm, voire de 0,01 mm^{43,44,48}.

S'agissant de l'opérateur, il existe une variabilité lorsqu'on compare les mesures réalisées par un même individu dans les mêmes conditions (= variabilité intra opérateur ou répétabilité) et entre différents individus (= variabilité inter opérateur ou reproductibilité) sur un même animal.

La plupart des études sont concernées par la variabilité intra-opérateur car elles ne font intervenir bien souvent qu'un seul imageur réalisant l'examen (étude prospective^{5,9,43}) ou retravaillant sur les images d'archives (étude rétrospective)⁹.

Deux études ont évalué ces variabilités concernant les mesures de la taille des glandes surrénales. L'une d'elle a mesuré la longueur, l'épaisseur des pôles caudal et crânial et la largeur des pôles caudal et crânial⁴⁹. La deuxième a mesuré seulement la longueur et la largeur de l'un des pôles des glandes surrénales en prenant la mesure la plus large lorsque les pôles présentaient une asymétrie³³. L'ensemble des mesures a été réalisé au sein d'une population très homogène (race, poids, âge) et le niveau d'expertise des imageurs variaient selon leur expérience³³ ou leur qualification⁴⁹.

La variabilité intra-opérateur est plus élevée lorsque le niveau d'expertise de l'imageur est moins important d'une part, et concerne particulièrement les mesures de la glande surrénale droite d'autre part^{33,49}. Cependant, elle semble plus élevée pour la mesure de l'épaisseur pour une étude³³, lorsqu'elle l'est davantage pour la longueur pour la deuxième étude⁴⁹.

La variabilité inter-opérateurs apparaît la plus faible pour les mesures de la glande surrénale gauche^{33,49}. De plus, cette variabilité est la plus élevée pour l'épaisseur de la glande surrénale droite, et jugée moyenne pour la longueur de la glande surrénale droite³³. Les mesures de la glande surrénale gauche semblent donc davantage reproductibles que celles de la droite. Cependant, pour Barberet et al. (2010)⁴⁹, la mesure de la longueur est celle qui a montré le moins de variabilité inter-opérateurs. Ils ajoutent que celle-ci fait également l'objet de la plus grande variabilité entre les chiens. Ainsi, la longueur se présente comme une mesure fiable indépendamment du niveau d'expertise de l'imageur, mais pouvant varier au sein d'une population très homogène.

Enfin, l'une des études précise que la mesure du pôle caudal est la plus reproductible⁴⁹.

Ainsi, les conditions ayant montré le moins de variabilité de mesures sont : l'épaisseur, la glande surrénale gauche et le pôle caudal.

Distinction de la latéralité

L'influence de la latéralité sur l'épaisseur échographique d'une région de l'organe n'est pas clairement étayée. En effet, la plupart des études séparent l'analyse des deux glandes et concluent parfois à des valeurs qui leur sont propres sans discuter du caractère significatif de la différence observée^{5,30,53}.

Le consensus actuel ne fait pas mention de différence entre l'épaisseur du pôle caudal des deux glandes et se reporte à des études n'ayant par ailleurs pas montré de différences significatives entre les deux côtés^{28,31,46}.

La latéralité influence la fiabilité des mesures par la difficulté qu'engendre la position des glandes et leur anatomie. Ainsi, la glande surrénale droite, d'accès plus difficile, présente une moins bonne fiabilité de mesure que l'organe gauche. Une étude relativise ces observations en obtenant davantage d'erreurs de mesure de la glande surrénale gauche comparée à la droite⁹, attribuant cette discordance à l'anatomie de la glande (aplatissement du bord crânial) et sa position (orientation oblique par rapport au plan longitudinal de l'animal).

La première valeur consensuelle établie donne pour référence une épaisseur des glandes surrénales de 7,4 mm en coupe transversale. Elle permet d'atteindre une sensibilité de 77% et une spécificité de 80%^{31,48} pour différencier les chiens sains de ceux étant touchés par une hyperplasie suggérant un hypercorticisme.

Cette valeur consensuelle est par la suite discutée à mesure des études^{28,46,52,53}, considérant qu'elle ne peut être rigoureuse pour l'ensemble des formats, des races et de l'âge des chiens.

Influence du format et de la race

Il semble effectivement peu pertinent de considérer une seule valeur pour l'ensemble de l'espèce canine compte tenu des variations considérables de format et de poids selon les races étudiées.

Tout d'abord, il a été observé de façon presque unanime une influence du poids sur la longueur des glandes surrénales. Cette influence n'est pas retrouvée concernant la largeur ou l'épaisseur des glandes surrénales^{31,33,43}, mais des contradictions sont relevées au sein de la littérature^{5,28-30,46,52-54} (tableau n°3).

Par ailleurs, le format semble également influencer l'épaisseur du pôle caudal. Il fût abordé dans une étude s'intéressant aux valeurs chez des chiens de races de moyen et grand formats dans une petite population étudiée²⁹, et au sein de races de petit format (< 10 kg), dans une population plus importante²⁸, bien que cette dernière ne précise pas l'extrémité de la glande étudiée.

De plus, une étude précise l'influence même de la race sur l'épaisseur du pôle caudal de la glande surrénale en plan sagittal avec l'exemple des races Yorkshire et Labrador⁵³. Il est mis en évidence que leurs valeurs physiologiques sortent des références précédemment établies.

En comparaison, les autres études développant l'influence raciale catégorisent les populations évaluées plus largement selon le poids des animaux, et via différents intervalles^{30,46,52}. En subdivisant les groupes en cinq intervalles, aucune différence significative de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales n'est observée entre les groupes de poids proches. Elle existe pourtant lorsque ces mêmes individus sont subdivisés en seulement deux intervalles⁵². Une étude plus récente subdivise en quatre intervalles de poids la population en prenant soin de ne pas dépasser deux fois le poids d'un chien dans une même catégorie et montre des différences significatives de l'épaisseur des glandes surrénales entre certains groupes³⁰.

Les valeurs disponibles au sein de la littérature de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales sont regroupées dans le tableau n°3. Il y est précisé les caractéristiques de la population canine étudiée, ainsi que la corrélation ou non entre le poids du chien et l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales.

Au travers de la littérature, il est ainsi observé que le poids et le format des individus influencent la taille des glandes surrénales. Une corrélation positive entre les différents paramètres est montrée, tout en considérant que certaines études ne prennent pas en compte la latéralité ou l'extrémité de l'organe. Enfin, bien que l'épaisseur varie en fonction du poids, il semble également que c'est la mesure la plus fiable^{28,44}.

Tableau 3 : Synthèse bibliographique des valeurs seuils de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales mesurées dans le plan longitudinal, ainsi que de la corrélation entre l'épaisseur et le poids des chiens, dans diverses populations canines. D'après Soulsby et al. (2013)⁴⁶, complété avec des études récentes. N = nombre d'individus sains de l'étude ; A = âge ; P = poids

Etudes	Caractéristiques de la population étudiée	Seuils suggérés de l'épaisseur maximale du pôle caudal des glandes surrénales dans le plan sagittal (mm)		Corrélation entre la mesure d'épaisseur et le poids du chien
		Gauche	Droite	
De Chalus et al. (2013) ⁵³	Labradors (N = 17) Yorkshires (N = 24)	7,9 5,4	9,5 6,7	Oui
Barthez et al. (1995) ³¹	N = 20 P = [4,4 – 38,8] kg	7,4 (transverse)	8,1 (transverse)	Non (corrélation entre la longueur et le poids)
Douglass et al. (1997) ⁴³	N = 193 P = [1,8 – 72] kg A = [0,3 – 16] ans	Pas de seuil rapporté		Non (corrélation entre la longueur et le poids)
Grooters et al. (1995) ⁵	N = 14 P = [13,6 – 20,3] kg	5,0	5,0	Oui
Choi et al. (2011) ²⁸	N = 189 P = [0,84 – 10,0] kg A = [0,7 – 16] ans Petit format	6,0	6,0	Oui
Mogicato et al. (2011) ³³	N = 5 P ~ 13 kg A ~ 2 ans	Pas de seuil rapporté		Non (corrélation entre la longueur et le poids)
Grooters et al. (1996) ²⁹	N = 10 P = [10 – 37,4] kg A > 7 ans	7,0	7,0	Oui
De Marco et al. (2010) ⁵⁴	N = 109 P < 10 kg Petit format	5,9		Oui
Barberet et al. (2010) ⁴⁹	N = 6 P ~ 11 kg A ~ 2 ans Moyen format	5,7 (longitudinale) 5,9 (transverse)	6,1 (longitudinale) 6,9 (transverse)	Non étudié
Bento et al. (2016) ⁵²	N = 265 A ≥ 1 an P = [4,3 – 32,6] kg	7,2 (> 12 kg) 6,2 (< 12 kg)	7,2 (> 12 kg) 6,2 (< 12 kg)	Oui
Melian et al. (2021) ³⁰	N = 86 A ≥ 1 an	5,1 (> 2,5 – 5 kg) 5,5 (5 – 10 kg) 6,4 (10 – 20 kg) 7,3 (20 – 40 kg)	5,3 (> 2,5 – 5 kg) 6,8 (5 – 10 kg) 7,5 (10 – 20 kg) 8,7 (20 – 40 kg)	Oui
Soulsby et al. (2015) ⁴⁶	N = 45 A = [1 – 6] ans P = [2,2 – 62,7] kg	5,4 (< 10 kg) 6,8 (10 – 30 kg) 8,0 (> 30 kg)		Oui

Influence du sexe

Le sexe de l'individu semble influencer sur la taille de la glande surrénale.

Il a été observé que la longueur des glandes surrénales est plus importante chez les femelles³³. Concernant l'épaisseur, une seule étude trouve des valeurs plus importantes chez les mâles que chez les femelles. Cette observation concerne les deux organes de chiens appartenant à une catégorie de poids comprise entre 12 et 20 kg et est faite également sur la glande surrénale gauche de chiens pesant entre 20 et 30 kg⁵². Il existe au contraire des études pour lesquelles le sexe ne semble pas avoir d'influence sur l'épaisseur de ces organes^{43,53}. Une autre montre une faible corrélation qu'elle attribue à un résultat aléatoire³³.

Influence de l'âge

L'âge de l'animal est un autre paramètre ayant montré une influence positive sur la taille des glandes surrénales^{29,33,52}.

Dans leur étude, Grooters et al. (1996)²⁹ s'intéressent à des chiens de formats similaires aux études ayant établies les valeurs de référence. Ils trouvent des épaisseurs des glandes surrénales significativement différentes et attribuent cette variabilité à l'âge des animaux. Cette hypothèse va à l'encontre des observations d'une étude réalisée un an plus tôt³¹.

Ce n'est qu'une dizaine d'années plus tard que l'influence de l'âge est précisée. On observe alors que l'épaisseur de la glande surrénale gauche augmente avec l'âge, d'abord indépendamment du poids³³, puis chez des animaux appartenant à une même catégorie de poids^{52,53}. Ainsi, au sein des races Yorkshire et Labrador Retriever, la hauteur du pôle caudal en coupe transversale et sagittale des deux glandes augmente avec l'âge⁵³. L'épaisseur de la glande surrénale gauche est aussi significativement supérieure chez les animaux de plus de 8 ans, et il n'existe pas de différence entre les animaux de moins de 4 ans et ceux âgés de 4 à 8 ans⁵².

Dans ces études récentes, aucune corrélation avec l'âge n'est objectivée concernant l'épaisseur de la glande surrénale droite. De plus, elles n'incluent pas les animaux âgés de moins d'un an.

Valeurs bibliographiques chez les jeunes chiens

Deux études ont pu obtenir des valeurs de l'épaisseur du pôle caudal des glandes surrénales chez des animaux de moins d'un an dans des populations canines restreintes. Ces valeurs sont regroupées dans le tableau n°4. Dans l'étude de Santos et al. (2013)¹, les chiots sont de races croisées et pèsent entre 3 et 4 kg. Ces informations ne sont pas précisées dans l'étude de Kumar et al. (2020)².

Tableau 4 : Valeurs d'épaisseurs et de longueurs (Moyenne \pm écart-type) des glandes surrénales prises en coupe longitudinale chez 15 chiots âgés de 5 à 6 mois selon l'étude de Santo et al. (2013)¹ et chez 6 chiots âgés de moins de 9 mois selon l'étude de Kumar et al. (2020)².

				<i>Santos et al. (2013)¹ N=15</i>	
		Longueur (mm)	Epaisseur (mm)		
Glande surrénale droite		10,8 \pm 0,1	4,2 \pm 0,2		
Glande surrénale gauche		11,1 \pm 0,1	4,5 \pm 0,1		
				<i>Kumar et al. (2020)² N=6</i>	
Glande surrénale droite		Pôle crânial (mm)		Pôle caudal (mm)	
		3,6 \pm 0,3		3,9 \pm 0,4	

Compte tenu de la variabilité des mesures, il paraît indispensable que les valeurs de l'épaisseur des glandes surrénales soient combinées à d'autres critères échographiques telles que la forme (arrondissement, irrégularité)⁶ et l'échogénicité, en plus des critères clinique et biologique.

2.4. Les modifications échographiques pathologiques des glandes surrénales

L'échographie est un examen relativement sensible et spécifique dans certaines affections des glandes surrénales^{28,31,48}. Ces modifications sont brièvement décrites afin de pouvoir exclure de notre population d'étude les animaux affectés.

2.4.1. Augmentation de taille des glandes surrénales

A l'échographie, l'augmentation de taille des glandes surrénales peut être diffuse ou focale, symétrique ou unilatérale.

2.4.1.1. Hypertrophie surrénalienne généralisée

L'augmentation généralisée de la taille des glandes surrénales peut être uni- ou bilatérale.

L'augmentation diffuse bilatérale est une situation plus communément visualisée chez les chiens atteints d'hypercorticisme ACTH-dépendant⁴⁸. L'augmentation de taille peut être plus marquée sur une glande que son organe controlatéral, ou concernant plus particulièrement un des deux pôles.

Généralement, les contours, la forme^{29,48} et l'échogénicité²⁴ des glandes surrénales sont conservés. La forme peut prendre un aspect globuleux dans les cas d'hyperplasie marquée²⁹. L'échogénicité du parenchyme diminue parfois légèrement par rapport à celui de chiens sains^{6,48}. D'autre part, certains chiens affectés présentent des foyers hyperéchogènes³⁹ confirmés histologiquement comme étant des nodules minéralisés²⁹.

L'hypertrophie unilatérale, quant à elle, peut être indicative d'un hypercorticisme ACTH-indépendant, d'une tumeur surrénalienne primaire ou encore d'un processus métastatique infiltrant la glande surrénale. La discrimination de ces affections nécessite des examens complémentaires plus poussés

précédemment cités. On peut cependant suspecter un processus néoplasique sécrétant par l'aspect échographique suivant : un élargissement, un nodule ou encore un effet masse d'une glande tandis que l'organe controlatéral est de taille diminuée (taille maximale inférieure à 5 mm) ou n'est pas visible⁵¹. De plus, au-delà de 20 mm d'épaisseur, l'hypertrophie est indicative de malignité (carcinome surrénalien, phéochromocytome)²³.

Au cours des années, l'échographie s'est révélée de plus en plus sensible (de 75%²⁸ à 96,9%³⁰) et spécifique (de 80%²³ à 94%²⁸) dans la détection d'une hyperplasie surrénalienne. Cependant, le diagnostic d'un hypercorticisme ACTH-dépendant par des critères échographiques se complique par des modifications surrénaliennes variées^{6,22,28,39}. Il a été rapporté que 23% des chiens atteints possédaient des glandes surrénales de taille normale³¹, alors que 9%⁴³ à 20%³¹ des chiens sans signe de maladie endocrinienne présentaient une épaisseur supérieure au seuil de 7,4 mm. De ces chevauchements, il apparaît qu'une taille échographique normale n'exclut pas l'hypothèse d'une maladie surrénalienne si celle-ci est suspectée cliniquement et biologiquement⁶. De même, une augmentation moyenne de la taille de ces organes ne reflète pas systématiquement une affection fonctionnelle⁶.

Ainsi, l'affection est rigoureusement évaluée par la mesure de l'épaisseur du pôle caudal^{29,39} de ces organes et confrontée aux valeurs rapportées chez une population correspond le plus aux caractéristiques du patient.

2.4.1.2. Les masses ou nodules surrénaliens

Les masses ou nodules surrénaliens peuvent être découverts à la suite d'une suspicion clinique ou de manière fortuite. Ces « fortuitomes » font état d'une incidence récente de 4%²³ et qui augmente à mesure que l'examen échographique gagne en qualité^{23,39}. Ces anomalies sont néanmoins plus fréquemment visualisées chez les chiens âgés de plus de 9 ans²³ et il n'a pas été rapporté de cas chez les chiens de moins de un an ; c'est pourquoi leur présentation est succinctement détaillée ici.

Les masses et nodules surrénaliens sont localisés en région corticale ou médullaire, de façon uni- ou bilatérale. Ils ont des aspects échographiques variables et non spécifiques⁴⁴.

Leur diagnostic différentiel est le suivant^{23,40,44,55} :

- Tumorale primaire : adénomes, carcinomes, phéochromocytomes, lipomes, myolipomes
- Tumorale secondaire : métastases provenant d'une tumeur mammaire, bronchique, prostatique, rénale, vésicale, gastrique, pancréatique, etc...
- Hyperplasique : nodules, hypercorticisme ACTH-dépendant
- Inflammatoire : abcès, granulomes,
- Surcharge : infiltrations amyloïdes,
- Traumatique : hématome

L'origine de l'anomalie est étayée par un examen d'imagerie de haute résolution. Au cours d'une étude, 27% des masses découvertes au scanner se sont avérées être des métastases étendues aux glandes surrénaliennes⁵⁵.

Les masses ou nodules surrénaliens peuvent être sécrétant ou non³⁹. Dans ce cas, ils sont non fonctionnels voire destructifs des tissus environnants et peuvent être à l'origine d'un hypocorticisme⁶.

Associés à ces affections bénignes ou malignes, des minéralisations peuvent être observées³⁹.

Enfin, une attention particulière est portée aux vaisseaux adjacents afin de vérifier leur intégrité, une éventuelle infiltration, et d'exclure leur compression. Les tissus environnant peuvent également faire l'objet de remaniements tels qu'une infiltration du rein, des muscles voire des vertèbres adjacentes³⁹ par des tumeurs surrenaliennes.

2.4.2. Atrophie surrenalienne

L'atrophie surrenalienne se manifeste par une diminution bilatérale de la taille des glandes surrénales (figure n°24). Par ailleurs, la glande surrénale droite n'est pas toujours identifiée⁶.

Une valeur d'épaisseur du pôle caudal en deçà de 3,2 mm oriente vers un hypocorticisme primaire lorsqu'un tableau clinique et/ou biologique est associé. Ce critère est d'autant plus fiable qu'il concerne la glande surrénale gauche⁵⁶. La forme de la glande peut également varier : elle apparaît généralement très fine et effilée^{6,13}. Dans le cas d'hypocorticisme primaire, le dosage de la cortisolémie, voire un test biologique dynamique, précèdent généralement l'échographie et suffisent à établir un diagnostic de certitude. L'exploration échographique est donc rare, ce qui peut expliquer qu'aucun cas n'a été rapporté chez les chiens de moins d'un an.

Il n'est pas prouvé que l'hypercorticisme iatrogène induise une atrophie surrenalienne systématique. Lorsque celle-ci est visualisée de façon significative chez des chiens recevant une corticothérapie prolongée, les mesures de la taille se normalisent au bout d'un mois²⁰.

Enfin, il peut être visualisé une atrophie unilatérale secondaire à une tumeur sécrétante localisée sur l'organe controlatéral⁶.



Figure 24 : Image échographique de la glande surrénale droite chez chien adulte atteint de la Maladie d'Addison présenté en consultation à Oniris. Il est observé une diminution de l'épaisseur (taille indiquée en haut à gauche par mesure via des curseurs).

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE RETROSPECTIVE DE L'ÉPAISSEUR ECHOGRAPHIQUE DES
GLANDES SURRENALES CHEZ 154 CHIENS ENTRE 2012 ET 2022

1. Objectifs de l'étude

L'objectif principal de notre étude consiste en l'établissement d'intervalles de référence de mesures échographiques de l'épaisseur des glandes surrénales chez le chien d'âge inférieur ou égal à un an. Dans cette optique, il sera étudié l'influence de l'âge et du sexe sur la taille de ces organes en prenant appui sur des sous-populations discriminées selon le format de races et des intervalles d'âge de 3 mois.

L'intérêt de l'étude est de venir compléter les données actuellement présentes en médecine vétérinaire concernant la taille des glandes surrénales en échographie, en particulier dans cette catégorie d'âge pour laquelle peu de données sont disponibles.

2. Matériels et méthodes

2.1. Les critères d'inclusion et d'exclusion de la population d'étude

Les critères d'inclusion

L'étude, à caractère rétrospectif, a porté sur des individus d'âge inférieur ou égal à un an, ayant effectué une échographie abdominale au cours des années 2012 à 2022 au CHUV (Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire de Nantes). Parmi eux ont été inclus les individus pour lesquels des images échographiques de bonne qualité ont été enregistrées dans le logiciel SYNAPSE®. Sur ces images figure l'ensemble de la glande surrénale ou à défaut, une partie faisant l'objet d'une légende (exemple : pôle caudal de la glande surrénale droite). Il a été ajouté à ce critère une bonne résolution spatiale (organe aux contours nets). Les animaux pour lesquels une seule glande surrénale ou une seule des deux régions est observée ont été maintenus dans l'étude.

Les critères d'exclusion

Dans l'optique d'établir des valeurs de référence pour la population des chiens en croissance, l'étude a été exécutée sur un ensemble de chiens supposés exempts de maladie surrénalienne. En outre, l'évaluation anamnétique, clinique, biochimique et échographique de ces animaux a permis d'exclure toute maladie surrénalienne ou entraînant des répercussions sur leur développement, bien que la totalité de ces analyses n'ait pas été effectuée sur l'ensemble des individus.

Il a été exclu les animaux affectés par des maladies congénitales ou chroniques ayant de sévères répercussions sur l'état général. Ainsi, tout individu présentant une maladie cachectisante (note d'état corporel inférieure ou égale à 2/9 ou en faisant mention dans le compte-rendu clinique), une maladie connue pour être responsable d'un retard staturo-pondéral (telle que le shunt hépatique) ou lorsque la mention d'un retard staturo-pondéral figure sur le compte-rendu clinique, a été exclu.

De même, tous les chiens affectés par une maladie ou recevant traitement pouvant entraîner une répercussion sur le développement des glandes surrénales, ont été écartés de l'étude. Les animaux ayant reçu une corticothérapie d'une durée de plus d'un mois avant leur examen échographique ont ainsi été écartés de l'étude.

Toute anomalie échographique surrénalienne mentionnée par l'imageur sur son compte-rendu a entraîné l'exclusion de l'individu.

2.2. Collecte des données et méthode de mesure

2.2.1. Données anamnésico-cliniques des patients et constitution des groupes d'étude

Dans un premier temps, il a été recensé l'ensemble des individus d'âge égal ou inférieur à un an ayant effectué une échographie abdominale au cours des années 2012 à 2022, par une recherche effectuée sur le logiciel en ligne SYNAPSE®. Il a ensuite été vérifié l'existence d'au moins une image des glandes surrénales de qualité satisfaisante avant de poursuivre l'étude du dossier de l'animal. Les comptes-rendus clinique et échographique disponibles sur le logiciel médical CLOVIS® ainsi que les résultats du reste des examens complémentaires ont été étudiés pour l'exécution des critères d'exclusion. Les données anamnésico-cliniques suivantes ont été extraites et listées dans un tableau : nom du propriétaire, nom de l'animal, sexe et statut de stérilisation, race, poids, note d'état corporel, date de naissance, date de l'examen échographique, motif de consultation, conclusion de la consultation.

L'étude a été menée dans une cohorte composée de 154 chiens de moins d'un an considérés sains en ce qui concerne les glandes surrénales.

Pour l'étude, il a été choisi de subdiviser la population en fonction du format et de la race. Ainsi, il a été constitué trois groupes de chiens :

- Le groupe n°1 rassemble les chiens de races de petit format pesant moins de 10 kg à l'âge adulte.
- Le groupe n°2 rassemble les chiens de races de moyen format pesant entre 10 kg et 25 kg à l'âge adulte.
- Le groupe n°3 rassemble les chiens de races de grand format pesant plus de 25 kg à l'âge adulte.

La manière de définir ces catégories de formats ne fait pas l'objet d'un consensus parmi les auteurs. On trouve ainsi dans la littérature deux autres catégories, le format « Toy » (poids inférieur à 5 kg) ou encore « Géant » (poids excédant 45 kg). Pour plus de facilité dans l'étude, nous nous restreignons à trois formats. La répartition des races dans les différentes catégories s'est appuyée sur « l'Encyclopédie du chien »⁵⁷.

2.2.2. Matériel et logiciel de travail pour les données échographiques

Les mesures de la taille des glandes surrénales ont été exécutées sur le support d'images échographiques enregistrées sur l'interface en ligne SYNAPSE PACS® (Picture Archive and Communication System) de l'établissement.

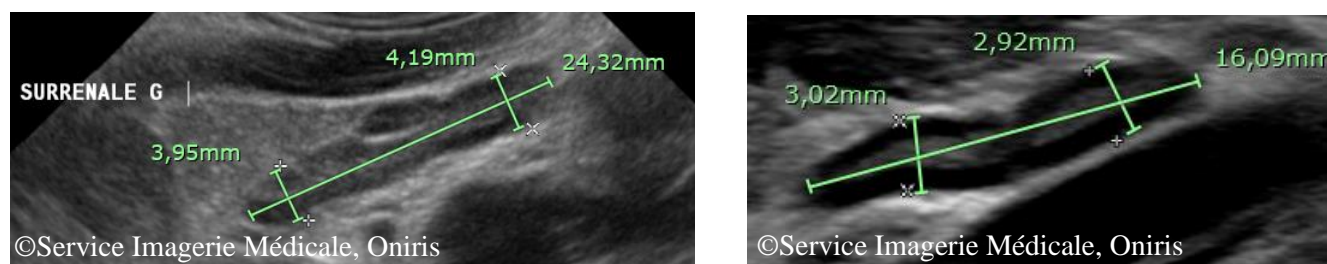
Sur la période d'étude, les examens échographiques ont été effectués par différents opérateurs du service d'imagerie d'Oniris, dont l'expérience en imagerie médicale pouvait varier de 1 à 5 ans. De 2012 à 2018, il a été utilisé un échographe Esaote MyLab70 XVG® puis de 2018 à 2022 un échographe Philips Affiniti 70 G®. Les sondes échographiques ont été choisies selon le format de l'animal (sonde microconvexe ou linéaire) de fréquences comprises entre 6 et 18MHz. Les réglages ont systématiquement été adaptés afin d'obtenir la meilleure image interprétable possible.

2.2.3. Méthode de mesure échographique

Pour chaque animal, si l'image était disponible, l'évaluation de la taille des glandes surrénales droite et gauche a été réalisée au travers de la mesure de l'épaisseur du pôle caudal et crânial en coupe longitudinale.

Le protocole de mesure s'est appuyé sur la perpendiculaire de l'axe sagittale de l'organe afin de limiter l'obtention d'un axe oblique risquant de surestimer la valeur de l'épaisseur. Occasionnellement, l'angulation a subjectivement été ajustée. Le curseur a été placé sur la ligne hyperéchogène de la capsule, à sa limite intérieure (figure n°25). La mesure de l'épaisseur a été prise trois fois et il a été retenu la plus faible d'entre elles. Ce protocole a été exécuté trois fois, espacés dans le temps, afin d'évaluer la variabilité intra-observateur.

Il est arrivé que l'image enregistrée en coupe transversale ne comporte pas de légende précisant le pôle de la glande surrénale mesuré. Les données disponibles dans le rapport de l'examen ont aidé à l'identification de la région étudiée. Par ailleurs, lorsqu'il figurait l'expression « épaisseur maximale » sur le compte-rendu échographique, il a été assimilé cette image comme étant la mesure du pôle caudal de la glande surrénale concernée.



2.3. Tests statistiques

L'étude statistique a été réalisée à l'aide de l'extension XLSTAT® du logiciel Excel®.

Approche statistique

L'approche statistique paramétrique des données requiert la validité de trois conditions : l'indépendance des échantillons, la distribution normale des données et l'homogénéité de la variance des données. Dans le cas où l'une de ces conditions n'a pas été vérifiée, les données ont été analysées par des tests non paramétriques.

Les échantillons de notre étude sont constitués de chiens répartis en trois groupes de format de races, eux-mêmes divisés en quatre intervalles d'âges. Ces échantillons sont indépendants les uns des autres.

La normalité des données d'épaisseur du pôle crânial et caudal de chaque glande a été évaluée par un test de Shapiro-Wilk au sein de chaque échantillon. Dans le principe de ce test, il est émis l'hypothèse H0 selon laquelle les données sont distribuées en respectant une courbe de Gauss. La p-value calculée par le test est comparée au seuil $\alpha = 0,05$ et l'hypothèse H0 est retenue lorsque la p-value est supérieure au

seuil. Dans ce cas, les valeurs suivent une loi normale au risque de 5%. Dans le cas contraire, l'hypothèse H_0 est rejetée et il est considéré que les valeurs ne sont pas distribuées normalement.

L'homogénéité des variances a été analysée par le test bilatéral de Fisher. Dans ce test, il est émis l'hypothèse H_0 selon laquelle le rapport des variances est égal à 1, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les variances des deux groupes d'échantillons à tester. La p-value obtenue par le test statistique est comparée au seuil $\alpha = 0,05$ et l'hypothèse H_0 est retenue lorsque la p-value est supérieure au seuil. On considère alors les variances des deux groupes d'échantillons comme étant homogènes.

Test d'indépendance des moyennes d'épaisseur échographique

La comparaison des valeurs moyennes de l'épaisseur du pôle caudal et crânial des glandes surrénales gauche et droite au sein de chaque échantillon est effectuée par un test statistique d'indépendance des moyennes. Lorsque les conditions préalables sont vérifiées, le test paramétrique de Student bilatéral apparié est appliqué. Dans le cas contraire, il est effectué le test non paramétrique de Mann-Whitney.

Au cours de ces tests, il est émis l'hypothèse H_0 selon laquelle la différence des moyennes des échantillons est égale à 0, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence significative entre ces valeurs. La p-value obtenue par le test statistique est comparée au seuil $\alpha = 0,05$ et l'hypothèse H_0 est retenue lorsque la p-value est supérieure au seuil. Dans ce cas, ces valeurs moyennes sont assimilables. Dans le cas où la p-value est inférieure au seuil α , l'hypothèse H_0 est rejetée et les valeurs moyennes sont statistiquement distinguées.

Analyses multivariées

L'étude de l'influence de l'âge et du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales a été effectuée grâce à une analyse multivariée. Un test de l'ANOVA a été exécuté lorsque les conditions préalables ont été validées. Dans le cas contraire, il a été réalisé le test non paramétrique de Kruskal Wallis. Au cours de ces tests, la variable quantitative expliquée de l'épaisseur des glandes surrénales a été analysée selon la variable qualitative explicative « âge » ou « sexe ».

Dans un premier temps, les tests évaluent si la variable explicative constitue une influence globale sur la variable expliquée. Il est alors émis l'hypothèse H_0 selon laquelle les données de l'épaisseur de la glande surrénale proviennent d'une même population, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les individus d'âge varié ou de sexe différent. Une valeur de la p-value inférieure à $\alpha = 0,05$ nous indique que la probabilité de rejeter l'hypothèse H_0 , alors qu'elle serait vraie, est inférieure à 0,05%. Dans le cas où la p-value se trouve au-dessus du seuil α , il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse H_0 . Ceci amène à interpréter le résultat du test comme une absence de différence significative de l'épaisseur de la glande surrénale selon l'âge ou le sexe de l'animal.

Dans un second temps, des tests post-hoc (Tukey, REGWQ) comparent les valeurs moyennes d'épaisseur entre les différents échantillons et fournissent les p-values obtenues au cours de l'analyse de deux échantillons. Le cas échéant, il est ainsi possible d'observer de façon plus précise l'influence de la variable au travers de différences significatives entre les échantillons.

Dans le cas du test de Kruskal-Wallis, la p-value a été comparée au niveau de signification corrigé de Bonferroni (0,0083).

Analyse de la variabilité intra-observateur

La variabilité intra-observateur représente la répétabilité des mesures dans les mêmes conditions, d'un même observateur sur une même image échographique. Elle s'exprime à l'aide des caractéristiques de dispersions des mesures (variance et écart-type) et permet de déterminer la dispersion « maximale » tolérée des résultats lorsqu'on utilise une méthode donnée. Pour ce faire, il a été calculé la limite de répétabilité « r » établie pour chaque sous-groupe, à l'aide des variances résiduelles σ_r^2 des mesures. La relation entre ces deux variables est la suivante :

$$r = 2,83 * \sqrt{\hat{\sigma}_r^2}$$

où $\hat{\sigma}_r^2$ est la moyenne des carrés des écarts-types des mesures réalisées au sein de chaque sous-groupe.

La limite de répétabilité r a été comparée à l'étendue maximale calculée des trois mesures des individus de chaque sous-groupe. Il est ainsi évalué si l'erreur observée entre les mesures tient davantage de la variabilité existant au sein du groupe d'individus ou de la variabilité due à la méthode.

Il est considéré au risque de 5% que la méthode est répétable lorsque l'étendue est inférieure à la limite de répétabilité.

L'analyse de répétabilité a été complétée par une analyse de la variabilité des régions mesurées à l'aide du test non paramétrique de Kruskal-Wallis. Il a été utilisé les données de l'écart-type à la moyenne établi sur les trois mesures de chaque région des deux glandes surrénales, dans la mesure des images disponibles, pour chaque individu. La variable expliquée quantitative est ainsi représentée par l'écart-type des trois mesures réalisées sur une même image par un même observateur et la variable qualitative explicative est le facteur « région » des glandes surrénales droite et gauche.

Elaboration des intervalles de référence

L'élaboration des intervalles de référence de l'épaisseur des glandes surrénales pour chaque sous-population a suivi les recommandations du consensus de la Société Américaine de Pathologie Clinique Vétérinaire et de l'Institut des Normes Cliniques et de Laboratoires⁵⁸. Ils ont été établis à l'aide du logiciel Reference Value Advisor®.

Il est estimé que 95% des valeurs physiologiques appartiennent à ces intervalles de référence. Chacune de leurs valeurs haute et basse ont fait l'objet d'intervalles de confiance à 90% afin de rendre compte de l'incertitude inhérente à la faible taille de nos échantillons (compris entre 20 et 40 individus). Du fait de cet effectif, une transformation de Box-Cox a été appliquée afin d'assurer la distribution gaussienne des données. Dans le cas d'un nombre d'individus supérieur à 40, une méthode non paramétrique a été utilisée afin d'obtenir les intervalles de référence.

Ainsi, il a été utilisé une méthode robuste indiquée sur des échantillons de petites tailles grâce à l'algorithme de Horn et les interquartiles (IQ) de Tukey. Les critères d'exclusion des valeurs extrêmes ont été décrits tels que $Q1 - 1,5 * IQR$ et $Q3 + 1,5 * IQR$ pour la valeur basse et haute respectivement, où IQR est la différence entre le premier quartile Q1 et le troisième quartile Q3.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques de la population canine étudiée

Les critères d'exclusion ont retiré 46 chiens de l'étude. Parmi eux, 20 ont été diagnostiqués avec un shunt hépatique ou présentaient une suspicion persistante de shunt hépatique à la suite de l'exploration, 9 présentaient un retard de croissance avéré ou dont le rapport faisait mention d'un retard de croissance, 7 présentaient une cachexie et/ou une affection chronique sévère, 5 comportaient trop peu d'informations dans leur compte-rendu, 2 ont reçu un traitement anti-inflammatoire stéroïdien d'une durée égale ou supérieure à deux mois voire non renseignée et 1 chien présentés trois fois à Oniris sur la période d'étude était atteint d'une lymphadénite supprimée aseptique chronique.

3.1.1. Races, formats et poids

Les chiens participants à l'étude sont de races et formats variés et ont des poids allant de 630g à 67,3 kg. Les individus étant en croissance, les caractéristiques de la variable « poids » n'ont pas été étudiées.

La répartition des chiens dans les trois catégories de format selon leur race est représentée en figures en annexe n°2.

Parmi les chiens du groupe n°1, on compte 45 animaux (29%) dont 9 Bouledogue Français, 8 Chihuahua, 5 Yorkshire, 5 Cavalier King Charles, 4 Jack Russel ou apparentés, 3 Fox Terrier, 2 Spitz Nain, 2 Bichon, 1 Schipperke, 1 West Highland White Terrier, 1 Teckel, 1 Teckel à Poil Long, 1 Pinscher Nain, 1 Carlin et 1 Epagneul Tibétain.

Chez les chiens du groupe n° 2, on compte 43 animaux (28%) dont 6 Border Collie ou apparentés, 5 Samoyède, 4 Berger Australien, 4 Beagle, 3 Finnois de Laponie, 3 American Staffordshire Terrier, 2 Epagneul Breton, 2 Staffordshire Bull Terrier, 2 Bouledogue Américain, 1 Berger des Pyrénées, 1 Cocker Anglais, 1 croisé Griffon, 1 Bearded Collie, 1 Eurasier, 1 Spitz Moyen, 1 Shar-Pei, 1 Chow-Chow, 1 Bouledogue Anglais, 1 Colley à Poil Long, 1 Rhodesian Ridgeback et 1 Chien Courant.

Enfin, les chiens du groupe n°3 constituent la plus grande partie de la population avec 66 animaux (43%) dont 11 Golden Retriever, 8 Boxer ou apparentés, 7 Labrador Retriever, 6 Bouvier Bernois, 5 Berger Malinois ou apparentés, 4 Dalmatiens, 4 Beauceron ou apparentés, 3 Dogue Allemand, 2 Berger Allemand, 2 Berger Tervueren, 2 Husky, 2 Terre Neuve, 1 Berger Hollandais, 1 Lévrier Afghan, 1 Irish Wolfhound, 1 Matin de Naples, 1 Leonberg, 1 Rottweiler, 1 Matin Espagnol, 1 Hovawart, 1 Dogue de Bordeaux et 1 Basset Hound.

3.1.2. Age

Au sein de la population canine d'étude, les chiens présentent un âge allant de 22 jours à 365 jours. La moyenne d'âge est de 202 jours, soit 6,7 mois et la médiane d'âge se trouve à 185 jours, soit 6,2 mois. L'écart-type à la moyenne est de 86,5 et le coefficient de variation des âges associé est de 0,43. Il a été réalisé quatre intervalles d'âge : 0 à 3 mois, 3 à 6 mois, 6 à 9 mois et 9 à 12 mois. La figure n°26 résume la répartition des animaux en fonction de leur âge et du groupe distinguant les trois formats de races.

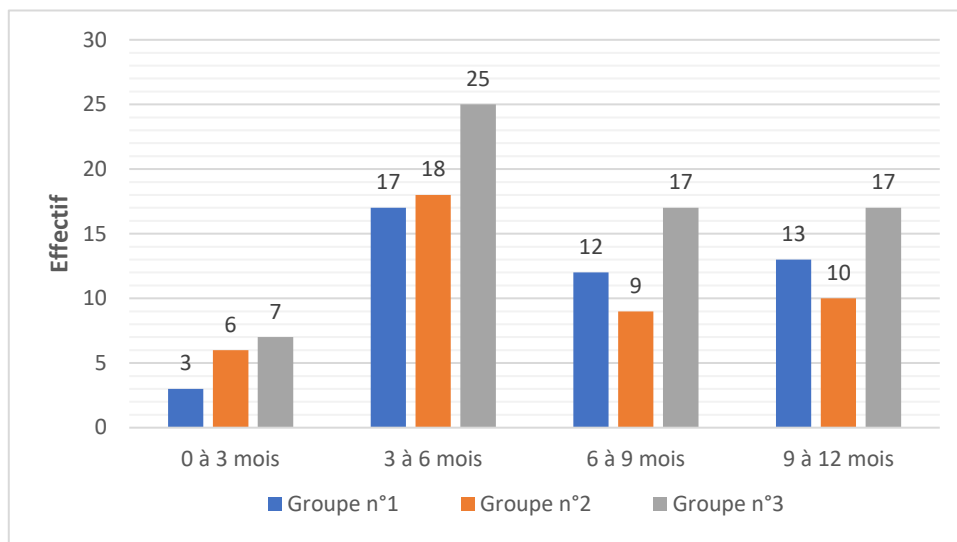


Figure 26 : Histogramme de la répartition des chiens selon leur âge et le groupe distinguant les trois formats de races. N=154

La catégorie d'âge de 0 à 3 mois comporte le plus faible effectif et la catégorie d'âge de 3 à 6 mois est la plus représentée parmi l'ensemble des groupes.

Les statistiques descriptives de l'âge des animaux au sein de chaque groupe sont décrites dans les tableaux n°5, 6 et n°7.

Tableau 5 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°1 (races de **petit** format).

Groupe n°1	0 à 3 mois	3 à 6 mois	6 à 9 mois	9 à 12 mois
Effectif	3	17	12	13
Moyenne ± écart-type	51 ± 26	139 ± 27	221 ± 29	332 ± 29
Médiane	60	144	219	339
Minimale – Maximale	22 – 71	98 – 183	184 – 272	284 – 365
Coefficient de variation	0,50	0,19	0,13	0,08

Compte tenu du coefficient de variation, les chiens de la catégorie d'âge de 0 à 3 mois ont des âges très variés tandis que les chiens de la catégorie d'âge de 9 à 12 mois ont les âges les moins dispersés. Excepté le premier intervalle, les âges sont peu dispersés au sein de chaque catégorie d'âge.

Tableau 6 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°2 (races de **moyen** format).

Groupe n°2	0 à 3 mois	3 à 6 mois	6 à 9 mois	9 à 12 mois
Effectif	6	18	9	10
Moyenne ± écart-type	70 ± 5	146 ± 31	226 ± 22	320 ± 36
Médiane	68	155	230	325
Minimale – Maximale	65 – 78	97 – 182	198 – 258	284 – 365
Coefficient de variation	0,06	0,20	0,10	0,11

Contrairement au groupe n°2, les chiens de la catégorie d'âge de 0 à 3 mois du groupe n°1 ont des âges peu dispersés. Cette observation concerne, par ailleurs, toutes les catégories d'âge de ce groupe.

Tableau 7 : Statistiques descriptives de l'âge en jours des chiens du groupe n°3 (races de **grand** format).

Groupe n°3	0 à 3 mois	3 à 6 mois	6 à 9 mois	9 à 12 mois
Effectif	7	25	17	17
Moyenne ± écart-type	81 ± 10	142 ± 30	221 ± 26	307 ± 25
Médiane	86	140	215	300
Minimale – Maximale	65 – 91	96 – 182	185 – 270	277 – 353
Coefficient de variation	0,11	0,20	0,11	0,08

De même que dans le groupe n°1, les chiens de la catégorie d'âge de 9 à 12 mois du groupe n°3 ont les âges les moins dispersés. Les âges sont, de même que dans le groupe n°2, peu dispersés au sein de chaque catégorie.

3.1.3. Sexe et statut de stérilisation

La répartition des chiens de chaque groupe selon leur sexe et leur statut de stérilisation est présentée dans le tableau n°8. La population d'étude comporte 56% de chiens mâles et 44% de chiens femelles. Le nombre connu d'animaux entiers s'élève à 85% de la population. Les mâles et femelles stérilisés représentent respectivement 5% et 6% de la population entière. L'information sur le statut de stérilisation manque pour 5 mâles, soit 3% de la population entière (figure n°27).

Tableau 8 : Résumé de la répartition des individus selon leur groupe, leur âge, leurs sexe et statut de stérilisation. FE = femelle entière ; FS = femelle stérilisée ; MS = mâle stérilisé ; ME = mâle entier ; Mnc = mâle de statut non connu.

		FE	FS	MS	ME	Mnc
Groupe n°1	0 à 3 mois	2			1	
	3 à 6 mois	8	2		7	
	6 à 9 mois	4		1	6	1
	9 à 12 mois	8	1	1	2	1
Groupe n°2	0 à 3 mois	3			3	
	3 à 6 mois	7	1		10	
	6 à 9 mois	3	1		5	
	9 à 12 mois	6	2		2	
Groupe n°3	0 à 3 mois	3			4	
	3 à 6 mois	7			17	1
	6 à 9 mois	3	1	2	11	
	9 à 12 mois	4	2	3	6	2
TOTAL		58	10	7	74	5
		68		86		
Pourcentage		85%	15%	8%	86%	6%
		44%		56%		

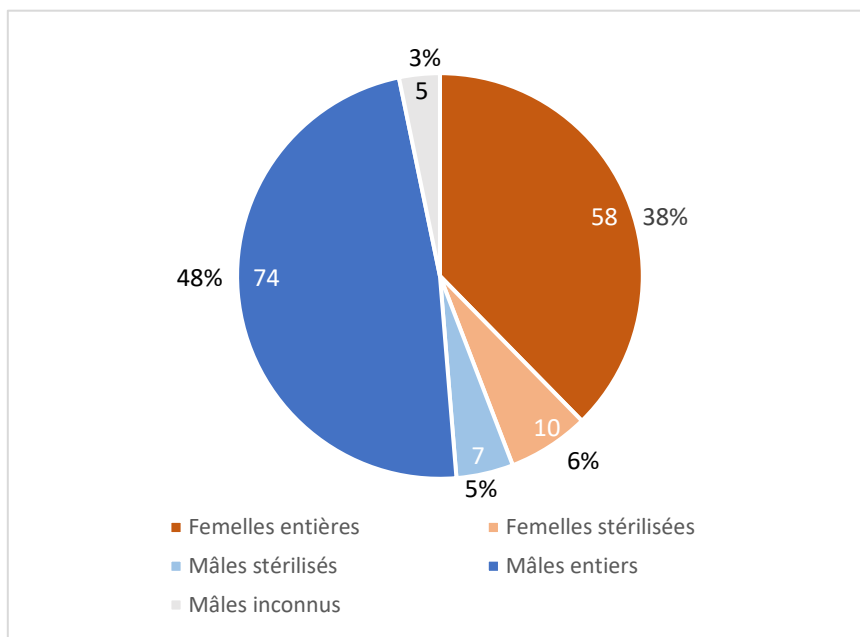


Figure 27 : Schéma de la répartition des chiens selon leur sexe et statut de stérilisation. N=154

3.1.4. Visualisation des glandes surrénales

Les deux glandes surrénales n'ont pas été systématiquement visualisées chez un même individu. Aussi, parmi les chiens étudiés, il a été possible de visualiser les deux organes chez 128 chiens. Seule la glande surrénale gauche a été observée pour 22 des chiens de l'étude tandis que la surrénale droite a pu uniquement être appréhendée chez 4 chiens (figure n°28). Ainsi, la glande surrénale gauche a pu être évaluée dans 97% des cas contre 86% pour la glande surrénale droite.

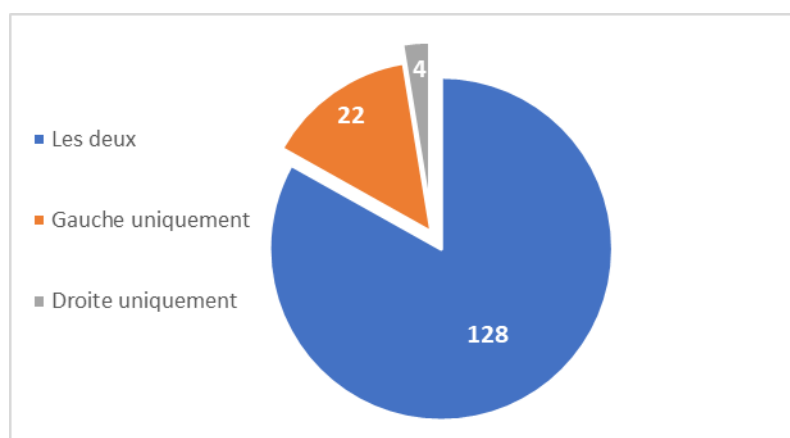


Figure 28 : Distributions des glandes surrénales visualisées selon leur latéralité. N=154

De plus, lorsqu'un organe est visualisé, il arrive qu'un seul des deux pôles soit visualisé. Le tableau n°9 résume les éléments visualisés pour chaque glande surrénale.

Tableau 9 : Résumé des régions visualisées par organe au cours de l'étude. N= 154

Visualisation	Les 2 pôles	Pôle caudal	Pôle crânial	TOTAL
Les 2 glandes – Droite	99	26	3	128
Les 2 glandes – Gauche	119	6	3	128
Gauche uniquement	21	1		22
Droite uniquement	4			4
Glande surrénale gauche		147	143	
Glande surrénale droite		129	106	

Dans notre étude, lorsqu'un seul pôle est appréhendable, le pôle caudal est cinq fois plus visualisé que le pôle crânial. Cette observation est d'autant plus vraie pour la glande surrénale droite.

3.2. Etude des données échographiques

3.2.1. Statistiques descriptives

L'épaisseur des glandes surrénales des deux régions est décrite en millimètres au sein de chaque sous-population. La normalité de ces mesures est analysée par le test de Shapiro-Wilk et permet de considérer que les valeurs suivent une loi normale au risque de 5%. Les résultats de chaque groupe sont présentés sous forme de moyenne et écart-type à la moyenne, ajoutés aux valeurs maximales et minimales, pour chaque glande et région.

3.2.1.1. Groupe n°1 (chiens de races de petit format)

Dans la sous-population des chiens âgés de 0 à 3 mois, l'effectif trop faible (tableaux n°10 et n°11) ne permet pas de réaliser un test de normalité.

La description de l'épaisseur de la glande surrénale droite et gauche du groupe n°1 est présentée dans les tableaux n°10 pour le pôle caudal et n°11 pour le pôle crânial. Elle est illustrée par des Box-Plot pour les catégories d'âge de 3 à 6 mois, de 6 à 9 mois et de 9 à 12 mois dans la figure n°29.

Tableau 10 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle caudal** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°1	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Caudal	2	2,3 – 2,6	2,5
	Gauche – Caudal	3	2,5 – 3,6	3,1
3 à 6 mois	Droite – Caudal	13	2,4 – 5,6	3,6 ± 1,1
	Gauche – Caudal	16	2,0 – 4,3	3,0 ± 0,6
6 à 9 mois	Droite – Caudal	10	2,4 – 4,9	3,5 ± 0,7
	Gauche – Caudal	11	2,4 – 4,0	3,0 ± 0,5
9 à 12 mois	Droite – Caudal	11	2,6 – 4,7	3,4 ± 0,7
	Gauche – Caudal	13	2,5 – 4,8	3,6 ± 0,7

L'épaisseur moyenne du pôle caudal de la glande surrénale droite est comprise entre 2,5 mm (catégorie la plus jeune) et 3,6 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche, légèrement supérieure, est comprise entre 3,0 mm et 3,6 mm.

Tableau 11 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle crânial** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°1	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Crânial	2	2,4 – 3,2	2,8
	Gauche – Crânial	2	2,2 – 3,5	2,8
3 à 6 mois	Droite – Crânial	11	2,3 – 5,4	3,5 ± 1,0
	Gauche – Crânial	16	2,1 – 4,1	2,8 ± 0,6
6 à 9 mois	Droite – Crânial	5	2,9 – 4,2	3,5 ± 0,5
	Gauche – Crânial	10	2,5 – 4,2	3,1 ± 0,5
9 à 12 mois	Droite – Crânial	10	2,7 – 4,4	3,4 ± 0,6
	Gauche – Crânial	12	2,3 – 4,5	3,5 ± 0,8

L'épaisseur moyenne du pôle crânial de la glande surrénale droite est comprise entre 2,8 mm (catégorie la plus jeune) et 3,5 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche apparaît similaire.

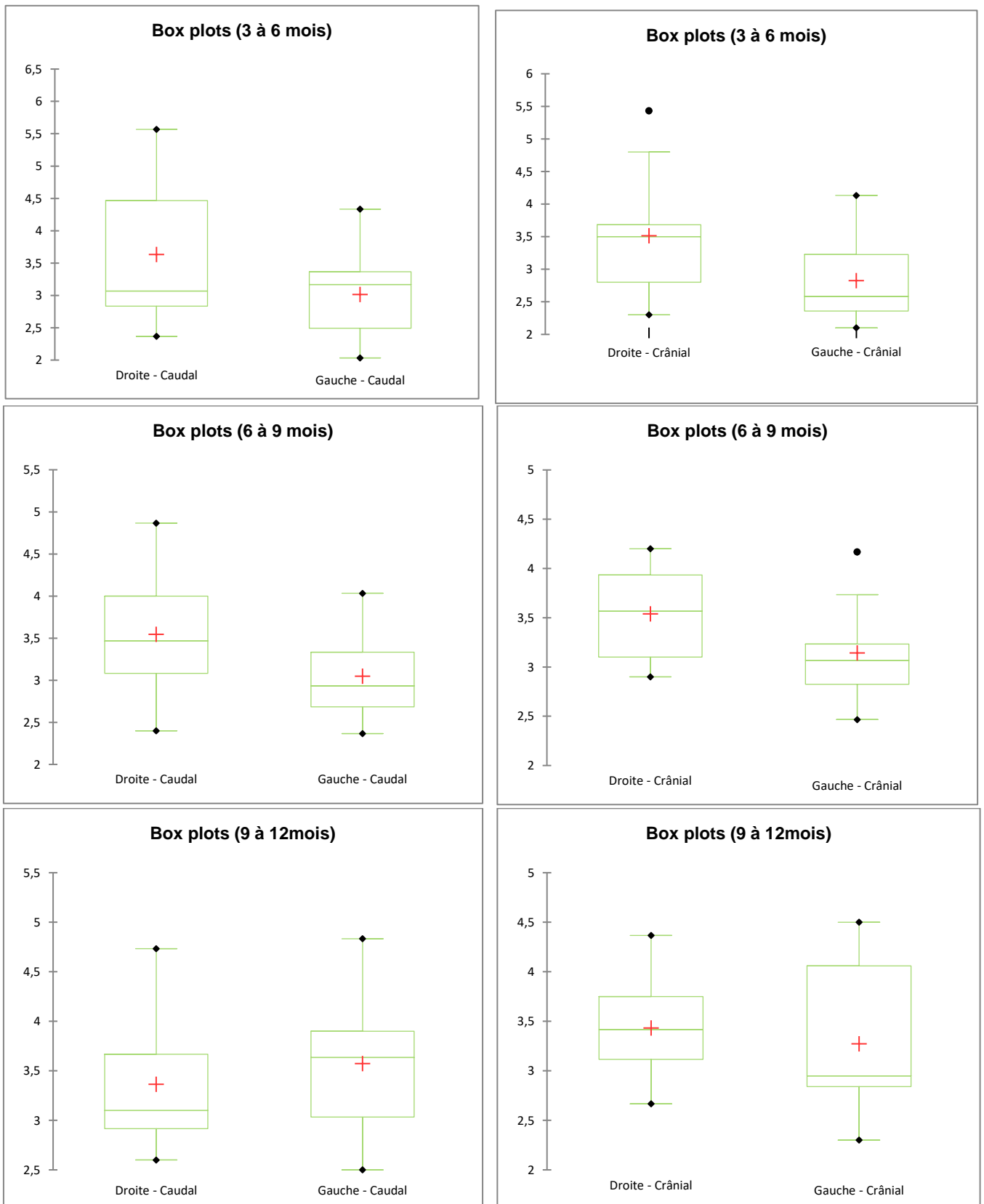


Figure 29 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°1 (chiens de races de petit format) selon 3 catégories d'âge.

3.2.1.2. Groupe n°2 (chiens de races de moyen format)

La description de l'épaisseur de la glande surrénale droite et gauche du groupe n°2 est présentée dans les tableaux n°12 pour le pôle caudal et n°13 pour le pôle crânial. Elle est illustrée par des Box-Plot pour les catégories d'âge de 0 à 3 mois, de 3 à 6 mois, de 6 à 9 mois et de 9 à 12 mois dans la figure n°30.

Tableau 12 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle caudal** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°2	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Caudal	6	1,9 – 3,4	2,7 ± 0,6
	Gauche – Caudal	6	2,5 – 3,5	3,0 ± 0,4
3 à 6 mois	Droite – Caudal	14	2,8 – 4,8	4,0 ± 0,6
	Gauche – Caudal	18	2,5 – 4,6	3,4 ± 0,6
6 à 9 mois	Droite – Caudal	6	3,6 – 4,4	4,1 ± 0,3
	Gauche – Caudal	9	3,0 – 5,3	4,1 ± 0,7
9 à 12 mois	Droite – Caudal	10	2,8 – 6,3	4,5 ± 1,0
	Gauche – Caudal	9	3,2 – 4,7	3,9 ± 0,5

L'épaisseur moyenne du pôle caudal de la glande surrénale droite est comprise entre 2,7 mm (catégorie la plus jeune) et 4,5 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche est comprise plus étroitement entre 3,0 mm et 4,1 mm.

Tableau 13 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle crânial** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°2	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Crânial	5	1,7 – 4,5	3,1 ± 1,0
	Gauche – Crânial	6	2,7 – 3,9	3,0 ± 0,5
3 à 6 mois	Droite – Crânial	12	3,4 – 4,4	4,4 ± 0,6
	Gauche – Crânial	18	2,6 – 5,5	3,6 ± 0,8
6 à 9 mois	Droite – Crânial	6	3,8 – 5,1	4,4 ± 0,5
	Gauche – Crânial	10	2,5 – 5,5	4,0 ± 0,9
9 à 12 mois	Droite – Crânial	9	2,5 – 4,8	3,9 ± 0,7
	Gauche – Crânial	10	3,1 – 7,2	5,3 ± 1,3

L'épaisseur moyenne du pôle crânial de la glande surrénale droite est comprise entre 3,1 mm (catégorie la plus jeune) et 4,4 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche, légèrement supérieure, est comprise entre 3,0 mm et 5,3 mm.

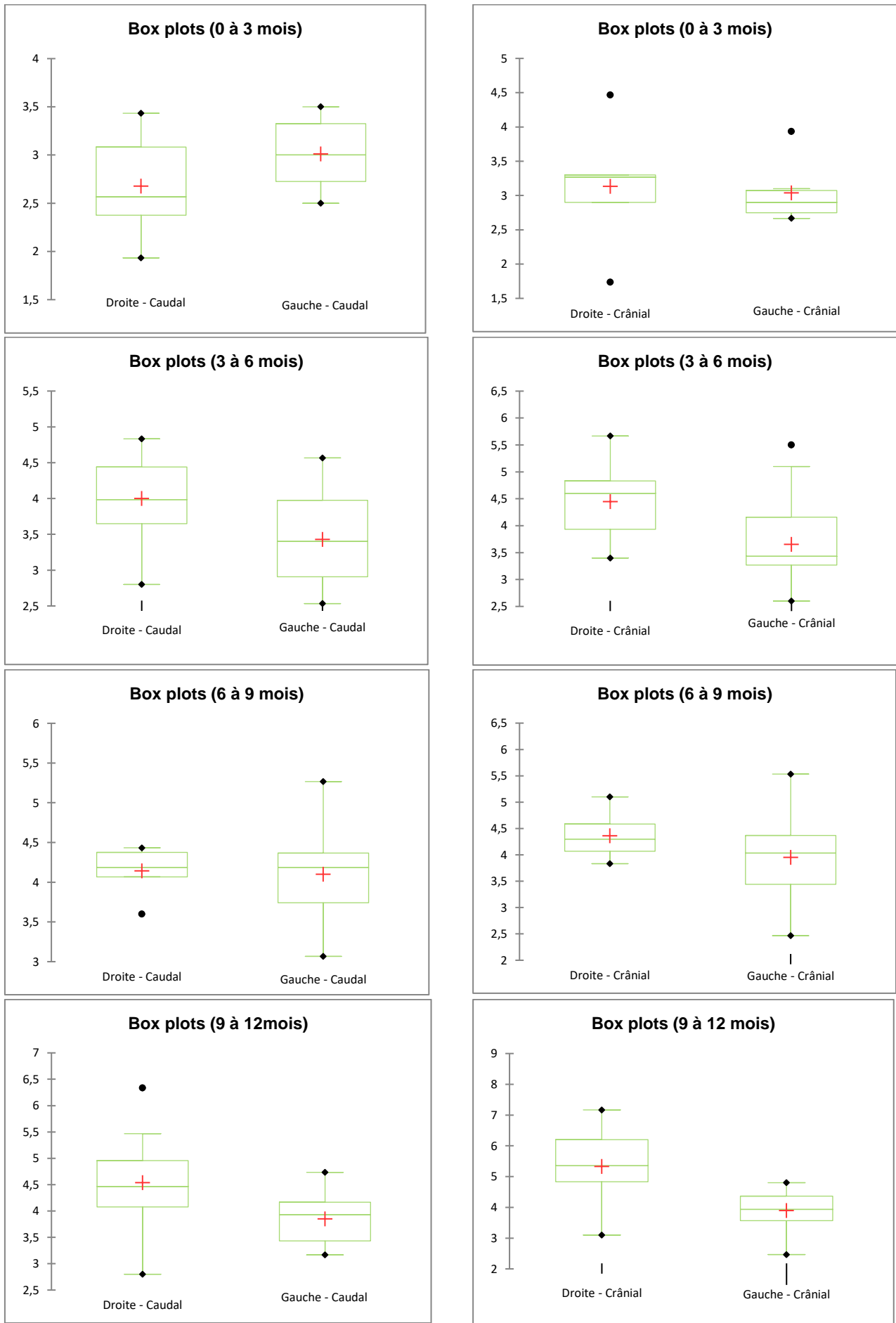


Figure 30 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°2 (chiens de races de moyen format) selon 4 catégories d'âge.

3.2.1.3. Groupe n°3 (chiens de races de grand format)

La description de l'épaisseur de la glande surrénale droite et gauche du groupe n°3 est présentée dans les tableaux n°14 pour le pôle caudal et n°15 pour le pôle crânial. Elle est illustrée par des Box-Plot pour les catégories d'âge de 0 à 3 mois, de 3 à 6 mois, de 6 à 9 mois et de 9 à 12 mois dans la figure n°31.

Tableau 14 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle caudal** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°3	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Caudal	5	2,7 – 4,5	3,5 ± 0,7
	Gauche – Caudal	7	2,4 – 3,8	2,9 ± 0,5
3 à 6 mois	Droite – Caudal	22	2,3 – 6,4	4,5 ± 1,1
	Gauche – Caudal	23	2,7 – 5,0	3,7 ± 0,7
6 à 9 mois	Droite – Caudal	14	3,0 – 7,2	5,0 ± 1,2
	Gauche – Caudal	17	3,1 – 5,3	4,1 ± 0,6
9 à 12 mois	Droite – Caudal	16	3,5 – 7,0	4,9 ± 1,1
	Gauche – Caudal	15	3,2 – 5,5	4,4 ± 0,7

L'épaisseur moyenne du pôle caudal de la glande surrénale droite est comprise entre 3,5 mm (catégorie la plus jeune) et 5,0 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche, légèrement inférieure, est comprise entre 2,9 mm et 4,4 mm.

Tableau 15 : Statistiques descriptives de l'épaisseur du **pôle crânial** des glandes surrénales, en millimètres, chez le groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon les catégories d'âge. MIN = valeur minimale ; MAX = valeur maximale ; ET = écart-type.

Groupe n°3	Région surrénalienne	Effectif	MIN – MAX (mm)	Moyenne ± ET (mm)
0 à 3 mois	Droite – Crânial	3	3,2 – 4,1	3,5 ± 0,5
	Gauche – Crânial	7	2,1 – 3,6	2,9 ± 0,5
3 à 6 mois	Droite – Crânial	16	2,6 – 7,1	4,8 ± 1,4
	Gauche – Crânial	22	2,5 – 4,9	3,6 ± 0,6
6 à 9 mois	Droite – Crânial	14	2,7 – 6,5	4,9 ± 1,0
	Gauche – Crânial	17	3,4 – 5,2	4,1 ± 0,5
9 à 12 mois	Droite – Crânial	13	3,7 – 6,0	4,5 ± 0,7
	Gauche – Crânial	13	4,3 – 6,6	5,3 ± 0,8

L'épaisseur moyenne du pôle caudal de la glande surrénale droite est comprise entre 3,5 mm (catégorie la plus jeune) et 4,9 mm (catégorie la plus âgée). Celle de la glande surrénale gauche, d'intervalle plus large, est comprise entre 2,9 mm et 5,3 mm.

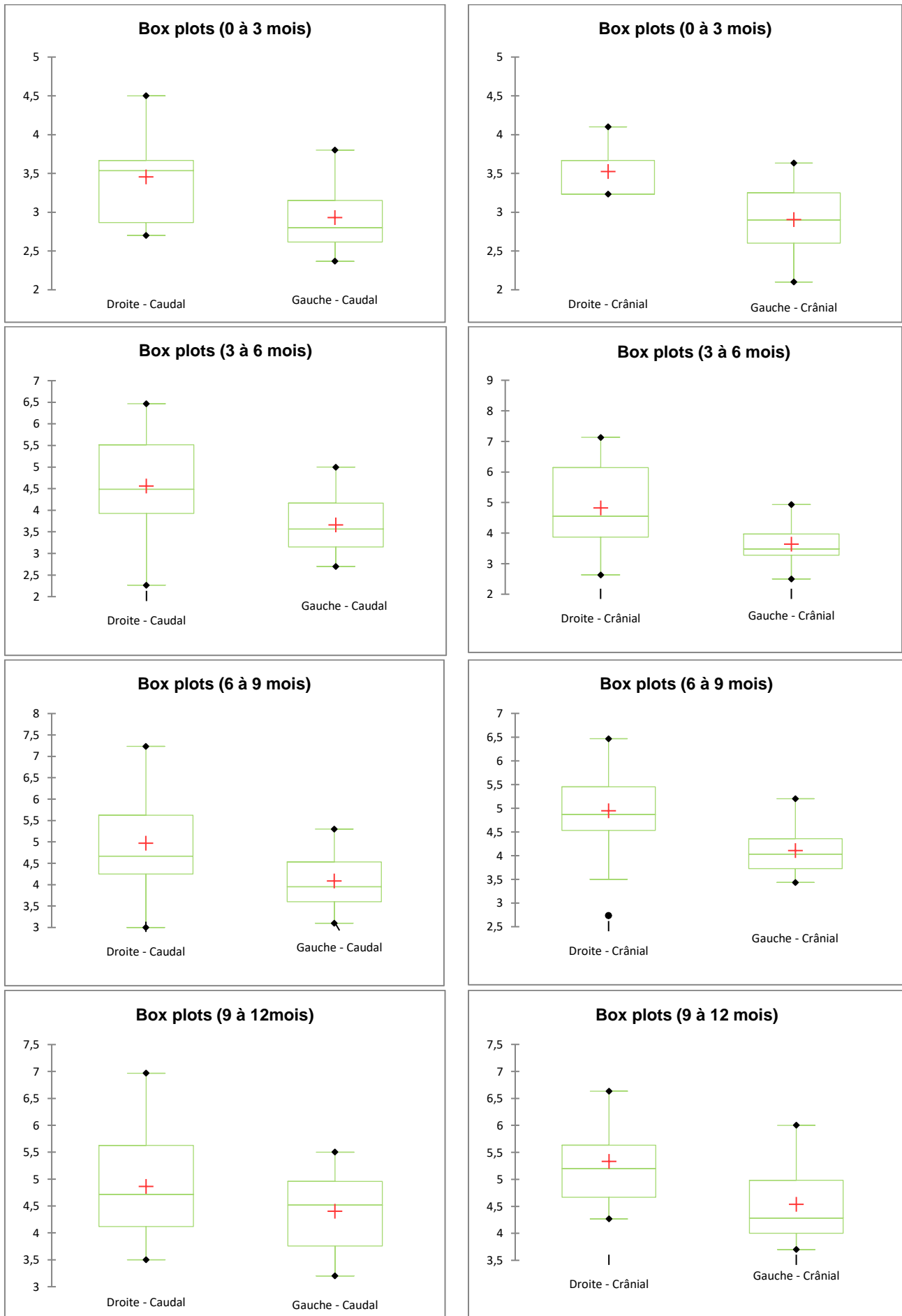


Figure 31 : Box-Plots des statistiques descriptives de l'épaisseur, en millimètres, du pôle caudal et crânial des glandes surrénales droite et gauche du groupe n°3 (chiens de races de grand format) selon 4 catégories d'âge.

3.2.2. Analyses statistiques

3.2.2.1. Comparaison des glandes surrénales droite et gauche

Des tests statistiques paramétriques de Student ou non paramétriques de Mann-Whitney ont été réalisés afin de comparer les valeurs d'épaisseur moyenne de chaque région selon la latéralité de l'organe. Ils ont été effectués sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales droite et gauche puis du pôle crânial des glandes surrénales droite et gauche, au sein de chaque sous-population. Leurs résultats ont été résumés dans les tableaux n°16, n°17 et n°18 pour les groupes n°1, n°2 et n°3 respectivement.

Tableau 16 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du **groupe n°1**.

			Epaisseur moyenne de la glande surrénale droite (en mm)	Epaisseur moyenne de la glande surrénale gauche (en mm)	P-value
Groupe n°1	Pôle caudal	0 à 3 mois	2,47 *	3,07 *	0,263
		3 à 6 mois	3,63	3,01	0,069
		6 à 9 mois	3,55	3,05	0,082
		9 à 12 mois	3,36	3,57	0,476
	Pôle crânial	0 à 3 mois	2,80 *	2,85 *	0,953
		3 à 6 mois	3,52	2,83	0,039
		6 à 9 mois	3,54	3,14	0,181
		9 à 12 mois	3,43	3,27	0,583

Tableau 17 : Résultats des tests de Student sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du **groupe n°2**.

			Epaisseur moyenne de la glande surrénale droite (en mm)	Epaisseur moyenne de la glande surrénale gauche (en mm)	P-value
Groupe n°2	Pôle caudal	0 à 3 mois	2,68	3,01	0,263
		3 à 6 mois	4,00	3,43	0,010
		6 à 9 mois	4,14	4,10	0,884
		9 à 12 mois	4,54	3,85	0,075
	Pôle crânial	0 à 3 mois	3,13	3,04	0,838
		3 à 6 mois	4,45	3,65	0,011
		6 à 9 mois	4,36	3,95	0,298
		9 à 12 mois	5,33	3,90	0,008

Tableau 18 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal des glandes surrénales gauche et droite, puis du pôle crânial, du **groupe n°3**.

			Epaisseur moyenne de la glande surrénale droite (en mm)	Epaisseur moyenne de la glande surrénale gauche (en mm)	P-value
Groupe n°3	Pôle caudal	0 à 3 mois	3,45*	2,93*	0,163
		3 à 6 mois	4,56	3,76	0,002
		6 à 9 mois	4,97	4,09	0,014
		9 à 12 mois	4,86	4,40	0,196
	Pôle crânial	0 à 3 mois	3,52*	2,90*	0,128
		3 à 6 mois	4,82	3,74	0,001
		6 à 9 mois	4,95	4,11	0,006
		9 à 12 mois	5,33	4,54	0,012

D'après les résultats des tests statistiques, il existe une différence significative entre l'épaisseur moyenne de la glande surrénale droite et gauche. Cependant, cette observation n'existe pas pour toutes les catégories d'âge. Elle est présente principalement dans le groupe n°3 des chiens de races de grand format à partir de l'âge de 3 mois. Elle est observée dans le groupe n°2 des chiens de races de moyen format entre les chiens âgés de 3 à 6 mois, pour les deux régions des glandes surrénales, et ceux âgés de 9 à 12 mois, au niveau du pôle crânial uniquement. Dans le groupe n°1, cette différence n'est mise en évidence qu'au niveau du pôle crânial des chiens âgés de 3 à 6 mois.

Les résultats de notre étude montrent que l'épaisseur des glandes surrénales est distinguée selon la latéralité. Ainsi, l'analyse des glandes surrénales droite et gauche sera séparée pour la suite de l'étude, et ce pour l'ensemble des sous-populations.

3.2.2.2. Comparaison des pôles crânial et caudal

Il a été comparé dans un deuxième temps les régions de chaque glande surrénale. Pour cela, le test de Student a été exécuté sur les valeurs de l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial de la glande surrénale droite puis gauche de chaque sous-population. Seules les populations des chiens âgés de 0 à 3 mois de trop faible effectif ont fait l'objet d'un test non paramétrique de Mann-Whitney.

Les résultats des tests sont résumés dans les tableaux n°19, n°20 et n°21 pour les groupes n°1, n°2 et n°3 respectivement.

Tableau 19 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du **groupe n°1**.

		Epaisseur moyenne (en mm)			P-value
		Age	Pôle caudal	Pôle crânial	
Groupe n°1	Glande surrénale gauche	0 à 3 mois	3,07*	2,85*	0,759
		3 à 6 mois	3,01	2,83	0,410
		6 à 9 mois	3,05	3,14	0,682
		9 à 12 mois	3,57	3,27	0,320
	Glande surrénale droite	0 à 3 mois	2,47*	2,80*	0,483
		3 à 6 mois	3,63	3,52	0,799
		6 à 9 mois	3,55	3,54	0,988
		9 à 12 mois	3,36	3,43	0,802

Tableau 20 : Résultats des tests de Student sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du **groupe n°2**.

		Epaisseur moyenne (en mm)			P-value
		Age	Pôle caudal	Pôle crânial	
Groupe n°2	Glande surrénale gauche	0 à 3 mois	3,01	3,04	0,914
		3 à 6 mois	3,43	3,65	0,352
		6 à 9 mois	4,10	3,95	0,718
		9 à 12 mois	3,85	3,90	0,881
	Glande surrénale droite	0 à 3 mois	2,68	3,13	0,357
		3 à 6 mois	4,00	4,45	0,079
		6 à 9 mois	4,14	4,36	0,342
		9 à 12 mois	4,54	5,33	0,133

Tableau 21 : Résultats des tests de Student et de Mann-Whitney* sur l'épaisseur moyenne du pôle caudal et crânial des glandes surrénales du **groupe n°3**.

		Epaisseur moyenne (en mm)			P-value
		Age	Pôle caudal	Pôle crânial	
Groupe n°3	Glande surrénale gauche	0 à 3 mois	2,93	2,90	0,933
		3 à 6 mois	3,76	3,74	0,919
		6 à 9 mois	4,09	4,11	0,917
		9 à 12 mois	4,40	4,54	0,633
	Glande surrénale droite	0 à 3 mois	3,45*	3,52*	0,890
		3 à 6 mois	4,56	4,82	0,518
		6 à 9 mois	4,97	4,95	0,952
		9 à 12 mois	4,86	5,33	0,211

D'après les résultats des tests statistiques, il n'existe pas de différence significative de l'épaisseur moyenne entre le pôle caudal et crânial des glandes surrénales quelle que soit la sous-population. Les mesures du pôle caudal et crânial sont donc rassemblées. Ceci permet d'évaluer la glande surrénale au travers d'une seule mesure de l'épaisseur chez un même individu.

Pour la suite de l'étude, l'analyse de l'épaisseur de chaque glande surrénale sera réalisée sur la moyenne des mesures, sans distinction de la région de l'organe, pour chaque sous-population.

3.2.2.3. Influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales

Le test de l'ANOVA a été exécuté sur les données des chiens du groupe n°2. Chez les chiens des groupes n°1 et n°3, les données ont été analysées par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

Les résultats des tests statistiques évaluant l'influence globale de la variable « âge » sur l'épaisseur des glandes surrénales sont résumés dans le tableau n°22. Ils sont détaillés par la suite à l'aide de scattergrams et de tableaux.

Dans le groupe n°1 des chiens de races de petit format, le test statistique montre qu'il n'existe pas de différence significative de l'épaisseur des glandes surrénales entre les quatre catégories d'âge des animaux. Une différence significative existe cependant chez les groupes n°2 et n°3 de chiens de races de moyen et grand format respectivement.

Tableau 22 : Résultats des tests statistiques de Kruskal-Wallis et de l'ANOVA sur l'épaisseur des glandes surrénales selon le facteur « âge ».

Groupe	Test statistique	Glande surrénale gauche (P-value)	Glande surrénale droite (P-value)
Groupe n°1	Kruskal-Wallis	0,108	0,114
Groupe n°2	ANOVA	0,001	< 0,0001
Groupe n°3	Kruskal-Wallis	0,001	< 0,0001

3.2.2.3.1. Groupe n°1 (chiens de races de petit format)

En comparant plus précisément les catégories d'âge, les tests statistiques de Kruskal-Wallis permettent de confirmer l'absence de différence significative de l'épaisseur moyenne des glandes surrénales droite et gauche entre les quatre catégories d'âge (figure n°32).

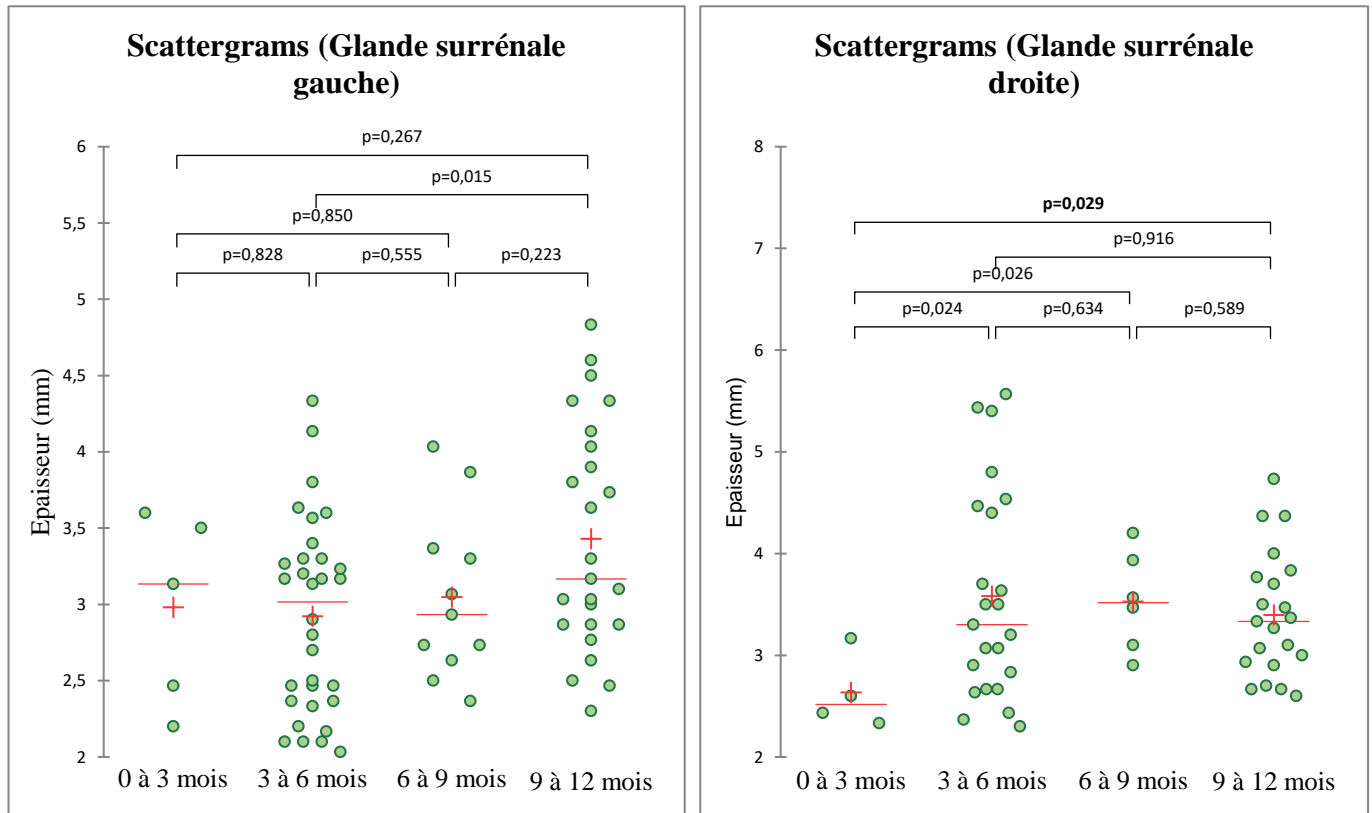


Figure 32 : Résultats des analyses multivariées de Kruskal-Wallis sur les épaisseurs des glandes surrénales gauche (N=73) et droite (N=54) selon les différentes catégories d'âge du groupe n°1 (chiens de races de petit format).

Dans le groupe n°1 des chiens de races de petit format, il n'est pas mis en évidence d'influence de l'âge sur l'épaisseur de la glande surrénale droite, ni sur la glande surrénale gauche.

Ainsi, les données du groupe n°1 ne seront plus étudiées en discriminant l'âge dans la suite de l'étude.








3.2.2.3.2. Groupe n°2 (chiens de races de moyen format)

3.2.2.3.2.1. Glande surrénale gauche

Le test de l'ANOVA a permis de montrer qu'il existe une différence significative entre les mesures de l'épaisseur de la glande surrénale gauche selon l'âge des chiens du groupe n°2.

Le test de REGWQ a confirmé cette différence entre les chiens âgés de 0 à 3 mois et ceux des autres catégories d'âge. Le résultat de ce test est illustré dans le tableau n°23. L'importance de cette différence est représentée de façon quantitative par les bornes supérieure à 95% en rouge.

Tableau 23 : Résultats du test de REGWQ sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche selon les différentes catégories d'âge des chiens du groupe n°2. N=82

Contraste	Pr > Diff	alpha (Modifié)	Significatif	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
6 à 9 mois vs 0 à 3 mois	0,001	0,050	Oui	0,334	1,670		
6 à 9 mois vs 3 à 6 mois	0,081	0,050	Non	-0,040	1,011		
6 à 9 mois vs 9 à 12 mois	0,506	0,050	Non	-0,394	0,700		
9 à 12 mois vs 0 à 3 mois	0,003	0,050	Oui	0,256	1,442		
9 à 12 mois vs 3 à 6 mois	0,088	0,025	Non	-0,106	0,771		
3 à 6 mois vs 0 à 3 mois	0,023	0,025	Oui	0,010	1,023		

L'analyse statistique montre qu'il existe une influence de l'âge sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens du groupe n°2. Plus précisément, l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens âgés de 0 à 3 mois est significativement inférieure à celle des chiens âgés de plus de 3 mois.

Pour la suite de l'étude sur la glande surrénale gauche du groupe n°2, deux catégories seront distinguées : ceux d'âge inférieur à 3 mois et ceux âgés de plus de 3 mois.

3.2.2.3.2.2. Glande surrénale droite

L'analyse statistique de l'ANOVA a montré une différence significative entre les mesures de l'épaisseur de la glande surrénale droite selon l'âge des chiens du groupe n°2.

Le test de TUKEY a confirmé cette différence entre les chiens âgés de 0 à 3 mois et le reste des chiens appartenant aux autres catégories d'âge. De plus, il existe une différence des valeurs moyennes entre les chiens âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois. Le résultat de ce test est illustré dans le tableau n°24. L'importance de cette différence est représentée de façon quantitative par les bornes supérieure à 95% en rouge.

Tableau 24 : Résultats du test de TUKEY sur l'épaisseur de la glande surrénale droite selon les différentes catégories d'âge des chiens du groupe n°2. N=69

Contraste	Pr > Diff	Significatif	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
9 à 12 mois vs 0 à 3 mois	<0,0001	Oui	1,240	2,854		
9 à 12 mois vs 3 à 6 mois	0,019	Oui	0,091	1,381		
9 à 12 mois vs 6 à 9 mois	0,107	Non	-0,096	1,436		
6 à 9 mois vs 0 à 3 mois	0,001	Oui	0,496	2,257		
6 à 9 mois vs 3 à 6 mois	0,995	Non	-0,669	0,801		
3 à 6 mois vs 0 à 3 mois	<0,0001	Oui	0,533	2,089		

L'analyse statistique montre que l'épaisseur de la glande surrénale droite augmente significativement en fonction de l'âge des animaux du groupe n°2. Plus précisément, cette différence significative se trouve entre les catégories de chiens âgés de 0 à 3 mois et ceux âgés de plus de 3 mois, ainsi qu'entre les chiens âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois.

L'existence de ces différences statistiques ne permet pas de rassembler les données des sous-populations pour la suite de l'étude sur la glande surrénale droite du groupe n°2.

3.2.2.3.3. Groupe n°3 (chiens de races de grand format)

3.2.2.3.3.1. Glande surrénale gauche

Le test statistique de Kruskal-Wallis a montré une différence significative d'épaisseur entre les chiens âgés de 0 à 3 mois et ceux appartenant aux autres catégories d'âge. De plus, il existe une différence des épaisseurs moyennes entre les chiens âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois (figure n°33).

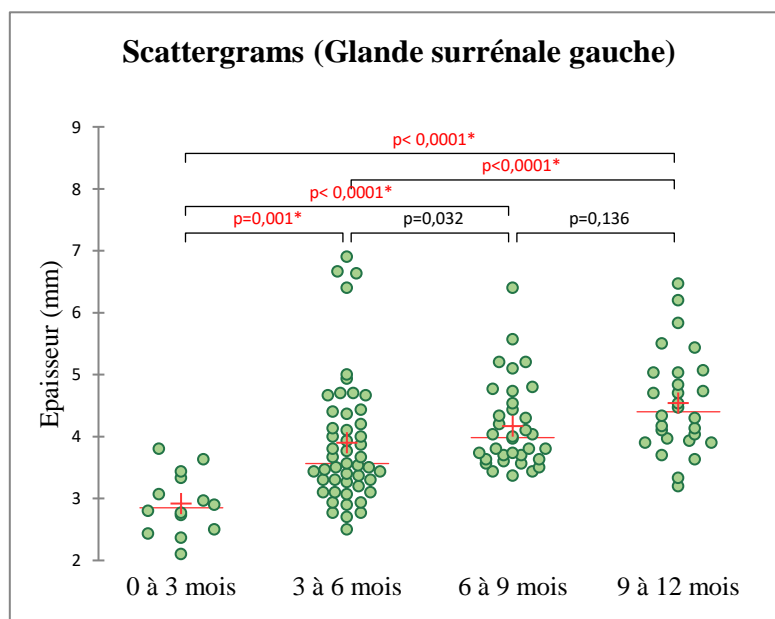


Figure 33 : Résultats de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche selon les différentes catégories d'âge chez les chiens du groupe n°3. N=125

L'analyse statistique montre que l'épaisseur de la glande surrénale gauche augmente significativement en fonction de l'âge des animaux du groupe n°3. Plus précisément, cette différence significative se trouve entre les catégories de chiens âgés de 0 à 3 mois et ceux âgés de plus de 3 mois, ainsi qu'entre les chiens âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois.

L'existence de ces différences ne permet pas de rassembler les données des sous-populations pour la suite de l'étude sur la glande surrénale gauche du groupe n°3.

3.2.2.3.3.2. Glande surrénale droite

Le test statistique de Kruskal-Wallis a montré une différence d'épaisseur entre les chiens âgés de 0 à 3 mois et ceux appartenant aux autres catégories d'âge. Les résultats sont illustrés par la figure n°34.

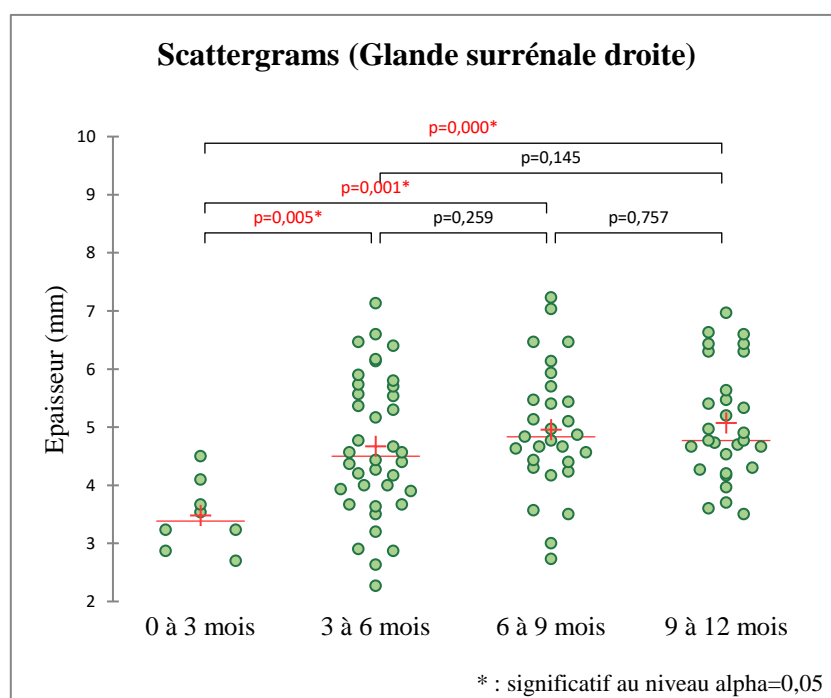


Figure 34 : Résultats de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis sur l'épaisseur de la glande surrénale droite selon les différentes catégories d'âge chez les chiens du groupe n°3. N=104

L'analyse statistique montre qu'il existe une influence de l'âge sur l'épaisseur de la glande surrénale droite des chiens du groupe n°3. Plus précisément, l'épaisseur de la glande surrénale droite des chiens âgés de 0 à 3 mois est significativement inférieure à celle des chiens âgés de plus de 3 mois.

Pour la suite de l'étude sur la glande surrénale droite des chiens du groupe n°3, deux catégories seront distinguées : ceux d'âge inférieur à 3 mois et ceux âgés de plus de 3 mois.

Les résultats de l'influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales selon le format de races et les catégories d'âge sont résumés dans le tableau n°25.

Tableau 25 : Résumé des interprétations des résultats statistiques de l'influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales selon les groupes distinguant trois formats de races.

Groupe	Test statistique	Glande surrénale gauche	Glande surrénale droite
Groupe n°1	Kruskal-Wallis	Pas d'influence	
Groupe n°2	ANOVA	Entre < 3 mois et > 3mois	Entre < 3 mois et > 3mois Entre 3 à 6 mois et 9 à 12 mois
Groupe n°3	Kruskal-Wallis	Entre < 3 mois et > 3mois Entre 3 à 6 mois et 9 à 12 mois	Entre < 3 mois et > 3mois

3.2.2.4. Influence du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales

De nouvelles sous-populations ont été établies selon l'influence de l'âge pour évaluer l'influence du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales droite et gauche.

Les tests paramétriques de l'ANOVA et non paramétriques de Kruskal-Wallis n'ont pas mis en évidence de différence significative de l'épaisseur moyenne des glandes surrénales entre les mâles et les femelles. Une exception est observée dans le groupe n°3 des chiens âgés de 6 à 9 mois pour la glande surrénale gauche (tableau n°26).

Tableau 26 : Résumé des résultats statistiques sur l'épaisseur des glandes surrénales selon le sexe des chiens répartis dans les trois groupes et l'âge. N=141

Groupe	Age	Test statistique	Glande surrénale gauche (p-value)	Glande surrénale droite (p-value)
Groupe n°1	0 à 12 mois	Kruskal-Wallis	0,644	0,562
Groupe n°2	3 à 12 mois	Kruskal-Wallis	0,697	x
	3 à 6 mois	Kruskal-Wallis	x	0,125
	6 à 9 mois	Kruskal-Wallis	x	0,468
	9 à 12 mois	ANOVA	x	0,973
Groupe n°3	3 à 12 mois	ANOVA	x	0,107
	3 à 6 mois	Kruskal-Wallis	0,283	x
	6 à 9 mois	Kruskal-Wallis	0,046	x
	9 à 12 mois	ANOVA	0,262	x

L'analyse statistique montre qu'il n'existe pas d'influence du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales des chiens des groupes n°1 et n°2. Cette observation est également mise en évidence chez les chiens du groupe n°3, excepté sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens âgés de 6 à 9 mois, pour lesquels une différence significative existe entre les mâles et les femelles.

Le résultat obtenu par le test statistique de Kruskal-Wallis a montré que l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens du groupe n°3 âgés de 6 à 9 mois était plus grande chez les mâles que chez les femelles. Ce résultat est illustré au moyen de scattergrams (figure n°35).

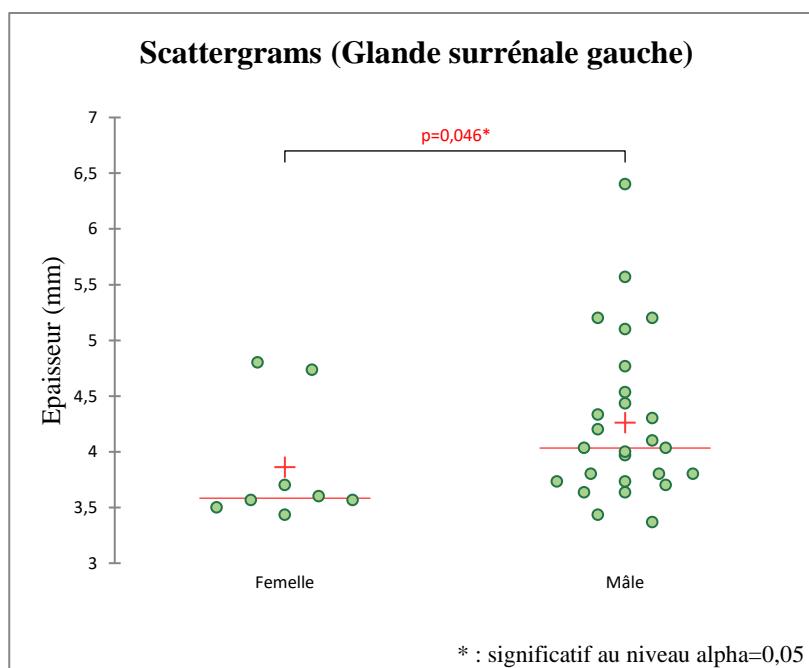


Figure 35 : Résultat de l'analyse multivariée de Kruskal-Wallis de l'influence du sexe sur l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens du groupe n°3 âgés de 6 à 9 mois. N=34

L'analyse statistique montre une absence d'influence du sexe sur l'épaisseur des glandes surrénales chez les chiens des groupes n° 1 et n°2 et sur celle de la glande surrénale droite chez les chiens du groupe n°3. L'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens mâles du groupe n°3 âgés de 6 à 9 mois est significativement supérieure à celle des femelles de la même catégorie.

3.2.2.5. La variabilité intra-observateur

La comparaison de la limite de répétabilité r à l'étendue maximale des mesures d'épaisseur des glandes surrénales droite et gauche est effectuée dans les groupes n°1, n°2 et n°3 ayant un effectif jugé suffisant et au sein des sous-groupes précédemment rassemblés selon l'influence de l'âge. Il est observé que l'étendue est systématiquement inférieure à r (tableaux n°27 et n°28).

L'analyse de la variabilité intra-observateur montre que les données d'épaisseur des glandes surrénales obtenues par notre méthode sont répétables au risque de 5%.

Tableau 27 : Comparaison de la limite de répétabilité r et de l'étendue maximale des mesures d'épaisseur de la glande surrénale **droite** des groupes n°1, n°2 et n°3.

	Groupe	Age	Etendue maximale (mm)		σ_r^2	$r = 2,83 * \sigma_r$	Etendue < r
			Pôle caudal	Pôle crânial			
Glande surrénale droite	Groupe n°1	3 à 12 mois	0,7	0,6	0,66	2,3	Oui
	Groupe n°2	3 à 6 mois	0,9	0,7	0,37	1,7	Oui
		6 à 9 mois	0,4	0,5	0,16	1,1	Oui
		9 à 12 mois	1,0	0,8	1,43	3,4	Oui
	Groupe n°3	3 à 12 mois	1,5	1,8	1,21	3,1	Oui

Tableau 28 : Comparaison de la limite de répétabilité r et de l'étendue maximale des mesures d'épaisseur de la glande surrénale **gauche** des groupes n°1, n°2 et n°3.

	Groupe	Age	Etendue maximale (mm)		σ_r^2	$r = 2,83 * \sigma_r$	Etendue < r
			Pôle caudal	Pôle crânial			
Glande surrénale gauche	Groupe n°1	3 à 12 mois	1,1	0,8	0,45	1,9	Oui
	Groupe n°2	3 à 12 mois	0,7	0,8	0,52	2,0	Oui
	Groupe n°3	3 à 6 mois	0,7	1,3	1,06	2,9	Oui
		6 à 9 mois	0,8	0,7	0,48	2,0	Oui
		9 à 12 mois	0,7	0,7	0,66	2,3	Oui

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a montré qu'il n'existe pas de différence significative des écart-types des mesures entre les différentes régions des glandes surrénales droite et gauche. En d'autres termes, aucune région ne fait l'objet d'une variabilité supérieure l'une par rapport à l'autre dans son évaluation échographique.

L'écart-type moyen des mesures échographiques effectuées par le même lecteur se trouve entre 0,16 mm et 0,19 mm selon la région et la glande surrénale. Parmi les écart-types maximaux, le plus élevé est de 0,99 mm et concerne le pôle crânial de la glande surrénale droite. Le moins élevé est de 0,55 mm et concerne le pôle caudal de la glande surrénale gauche.

Le détail de la description des écart-types est rassemblé dans le tableau n°29.

Tableau 29 : Ecart-types moyens des mesures d'épaisseur des deux régions des glandes surrénales associés au résultat du test non paramétrique de Kruskal-Wallis. N=525

Ecart-type des mesures	Glande surrénale droite		Glande surrénale gauche		Kruskal-Wallis
	Pôle caudal	Pôle crânial	Pôle caudal	Pôle crânial	p-value
Nombre d'observation	129	106	147	143	
Minimum	0,000	0,000	0,000	0,000	
Maximum	0,839	0,987	0,551	0,656	
Moyenne	0,164	0,193	0,158	0,155	0,192

La représentation graphique sous forme d'histogramme détaille les résultats du test Kruskal-Wallis sur les différentes régions (figure n°36). Il est confirmé l'absence de différence significative des écart-types moyens selon la région mesurée par le lecteur.

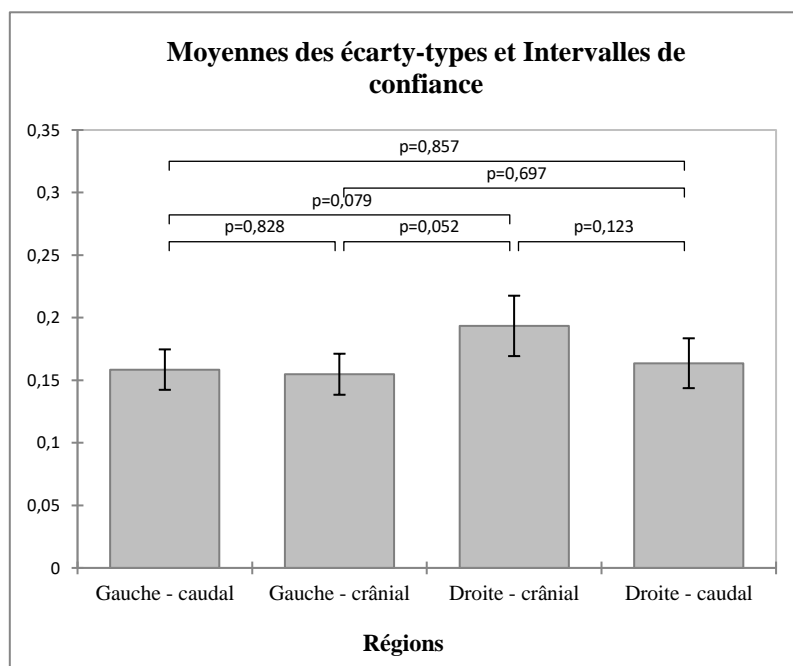


Figure 36 : Histogramme des résultats du test non paramétrique de Kruskal-Wallis sur les écart-types moyens des différentes régions des glandes surrénales mesurées au cours de l'étude. N=525

Les résultats statistiques montrent que la variabilité des mesures n'est pas dépendante de la région de la glande surrénale.

3.2.2.6. Intervalles de référence

Les intervalles de référence représentent une estimation de la distribution des valeurs de référence au sein d'une population d'individus sains et comparables. Ils ont été calculés à l'aide du logiciel Reference Value Advisor® sur les données regroupées en fonction de l'influence de l'âge mise en évidence précédemment.

Une méthode non paramétrique a été utilisée sur les données de la glande surrénale droite des groupes n°1 de chiens de races de petit format âgés de 3 à 12 mois et n°3 de chiens de races de grand format âgés de 3 à 12 mois. Cette méthode a également été utilisée sur les données de la glande surrénale gauche du groupe n°1 de chiens de races de petit format âgés de 3 à 12 mois, du groupe n°2 de chiens de races de moyen format âgés de 3 à 12 mois ainsi que du groupe n°3 de chiens âgés de 3 à 6 mois.

Les intervalles de référence figurent dans les tableaux n°30 et n°31 pour la glande surrénale droite et gauche respectivement.

Tableau 30 : Intervalles de référence associés aux intervalles de confiance (IC) à 90% proposés pour la glande surrénale **droite** selon les groupes et catégories d'âge des chiens. Les valeurs de moyennes et des valeurs extrêmes de l'étude sont également présentées. *Intervalles mesurés selon une méthode non paramétrique.

Groupe	Age	MIN – MAX (mm)	Moyenne (mm)	Intervalle de référence (mm)	
				Limite basse [IC à 90%]	Limite haute [IC à 90%]
Groupe n°1	3 à 12 mois	2,3 - 5,6	3,5	2,3* [2,1 – 2,4]	5,5* [5,0 - 5,9]
Groupe n°2	3 à 6 mois	2,8 - 5,7	4,2	2,9 [2,6 - 3,3]	5,6 [5,2 - 6,0]
	6 à 9 mois	3,6 - 5,1	4,3	X	X
	9 à 12 mois	2,8 - 7,2	4,9	2,4 [1,8 - 3,2]	7,4 [6,6 - 8,1]
Groupe n°3	3 à 12 mois	2,3 - 7,2	4,9	2,7* [2,3 – 3,1]	7,1* [6,6 - 7,2]

Tableau 31 : Intervalles de référence associés aux intervalles de confiance (IC) à 90% proposés pour la glande surrénale **gauche** selon les groupes et catégories d'âge de chien. Les valeurs de moyennes et des valeurs extrêmes de l'étude sont également présentées. *Intervalles mesurés selon une méthode non paramétrique. ▲ Données suspectes selon le test de Tukey.

Groupe	Age	MIN – MAX (mm)	Moyenne (mm)	Intervalle de référence (mm)	
				Limite basse [IC à 90%]	Limite haute [IC à 90%]
Groupe n°1	3 à 12 mois	2,0 - 4,8	3,1	2,1* [2,0 - 2,2]	4,6* [4,3 - 4,8]
Groupe n°2	3 à 12 mois	2,5 - 5,5	3,7	2,5* [2,5 - 2,6]	5,5* [4,9 - 5,5]
Groupe n°3	3 à 6 mois	2,5 - 6,9	3,9	2,6*▲ [2,5 - 2,8]	6,8*▲ [6,2 - 6,9]
	6 à 9 mois	3,4 - 6,4	4,2	3,3 [3,2 - 3,4]	6,0 [5,2 - 6,9]
	9 à 12 mois	3,2 - 6,5	4,5	3,2 [2,9 - 3,4]	6,5 [5,8 - 7,4]

TROISIEME PARTIE :
DISCUSSION

1. Synthèse des résultats de l'étude et comparaison à la littérature

1.1. Influence de l'âge

Dans la pratique courante, l'évaluation échographique de la taille des glandes surrénales se reporte à des références établies chez les chiens adultes, y compris lors de la croissance. **L'étude montre que l'âge a une influence sur l'épaisseur des glandes surrénales chez les chiens de races de moyen et grand format au cours de leur croissance**, justifiant l'établissement de valeurs de référence dédiées à cette population. Plus précisément, l'épaisseur des deux glandes surrénales semble augmenter significativement après 3 mois d'âge dans ces formats. Ces résultats sont cependant à relativiser étant donné le faible effectif d'animaux de moins de 3 mois dans la cohorte étudiée.

Il est également observé une différence significative de l'épaisseur moyenne de la glande surrénale droite entre les chiens de races de moyen format âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois. Cette même observation a été par ailleurs mise en évidence pour la glande surrénale gauche des chiens de races de grand format en s'appuyant sur un effectif plus important. Ainsi, bien que ces observations soient inconstantes selon la latéralité et le format de races, il semble exister une influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales chez les chiens âgés de 3 à 6 mois et ceux âgés de 9 à 12 mois.

D'autre part, des études antérieures ont montré que l'épaisseur de la glande surrénale gauche des chiens adultes augmentait avec l'âge^{33,52}. Cette même observation a été notée sur les deux glandes surrénales de la race du Yorkshire et du Labrador⁵³. Cependant, aucune étude n'a discuté de l'influence de la croissance sur ce paramètre dans l'espèce canine. Dans l'espèce féline âgée de moins d'un an, une étude rétrospective préliminaire établie une différence significative de l'épaisseur des glandes surrénales entre des individus âgés de moins de 3 mois et trois autres catégories d'âge de plus de 3 mois, ainsi qu'entre des individus âgés de 3 à 6 mois et ceux de plus de 6 mois. Elle rejoint donc nos observations chez les chiens de races de moyen et grand format (données en cours de publication).

Néanmoins, la corrélation n'existe pas chez les chiens de races de petit format de notre étude. Cette différence peut être rapprochée de certaines études remettant en question l'influence globale de l'âge chez le chien adulte. En effet, une étude ne montre pas de corrélation³¹. Une autre décrit une corrélation partielle selon la latéralité ou une corrélation n'existant que chez les individus gériatriques de plus de 8 ans et sans différence significative entre ceux âgés de moins de 4 ans et ceux âgés de 4 à 8 ans⁵². De plus, l'hypothèse avancée par certaines études consiste à attribuer l'augmentation de taille des glandes surrénales à des maladies systémiques chroniques davantage susceptibles d'être présentes chez les individus gériatriques^{9,33}.

Ainsi, l'influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales chez le chien adulte requiert davantage d'études afin d'être clairement objectivée, et les premiers résultats chez le chien en croissance suggèrent que l'épaisseur des glandes surrénales augmente avec l'âge chez les chiens de races de moyen et grand formats.

1.2. Influence du sexe

Dans notre étude, **le sexe ne constitue pas un facteur d'influence sur l'épaisseur des glandes surrénales** chez le chien en croissance et s'ajoute à des observations précédemment établies^{33,43,53}. Malgré l'observation d'une épaisseur de la glande surrénale gauche significativement inférieure chez les femelles de grand format âgés de 6 à 9 mois, cette discordance peut être relativisée en raison du faible nombre de valeurs (N = 8) et du déséquilibre du ratio mâle/femelle (26/8) dans cette catégorie. Il peut également concorder avec des résultats obtenus dans la littérature, montrant une épaisseur supérieure des deux glandes surrénales des mâles de moyen format, et de la glande surrénale gauche des mâles de grand format⁵².

1.3. Comparaison des glandes surrénales droite et gauche

Au cours de la comparaison des valeurs moyennes d'épaisseur entre les glandes surrénales droite et gauche de notre étude, la différence significative apparaît inconstante au sein d'un même format selon les catégories d'âge. **Il semble se dégager de façon majoritaire une différence de taille entre les deux glandes chez les chiens de grand et moyen format.** Au travers de la littérature, le caractère significatif de cette différence échographique n'est pas clairement établi et mêle des résultats avec et sans distinction de la latéralité. La distinction est notamment soutenue par des études ayant fait des comparaisons macroscopiques et mis en évidence une différence morphologique des deux glandes^{5,9}. Par ailleurs, il est parfois proposé des seuils de taille échographique propres à chaque glande et à chaque format^{30,52,53}, bien qu'il soit couramment admis d'évaluer la taille à l'aide d'une unique valeur pour les deux organes^{28,31,46}.

L'absence de différenciation entre les deux glandes concorde également avec certains de nos résultats tels qu'observés dans la quasi-totalité de notre population de chiens de races de petit format. Les résultats sont rapprochés de ceux d'études ne faisant pas la distinction des deux glandes^{28,46,54}, malgré le fait que des valeurs propres à chaque glande soient proposées pour les chiens de races de petit format^{30,53}. Il est ainsi décidé d'établir des valeurs de référence propres à chaque format et pour chaque glande, y compris chez le chien de races de petit format.

Dans l'étude de Santos et al. (2013)¹ réalisée sur des chiots âgés de 5 à 6 mois de races croisées pesant de 3 à 4 kg, aucune différence significative d'épaisseur n'est mise en évidence entre les glandes surrénales gauche et droite. Dans notre étude, la sous-population se rapprochant le plus de celle de cette cohorte, soit les chiens de petit format âgés de 3 à 6 mois et d'effectif semblable, montre une différence significative entre les deux glandes seulement pour le pôle crânial. Cette différence peut être attribuée à une variabilité liée à un protocole de mesure différent (échographie en décubitus latéral versus dorsal), à la difficulté d'observation du pôle crânial (localisé plus en profondeur), et/ou à un faible nombre de mesures dans les deux études. De plus, ces deux populations diffèrent sur de nombreux points et sont en réalité peu comparables. Pour une catégorie de poids similaire (de 3 à 4 kg), nos animaux ont globalement un âge inférieur à 5 mois. De la même façon, pour une catégorie d'âge similaire (de 5 à 6 mois) nos animaux de petit format incluent des races dont le poids n'est pas compris dans l'intervalle de l'étude [3 – 4] kg (Chihuahua ≈ 1 kg ; Bouledogue Français > 4 kg). Ainsi, bien que les populations semblent au premier abord comparables, de nombreux facteurs (âge, races, poids) peuvent expliquer les différences observées sur la latéralité ou encore sur les valeurs de la moyenne établies dans la littérature pour les chiens en croissance^{1,2}.

1.4. Variabilité intra-observateur

Dans cette étude, la méthode d'obtention des données utilisée est répétable pour l'ensemble des sous-groupes. De plus, bien qu'aucune différence significative n'ait pu être mise en évidence entre les mesures des deux régions des glandes surrénales droite et gauche, l'écart-type d'une même mesure peut s'élever jusqu'à 1,0 mm concernant le pôle crânial de la glande surrénale droite. C'est également la région donnant un écart-type moyen le plus élevé. Cette même localisation est retrouvée par Barberet et al. (2010)⁴⁹ et Mогicato et al. (2011)³³ concernant la variabilité intra- et inter-opérateurs.

Ces résultats appuient la difficulté de l'évaluation de la taille des glandes surrénales par un même opérateur ou même lecteur, particulièrement pour le pôle crânial de la glande surrénale droite qui est davantage susceptible de faire l'objet d'images de moins bonne qualité. Cependant, un protocole standardisé permet de rendre répétables les mesures et ainsi diminuer leur variabilité attribuable à la méthode utilisée.

2. Difficultés et biais rencontrés au cours de l'étude

2.1. Mode de recrutement

Les 154 chiens de notre étude ont été subdivisés en sous-groupes selon le format de races et leur âge. Cette catégorisation entraîne l'obtention de faibles effectifs dans certains sous-groupes, particulièrement pour les groupes âgés de 0 à 3 mois. Le défaut de représentation chez ces individus peut être facilement expliqué par le fait d'une médicalisation débutant généralement à 8 semaines d'âge, au cours des primo-vaccinations. Il est rare que ces individus nécessitent une exploration échographique abdominale. Lors d'une affection, l'examen intervient communément en seconde intention et, par conséquent, facilement au-delà de 3 mois d'âge. Ce faible effectif rend impossible l'établissement d'intervalles de référence pour cette catégorie d'âge.

Les chiens de races de moyen format âgés de 6 à 9 mois étaient également très peu nombreux. C'est la raison pour laquelle un intervalle de référence n'a pas pu être établi pour cette population⁵⁸.

Chez le chien, la croissance est notamment influencée par le format de races. Celle-ci peut se terminer dès 8 mois d'âge chez les races naines, tandis que chez les races géantes, la fin de la croissance a été estimée jusqu'à 24 mois d'âge. Par ailleurs, la variabilité de croissance au sein d'un même format, de même qu'au sein d'une même race, n'est pas à négliger. Dans l'exemple du Yorkshire, le poids de 600 g peut être atteint dès 18 jours pour les individus à croissance rapide, et peut mettre jusqu'à 47 jours pour ceux à croissance lente⁵⁹. Le poids n'est dès lors pas un critère fiable pour établir des sous-populations. Il a donc été choisi de discriminer ces dernières en fonction du format de races. Cependant, le caractère rétrospectif de l'étude amène l'incertitude quant au format réel des animaux de races croisées. Ces dernières peuvent être à l'origine de valeurs aberrantes (mis en évidence, par exemple, sur la glande surrénale gauche des chiens de grand format âgés de 3 à 6 mois, selon le test de Tukey) et constituer des biais dans l'établissement des intervalles de référence.

Par ailleurs, le mode de recrutement des individus ne permet pas de s'assurer de leur caractère « sains » avec une absence totale de répercussion sur la taille, forme ou échostructure des glandes surrénales. Malgré l'application de critères d'exclusion, les individus n'ont pas fait l'objet d'une exploration

rigoureuse permettant de s'affranchir d'affection surrénalienne (test de stimulation à l'ACTH par exemple). De plus, l'importance des remaniements trophiques surrénaliens, en cas de stress aigu (chirurgie, traumatisme, infections, etc...) ou chronique, n'est pas totalement connu. Ils peuvent concerner des chiens de l'étude. Par exemple, 36% des chiens avec une maladie chronique non surrénalienne ont fait l'objet d'un hypercorticisme⁶⁰. Les répercussions échographiques significatives dans ce cas n'ont pas été démontrées³¹. Enfin, du fait de sa sensibilité, l'échographie comporte le risque d'inclure des animaux atteints d'affections surrénaliennes^{6,28,31}. La probabilité de celles-ci chez de jeunes animaux reste extrêmement rare.

2.2. Examen échographique

Notre étude est sujette aux biais inhérents à son caractère rétrospectif. Parmi eux, l'orientation optimale pour obtenir l'épaisseur maximale des glandes surrénales est incertaine ; les mesures sont effectuées sur des images figées et acquises par des vétérinaires de qualification et d'expériences variées. Il est ainsi possible que les mesures aient été prises sur des coupes intermédiaires aux coupes sagittale et dorsale. Cette dernière permet d'obtenir la largeur, mesure faisant l'objet d'une plus grande variabilité que celle de l'épaisseur. Ajouté à cela, l'étude est menée sur une longue période durant laquelle il y a eu au moins un changement de matériel, voire des protocoles d'évaluation différents (consensus récent⁴²). Le caractère répétable de notre méthode permet de limiter la variabilité liée à l'acquisition des données.

De plus, la visualisation échographique des glandes surrénales est un exercice difficile. Ainsi, la glande surrénale gauche est davantage observée que l'organe controlatéral au cours de notre étude (97% et 86% respectivement). Il en va de même pour le pôle caudal contrairement au pôle crânial (visualisé cinq fois plus). Cela rejoint de précédentes observations^{24,29,31,43,49} appuyant la difficulté d'accès de ces organes lié au grand format des chiens, à leur localisation profonde ou encore à la présence de gaz digestif pouvant les occulter. Il en résulte des effectifs parfois disproportionnés dont l'influence sur les résultats est difficilement appréhendable.

3. Perspectives possibles

Notre étude étant la première réalisée sur une population de chiens en croissance, les intervalles établis donnent une première idée des facteurs d'influence sur l'épaisseur des glandes surrénales dans cette population. Elle permet également de soumettre des valeurs de référence pour quatre catégories d'âge au sein de trois formats de races. Cependant, les biais de l'étude rétrospective invitent à relativiser certains des résultats obtenus. Il serait alors intéressant de mener une étude prospective offrant, par exemples, les bénéfices suivants :

- sélection d'individus « sains » selon des critères rigoureux exposés dans de précédentes publications^{1,46} ;
- constitution d'échantillons d'un nombre suffisant (estimé autour de 120⁵⁸) pour ajuster la puissance des tests statistiques et proposer des intervalles de référence plus complets ;
- diminution de la variabilité intra- et interopérateurs lors de l'enregistrement des images échographiques^{46,49} ;
- évaluation qualitative et quantitative des glandes surrénales des chiens en croissance permettant de compléter les connaissances actuelles.

Afin d'étudier l'influence de l'âge sur l'épaisseur des glandes surrénales, il serait intéressant de s'appuyer sur une étude longitudinale composée d'examens échographiques à intervalles réguliers (par exemple, tous les mois), ou en accentuant la fréquence de l'examen lorsque l'individu connaît le taux de croissance le plus élevé.

D'autre part, il pourrait être envisagé une catégorisation plus large des formats, intégrant le format « toy » et « géant », ou d'étudier des races définies (à l'image de l'étude de De Chalus et al. (2010)⁵³).

Enfin, il serait intéressant d'évaluer l'influence des affections non surrénaliennes sur la taille des glandes surrénales. Les problématiques futures pourraient ainsi intégrer le mode d'évolution de l'affection, d'autant plus qu'une corrélation positive a récemment été montrée chez le chat en croissance (données en cours de publication). Le cas de chiens souffrant de maladies congénitales entraînant un retard de croissance, telles que le shunt hépatique porto-systémique, serait particulièrement intéressant à analyser compte tenu du nombre important de chiens exclus pour cette raison dans notre étude.

CONCLUSION

Notre étude a montré que l'âge exerce une influence sur l'épaisseur des glandes surrénales des chiens en croissance âgés de moins d'un an. Plus précisément, la taille augmente chez les chiens de races de moyen et grand formats au-delà de trois mois d'âge. Il est également mis en évidence une taille plus importante chez les individus de moyen et grand formats âgés de 9 à 12 mois par rapport à ceux âgés de 3 à 6 mois, bien que cette observation ne concerne pas toujours la même glande surrénale selon le format.

Le sexe de l'individu n'influence cependant pas la taille des glandes surrénales contrairement à ce qui a pu être montré dans des études précédentes.

Concernant le protocole de mesure des glandes surrénales, notre étude conforte des observations antérieures telles qu'il n'existe pas d'influence de la région de ces organes sur leur épaisseur. Il est ainsi possible de n'utiliser qu'une seule mesure afin d'évaluer leur taille, en privilégiant celle du pôle caudal.

De plus, chez le chien, il est préférable de faire la distinction entre les glandes surrénales droite et gauche lors de leur exploration échographique, compte tenu de la différence significative objectivée entre leurs mesures au cours de l'étude.

Des analyses futures permettront de compléter les premières observations établies sur cette population spécifique, notamment au moyen d'une étude prospective permettant de s'affranchir de nombreux biais. Par ailleurs, l'hétérogénéité inhérente à l'espèce canine implique une difficulté supplémentaire dans son étude. Dans l'optique de comparaisons futures rigoureuses, l'étude des chiens en croissance requiert l'établissement d'intervalles d'âge étroits, au sein de formats semblables voire d'une même race, compte tenu des nombreux facteurs (poids, format, race, âge) pouvant interférer dans l'interprétation des résultats.

Enfin, les intervalles de référence constituent une première approche des valeurs de référence chez les chiens de petit, moyen et grand formats de races âgés de moins d'un an. Ces résultats pourront aider le vétérinaire lors de son interprétation échographique chez ces individus, tout en les confrontant aux éléments anamnésico-cliniques au vu de la variabilité des mesures existant au sein d'une population homogène⁵⁸.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Santos, I. F. C.; Mamprim, M. J.; Sartor, R. COMPARISON OF ADRENAL GLANDS ULTRASONOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND MEASUREMENTS IN HEALTHY PUPPIES AND KITTENS. **2013**.
- (2) Kumar, G.; Mishra, M.; Pandey, R. P. Ultrasonographic Evaluation of Right Adrenal Gland in Healthy Dogs. *Indian Journal of Veterinary Surgery* **2020**, 41 (2).
- (3) Hermanson, J.; de Lahunta, A.; Evans, H. *MILLER AND EVANS' ANATOMY OF THE DOG, FIFTH EDITION*, Elsevier.; Elsevier; Missouri, **2020**.
- (4) Barone, R.; Simoens, P. *Anatomie Comparée Des Mammifères Domestiques. Tome Septième. NEUROLOGIE II. Système Nerveux Périphériques, Glandes Endorines, Esthesiologie.*, EDITIONS VIGOT.; **2010**.
- (5) Grooters, A. M.; Biller, DavidS.; Merryman, J. ULTRASONOGRAPHIC PARAMETERS OF NORMAL CANINE ADRENAL GLANDS: COMPARISON TO NECROPSY FINDINGS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* **1995**, 36 (2), 126–130. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1995.tb00231.x>.
- (6) Neelis, D. A.; Mattoon, J. S.; Sellon, R. K. Adrenal Glands. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*; Elsevier, **2021**; pp 566–582. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-53337-9.00024-1>.
- (7) Barone, R. *Anatomie Comparée Des Mammifères Domestiques. Tome 5 - ANGIOLOGIE*, Deuxième Edition.; ACV, **2021**.
- (8) De Dyce, K.; Sack, W.; Wensing, C. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 4th Edition; Saunders; **2010**.
- (9) Pagani, E.; Tarducci, A.; Borrelli, A.; Iotti, B.; Tursi, M.; Zanatta, R. Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Adrenal Glands in Dogs: Comparison with Necroscopic Findings. *Anat. Histol. Embryol.* **2017**, 46 (2), 187–194. <https://doi.org/10.1111/ahe.12256>.
- (10) Weather, P. R.; Young, B.; Heath, J. W. *Weather's Functional Histology. A Text and Colour Atlas*, 4th ed.; Harcourt Publishers Limited; **2000**.
- (11) Rijnberk, A.; Hans, S. *Clinical Endocrinology Of Dogs And Cats*, Schlütersche.; Hannover, **2010**.
- (12) Kaneko, J. J.; Harvey, J. W.; Bruss, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 6th ed.; Elsevier: Amsterdam, **2008**.
- (13) AKERS, R. M.; DENBOW, D. M. Endocrine System - Adrenal Gland. In *Anatomy and physiology of domestic animals.*; Wiley Blackwell, **2014**; pp 357–360.
- (14) Pillai, S.; Debono, M. Physiology of the Pituitary, Thyroid, Parathyroid and Adrenal Glands. *Surgery (Oxford)* **2020**, 38 (12), 763–778. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2020.10.010>.
- (15) Guzmán Ramos, P. J.; Bennaim, M.; Shiel, R. E.; Mooney, C. T. Diagnosis of Canine Spontaneous Hypoadrenocorticism. *Canine Med Genet* **2022**, 9 (1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40575-022-00119-4>.
- (16) Rosol, T. J.; Gröne, A. Endocrine Glands. In *Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 3*; Elsevier, **2016**; pp 269-357.e1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5319-1.00014-1>.
- (17) Hughes, A. M.; Nelson, R. W.; Famula, T. R.; Bannasch, D. L. Clinical Features and Heritability of Hypoadrenocorticism in Nova Scotia Duck Tolling Retrievers: 25 Cases (1994–2006). *Javma* **2007**, 231 (3), 407–412. <https://doi.org/10.2460/javma.231.3.407>.
- (18) Peterson, M.; Kintzer, P.; Kass, P. Pretreatment Clinical and Laboratory Findings in Dogs with Hypoadrenocorticism: 225 Cases (1979-1993). **1996**.
- (19) Thompson, A. L.; Scott-Moncrieff, J. C.; Anderson, J. D. Comparison of Classic Hypoadrenocorticism with Glucocorticoid-Deficient Hypoadrenocorticism in Dogs: 46 Cases (1985–2005). *Javma* **2007**, 230 (8), 1190–1194. <https://doi.org/10.2460/javma.230.8.1190>.
- (20) Pey, P.; Daminet, S.; Smets, P. M. Y.; Duchateau, L.; Travetti, O.; Saunders, J. H. EFFECT OF GLUCOCORTICOID ADMINISTRATION ON ADRENAL GLAND SIZE AND SONOGRAPHIC APPEARANCE IN BEAGLE DOGS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* **2012**, 204–209.
- (21) Guptill, L.; Scott-Moncrieff, J. C.; Widmer, W. R. Diagnosis of Canine Hyperadrenocorticism. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **1997**, 27 (2), 215–235. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(97\)50028-3](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(97)50028-3).

- (22) Behrend, E. N.; Kooistra, H. S.; Nelson, R.; Reusch, C. E.; Scott-Moncrieff, J. C. Diagnosis of Spontaneous Canine Hyperadrenocorticism: 2012 ACVIM Consensus Statement (Small Animal). *J Vet Intern Med* **2013**, *27* (6), 1292–1304. <https://doi.org/10.1111/jvim.12192>.
- (23) Cook, A. K.; Spaulding, K. A.; Edwards, J. F. Clinical Findings in Dogs with Incidental Adrenal Gland Lesions Determined by Ultrasonography: 151 Cases (2007–2010). *Javma* **2014**, *244* (10), 1181–1185. <https://doi.org/10.2460/javma.244.10.1181>.
- (24) Tidwell, A. S.; Penninck, D. G.; Besso, J. G. Imaging of Adrenal Gland Disorders. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **1997**, *27* (2), 237–254. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(97\)50029-5](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(97)50029-5).
- (25) Kremkau, F. *Sonography: Principles and Instruments, Ninth Edition*, Elsevier.; Elsevier: 3251 Riverport Lane St. Louis, Missouri 63043, **2016**.
- (26) Grooters, A. M.; Biller, D.; Miyabayashi, T.; Léveillé, R. Evaluation of Routine Abdominal Ultrasonography as a Technique for Imaging the Canine Adrenal Glands. *Journal of The American Animal Hospital Association* **1994**.
- (27) Abecassls, M.; McLoughlin, M. J.; Langer, B.; Kudlow, J. E. Serendipitous Adrenal Masses: Prevalence, Significance, and Management. *The American Journal of Surgery* **1985**, *149* (6), 783–788.
- (28) Choi, J.; Kim, H.; Yoon, J. Ultrasonographic Adrenal Gland Measurements in Clinically Normal Small Breed Dogs and Comparison with Pituitary-Dependent Hyperadrenocorticism. *J. Vet. Med. Sci.* **2011**, *73* (8), 985–989. <https://doi.org/10.1292/jvms.10-0479>.
- (29) Grooters, A. M.; Biller, D. S.; Theisen, S. K.; Miyabayashi, T. Ultrasonographic Characteristics of the Adrenal Glands in Dogs With Pituitary-Dependent Hyperadrenocorticism: Comparison With Normal Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* **1996**, *10* (3), 110–115. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.1996.tb02041.x>.
- (30) Melián, C.; Pérez-López, L.; Saavedra, P.; Ravelo-García, A. G.; Santos, Y.; Jaber, J. R. Ultrasound Evaluation of Adrenal Gland Size in Clinically Healthy Dogs and in Dogs with Hyperadrenocorticism. *Veterinary Record* **2021**, *188* (8). <https://doi.org/10.1002/etr.80>.
- (31) Barthez, P. Y.; Nyland, T. G.; Feldman, E. C. Ultrasonographic Evaluation of the Adrenal Glands in Dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **1995**, *207* (9), 1180–1183.
- (32) Barberet, V.; Schreurs, E.; Rademacher, N.; Nitzl, D.; Taeymans, O.; Duchateau, L.; Saunders, J. H. QUANTIFICATION OF THE EFFECT OF VARIOUS PATIENT AND IMAGE FACTORS ON ULTRASONOGRAPHIC DETECTION OF SELECT CANINE ABDOMINAL ORGANS. *Vet Radiol Ultrasound* **2008**, *49* (3), 273–276. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2008.00365.x>.
- (33) Mogenicato, G.; Layssol-Lamour, C.; Conchou, F.; Diquelou, A.; Raharison, F.; Sautet, J.; Concordet, D. Ultrasonographic Evaluation of the Adrenal Glands in Healthy Dogs: Repeatability, Reproducibility, Observer-Dependent Variability, and the Effect of Bodyweight, Age and Sex. *Veterinary Record* **2011**, *168* (5), 130–130. <https://doi.org/10.1136/vr.c4950>.
- (34) Pey, P.; Diana, A.; Rossi, F. Safety of Percutaneous Ultrasound-Guided Fine-Needle Aspiration of Adrenal Lesions in Dogs: Perception of the Procedure by Radiologists and Presentation of 50 Cases. *Journal of veterinary internal medicine* **2020**, *2* (32), 626–635. <https://doi.org/10.1111/jvim.15743>.
- (35) Pey, P.; Rossi, F.; Vignoli, M.; Duchateau, L.; Marescaux, L.; Saunders, J. H. Use of Contrast-Enhanced Ultrasonography to Characterize Adrenal Gland Tumors in Dogs. *ajvr* **2014**, *75* (10), 886–892. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.10.886>.
- (36) Pey, P.; Daminet, S.; Smets, P. M. Y.; Duchateau, L.; De Fornel-Thibaud, P.; Rosenberg, D.; Saunders, J. C. H. Contrast-Enhanced Ultrasonographic Evaluation of Adrenal Glands in Dogs with Pituitary-Dependent Hyperadrenocorticism. *ajvr* **2013**, *74* (3), 417–425. <https://doi.org/10.2460/ajvr.74.3.417>.
- (37) Bargellini, P.; Orlandi, R.; Paloni, C. Contrast-Enhanced Ultrasonographic Characteristics of Adrenal Glands in Dogs with Pituitary-Dependent Hyperadrenocorticism. *Veterinary radiology & ultrasound: the official journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association* **2013**, *3* (54), 283–292. <https://doi.org/10.1111/vru.12018>.
- (38) Voorhout, G.; Stolp, R.; Rijnberk, A.; van Waes, P. Assessment of Survey Radiography and Comparison with X-Ray Computed Tomography for Detection of Hyperfunctioning Adrenocortical Tumors in Dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **1990**, *196* (11), 1799–1803.
- (39) Penninck, D. G.; d’Anjou, M. *Atlas Pf Small Animal Ultrasonography, Second Edition*; John Wiley: 1606 Golden Aspen Drive, Suites 103 and 104, Ames, Iowa 50010, USA, **2015**.

- (40) Baum, J. I.; Boston, S. E.; Case, J. B. Prevalence of Adrenal Gland Masses as Incidental Findings during Abdominal Computed Tomography in Dogs: 270 Cases (2013–2014). *Javma* **2016**, *249* (10), 1165–1169. <https://doi.org/10.2460/javma.249.10.1165>.
- (41) Perfetti, S.; Diana, A.; Baron Toaldo, M.; Cipone, M.; Quinci, M.; Pey, P. CT Measures of Adrenal Gland Length and Caudal Pole Diameter Are Reproducible in Large Breed Dogs: A Pilot Study. *Vet Radiol Ultrasound* **2021**, *62* (4), 402–412. <https://doi.org/10.1111/vru.12970>.
- (42) Seiler, G. S.; Cohen, E. B.; d’Anjou, M.; French, J.; Gaschen, L.; Knapp, S.; Salwei, R. M.; Saunders, H. M. ACVR and ECVI Consensus Statement for the Standardization of the Abdominal Ultrasound Examination. *Vet Radiology Ultrasound* **2022**, *63* (6), 661–674. <https://doi.org/10.1111/vru.13151>.
- (43) Douglass, J. P.; Berry, C. R.; James, S. ULTRASONOGRAPHIC ADRENAL GLAND MEASUREMENTS IN DOGS WITHOUT EVIDENCE OF ADRENAL DISEASE. *Veterinary Radiology & Ultrasound* **1997**, *38* (2), 124–130. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1997.tb00827.x>.
- (44) Besso, J. G.; Penninck, D. G.; Gliatto, J. M. RETROSPECTIVE ULTRASONOGRAPHIC EVALUATION OF ADRENAL LESIONS IN 26 DOGS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* **1997**, *38* (6), 448–455. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1997.tb00870.x>.
- (45) Testault, I.; Kolb, H. *Echographie Abdominale Du Chien et Du Chat*, POINT VETERINAIRE.; **2017**.
- (46) Soulsby, S. N.; Holland, M.; Hudson, J. A.; Behrend, E. N. ULTRASONOGRAPHIC EVALUATION OF ADRENAL GLAND SIZE COMPARED TO BODY WEIGHT IN NORMAL DOGS: Us Evaluation of Adrenal Gland Size in Dogs. *Vet Radiol Ultrasound* **2015**, *56* (3), 317–326. <https://doi.org/10.1111/vru.12236>.
- (47) Loriot, N. *VADE-MECUM d’échographie Abdominale Chez Le Chien et Chat*, 2e édition.; Vademecum; MED COM, **2019**.
- (48) Barthez, P. Y.; Nyland, T. G.; Feldman, E. C. Ultrasonography of the Adrenal Glands in the Dog, Cat, and Ferret. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **1998**, *28* (4), 869–885. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(98\)50082-4](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(98)50082-4).
- (49) Barberet, V.; Pey, P.; Duchateau, L.; Combes, A.; Daminet, S.; Saunders, J. C. H. Intra- and Interobserver Variability of Ultrasonographic Measurements of the Adrenal Glands in Healthy Beagles. *VETERINARY RADIOLOGY & ULTRASOUND* **2010**, *51* (6), 656–660. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2010.01722.x>.
- (50) Ghavidel, M.; Mirshahi, A.; Azizzadeh, M.; Khoshnegah, J. Evaluating the Correlation between Adrenal Gland Dimensions and Aortic Diameter in Healthy Dogs. *Anat Histol Embryol* **2019**, *48* (4), 325–333. <https://doi.org/10.1111/ahel.12443>.
- (51) Benchekroun, G.; De Fornel-Thibaud, P.; Rodríguez Piñeiro, M. I.; Rault, D.; Besso, J.; Cohen, A.; Hernandez, J.; Stambouli, F.; Gomes, E.; Garnier, F.; Begon, D.; Maurey-Guenec, C.; Rosenberg, D. Ultrasonography Criteria for Differentiating ACTH Dependency from ACTH Independency in 47 Dogs with Hyperadrenocorticism and Equivocal Adrenal Asymmetry: Equivocal Adrenal Asymmetry in Canine Hyperadrenocorticism. *Journal of Veterinary Internal Medicine* **2010**, *24* (5), 1077–1085. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0559.x>.
- (52) Bento, P. L.; Center, S. A.; Randolph, J. F.; Yeager, A. E.; Bicalho, R. C. Associations between Sex, Body Weight, Age, and Ultrasonographically Determined Adrenal Gland Thickness in Dogs with Non-Adrenal Gland Illness. *Javma* **2016**, *248* (6), 652–660. <https://doi.org/10.2460/javma.248.6.652>.
- (53) de Chalus, T.; Combes, A.; Bedu, A.; Pey, P.; Daminet, S.; Duchateau, L.; Saunders, J. C. H. Ultrasonographic Adrenal Gland Measurements in Healthy Yorkshire Terriers and Labrador Retrievers. *Anatomia, histologia, embryologia* **2013**, *42* (1), 57–64. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2012.01165.x>.
- (54) De Marco, V.; Pereira, R. S.; Kage, N. K. Ultrasonographic Adrenal Glands Thickness Measurement in Dogs with Pituitary-Dependent Hyperadrenocorticism in Comparison with Normal Dogs Matched by Weight Body. *Journal of Veterinary Internal Medicine* **2010**, *24* (3), 746–747.
- (55) Labelle, P.; De Cock, H. E. V. Metastatic Tumors to the Adrenal Glands in Domestic Animals. *Vet Pathol* **2005**, *42* (1), 52–58. <https://doi.org/10.1354/vp.42-1-52>.
- (56) Wenger, M.; Mueller, C.; Kook, P. H.; Reusch, C. E. Ultrasonographic Evaluation of Adrenal Glands in Dogs with Primary Hypoadrenocorticism or Mimicking Diseases. *Veterinary Record* **2010**, *167* (6), 207–210. <https://doi.org/10.1136/vr.c4235>.
- (57) Royal Canin. L’Encyclopédie Du Chien. <https://www.royalcanin.com/fr/dogs/breeds/breed-library> (consulté le 15.04.2013).

- (58) Friedrichs, K. R.; Harr, K. E.; Freeman, K. P.; Szladovits, B.; Walton, R. M.; Barnhart, K. F.; Blanco-Chavez, J. ASVCP Reference Interval Guidelines: Determination of de Novo Reference Intervals in Veterinary Species and Other Related Topics. *Vet Clin Pathol* **2012**, *41* (4), 441–453. <https://doi.org/10.1111/vcp.12006>.
- (59) Lecarpentier, M.; Martinez, C. La Croissance Du Chiot de Race Entre 0 et 2 Mois. Etablissement de Courbes de Référence Par Race. Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, **2017**.
- (60) Chastain, C.; Franklin, R.; Ganjam, V.; Madsen, R. Evaluation of the Hypothalamic Pituitary-Adrenal Axis in Clinically Stressed Dogs. *Journal of The American Animal Hospital Association* **1986**, *22*, 435–442.

Annexe n°1 : Résumé des signes cliniques et biologiques de l'hypercorticisme chez le chien.

On distingue plusieurs types d'hypercorticismes selon la localisation de la lésion. L'hypercorticisme ACTH-dépendant caractérise une atteinte de l'antéhypophyse tandis que l'hypercorticisme ACTH-indépendant est une atteinte surrénalienne uni- ou bilatérale. Les deux affections sont responsables d'une augmentation de la cortisolémie au-delà des seuils physiologiques²².

Dans 80% des cas chez le chien, l'hypercorticisme spontané est dû à un adénome hypophysaire sécrétant. Dans le reste des cas, il est lié à une tumeur surrénalienne (adénome ou carcinome en proportion équivalente) sécrétante¹¹.

Signes cliniques

L'augmentation de la cortisolémie est à l'origine de conséquences diverses à l'échelle de l'organisme. Celles-ci sont résumées dans le tableau n°32^{21,22}.

Tableau 32 : Signes cliniques liés au syndrome de Cushing, avec catégorisation de leur fréquence d'apparition. D'après Behrend et al. (2013)²², Guptill et al. (1997)²¹

	Signes fréquents	Signes peu fréquents	Signes rares
<i>Métabolique</i>	Polyphagie Obésité Distension abdominale Hépatomégalie	Léthargie Fuites urinaires Diabète insulino-résistant (environ 10% des chiens) Perte de poids (par perte de muscle)	Paralysie faciale Myotonie
<i>Peau et poils</i>	Alopécie Amincissement de la peau	Hyperpigmentation Comédons Peau fine Repousse de poil lente Calcinose cutanée	
<i>Système cardio-respiratoire</i>	Halètement au repos Hypertension systémique		Thromboembolie
<i>Système urinaire</i>	Polyuro-polydypsie +/- protéinurie		Glycosurie Infection du Tractus Urinaire
<i>Système neuro-musculaire</i>	Faiblesse musculaire Léthargie Atrophie musculaire		Rupture ligamentaire
<i>Reproduction</i>			Atrophie testiculaire Anœstrus

Signes biologiques

Les signes biologiques liés au Syndrome de Cushing sont essentiellement caractérisés par une augmentation des phosphatases alcalines et transaminases, une hypercholestérolémie, une hyperglycémie. Ils peuvent être associées à une leucocytose neutrophilique. A l'analyse urinaire, on observe une diminution de la densité, ainsi qu'éventuellement une protéinurie et bactériurie^{21,22}.

Annexe n°2 : Représentations graphiques de la répartition des races au sein des groupes d'étude.

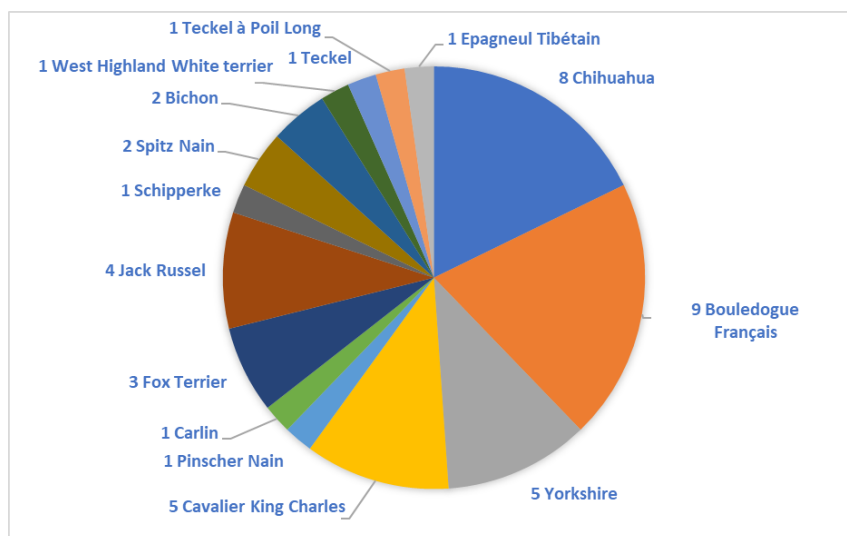


Figure 37 : Répartition des races des chiens de petit format au sein du groupe n°1. N=45 (29%)

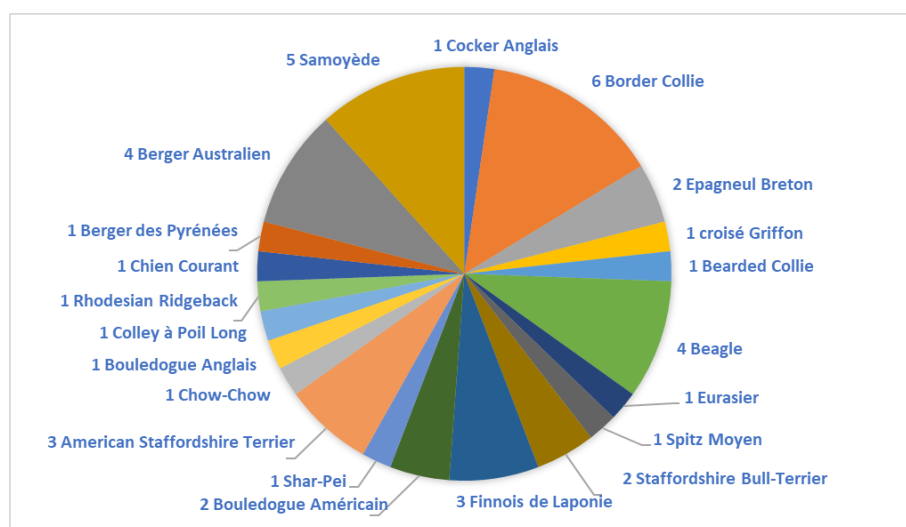


Figure 39 : Répartition des races des chiens de moyen format au sein du groupe n°2. N=43 (28%)

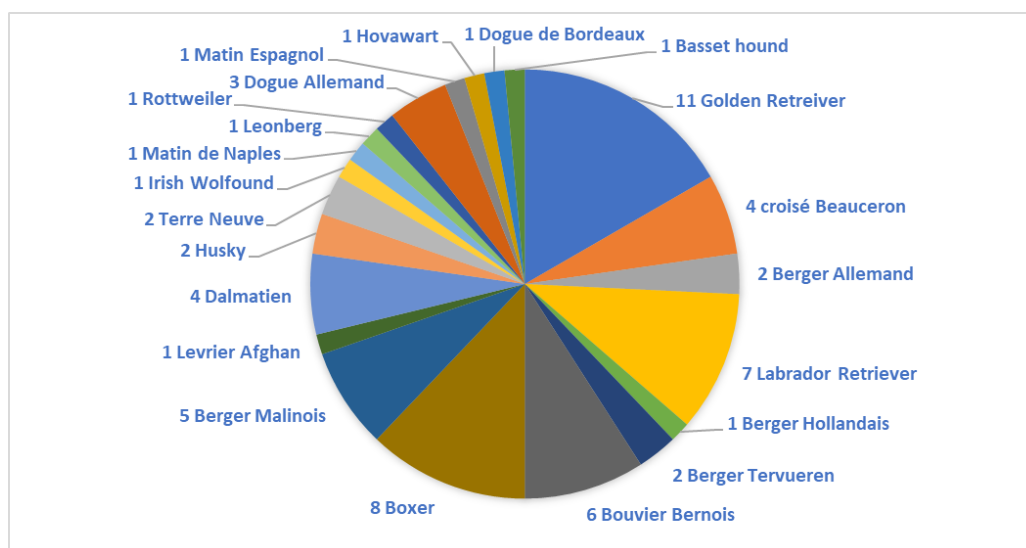


Figure 38 : Répartition des races des chiens de grand format au sein du groupe n°3. N=66 (43%)

Lucie CARCOUET

EVALUATION ECHOGRAPHIQUE DE L'ÉPAISSEUR DES GLANDES SURRENALES CHEZ 154 CHIENS AGES DE MOINS D'UN AN. ETUDE RETROSPECTIVE DE 2012 A 2022.

ULTRASOUND ASSESSMENT OF THE THICKNESS OF ADRENAL GLANDS IN 154 DOGS YOUNGER THAN ONE YEAR OLD. RETROSPECTIVE STUDY FROM 2012 TO 2022.

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 10 Novembre 2023

RESUME

Les affections surrénaliennes se manifestent notamment par une modification de la taille des glandes surrénales. L'échographie se présente comme un outil de plus en plus accessible et sensible permettant de détecter ces anomalies. Ainsi, l'évaluation échographique de la taille des glandes surrénales du chien fait actuellement l'objet d'un consensus récent, recommandant la mesure de l'épaisseur maximale pour référence dans l'exploration des affections surrénaliennes. Le praticien vétérinaire peut ainsi se reporter à des valeurs établies au travers de la littérature chez le chien adulte pour l'aider dans l'interprétation de ses résultats. Devant le manque de données dans l'espèce canine en croissance, notre étude rétrospective apporte un premier regard sur les facteurs d'influence (âge, sexe) agissant sur la taille de ces organes chez 154 chiots de trois formats de races différents. Bien que cette population soit rarement sujette au développement de maladies surrénaliennes, les valeurs échographiques suspectes peuvent être discutées, dans la pratique courante du vétérinaire, à l'aide d'intervalles de référence proposés dans cette étude.

MOTS CLES :

- CHIEN
- CHIOT
- GLANDE SURRENALE
- ECHOGRAPHIE
- ETUDE RETROSPECTIVE

DATE DE SOUTENANCE : 10/11/2023