

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX	7
INTRODUCTION	9
1 Matériel et méthodes	13
1-1 Animaux	13
1-2 Matériel	13
1-3 Protocole de l'examen échographique	15
1-3-1 Préparation de l'animal	15
1-3-2 Les coupes	16
1-3-3 Réalisation des mesures	18
1-4 Protocole des mesures anatomiques directes	19
1-4-1 La veine cave caudale et la veine porte	20
1-4-2 Les reins	20
1-4-3 Les glandes surrénales	20
1-4-4 La rate	20
1-5 Protocole de l'examen tomodensitométrique	20
1-6 Analyses statistiques	21
1-7 Réalisation des coupes anatomiques	22
2 Résultats	23
2-1 Coups anatomiques et tomodensitométriques	23
2-1-1 Coups transversales	24
2-1-2 Coups longitudinales	30
2-2 Etude échographique	34
2-2-1 Le foie	34
2-2-2 Le conduit cholédoque	35
2-2-3 La veine porte	37
2-2-4 La veine cave caudale	39

2-2-5 L'aorte	43
2-2-6 La rate	44
2-2-7 Les reins	48
2-2-8 La vessie	55
2-2-9 L'estomac	55
2-2-10 Le duodénum	57
2-2-11 Les glandes surrénales	61
2-2-12 Appareil génital mâle	71
2-2-13 Appareil génital femelle	74
2-3 Corrélation entre les mesures anatomiques et échographiques	78
2-4 Analyses histologiques	78
3 Discussion	81
3-1 Bilan et analyse des résultats	81
3-1-1 Particularité anatomique du rat	81
3-1-2 Synthèse des mesures échographiques	82
3-1-3 Variation de la taille des organes entre les deux sexes	83
3-1-4 Variabilité inter-individuelle	87
3-1-5 Répétabilité des mesures échographiques	88
3-1-5 Recherche d'une corrélation entre les mesures anatomiques et échographiques	91
3-2 Limites de l'étude	92
3-2-1 L'échantillon	92
3-2-2 Limites techniques	93
CONCLUSION	95
BIBLIOGRAPHIE	97
ANNEXE 1 : Résultats détaillés des analyses histologiques	99
ANNEXE 2 : Planches anatomiques	105
ANNEXE 3 : Descriptif commercial du Mylab 30 Esaote	113

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Echographe MyLab 30 d'Esaote	14
Figure 2 : Sauvegarde des données par clé USB.....	14
Figure 3 : Sonde échographique linéaire pour animal de compagnie de petite taille, 18-6 MHz Taille 40 mm.....	15
Figure 4 : Plan des coupes transversales.....	17
Figure 5 : Plan des coupes longitudinales	18
Figure 6 : Coupe anatomique transversale passant par le foie et l'estomac.....	24
Figure 7 : Coupe tomodensitométrique transversale de l'abdomen passant par le foie et l'estomac.	24
Figure 8 : Coupe anatomique transversale passant par le foie, l'estomac, le pylore, le duodénum et la rate.	25
Figure 9 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le rein droit et l'estomac....	25
Figure 10 : Coupe anatomique transversale passant par les deux reins.	26
Figure 11 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par les deux reins.....	26
Figure 12 : Coupe anatomique transversale passant par les deux reins et le corps de la rate. .	27
Figure 13 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le caecum et les deux reins.	27
Figure 14 : Coupe anatomique transversale passant par le caecum et une des glandes vésiculaires.....	28
Figure 15 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le caecum.....	28
Figure 16 : Coupe tomodensitométrique transversale de l'abdomen caudal passant par les deux glandes séminales.....	29
Figure 17 : Coupe anatomique longitudinale médiane.....	30
Figure 18 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 1.	30
Figure 19 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 2.	31
Figure 20 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 3.	31
Figure 21 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche.	32

Figure 22 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane droite 1	32
Figure 23 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane droite 2	33
Figure 24 : Image échographique du foie en coupe transversale	35
Figure 25 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale en coupe transversale	35
Figure 26 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale en coupe transversale	36
Figure 27 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale, en coupe longitudinale	36
Figure 28 : Image échographique de la veine porte, de la veine cave caudale et de l'aorte en coupe transversale.....	37
Figure 29 : Image échographique de la veine cave caudale en coupe transversale au niveau du foie.....	40
Figure 30 : Image échographique de la veine cave caudale en coupe longitudinale.	40
Figure 31 : Image échographique de l'aorte en coupe longitudinale.....	43
Figure 32 : Image échographique de la rate en coupe transversale.....	45
Figure 33 : Image échographique de la rate en coupe longitudinale.....	45
Figure 34 : Coupe anatomique transversale passant par la rate.	46
Figure 35 : Image échographique du rein droit en coupe transversale.....	49
Figure 36 : Image échographique du rein droit en coupe longitudinale par abord ventral.	49
Figure 37 : Image échographique du rein gauche en coupe transversale.....	49
Figure 38 : Image échographique du rein gauche en coupe longitudinale.....	50
Figure 39 : Coupe anatomique longitudinale passant par le rein droit.....	51
Figure 40 : Coupe anatomique longitudinale passant par le rein gauche.....	51
Figure 41 : Image échographique de la vessie pleine, en coupe transversale.	55
Figure 42 : Image échographique de l'estomac, du pylore et du duodénum, en coupe transversale.	56
Figure 43 : Image échographique de l'estomac, en coupe longitudinale gauche.	56
Figure 44 : Image échographique de l'estomac en coupe transversale gauche de l'abdomen crânial.	57
Figure 45 : Image échographique du duodénum en coupe longitudinale.	57
Figure 46 : Image échographique de l'ampoule duodénale en coupe longitudinale.....	58

Figure 47 : Image échographique de l'ampoule duodénale en coupe transversale.....	58
Figure 48 : Coupe anatomique longitudinale passant par l'ampoule duodénale.....	59
Figure 49 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe transversale.....	62
Figure 50 : Image échographique de la glande surrénale droite, en coupe transversale, mettant en évidence les repères vasculaires	62
Figure 51 : Coupe anatomique transversale passant par la glande surrénale droite.....	63
Figure 52 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe transversale.....	63
Figure 53 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe longitudinale.	64
Figure 54 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe longitudinale.	64
Figure 55 : Coupe anatomique longitudinale, passant par la surrénale droite.	65
Figure 56 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe transversale.....	65
Figure 57 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe longitudinale.	66
Figure 58 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe longitudinale.	66
Figure 59 : Image échographique de la glande surrénale gauche.....	67
Figure 60 : Image échographique d'un testicule en position intra-abdominale en coupe longitudinale.	71
Figure 61 : Image échographique de la prostate en coupe longitudinale.....	72
Figure 62 : Image échographique de la prostate et de la glande vésiculaire en coupe longitudinale.	72
Figure 63 : Image échographique de la prostate et de la glande vésiculaire en coupe longitudinale.	73
Figure 64 : Image échographique des glandes vésiculaires en coupe transversale.....	73
Figure 65 : Coupe anatomique transversale passant par la glande vésiculaire droite.....	74
Figure 66 : Image échographique de l'ovaire gauche en coupe longitudinale.	75
Figure 67 : Image échographique de l'ovaire gauche, en coupe longitudinale.	75
Figure 68 : Image échographique de l'ovaire gauche en coupe transversale.	76
Figure 69 : Image échographique des cornes utérines en coupes transversales.....	76
Figure 70 : Image échographique de la corne utérine droite en coupe longitudinale.	77
Figure 71 : Corrélation entre les mesures échographiques et anatomiques.	78
Figure 72 : Vue ventrale de la cavité abdominale après ouverture de la paroi musculaire....	105
Figure 73 : Vue ventrale de l'abdomen (portion crâniale droite).	106

Figure 74 : Vue ventrale de l'abdomen (côté gauche) : mise en évidence de la glande surrénale gauche.....	107
Figure 75 : Vue ventrale de l'abdomen (portion crâniale droite) : mise en évidence du rein droit et de la glande surrénale droite.....	108
Figure 76 : Vue ventrale de l'abdomen (côté gauche) : mise en évidence des rapports anatomiques entre le foie, la rate et le rein gauche.....	109
Figure 77 : Vue ventrale de la cavité abdominale : mise en évidence des deux reins.....	110
Figure 78 : Appareil génital mâle.....	111
Figure 79 : Appareil génital mâle mettant en évidence les testicules.....	112
Figure 80 : Descriptif MyLab 30 Esaote.....	113

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Calcul de la variation intra-individuelle et de la variation inter-individuelle	22
Tableau 2 : Mesures du diamètre de la veine porte des mâles.....	38
Tableau 3 : Mesures du diamètre de la veine porte chez les femelles.....	39
Tableau 4 : Mesure du diamètre de la veine cave caudale des rats mâles.....	42
Tableau 5 : Mesure du diamètre de la veine cave caudale des rats femelles.....	42
Tableau 6 : Mesures du diamètre de l'aorte abdominale des rats mâles et des femelles	44
Tableau 7 : Mesures de l'épaisseur de la rate des rats mâles.....	47
Tableau 8 : Mesures de l'épaisseur de la rate des rats femelles.....	48
Tableau 9 : Mesures du rein droit des mâles.....	53
Tableau 10 : Mesures du rein gauche des mâles.....	53
Tableau 11 : Mesures du rein droit des femelles.....	54
Tableau 12 : Mesures du rein gauche des femelles.....	54
Tableau 13 : Mesures du duodénum des rats mâles.....	60
Tableau 14 : Mesures du duodénum des rats femelles.....	61
Tableau 15 : Mesures de la glande surrénale droite des rats mâles.....	68
Tableau 16 : Mesures de la glande surrénale gauche des rats mâles.....	69
Tableau 17 : Mesures de la glande surrénale droite des rats femelles.....	69
Tableau 18 : Mesures de la glande surrénale gauche des rats femelles	70
Tableau 19 : Volume relatif en pourcentage de divers organes digestifs par rapport au volume total de l'appareil digestif chez le rat et le chien Grassé (1973).	82
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des mesures de référence échographiques (exprimés en centimètre) chez les rats mâles et femelles Fisher âgés de 4 à 22 mois, pesant en moyenne $256,8 \pm 100,53$ g.....	84
Tableau 21: Différence significative entre les mesures échographiques des organes des rats femelles et mâles, test de Student $\alpha = 5\%$	85
Tableau 22 : Taille des reins chez <i>Mus rattus</i> , d'après Grassé (1973).....	85
Tableau 23 : Evolution avec l'âge du poids des reins chez le rat, d'après MacKay (1927). ...	86

Tableau 24 : Effets de l'injection d'hormones testiculaires (extraites de l'urine) sur le poids des reins du rat, d'après Korenchevsky <i>et al.</i> (1933)	86
Tableau 25 : Variation du poids des surrénales (en grammes), chez le rat au cours de la croissance, d'après Hatai (1913).	87
Tableau 26 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des structures vasculaires.....	88
Tableau 27 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des reins.	89
Tableau 28 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des glandes surrénales (GSR).	89
Tableau 29 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques de l'épaisseur de la rate	90
Tableau 30 : Variation intra-individuelle des mesures du duodénum.....	91

INTRODUCTION

En médecine vétérinaire, l'échographie abdominale du rat est peu pratiquée. Pourtant, elle s'avère être un excellent examen dans l'exploration abdominale de cette espèce. En recherche, elle est souvent utilisée comme un outil d'évaluation des résultats. Quelques articles développent l'utilisation de l'échographie chez le rat. Inaba et Inoue (1985), dans le souci de trouver un moyen plus fiable que la palpation abdominale pour certifier la gravidité des rats lors d'expérimentation, ont étudié l'utilisation de l'échographie pour le diagnostic de gestation dans cette espèce. Ils ont alors démontré que l'utilisation de l'échographie avec une sonde de 5 MHz permettait chez le rat de diagnostiquer avec certitude une gestation à partir de 10 jours de gravidité. Serrière *et al.* (2006) ont montré la possibilité d'utiliser l'échographie doppler chez le rat. Ils ont établi des références pour les débits sanguins des fœtus et des utérus gravides (8 sujets) dans l'optique d'étudier les effets toxicologiques et hémodynamiques de molécules administrés pendant la gestation. D'autres auteurs présentent des généralités sur la préparation des sujets, sur l'utilisation de l'échographie et orientent sur le choix des sondes. Redrobe (2001) dans un article consacré à l'imagerie médicale chez les espèces exotiques présente une partie sur l'échographie abdominale et cardiaque. Il y est conseillé d'utiliser des sondes échographiques allant jusqu'à 20 MHz pour les plus petites espèces, comme la souris. L'examen suit les mêmes principes que pour les « espèces plus familières ». La sédation ou l'anesthésie sont recommandées. Quelques champs d'application sont présentés dans l'article, tel que le diagnostic d'urolithiase, d'hypertrophie de la prostate (chez le furet), de la maladie surrénalienne, de maladies rénales ou encore de gestation. Girling (2002) présente le matériel échographique et l'interprétation des images chez les espèces exotiques. Il conseille l'utilisation d'une sonde de 7,5 MHz pour les rongeurs qu'il considère par ailleurs comme de bons sujets pour l'examen échographique abdominal. La sédation ou l'anesthésie sont de nouveau recommandées durant l'examen. L'interprétation des images échographiques suit les mêmes principes que pour celle des carnivores domestiques. Dans cet article sont présentées quelques images échographiques : le rein, la vessie et le foie d'un lapin ainsi que l'ovaire kystique d'un cobaye. L'article de Boucher et Lacroix (2001)

expose les techniques d'examen échographique employées chez les lagomorphes et les rongeurs et leurs résultats. Il est conseillé d'utiliser une sonde de type sectoriel à balayage avec une fréquence de 7,5 MHz. Les indications de l'échographie proposées dans ces espèces sont tout d'abord le diagnostic de gestation (des tableaux de la taille des vésicules embryonnaires chez le cobaye et le lapin en fonction du stade de gestation sont présentés), puis la recherche de lésions hépatiques, spléniques, rénales, vésicales et digestives.

L'interprétation des images échographiques suit les mêmes principes que pour les autres espèces (Block, 2005 ; Loriot N. *et al.*, 1995 ; Nyland et Mattoon, 2002, Chetboul *et al.* 2005). Cependant, l'anatomie abdominale du rat diffère de celle des carnivores domestiques. Parmi ces particularités anatomiques visibles lors de l'examen échographique, nous citerons : la présence de glandes vésiculaires, l'ouverture des anneaux inguinaux permettant le passage des testicules en position intra abdominale, l'absence de vésicule biliaire et le fort développement du caecum (Bivin *et al.*, 1979 ; Grassé, 1973 ; Harkness et Wagner, 1995 ; O'Malley, 2005 ; Popesko *et al.*, 1992).

A notre connaissance, aucun article ni ouvrage ne présente spécifiquement les images et les mesures échographiques des organes abdominaux du rat de façon systématique. Or, cette espèce est non seulement très utilisée dans le cadre de protocoles de recherche, mais aussi de plus en plus prisée comme animal de compagnie. Ainsi, alors que l'échographie est devenue une technique de référence pour l'exploration de l'abdomen chez les carnivores domestiques, il serait souhaitable de valider son utilisation chez le rat et d'établir des données de référence échographique dans cette espèce. Cette thèse propose donc d'étudier l'échographie abdominale normale du rat.

Ses objectifs sont :

1°) Obtenir les images échographiques normales du foie, du conduit cholédoque, de la veine porte, de la veine cave caudale, de l'aorte, de la rate, des reins, de la vessie, de l'appareil digestif, des glandes surrénales et de l'appareil génital.

2°) Déterminer et étudier la répétabilité des mesures échographiques de la veine porte, de la veine cave caudale, de l'aorte, de la rate, des reins, du duodénum et des glandes surrénales.

3°) Valider l'exactitude de ces mesures par rapport à une mesure directe de ces organes en *post-mortem*.

Pour cela, une série d'examens échographiques systématisés a été réalisée sur une population de 30 rats Fisher. Les images ont été recueillies pour établir un atlas et des mesures de référence. Afin de vérifier une corrélation entre les mesures échographiques et anatomiques, chaque organe a ensuite été mesuré lors d'une autopsie. D'autre part, un examen tomodensitométrique et des coupes anatomiques ont été réalisés afin de préciser l'anatomie abdominale du rat.

1 Matériel et méthodes

1-1 Animaux

Trente rats de race Fisher ont été utilisés pour l'étude. Le lot comptait 20 femelles et 10 mâles, âgés de 4 à 22 mois. Le poids moyen des rats était de $256,8 \pm 100,53$ g (177 g à 464 g). Le poids moyen des femelles et des mâles étaient respectivement de $221,24 \pm 32,50$ g et de $420,80 \pm 36,96$ g. Les animaux étaient cliniquement sains. Tous les rats ont été utilisés pour la réalisation des échographies. Parmi eux, un mâle et une femelle ont fait l'objet d'un examen tomodensitométrique. Ces mêmes rats ainsi qu'un autre mâle et une autre femelle ont été sacrifiés pour la réalisation de coupes anatomiques de référence. Ces derniers contrairement aux autres sujets n'ont donc fait ni partie des mesures anatomiques directes, ni des autopsies. Lors de suspicion d'anomalie au cours de l'examen échographique ou nécropsique, des prélèvements ont été effectués pour une analyse histologique.

1-2 Matériel

L'échographe utilisé pour l'étude était un MyLab 30 d'Esaote, muni d'une sonde linéaire de 18 MHz de 40 mm de surface, pesant 95 g (cf. figures 1 à 3). La profondeur était fixée à 3 cm. Le gain variait selon les images et l'animal, entre 67 % et 100 %. Les images ont été dans un premier temps stockées dans le disque dur de l'appareil sous le format Jpeg. Puis, elles ont été transférées via une clé USB sur ordinateur. Les images ont été ensuite recadrées et annotées grâce aux logiciels « Paint version 6.0 » et « Adobe Photoshop 6.0 ». Aucune modification de contraste n'a été réalisée.

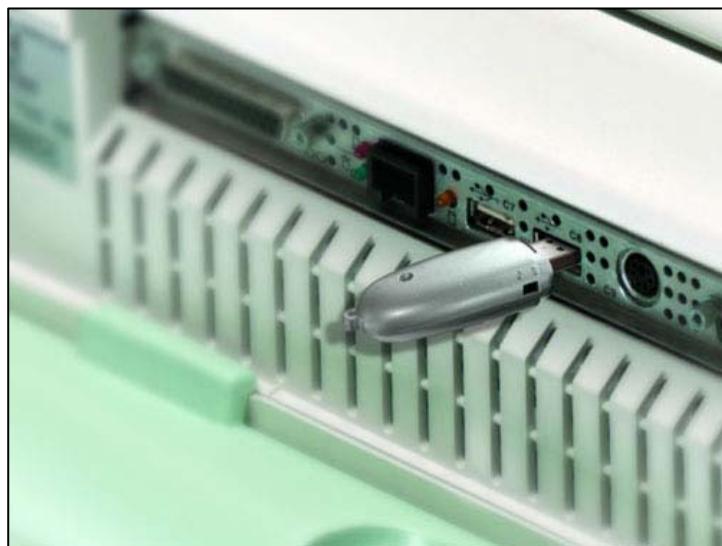
Le scanner utilisé pour la réalisation des coupes tomodensitométriques était un Hi-Speed CT flash e + general electric medical system, Milwaukee, USA.

Figure 1: Echographe MyLab 30 d'Esaote



Source : <http://www.esaote.com/modules/core/page.asp?p=MYLAB30VET>

Figure 2 : Sauvegarde des données par clé USB



Source : <http://www.esaote.com/modules/core/page.asp?p=MYLAB30VET>

Figure 3 : Sonde échographique linéaire pour animal de compagnie de petite taille, 18-6 MHz.
Taille 40 mm



Source : <http://www.esaote.com/modules/core/page.asp?p=MYLAB30VET>

1-3 Protocole de l'examen échographique

1-3-1 Préparation de l'animal

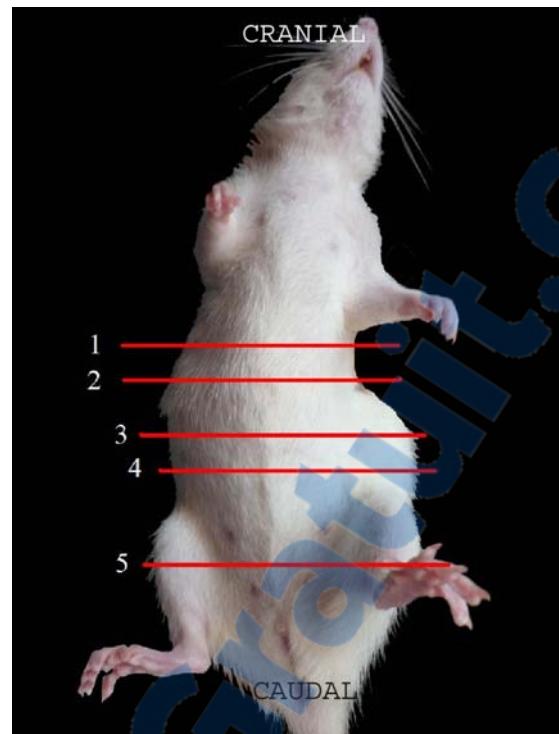
Les rats ont été mis à jeun deux heures avant le début de l'examen, afin de limiter les gaz digestifs et la distension gastrique. L'eau a été laissée à disposition.

Ils ont été induits à l'isoflurane dans une cage à induction. Puis, l'anesthésie a été entretenue au masque, en circuit ouvert, à 2 % d'isoflurane avec un débit d'oxygène de 1 litre par minute. Le sujet a ensuite été positionné en décubitus dorsal sur une mousse isolante recouverte d'une couverture de survie afin de limiter les pertes de chaleurs. Des bouillottes ont également été mises au contact de l'animal. La tonte de l'abdomen a été effectuée de l'appendice xiphoïde au pubis et largement sur les côtés pour accéder à la totalité des organes. La peau a été dégraissée à l'alcool puis recouverte de gel échographique.

1-3-2 Les coupes

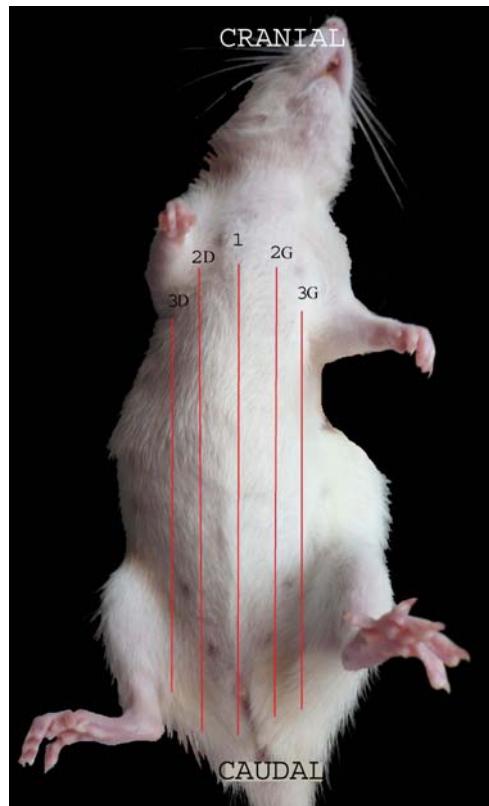
L'examen a commencé par l'observation globale de la cavité abdominale. L'ordre de l'examen était le suivant : le foie, le conduit cholédoque, la veine porte, la veine cave caudale, l'aorte, la rate, les reins, la vessie, le tube digestif, les glandes surrénales et l'appareil génital. Chaque organe a été observé successivement en coupe longitudinale et transversale. La sonde a été dans un premier temps positionnée en coupe longitudinale, puis une rotation de 90° anti-horaire de la sonde permettait de passer en coupe transversale. Cinq coupes transversales et longitudinales de l'abdomen ont été prédéterminées (cf. figures 4 et 5). L'examen a débuté par l'exploration du foie par une coupe longitudinale crâniale de l'abdomen (cf. figure 5 coupe n°1). Une translation de la sonde vers la droite (cf. figure 5 coupe n°2D) permettait de visualiser la veine cave caudale, la veine porte et l'aorte. Une translation de la sonde vers la gauche permettait d'observer l'estomac puis la rate. Le duodénum descendant a été visualisé en coupe longitudinale en plaçant la sonde en coupe paramédiane de l'abdomen en regard du rein droit (cf. figure 5 coupe 3D). La courbure duodénale en coupe transversale a été visualisée en plaçant la sonde en coupe longitudinale crâniale de l'abdomen. La sonde a été ensuite placée en coupe paramédiane en regard des reins droit et gauche (cf. figure 5 coupe n°3 G et n°3D). Puis, une translation vers la droite ou la gauche de la sonde à partir de la coupe longitudinale de la veine cave caudale et de l'aorte permettait respectivement de visualiser la glande surrénale droite et la glande surrénale gauche (cf. figure 5 coupe n°3D et n°3G). Enfin une coupe médiane de l'abdomen caudal a été effectuée pour observer la vessie, le côlon descendant et les organes génitaux (cf. figure 5 coupe n°1). Chez la femelle, les cornes utérines ont été visualisées en effectuant une translation crâniale en partant des cols utérins. Crânialement à celle-ci ont été visualisés les ovaires. Chez le mâle, une fois la sonde placée en coupe longitudinale de la vessie, une translation à plat crânialement permettait d'observer les glandes vésiculaires évoluant latéralement et caudalement à la prostate.

Figure 4 : Plan des coupes transversales



1 : Coupe passant par le foie, la veine porte, la veine cave caudale et le duodénum. 2 : Coupe passant par les glandes surrénales. 3 : Coupe passant par les reins. 4 : Coupe passant par les ovaires. 5 : Coupe passant par la vessie, le côlon et les glandes vésiculaires.

Figure 5 : Plan des coupes longitudinales



1 : Coupe médiane. 2D : Coupe paramédiane droite. 2G : Coupe paramédiane gauche. 3D : Coupe paramédiane droite. 3G : Coupe paramédiane gauche.

1-3-3 Réalisation des mesures

Tous les examens échographiques ont été réalisés par le même opérateur. Chaque structure a été mesurée trois fois à partir de trois images successives, en conservant les mêmes repères anatomiques. Ceci permettait d'estimer la répétabilité des mesures.

La sonde a été placée le plus verticalement possible. Chaque mesure a été standardisée, en respectant différents repères anatomiques.

1-3-3-1 Structures vasculaires : Veine cave caudale, veine porte et aorte

Le diamètre des structures vasculaires a été mesuré au plus proche du foie en coupe transversale et longitudinale. En coupe transversale, la mesure a été retenue lorsque la structure apparaissait bien sphérique.

1-3-3-2 Le duodénum

Toutes les mesures ont été effectuées en dehors des contractions péristaltiques. Le diamètre inclut la paroi. La sonde a été placée en coupe longitudinale crâniale de l'abdomen afin d'obtenir une coupe transversale de l'ampoule duodénale. Sur celle-ci, il a été mesuré le diamètre et l'épaisseur de la paroi du duodénum en coupe transversale. Ensuite, la sonde a été positionnée en coupe longitudinale à droite de l'abdomen moyen, afin de visualiser le duodénum descendant en coupe longitudinale. Sur cette coupe, il a été mesuré le diamètre et l'épaisseur de la paroi du duodénum.

1-3-3-3 Le rein

Les mesures effectuées sur le rein sont réalisées par un abord ventral de l'abdomen. La largeur et l'épaisseur des reins sont mesurées sur une coupe transversale du rein passant par le hile rénal. La largeur correspond alors à la plus petite distance entre le bord médial et le bord latéral du rein et l'épaisseur est définie comme la distance entre le bord dorsal et le bord ventral du rein. La longueur a été mesurée en plaçant la sonde en coupe sagittale par abord ventral de l'abdomen, lorsque la coupe passe par le plus grand axe du rein. La longueur correspond alors à la plus grande distance entre le bord crânial et le bord caudal du rein.

1-3-3-4 Les glandes surrénales

La longueur et la largeur ont été respectivement mesurées en coupe longitudinale et transversale. L'épaisseur a été déterminée sur la coupe transversale.

1-3-3-5 La rate

L'épaisseur maximale de la rate a été successivement mesurée en coupe longitudinale et transversale de l'organe.

1-4 Protocole des mesures anatomiques directes

Après avoir été anesthésiés au masque avec de l'isoflurane, 26 rats ont été euthanasiés par une injection intracardiaque d'Embutramide (T 61ND). La peau et le plan musculaire ont été incisés en regard de la ligne blanche. L'incision s'étendait du processus xiphoïde du sternum jusqu'à l'orifice urogénital. Le foie, les reins, le tube digestif, les glandes surrénales,

la rate, l'appareil urogénital, le péritoine ont été inspectés à la recherche d'anomalies macroscopiquement visibles. Puis, à l'aide d'un pied à coulisse d'une précision de 0,05 cm, la veine cave caudale, la veine porte, la rate, les reins et les glandes surrénales ont été mesurés trois fois de suite, par le même opérateur. Du fait de son manque de tonicité sur le cadavre, le duodénum n'a pas été mesuré. Les mesures ont été réalisées en respectant les repères anatomiques utilisés lors des mesures échographiques.

1-4-1 La veine cave caudale et la veine porte

La veine cave et la veine porte ont été mesurées en premier et le plus rapidement possible afin de diminuer les erreurs dues au collapsus. La mesure de leur diamètre a été effectuée au bord caudal du foie.

1-4-2 Les reins

La largeur, la longueur et l'épaisseur des reins ont été mesurées, tels que définis précédemment dans les mesures échographiques.

1-4-3 Les glandes surrénales

La largeur des glandes surrénales a été mesurée dans le plan transverse, leur longueur dans le plan longitudinal et leur épaisseur en leur milieu.

1-4-4 La rate

L'épaisseur de la rate est mesurée dans sa partie la plus épaisse située entre l'estomac et le rein gauche.

1-5 Protocole de l'examen tomodensitométrique

Deux rats ont été induits et anesthésiés au masque avec de l'isoflurane et 1 L/min d'oxygène. Un cathéter intraveineux a été placé dans la veine latérale caudale de la queue. Un millilitre d'acide ioxitalamique (Télébrix 35ND : produit de contraste) a été injecté par cette voie. Les rats ont été positionnés en décubitus sternal. Les coupes transversales ont été réalisées tous les 0,8 cm avec pour constantes 140 kV et 130 mAs.

1-6 Analyses statistiques

Pour chaque organe et chaque sexe, ont été calculés la moyenne, les écarts- types, l'intervalle de confiance, la variabilité inter-individuelle (VIE) et la variabilité intra-individuelle (VIA) (cf. tableau 1).

La variabilité inter-individuelle est la variation d'une mesure entre les différents individus de la population. Elle correspond à l'écart-type des mesures moyennes obtenues pour chaque animal. Exprimée en pourcentage (en divisant cet écart-type par la moyenne des mesures de l'organe multiplié par 100), elle correspond au coefficient de variation inter-individuelle.

La variabilité intra-individuelle représente la variation moyenne entre les trois mesures d'un organe chez le même individu. Elle permet d'exprimer la répétabilité des mesures. Elle est calculée en réalisant la moyenne des écarts-types entre les trois mesures d'un organe donné d'un individu, sur l'ensemble de la population. Divisée par la moyenne des mesures multipliée par 100, elle est ensuite exprimée en pourcentage (coefficient intra-individuel).

Pour chaque mesure ont été comparés à l'aide d'un test de Student les moyennes entre les mâles et les femelles, les coupes longitudinales et transversales, les organes droits et gauches, les mesures anatomiques et échographiques

Il est alors admis avec un risque $\alpha = 5 \%$, qu'il existe une différence significative lorsque p est inférieur à 0,05. Dans le cas contraire aucune conclusion ne peut être prononcée.

Les mesures anatomiques et échographiques ont été par ailleurs comparées deux à deux afin de rechercher le niveau de corrélation entre ces mesures.

Tableau 1: Calcul de la variation intra-individuelle et de la variation inter-individuelle

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Moyenne des trois mesures	Ecart-type
Rat 1				Moy1	ET1
Rat 2				Moy2	ET2
Rat 3				Moy3	ET3
...					...
Rat n					ETn
				Ecart-type des valeurs moyennes (Moy1, Moy2...) = VIE	Moyenne des Ecart-type : $(ET1+ET2+ET3\dots+ETn)/n$ = VIA

VIA : variation intra-individuelle. VIE : variation inter-individuelle. ET : écart-type. Moy : Moyenne des trois mesures d'un même animal.

1-7 Réalisation des coupes anatomiques

Après avoir été anesthésié au masque avec de l'Isoflurane, un mâle et une femelle ont été euthanasiés par une injection intracardiaque d'Embutramide (T61ND). Ils ont été, immédiatement, fixés sur des supports en bois en décubitus dorsal et congelés à -15°C pendant une semaine. Des coupes tous les 1 à 2 cm environ ont été réalisées à l'aide d'une scie fil. Les coupes transversales ont été réalisées avec le corps du rat mâles et les coupes transversales avec le corps du rat femelle. Les surfaces des coupes ont été photographiées.

2 Résultats

2-1 Coups anatomiques et tomodensitométriques

Les coupes anatomiques transversales et tomodensitométriques sont présentées conjointement dans l'ordre crânio-caudal (cf. figures 6 à 16). Suivent les coupes anatomiques longitudinales (cf. figures 17 à 23). L'ensemble de ces coupes permettent de préciser la topographie abdominale pour l'interprétation des images échographiques. Elles passent notamment par le foie, la veine porte, la veine cave caudale, l'aorte, les glandes surrénales, les reins, la rate, l'estomac, le duodénum, le caecum, le côlon, l'utérus et les glandes vésiculaires. Elles mettent en évidence les particularités anatomiques du rat telles que : la présence de glandes vésiculaires en coupe transversale caudale de l'abdomen, le fort développement du caecum et l'absence de vésicule biliaire.

2-1-1 Coupes transversales

Figure 6 : Coupe anatomique transversale passant par le foie et l'estomac

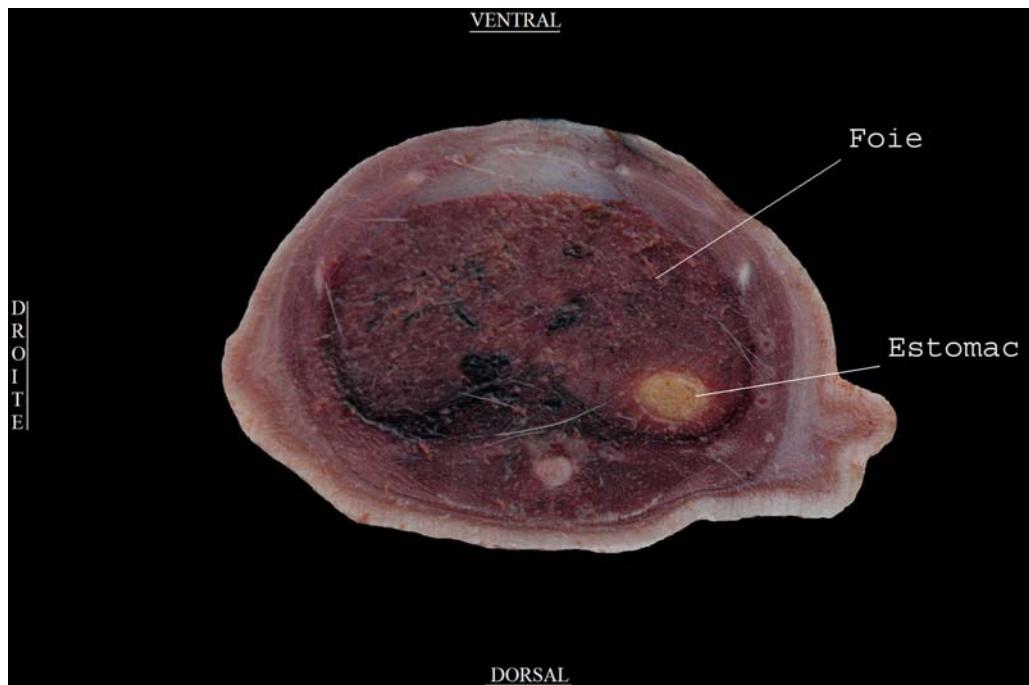


Figure 7 : Coupe tomodensitométrique transversale de l'abdomen passant par le foie et l'estomac

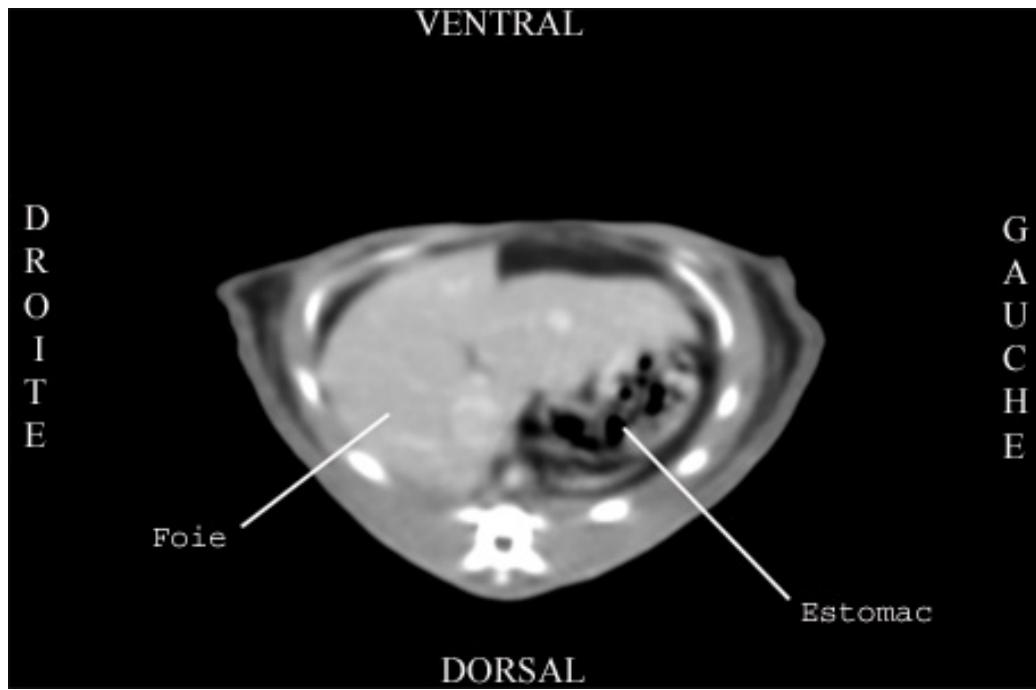


Figure 8 : Coupe anatomique transversale passant par le foie, l'estomac, le pylore, le duodénum et la rate

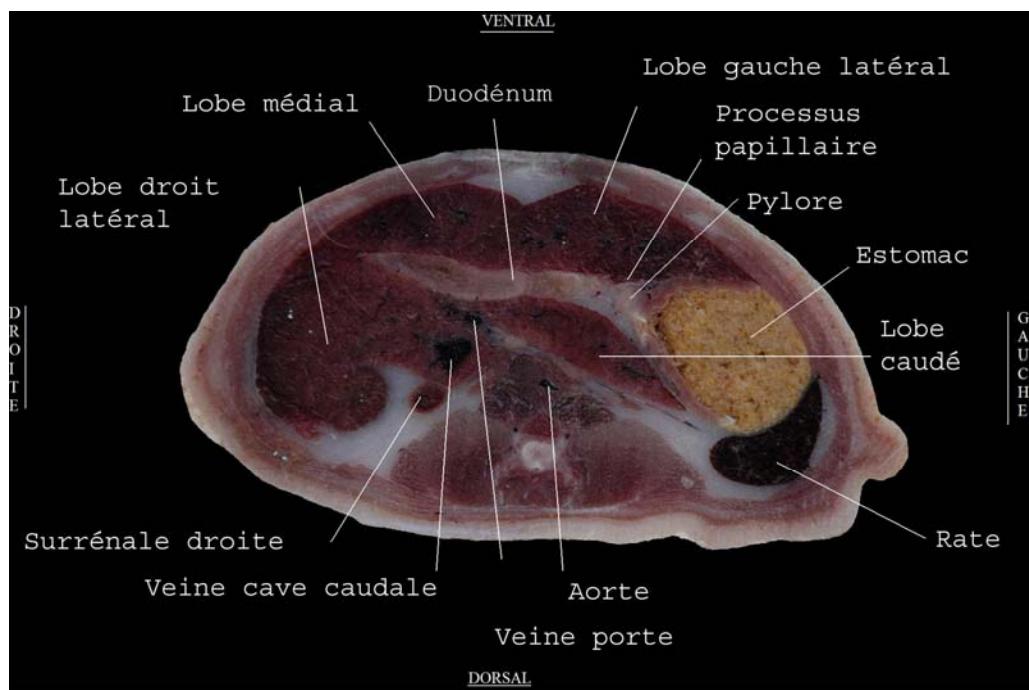


Figure 9 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le rein droit et l'estomac

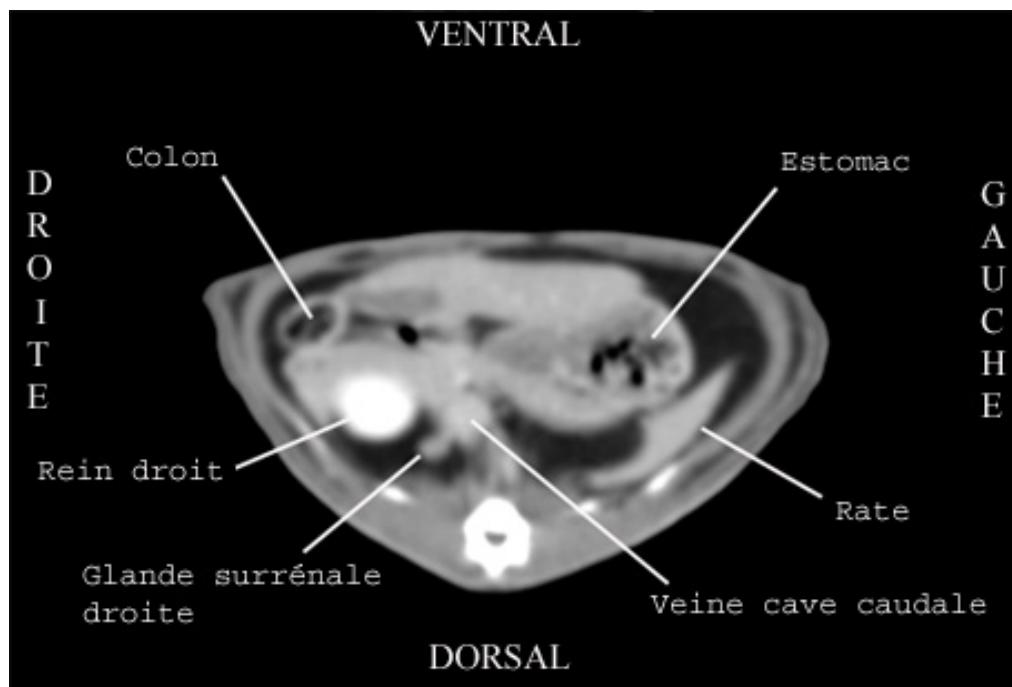


Figure 10 : Coupe anatomique transversale passant par les deux reins

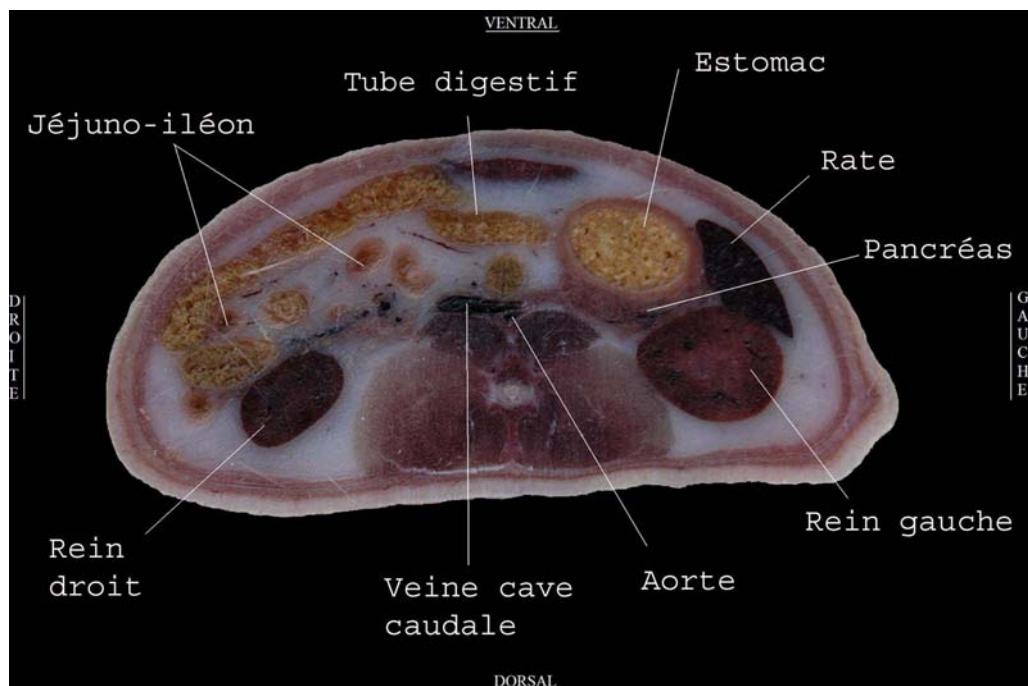


Figure 11 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par les deux reins

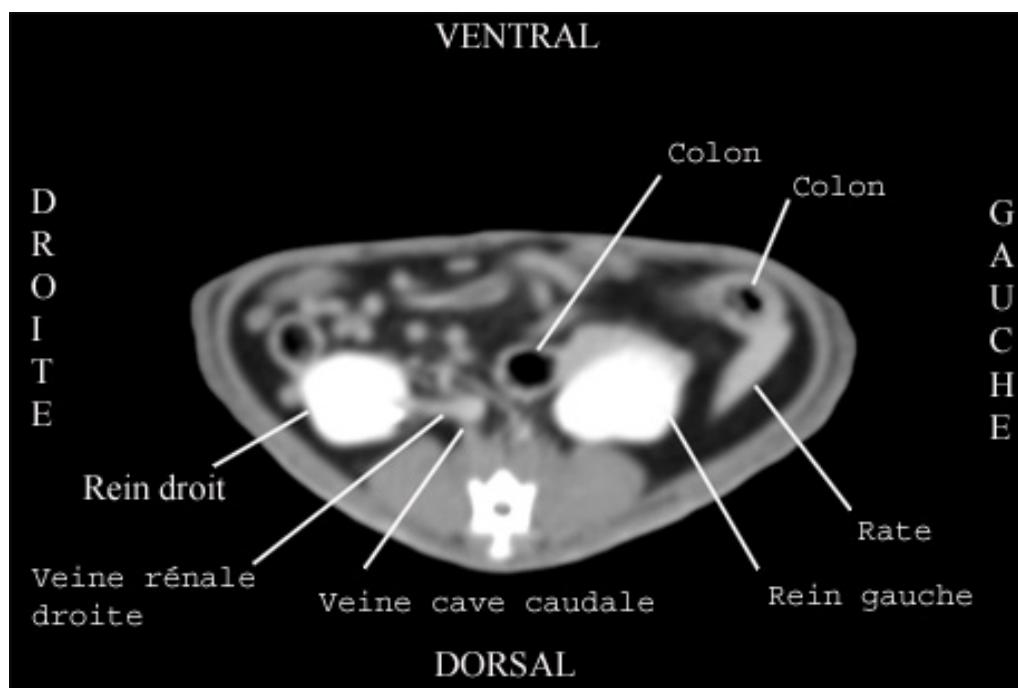


Figure 12 : Coupe anatomique transversale passant par les deux reins et le corps de la rate

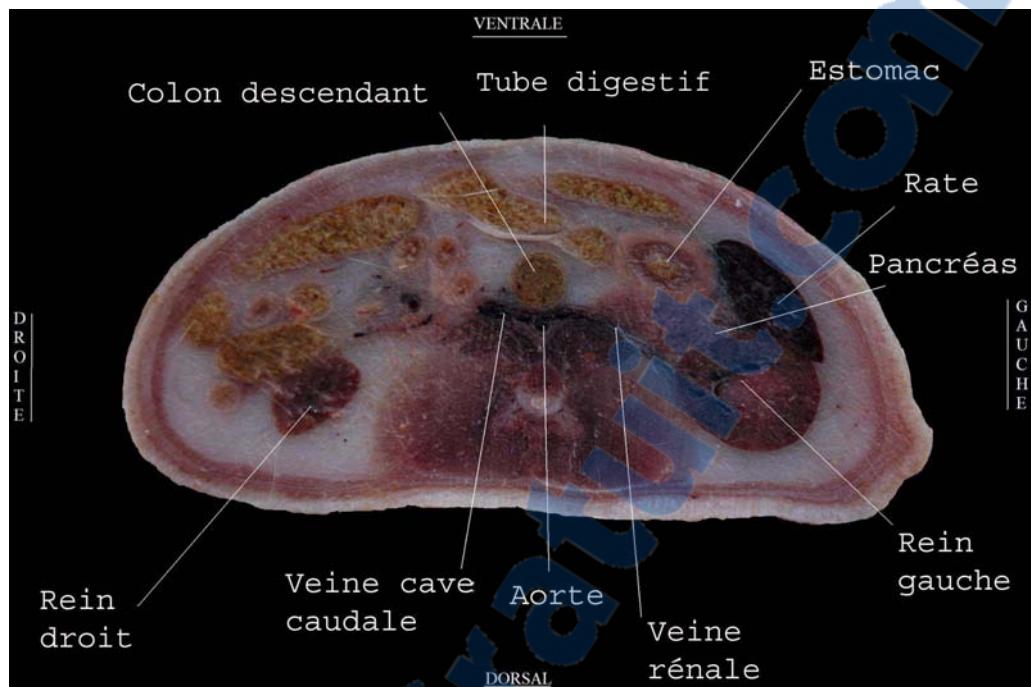


Figure 13 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le caecum et les deux reins

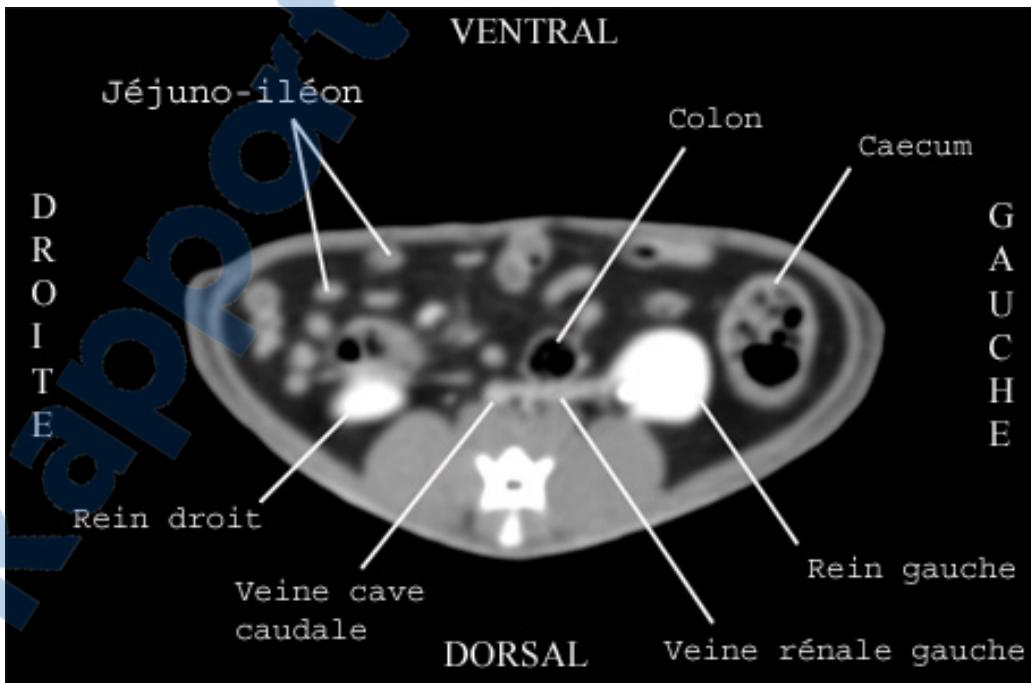


Figure 14 : Coupe anatomique transversale passant par le caecum et une des glandes vésiculaires

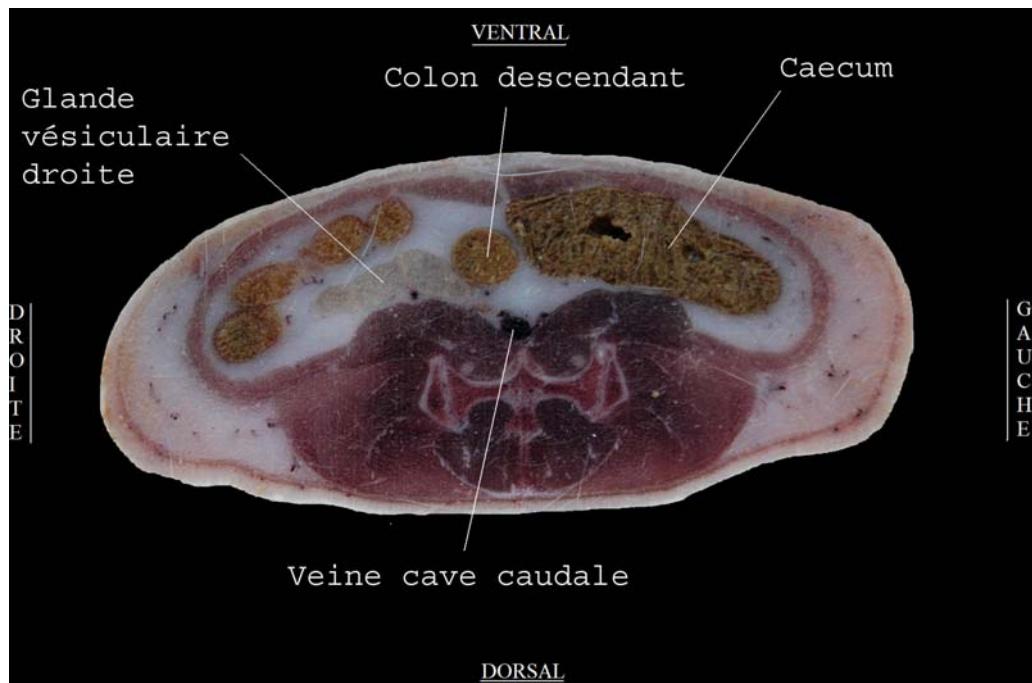


Figure 15 : Coupe tomodensitométrique transversale passant par le caecum

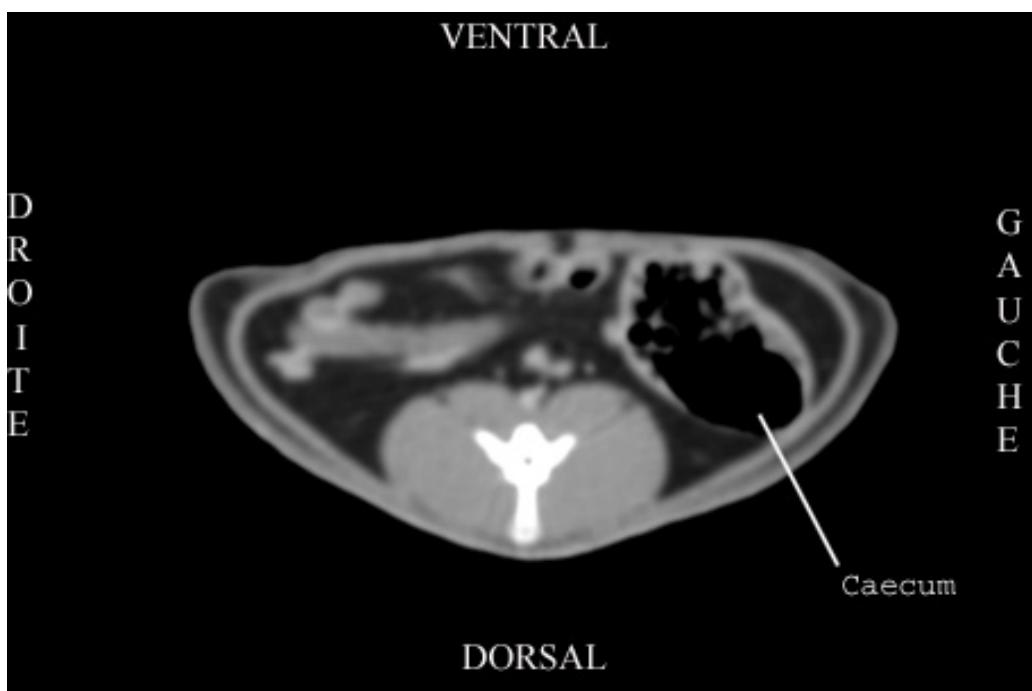
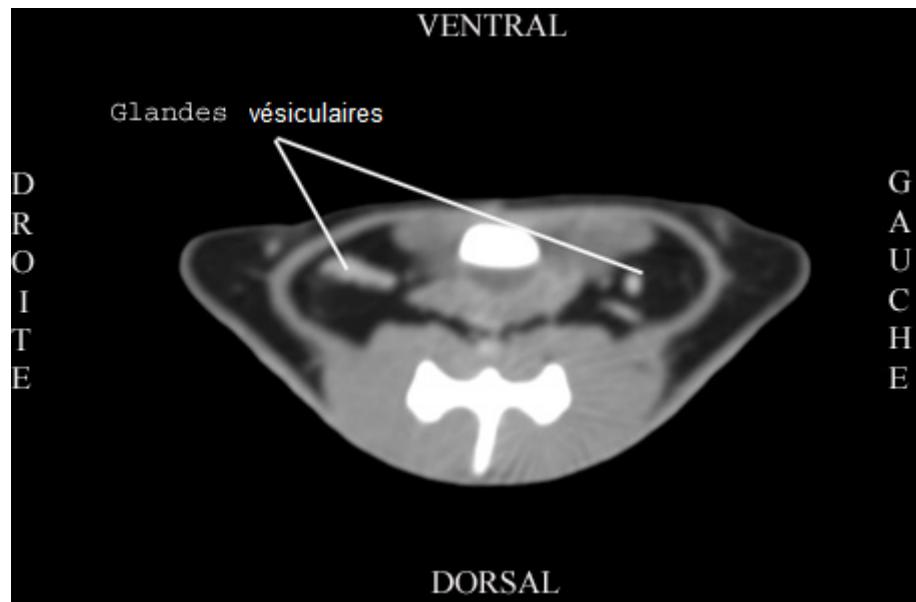


Figure 16 : Coupe tomodensitométrique transversale de l'abdomen caudal passant par les deux glandes séminales



2-1-2 Coupes longitudinales

Figure 17 : Coupe anatomique longitudinale médiane

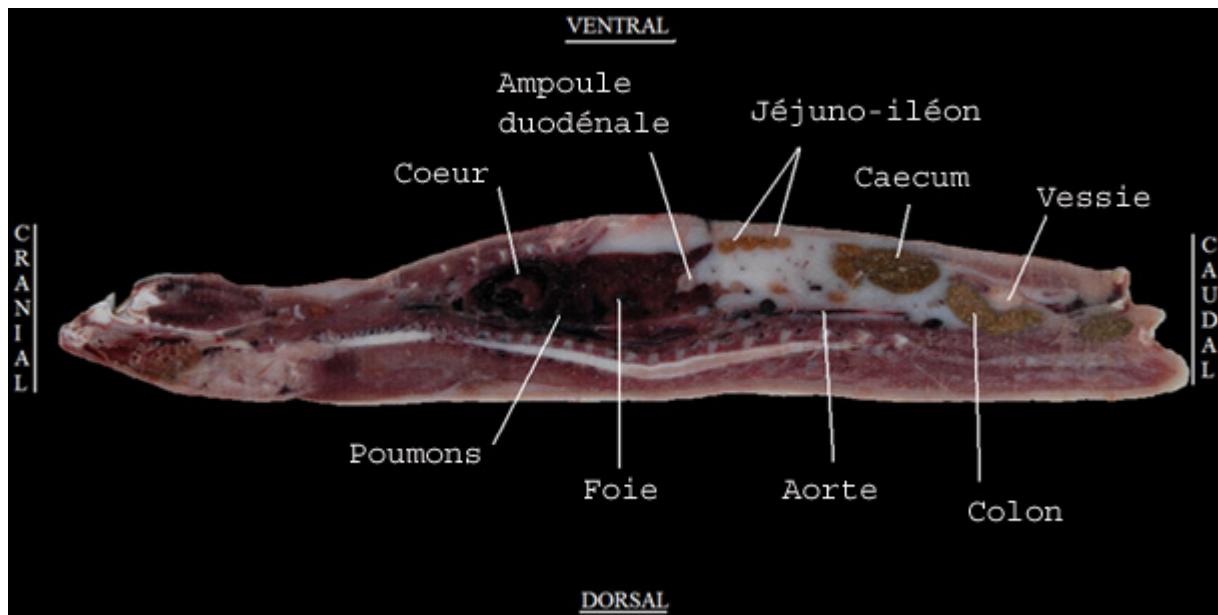


Figure 18 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 1

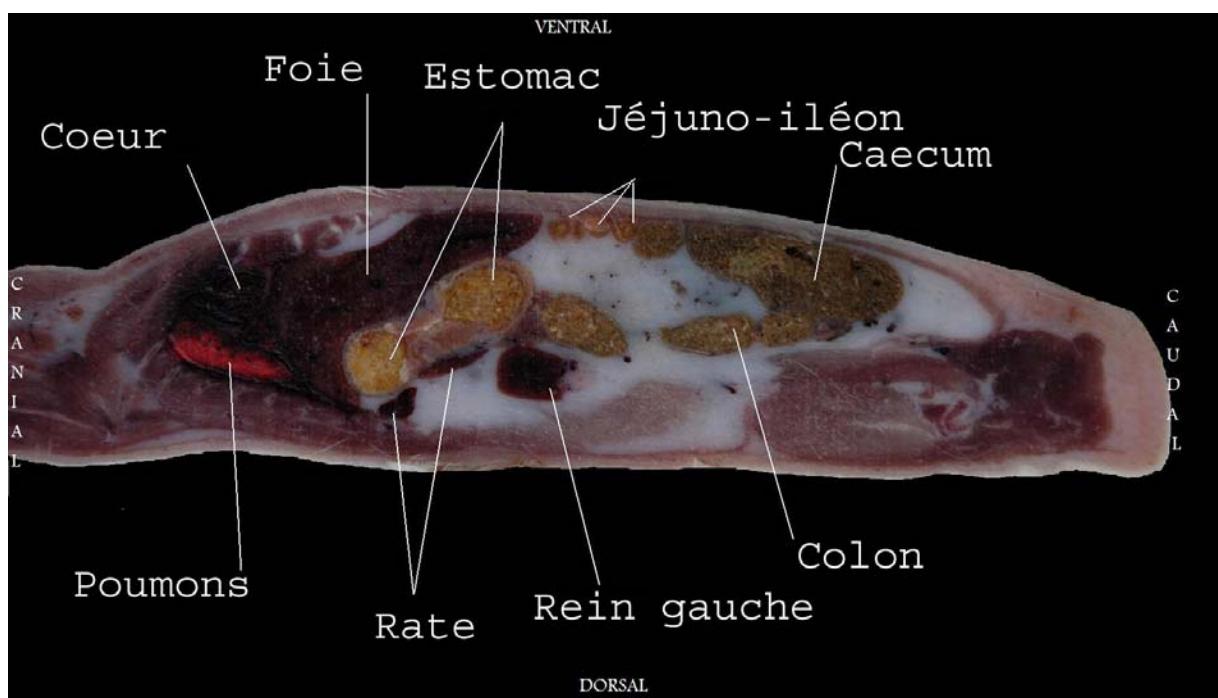


Figure 19 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 2

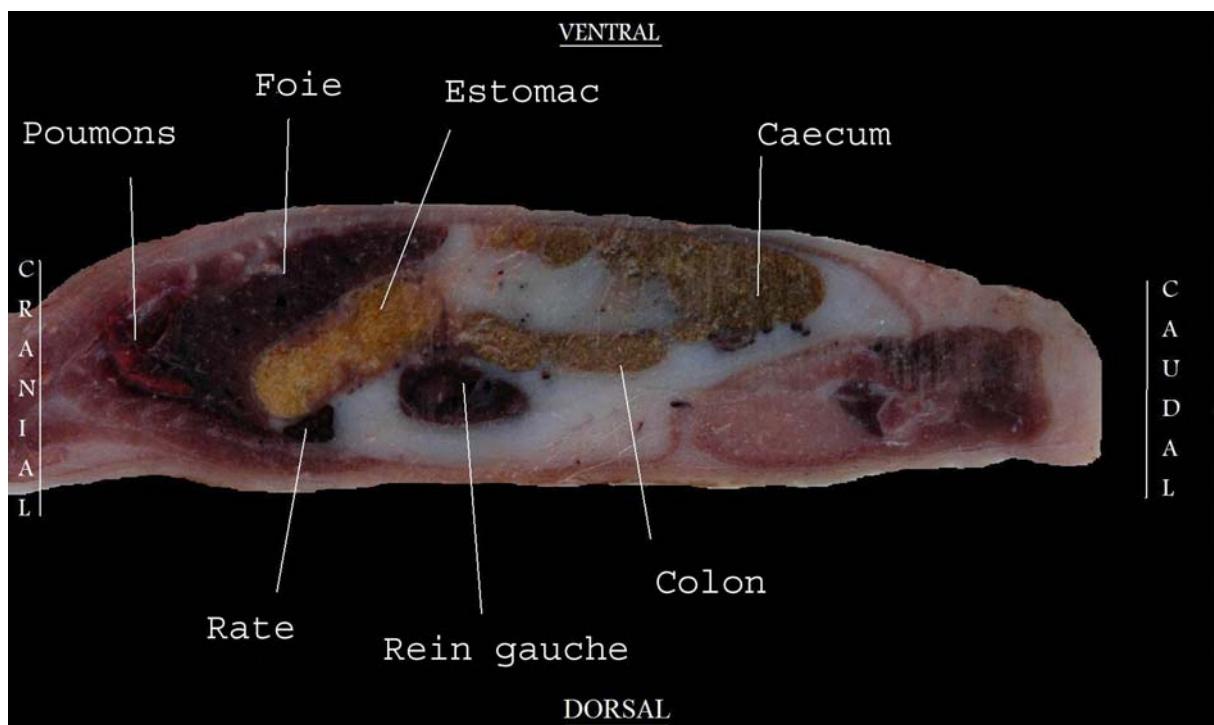


Figure 20 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche 3

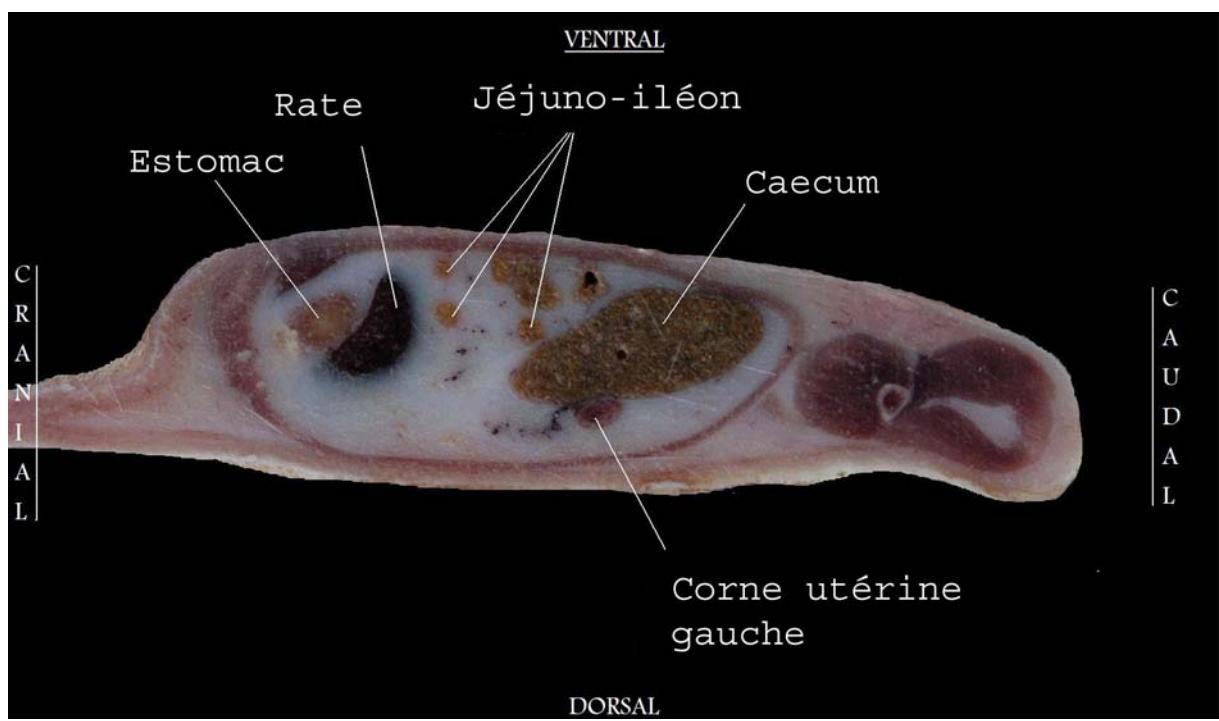


Figure 21 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane gauche

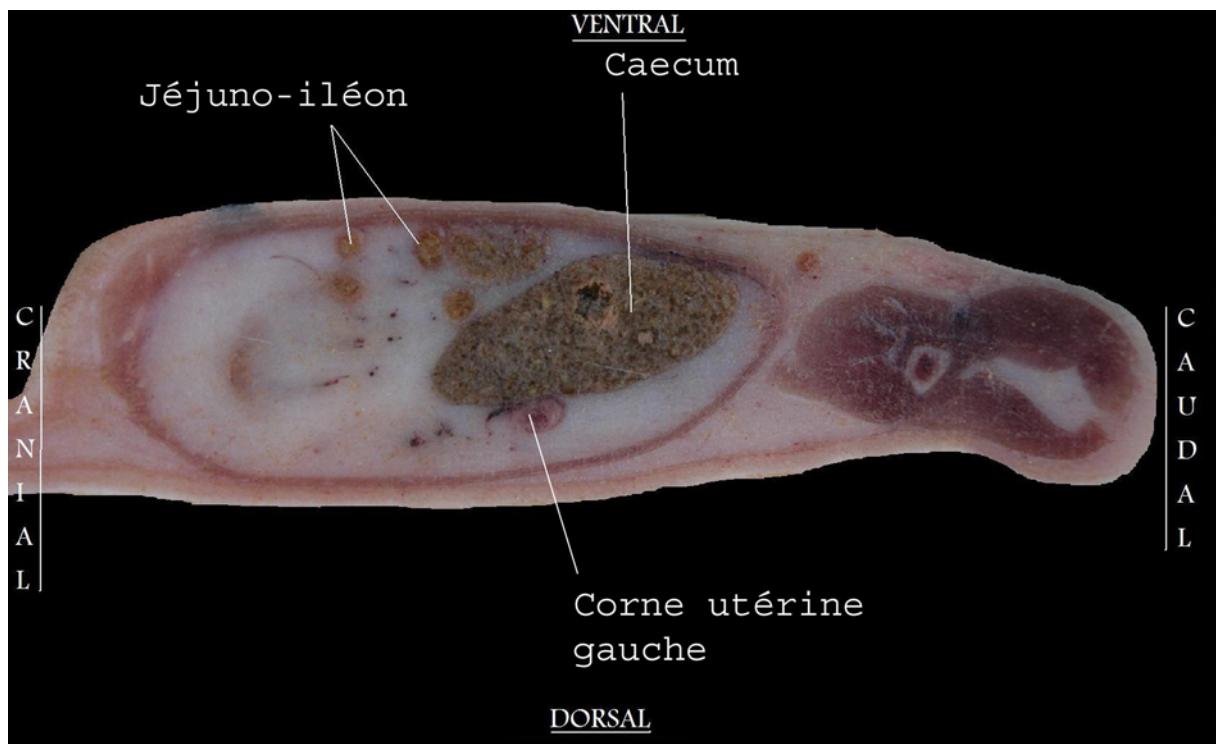


Figure 22 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane droite 1

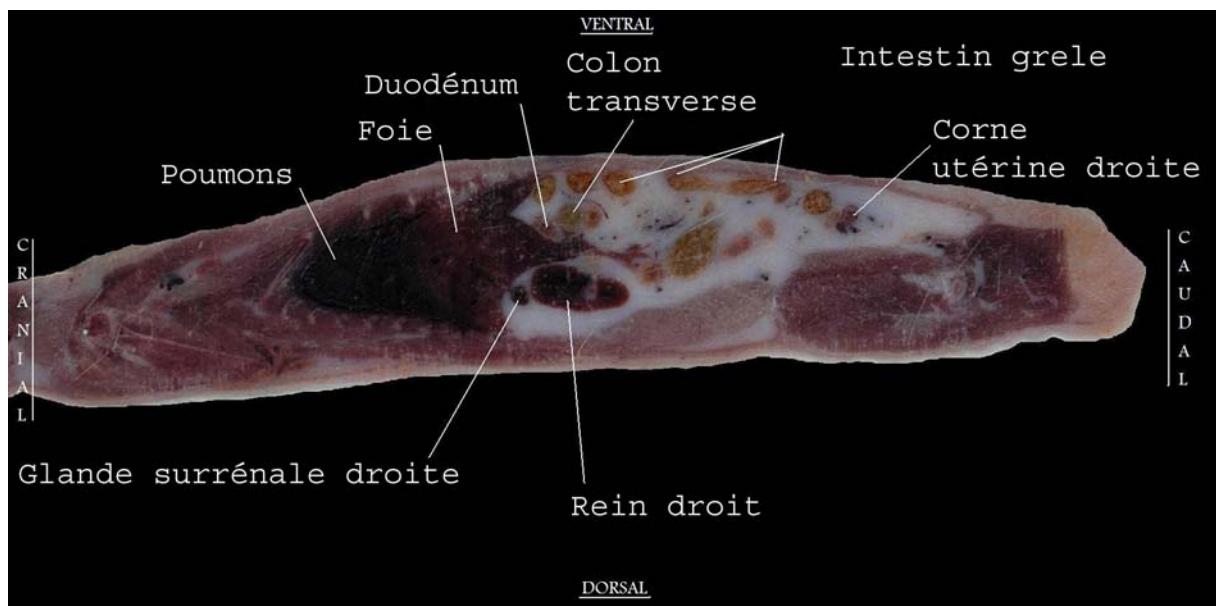
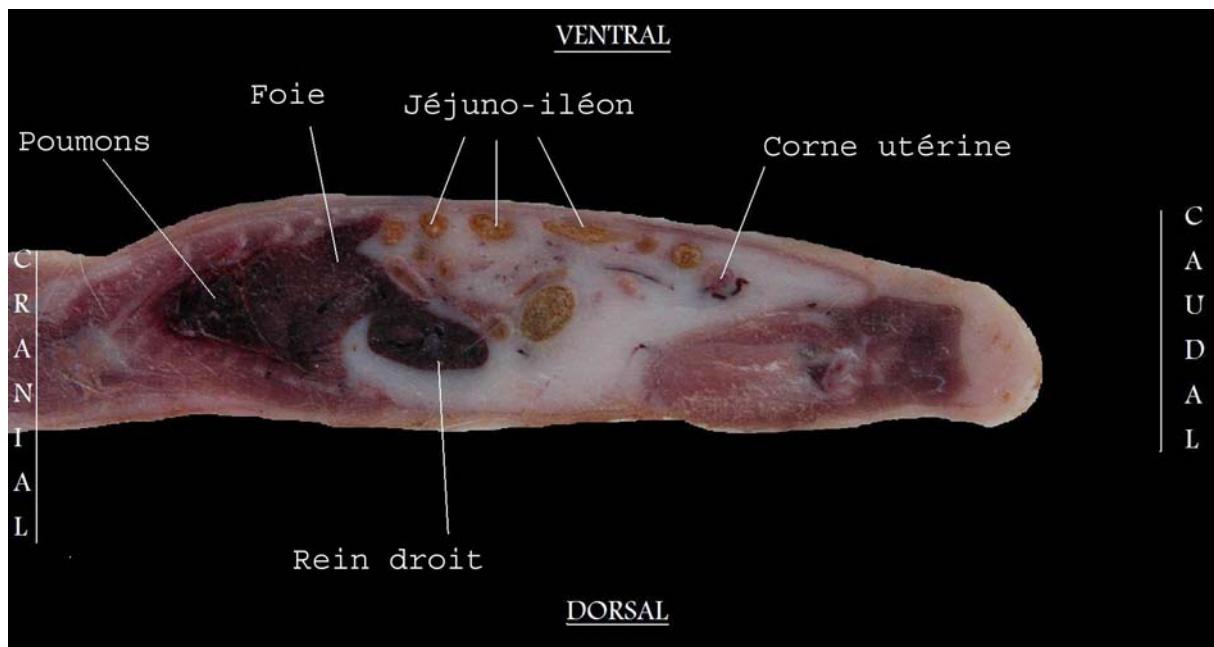


Figure 23 : Coupe anatomique longitudinale paramédiane droite 2



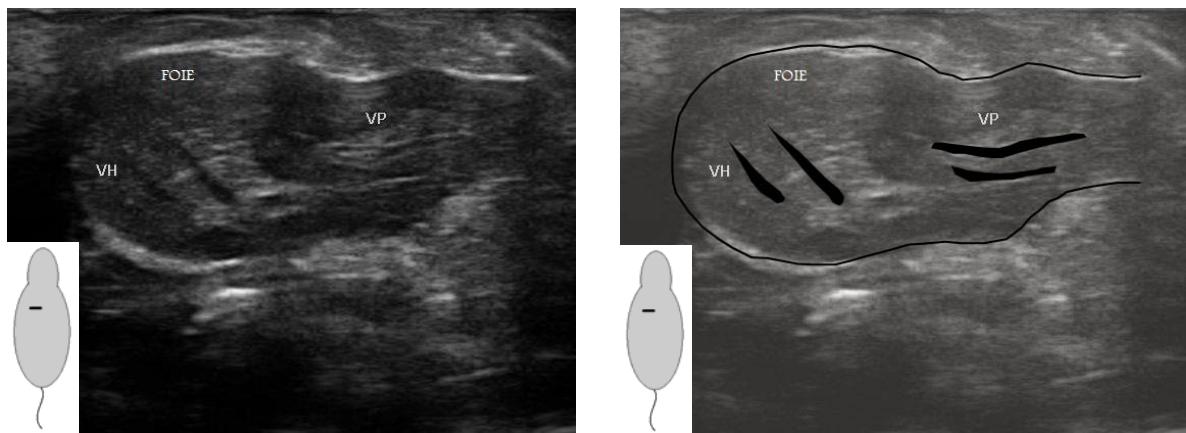
2-2 Etude échographique

Le foie, le conduit cholédoque, la veine porte, la veine cave caudale, l'aorte, la rate, les reins, la vessie, le duodénum, l'estomac, les glandes surrénales et l'appareil génital sont identifiés. Les mesures sont réalisées sur l'ensemble de ces organes sauf pour le foie, le conduit cholédoque et l'appareil génital. Pour chaque organe, sont d'abord présentés les images puis les moyennes des mesures, les écarts-types, les intervalles de confiance, les variabilités inter et intra-individuelles. Afin de faciliter la compréhension des coupes échographiques, des coupes anatomiques sont présentées conjointement. Chaque image est complétée d'un schéma situant la localisation de la coupe.

2-2-1 Le foie

La face viscérale du foie est en contact avec l'estomac, le duodénum descendant, le côlon transverse, le jéjunum et la rate (O'Malley, 2005). Le processus caudé du lobe caudé est en contact avec le pôle crânial du rein droit et la glande surrénale droite. Le parenchyme hépatique est homogène, discrètement granuleux, de même échogénicité que le cortex rénal droit (cf. figure 24). Le parenchyme est parcouru par des structures tubulaires anéchogènes correspondant aux ramifications portes et aux veines hépatiques. Les veines hépatiques ont leur trajet globalement rectiligne. Les ramifications portes sont issues de la veine porte, au niveau du hile du foie. Leur trajet est plutôt sinueux. On les différencie des veines hépatiques par leurs interfaces hyperéchogènes.

Figure 24 : Image échographique du foie en coupe transversale

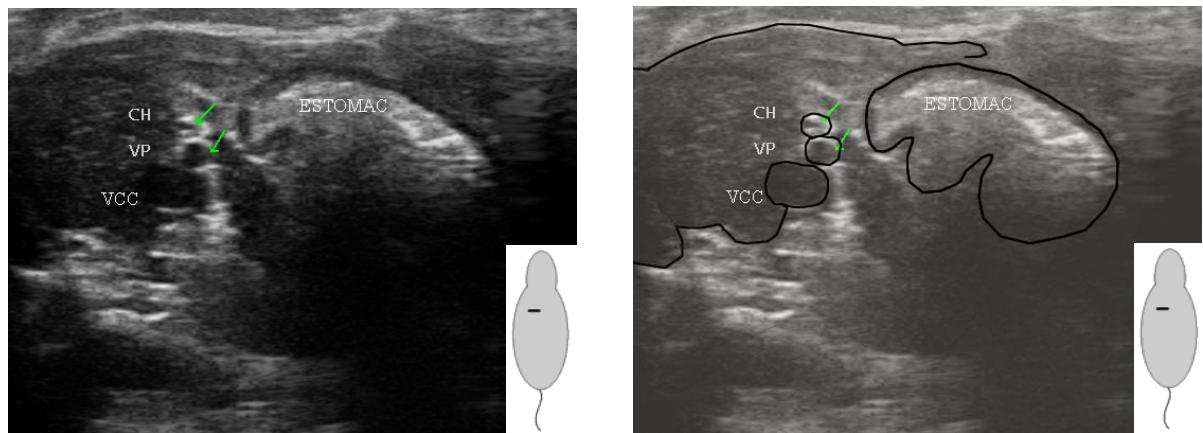


VH : Veine hépatique, VP : Veine porte.

2-2-2 Le conduit cholédoque

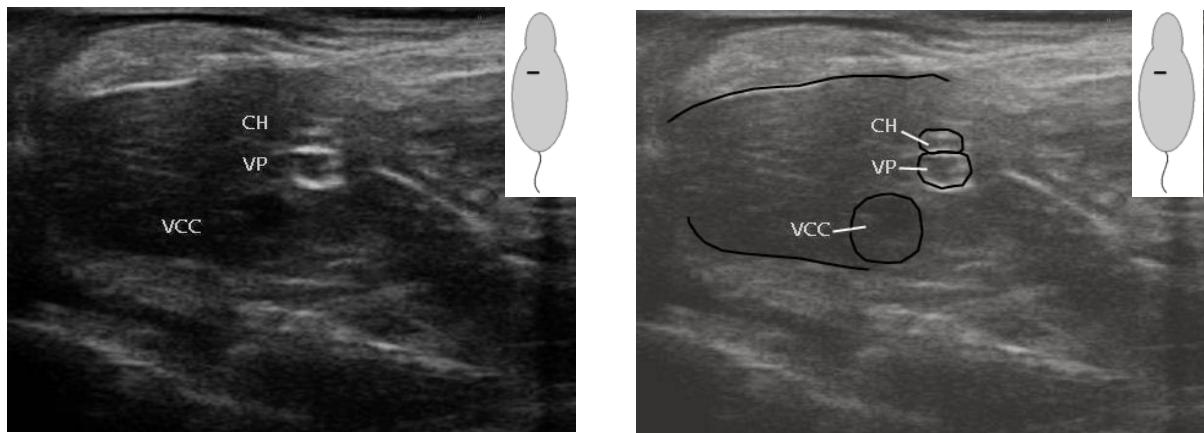
Le conduit cholédoque n'a pas pu être échographié sur tous les sujets. La taille de l'échantillon étant alors insuffisante, aucune moyenne n'a été calculée. Le conduit cholédoque apparaît comme une structure tubulaire anéchogène, intra-hépatique, ventrale à la veine porte (cf. figure 25 à 27). Son contour est hyperéchogène.

Figure 25 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale en coupe transversale



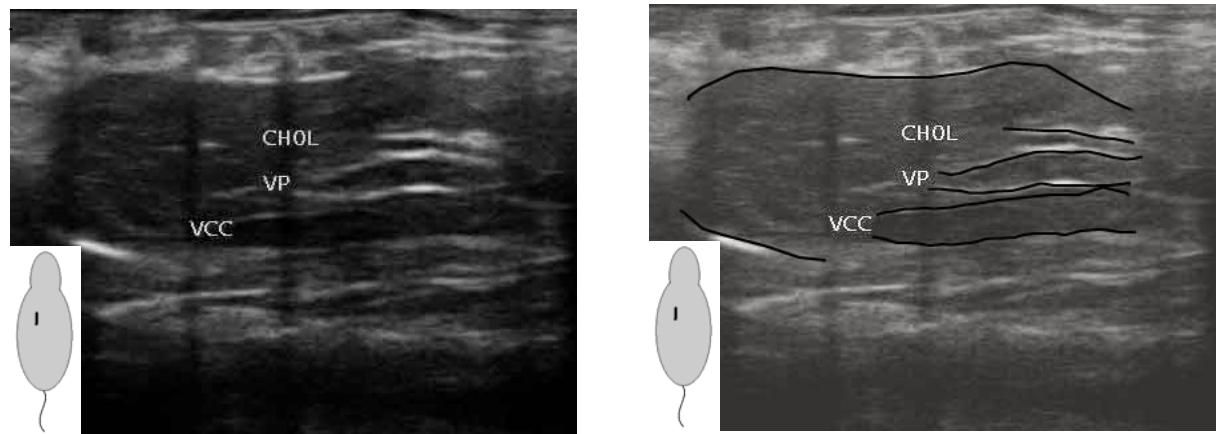
CH : Conduit cholédoque, VP : Veine porte, VCC : Veine cave caudale

Figure 26 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale en coupe transversale



CH : Conduit cholédoque, VP : Veine porte, VCC : Veine cave caudale

Figure 27 : Image échographique du conduit cholédoque, de la veine porte et de la veine cave caudale, en coupe longitudinale



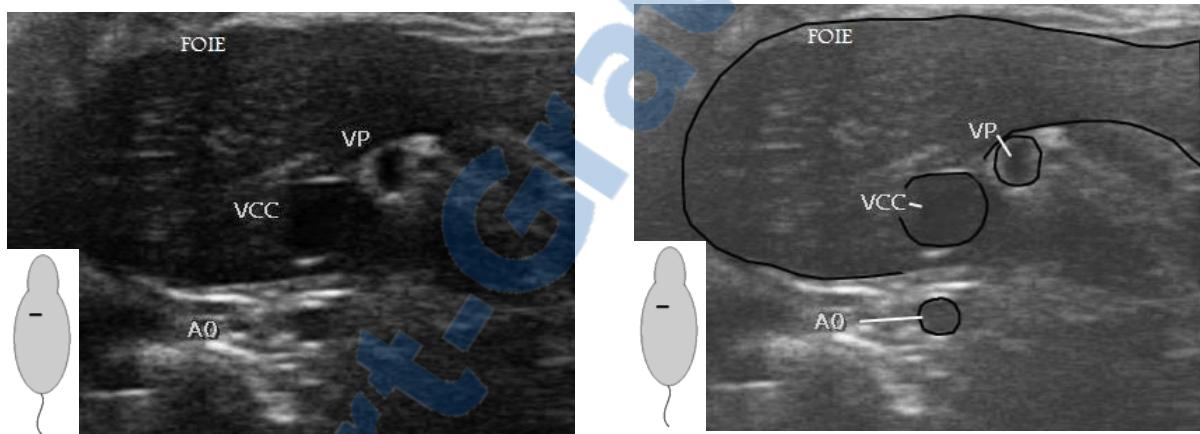
CHOL : conduit cholédoque, VP : Veine porte, VCC : Veine cave caudale.

2-2-3 La veine porte

2-2-3-1 Images échographiques normales de la veine porte

La veine porte est ventrale à la veine cave caudale. Elle apparaît comme une structure tubulaire anéchogène (cf. figure 28). L'interface entre sa paroi et le parenchyme hépatique est hyperéchogène au foie.

Figure 28 : Image échographique de la veine porte, de la veine cave caudale et de l'aorte en coupe transversale



VP : Veine porte, VCC : Veine cave caudale, AO : Aorte.

2-2-3-2 Mesures (cf. tableaux 2 et 3)

En coupe transversale, le diamètre de la veine porte des mâles est de $0,19 \pm 0,2$ cm et de $0,17 \pm 0,2$ cm pour les femelles. En coupe transversale, le diamètre de la veine porte des mâles est significativement supérieur à celui des femelles ($p < 0,05$). Cependant, aucune différence significative entre les deux sexes n'est établie pour les mesures réalisées en coupe longitudinale ($p > 0,05$). Il n'existe pas de différence significative entre les mesures réalisées en coupe transversale et longitudinale ($p > 0,05$).

Les variations inter-individuelles (VIE) en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 6,32 % et de 11,52 % chez les mâles et de 7,59 % et de 11,46 % chez les femelles. Les variations intra-individuelles (VIA) en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 4,48 % et de 2,06 % chez les mâles et de 4,76 % et de 3,53 % chez les femelles. Elles sont relativement faibles, ce qui indique une bonne répétabilité des mesures échographiques pour la veine porte.

Il n'existe pas de différence significative entre les mesures anatomiques et échographiques.

Tableau 2 : Mesures du diamètre de la veine porte des mâles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	10	10	8
Moyenne (cm)	0,18	0,19	0,18
ET (cm)	0,01	0,02	0,04
IC (cm)	0,17-0,19	0,17-0,21	0,14-0,22
VIE (cm)	0,01 (6,32 %)	0,01 (11,52 %)	0,04 (23,16 %)
VIA (cm)	0,01 (4,48 %)	0,00 (2,06 %)	0,01 (3,83 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

Tableau 3 : Mesures du diamètre de la veine porte chez les femelles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	20	20	17
Moyenne (cm)	0,17	0,17	0,16
ET (cm)	0,01	0,02	0,03
IC (cm)	0,16-0,18	0,15-0,19	0,13-0,19
VIE (cm)	0,01 (7,59 %)	0,02 (11,46 %)	0,03 (17,66 %)
VIA (cm)	0,01 (4,76 %)	0,01 (3,53 %)	0,01 (5,42 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

2-2-4 La veine cave caudale

2-2-4-1 Images échographiques normales de la veine cave caudale

La veine cave caudale est dorsale à la veine porte et ventrale à l'aorte. Elle est située à droite de cette dernière. Elle apparaît comme une structure tubulaire au contenu anéchogène, délimitée par un liseré hyperéchogène (cf. figure 29 et 30). Elle se différencie des autres vaisseaux, d'une part par sa position anatomique et d'autre part par son calibre. Son diamètre varie avec les phases de la respiration : il diminue lors de l'expiration et augmente lors de l'inspiration. La pression de la sonde sur l'abdomen le fait également diminuer. La veine cave caudale présente un diamètre variable, plus large dans sa portion intra hépatique.

Figure 29 : Image échographique de la veine cave caudale en coupe transversale au niveau du foie

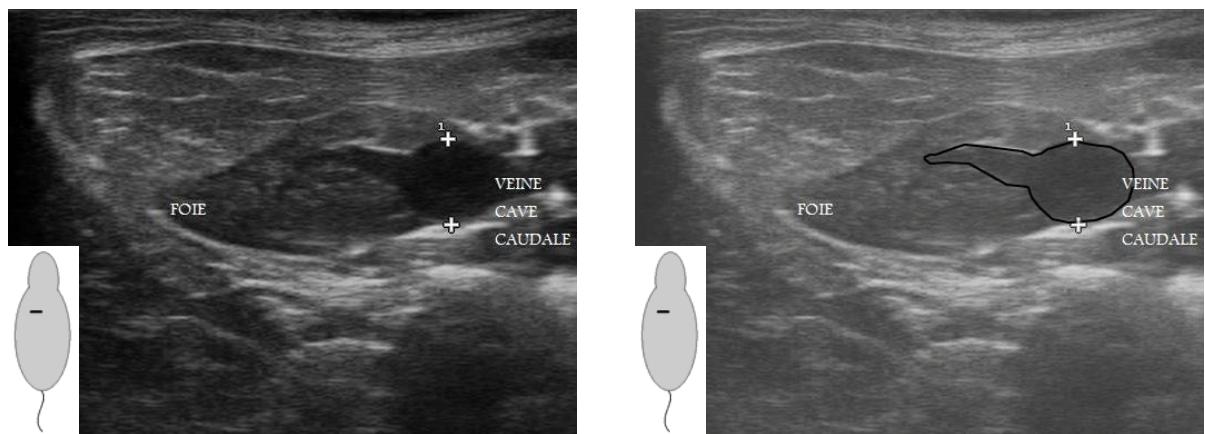
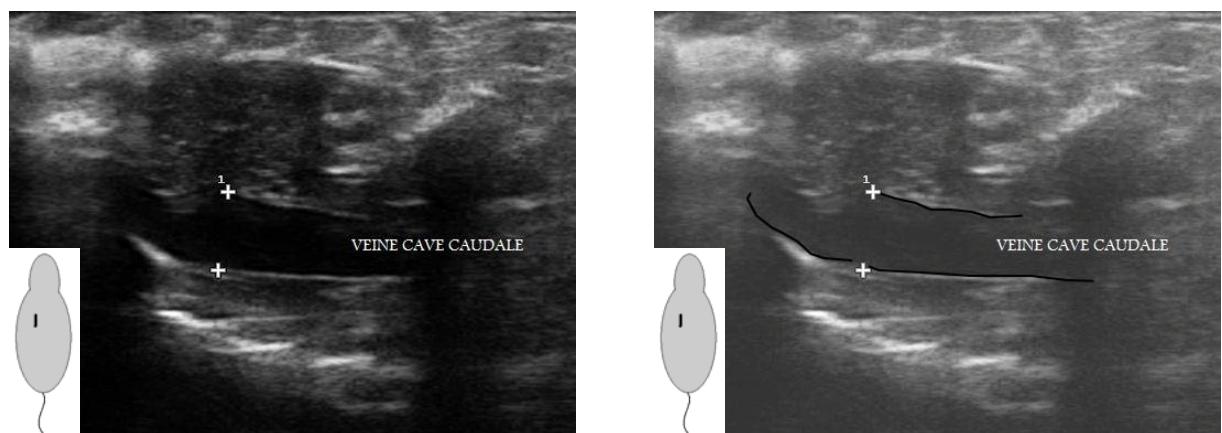


Figure 30 : Image échographique de la veine cave caudale en coupe longitudinale



2-2-4-2 Mesures (cf. tableaux 4 et 5)

En coupe transversale, au plus près du foie, le diamètre de la veine cave caudale des mâles est de $0,47 \pm 0,07$ cm et de $0,39 \pm 0,06$ cm pour les femelles. Le diamètre de la veine cave caudale des mâles est significativement supérieur à celui des femelles ($p < 0,05$).

Il n'existe pas de différence significative de diamètre entre les mesures réalisées en coupe transversale et longitudinale.

Les VIE en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 11,80 % et de 14,15 % chez les mâles et de 11,16 % et de 15,05 % chez les femelles. VIA en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 5,4 % et de 5,26 % chez les mâles et de 4,31 % et de 4,66 % chez les femelles. Les VIA des mesures en coupe transversale et longitudinale sont proches et relativement faibles, ce qui indique une bonne répétabilité des mesures échographiques pour la veine cave caudale quelque soit la coupe.

Il n'existe pas de différence significative entre les mesures anatomiques et échographiques ($p > 0,05$) chez les mâles. Une différence (bien que faible : $< 0,5$ mm) est observée chez les femelles.

Tableau 4 : Mesure du diamètre de la veine cave caudale des rats mâles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	10	10	8
Moyenne (cm)	0,50	0,47	0,46
ET (cm)	0,06	0,07	0,06
IC (cm)	0,44-0,56	0,40-0,54	0,40-0,52
VIE (cm)	0,06 (11,80 %)	0,07 (14,15 %)	0,06 (12,85 %)
VIA (cm)	0,03 (5,4 %)	0,02 (5,26 %)	0,01 (3,01 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

Tableau 5 : Mesure du diamètre de la veine cave caudale des rats femelles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	20	20	17
Moyenne (cm)	0,41	0,39	0,43
ET (cm)	0,05	0,06	0,05
IC (cm)	0,36-0,46	0,33-0,45	0,38-0,48
VIE (cm)	0,05 (11,16 %)	0,06 (15,05 %)	0,05 (10,64 %)
VIA (cm)	0,02 (4,31 %)	0,02 (4,66 %)	0,01 (3,01 %)

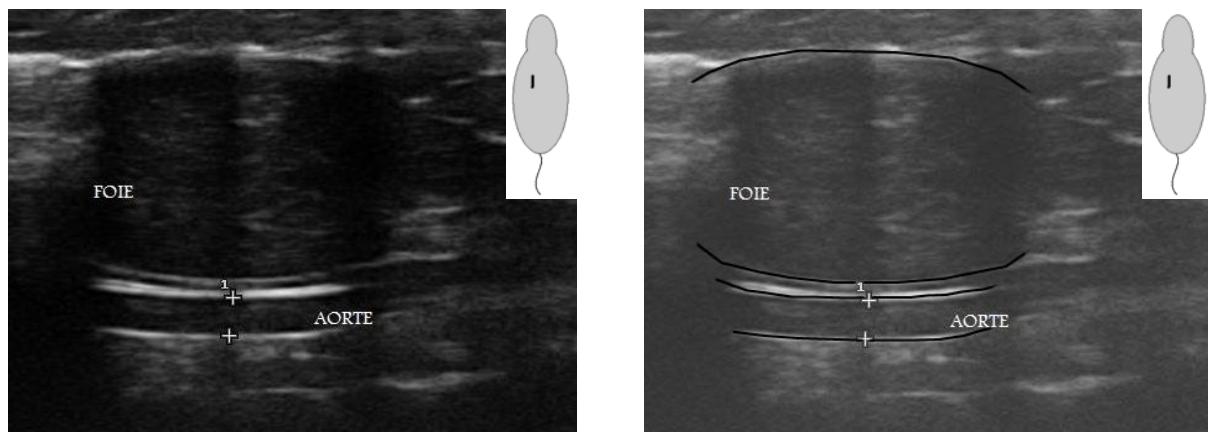
n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

2-2-5 L'aorte

2-2-5-1 Images échographiques de l'aorte

L'aorte est le vaisseau le plus dorsal. Elle est médiale à la veine cave caudale. Elle apparaît comme une structure tubulaire rectiligne anéchogène dont la paroi forme une interface hyperéchogène avec les structures adjacentes (cf. figure 31).

Figure 31 : Image échographique de l'aorte en coupe longitudinale



2-2-5-2 Mesures échographiques de l'aorte (cf. tableaux 6)

En coupe transversale, le diamètre de l'aorte des mâles est de $0,21 \pm 0,02$ cm et de $0,18 \pm 0,02$ cm pour les femelles. Le diamètre de l'aorte des mâles est significativement supérieur à celui des femelles ($p < 0,05$).

Il n'existe pas de différence significative entre les mesures de diamètre réalisées en coupe transversale et longitudinale ($p > 0,05$).

Les VIE en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 8,42 % et de 7,9 % chez les mâles et de 8,48 % et de 8,83 % chez les femelles. Les VIA en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 3,18 % et 4,29 % chez les mâles et de 2,98 % et 2,79 %

chez les femelles. Les VIA des mesures en coupe transversale et longitudinale sont proches et relativement faibles, ce qui indique une bonne répétabilité des mesures échographiques pour l'aorte quelque soit la coupe.

Tableau 6 : Mesures du diamètre de l'aorte abdominale des rats mâles et des femelles

	Echographie des mâles		Echographie des femelles	
	CL	CT	CL	CT
n	10	10	20	20
Moyenne	0,22	0,21	0,18	0,18
ET (cm)	0,02	0,02	0,02	0,02
IC (cm)	0,20-0,24	0,19-0,23	0,16-0,20	0,16-0,20
VIE (cm)	0,02 (8,42 %)	0,02 (7,9 %)	0,02 (8,48 %)	0,02 (8,83 %)
VIA (cm)	0,01 (3,18 %)	0,01 (4,29 %)	0,01 (2,98 %)	0,00 (2,79 %)

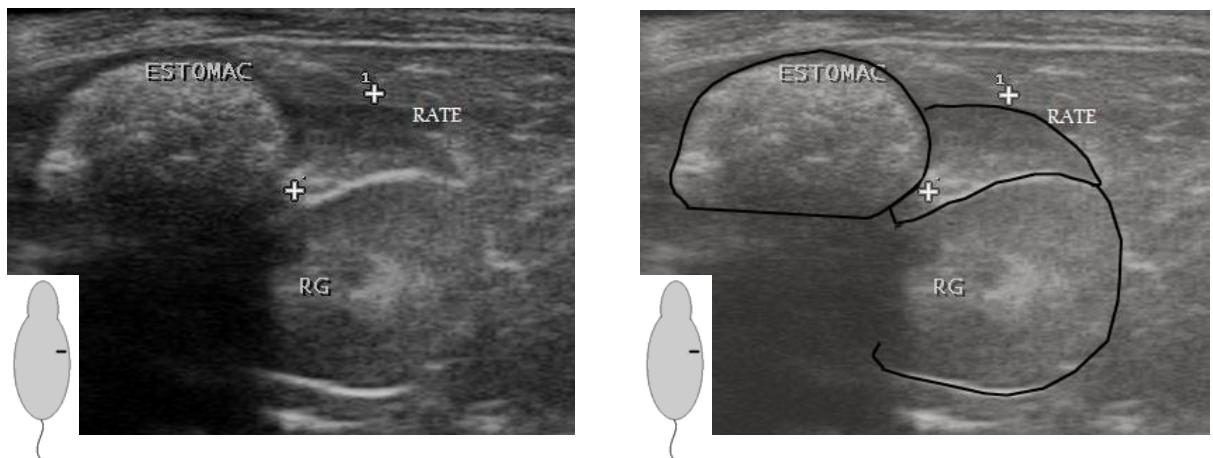
n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

2-2-6 La rate

2-2-6-1 Images échographiques normales de la rate

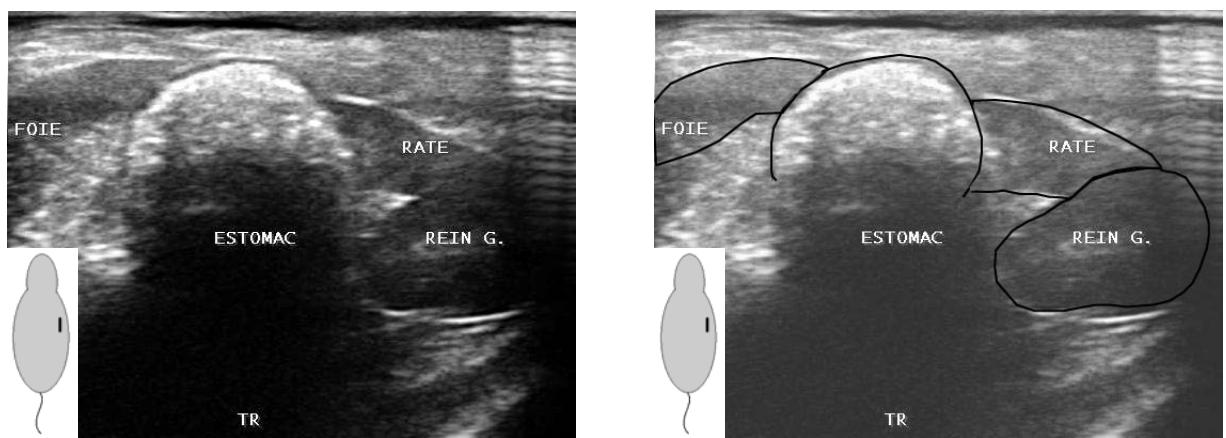
En coupe longitudinale, la rate a un aspect fusiforme. En coupe transversale, elle apparaît comme un triangle, entre l'estomac et le rein gauche. Son parenchyme finement granuleux est isoéchogène au foie et légèrement hyperéchogène au rein gauche (cf. figures 32 à 34).

Figure 32 : Image échographique de la rate en coupe transversale



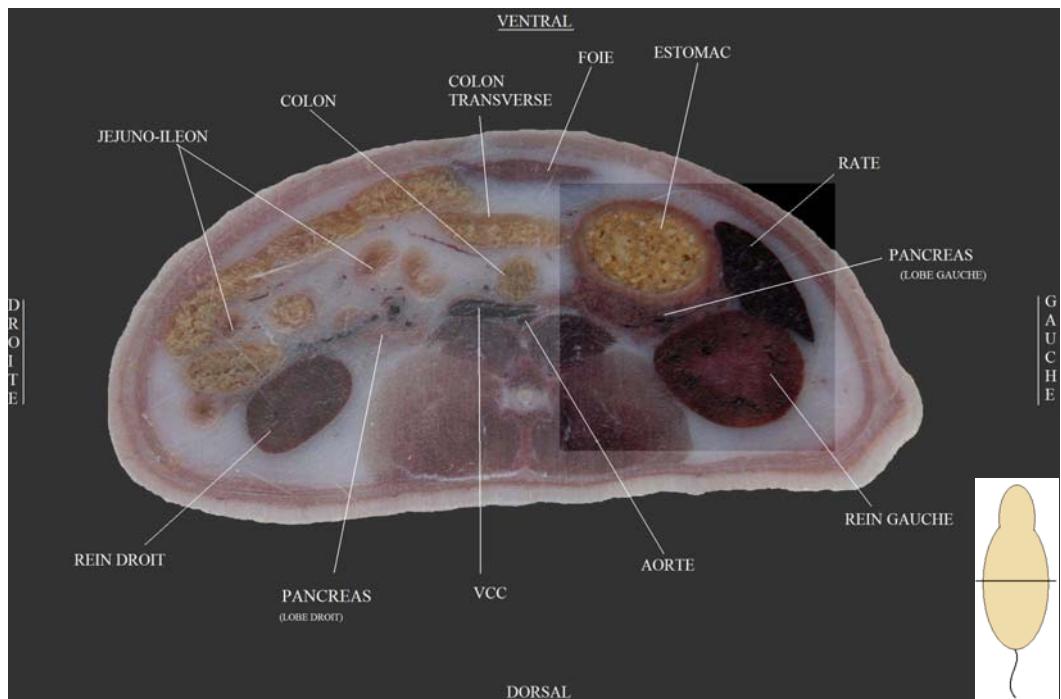
RG : Rein gauche.

Figure 33 : Image échographique de la rate en coupe longitudinale



REIN G : Rein gauche

Figure 34 : Coupe anatomique transversale passant par la rate



2-2-6-2 Mesures échographiques de la rate (cf. tableaux 7 et 8)

La réplétion gastrique était telle chez deux mâles que l'examen de leur rate fut impossible. Ces dernières n'ont donc pas fait l'objet de mesure.

En coupe transversale, l'épaisseur de la rate est de $0,60 \pm 0,08$ cm pour les mâles et de $0,47 \pm 0,05$ cm pour les femelles. Quelque soit la coupe, la rate des mâles est significativement plus épaisse que celle des femelles ($p < 0,05$).

Les VIE en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 13,99 % et de 14,23 % chez les mâles et de 16,72 % et de 9,72 % chez les femelles. Ces coefficients de variations sont relativement élevés. La rate fait partie des organes dont l'épaisseur s'est révélée la plus variable entre les individus. Les VIA en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 3,42 % et de 9,06 % chez les mâles et de 4,71 % et de 5,14 % chez les femelles. Les VIA des mesures en coupe longitudinale sont relativement faibles, ce qui indique une bonne répétabilité des mesures échographiques. Elles sont en revanche plus

élevées en coupe transversale. Cet abord entraîne donc une légère augmentation de la variabilité de la mesure.

Pour les deux sexes, il n'existe pas de différence significative entre les mesures anatomiques et échographiques ($p > 0,05$).

Tableau 7 : Mesures de l'épaisseur de la rate des rats mâles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	8	8	8
Moyenne (cm)	0,60	0,59	0,57
ET (cm)	0,08	0,11	0,09
IC (cm)	0,52-0,68	0,48-0,70	0,48-0,66
VIE (cm)	0,08 (13,99 %)	0,08 (14,23 %)	0,09 (15,27 %)
VIA (cm)	0,02 (3,42 %)	0,05 (9,06 %)	0,02 (3,10 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

Tableau 8 : Mesures de l'épaisseur de la rate des rats femelles

	Echographie		Anatomie
	CL	CT	CT
n	20	20	18
Moyenne (cm)	0,49	0,47	0,48
ET (cm)	0,08	0,05	0,09
IC (cm)	0,41-0,57	0,42-0,52	0,39-0,57
VIE (cm)	0,08 (16,72 %)	0,05 (9,72 %)	0,09 (19,45 %)
VIA (cm)	0,02 (4,71 %)	0,02 (5,14 %)	0,02 (3,21 %)

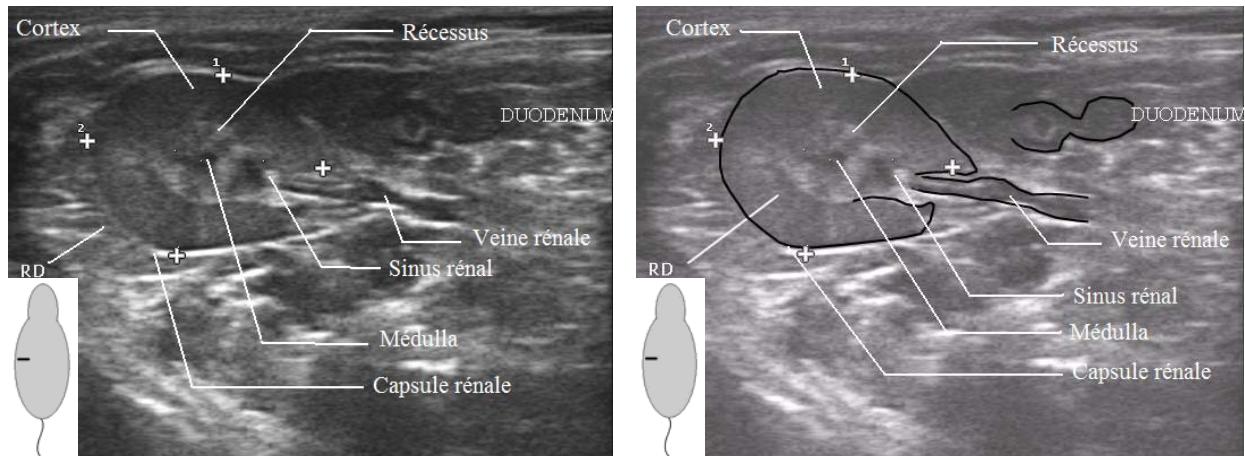
n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

2-2-7 Les reins

2-2-7-1 Images échographiques des reins

Les reins se situent dans l'abdomen moyen. Ils sont en position dorso-latérale. Le rein droit est en contact crânialement avec le processus caudé du lobe caudé du foie et est proche de la glande surrénale droite. Le rein gauche est en contact ventralement avec la rate, et crânialement avec l'estomac. Les deux reins apparaissent comme des structures en forme de haricot, au contour lisse. Lors de plusieurs examens échographiques, le contour du rein droit est apparu irrégulier. Cependant, l'autopsie n'a révélé aucune anomalie de contour de ces reins. Il s'agit donc d'un artéfact. En coupe transversale et longitudinale, on distingue le sinus, les récessus, la médulla, le cortex et la capsule rénale. La médulla est la structure la plus hypoéchogène du rein. L'échogénicité du cortex rénal se rapproche de celle du parenchyme hépatique. Le sinus rénal et les récessus du bassinet sont hyperéchogènes (présence de tissus fibreux et de graisse). La capsule rénale apparaît comme une fine ligne hyperéchogène entourant le rein (cf. figures 35 à 40).

Figure 35 : Image échographique du rein droit en coupe transversale



RD : Rein droit.

Figure 36 : Image échographique du rein droit en coupe longitudinale par abord ventral

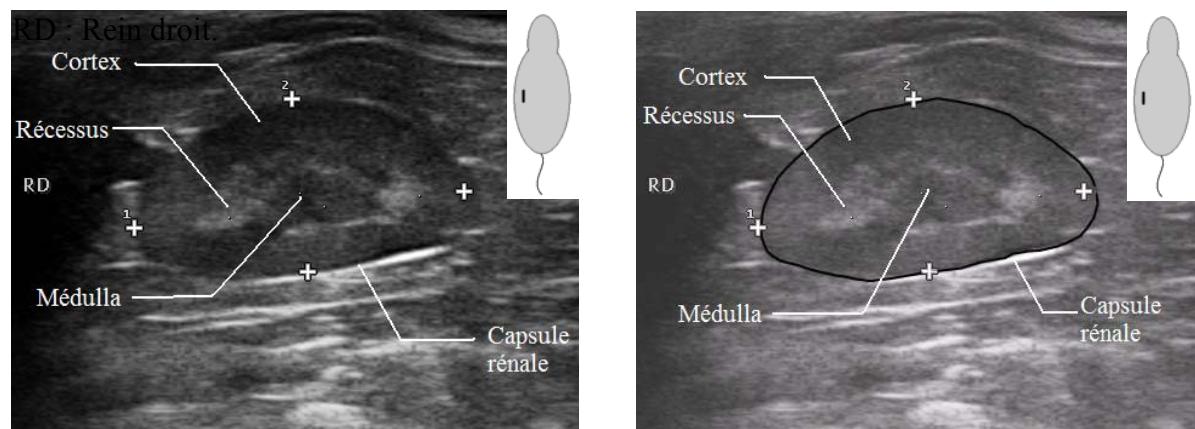


Figure 37 : Image échographique du rein gauche en coupe transversale

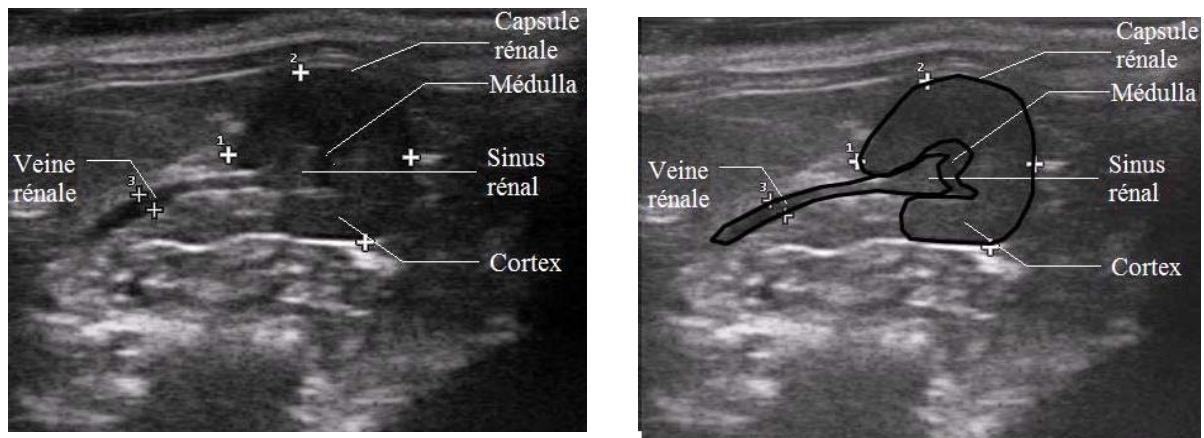


Figure 38 : Image échographique du rein gauche en coupe longitudinale

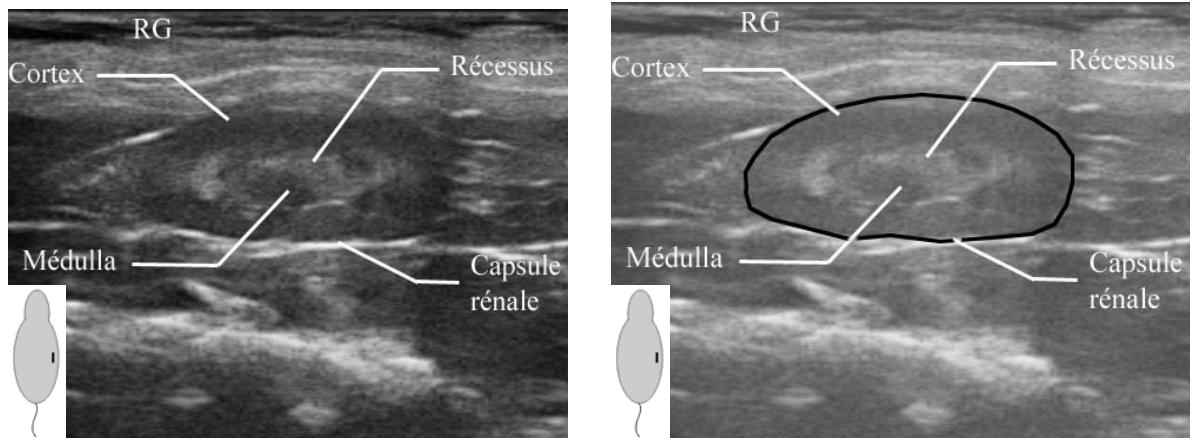


Figure 39 : Coupe anatomique longitudinale passant par le rein droit

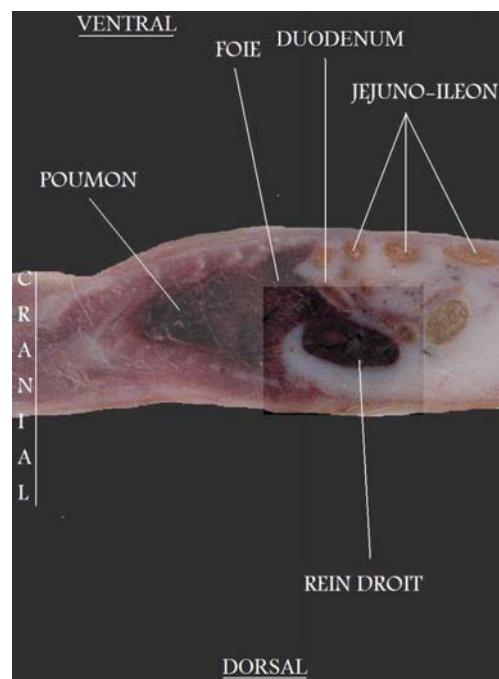
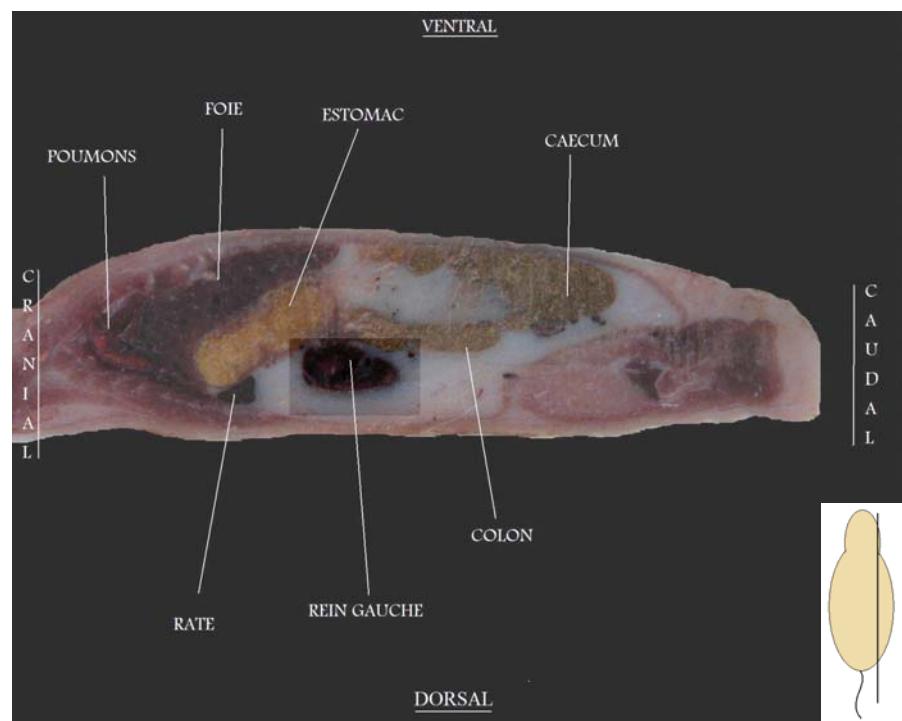


Figure 40 : Coupe anatomique longitudinale passant par le rein gauche



2-2-7-2 Mesures échographiques des reins (cf. tableaux 9 à 12)

Le rein droit des mâles a pour longueur $1,92 \pm 0,8$ cm, pour largeur $1,23 \pm 0,13$ cm et pour épaisseur $0,98 \pm 0,07$ cm. Le rein gauche a pour longueur $1,99 \pm 0,10$ cm, pour largeur $1,14 \pm 0,13$ cm et pour épaisseur $0,99 \pm 0,06$ cm. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures échographiques du rein droit et gauche ($p > 0,05$) et entre les mesures échographiques et anatomiques ($p > 0,05$).

Le rein droit des femelles a pour longueur $1,60 \pm 0,10$ cm, pour largeur $0,94 \pm 0,07$ cm et pour épaisseur $0,84 \pm 0,05$ cm. Le rein gauche a pour longueur $1,59 \pm 0,06$ cm, pour largeur $0,93 \pm 0,09$ cm et pour épaisseur $0,84 \pm 0,06$ cm. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures échographiques du rein droit et gauche ($p > 0,05$) et entre les mesures échographiques et anatomiques ($p > 0,05$), sauf pour la longueur du rein gauche (mesure anatomique plus grande) ($p < 0,05$).

Les reins des mâles sont significativement plus grands que ceux des femelles ($p < 0,05$).

Chez les mâles, les VIE les plus importantes sont celles des mesures des largeurs, 9,25 % pour le rein droit et 10,74 % pour le rein gauche. De même chez les femelles la VIE des mesures des largeurs fait partie des plus grandes : 6,13 % pour le rein droit et 8,03 % pour le rein gauche. Les VIA les plus importantes sont celles des mesures des largeurs, 4,55 % pour le rein droit des mâles, 4,52 % pour le rein gauche, 3,87 % pour le rein droit des femelles et 4,68 % pour le rein gauche. Ces VIA restent relativement faibles, la répétabilité des mesures échographiques est donc bonne.

Tableau 9 : Mesures du rein droit des mâles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie
n	10	8	10	8	10	8
Moyenne (cm)	1,92	1,92	1,23	1,24	0,98	1,01
ET (cm)	0,08	0,08	0,13	0,09	0,07	0,08
IC (cm)	1,84-2,00	1,84-2,00	1,10-1,36	1,15-1,33	0,91-1,05	0,93-1,09
VIE (cm)	0,06 (2,99 %)	0,07 (3,91 %)	0,11 (9,25 %)	0,10 (7,82 %)	0,06 (6,17 %)	0,07 (7,37 %)
VIA (cm)	0,05 (2,64 %)	0,03 (1,33 %)	0,06 (4,55 %)	0,01 (1,01 %)	0,03 (3,20 %)	0,03 (3,09 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle.

Tableau 10 : Mesures du rein gauche des mâles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie
n	10	8	10	8	10	8
M (cm)	1,99	2,06	1,14	1,16	0,99	0,97
ET (cm)	0,10	0,23	0,13	0,09	0,06	0,08
IC (cm)	1,89-2,09	1,83-2,29	1,01-1,27	1,07-1,25	0,93-1,05	0,89-1,05
VIE (cm)	0,09 (4,64 %)	0,16 (7,54 %)	0,12 (10,74 %)	0,09 (7,66 %)	0,05 (5,48 %)	0,08 (7,99 %)
VIA (cm)	0,06 (2,84 %)	0,09 (4,48 %)	0,05 (4,52 %)	0,03 (2,42 %)	0,04 (3,98 %)	0,02 (2,13 %)

n : Nombre de sujet, M : Moyenne, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle.

Tableau 11 : Mesures du rein droit des femelles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie
n	20	18	20	18	20	18
M (cm)	1,60	1,57	0,94	1,01	0,84	0,83
ET (cm)	0,10	0,20	0,07	0,19	0,05	0,06
IC (cm)	1,50-1,70	1,37-1,77	0,87-1,01	0,82-1,20	0,79-0,89	0,77-0,89
VIE (cm)	0,10 (6,16 %)	0,20 (12,89 %)	0,06 (6,13 %)	0,16 (16,12 %)	0,05 (5,98 %)	0,06 (7,32 %)
VIA (cm)	0,03 (1,73 %)	0,02 (1,42 %)	0,04 (3,87 %)	0,05 (4,90 %)	0,02 (2,84 %)	0,02 (2,58 %)

n : Nombre de sujet, M : Moyenne, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle.

Tableau 12 : Mesures du rein gauche des femelles

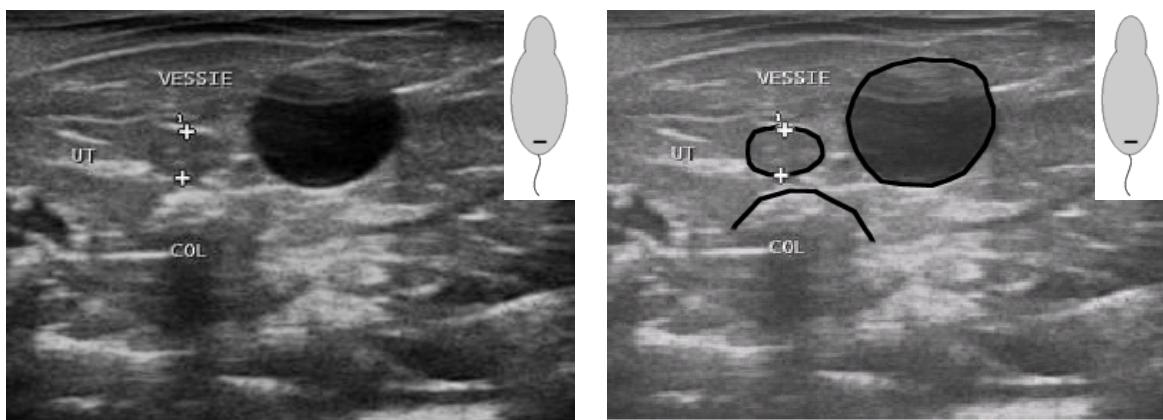
	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie
n	20	18	20	17	20	17
Moyenne	1,59	1,66	0,93	0,95	0,84	0,85
ET (cm)	0,06	0,11	0,09	0,09	0,06	0,07
IC (cm)	1,53-1,65	1,55-1,77	0,84-1,02	0,86-1,04	0,78-0,90	0,78-0,92
VIE (cm)	0,06 (3,49 %)	0,11 (6,69 %)	0,07 (8,03 %)	0,08 (8,91 %)	0,06 (6,61 %)	0,07 (7,97 %)
VIA (cm)	0,02 (1,52 %)	0,02 (1,30 %)	0,04 (4,68 %)	0,03 (3,22 %)	0,02 (2,44 %)	0,02 (2,46 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle.

2-2-8 La vessie

La vessie apparaît comme une structure ronde en coupe transversale et oblongue en coupe longitudinale. Sa paroi est fine, hyperéchogène, on ne distingue pas de couche (cf. figure 41). Le contenu de la vessie est anéchogène de type liquide. La taille de la vessie variant en fonction de son état de réplétion, elle n'a pas été mesurée.

Figure 41 : Image échographique de la vessie pleine, en coupe transversale



UT : Utérus, COL : côlon.

2-2-9 L'estomac

Aucune mesure n'a été effectuée sur l'estomac. Toutefois des images ont été recueillies.

L'estomac est situé dans la partie crâniale gauche de l'abdomen. Suivant l'état de réplétion gastrique on distingue des plis de la muqueuse. La paroi apparaît hypoéchogène. Le contenu gastrique est hyperéchogène hétérogène et produit un large cône d'ombre (cf. figures 42 à 44).

Figure 42 : Image échographique de l'estomac, du pylore et du duodénum, en coupe transversale

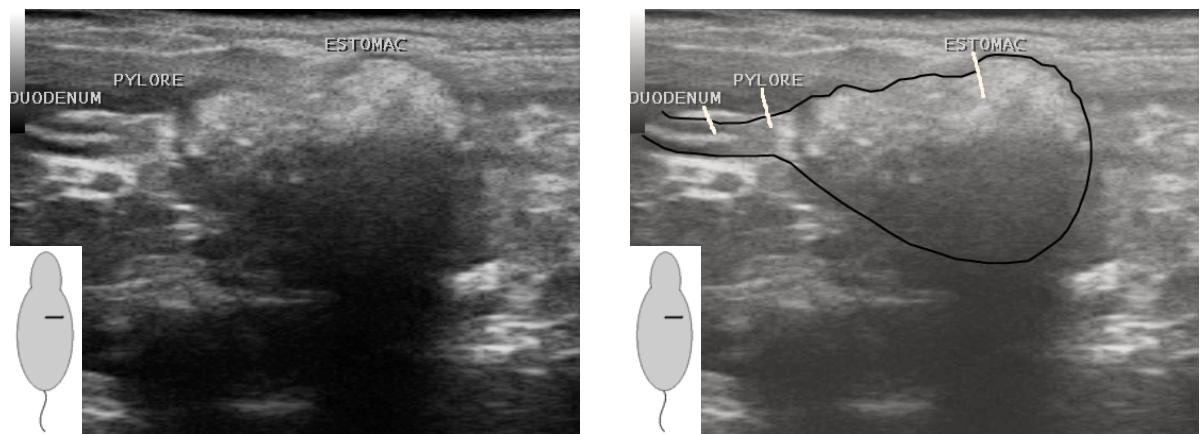


Figure 43 : Image échographique de l'estomac, en coupe longitudinale gauche

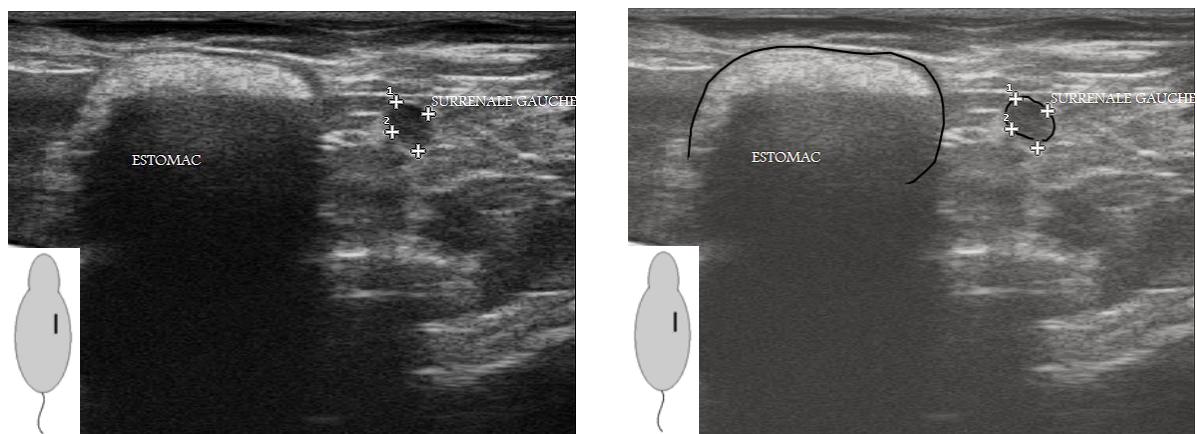
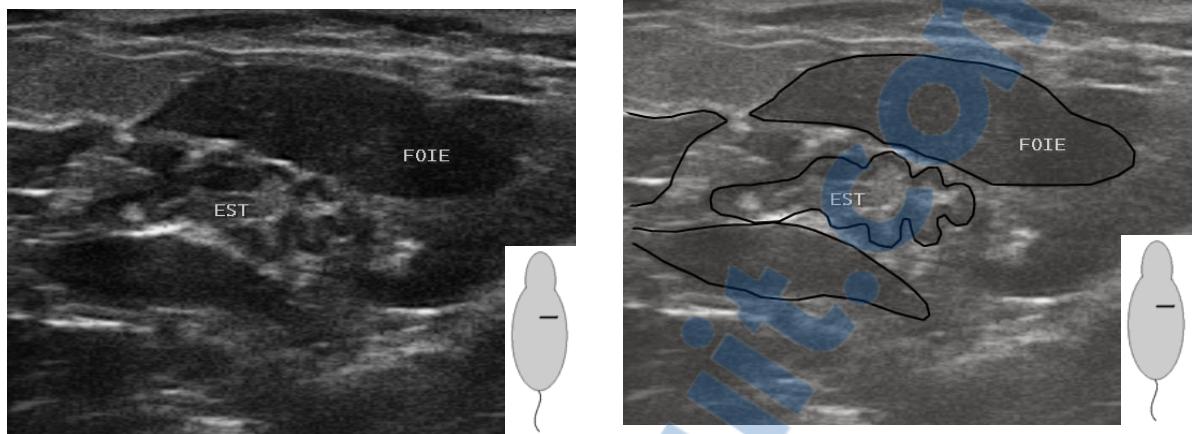


Figure 44 : Image échographique de l'estomac en coupe transversale gauche de l'abdomen crânial



EST : Estomac.

2-2-10 Le duodénum

2-2-10-1 Images échographiques normales du duodénum

Le duodénum apparaît comme une structure tubulaire, de diamètre variable suivant les ondes péristaltiques (cf. figure 45 à 48). Deux couches se distinguent. Une couche externe hyperéchogène où se confondent la sous-séreuse, la séreuse, la muscleuse et la sous muqueuse. Une couche interne hypoéchogène correspondant à la muqueuse. La lumière apparaît hyperéchogène (cf. figure 49).

Figure 45 : Image échographique du duodénum en coupe longitudinale

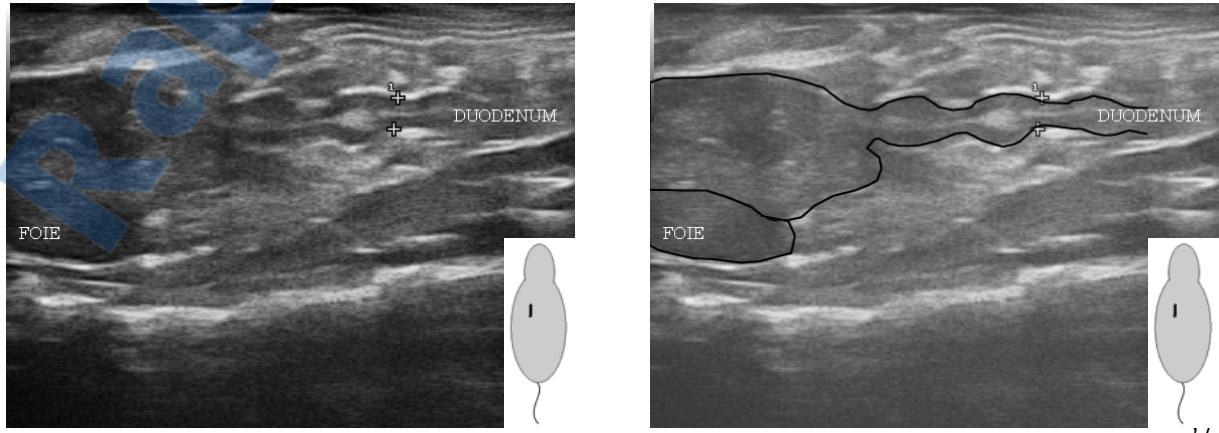


Figure 46 : Image échographique de l'ampoule duodénale en coupe longitudinale

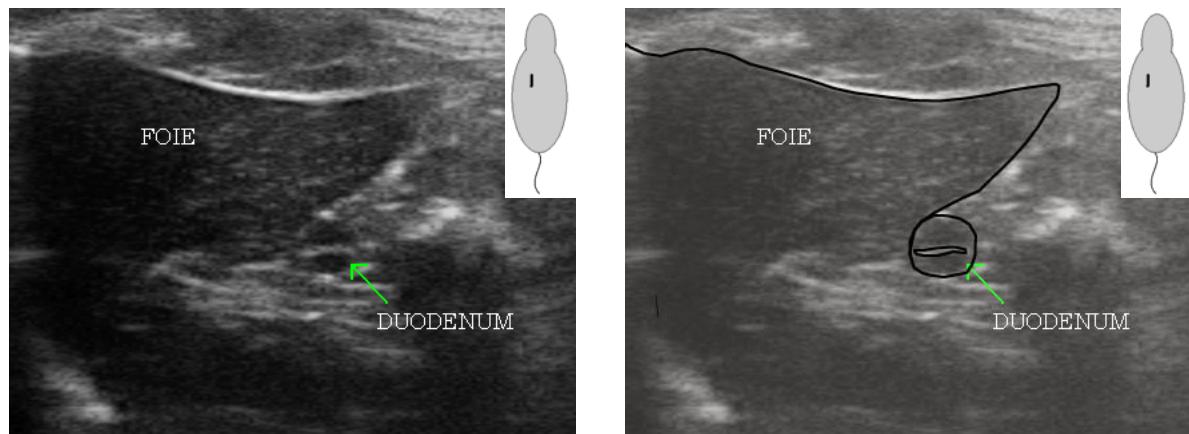


Figure 47 : Image échographique de l'ampoule duodénale en coupe transversale

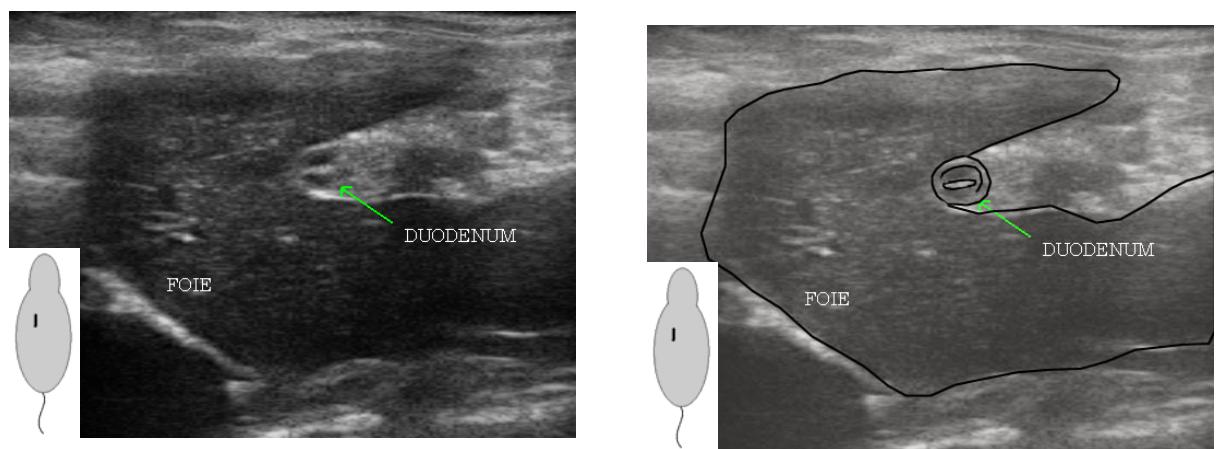
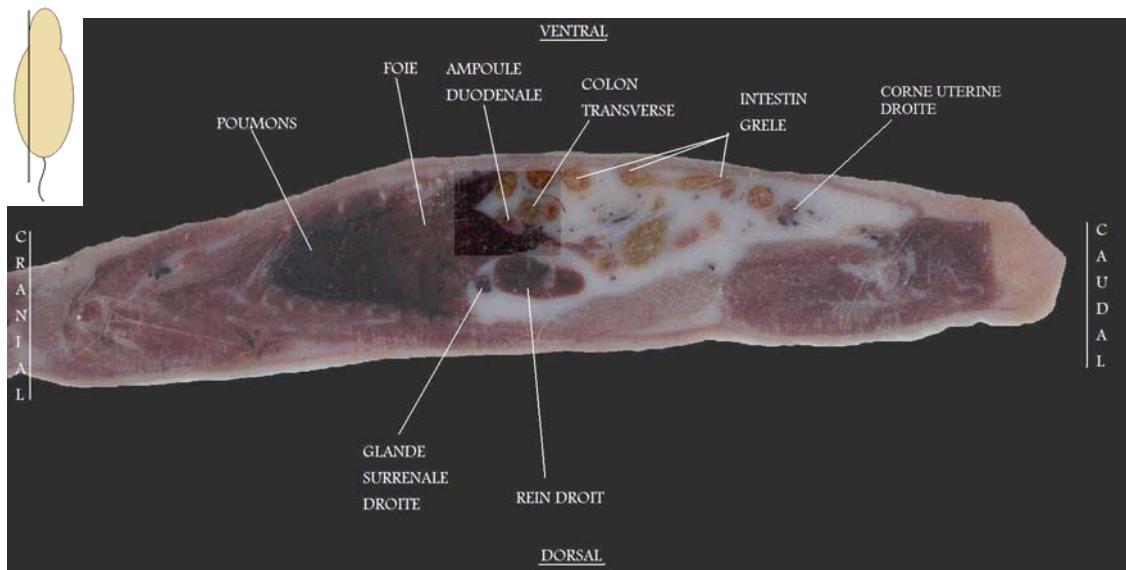


Figure 48 : Coupe anatomique longitudinale passant par l'ampoule duodénale



2-2-10-2 Mesures échographiques du duodénum (cf. tableaux 13 et 14)

Le diamètre du duodénum en coupe transversale est de $0,28 \pm 0,03$ cm pour les mâles et de $0,27 \pm 0,05$ cm pour les femelles. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures des deux sexes ($p > 0,05$). Il existe une différence significative entre les mesures en coupe transversale et longitudinale ($p < 0,05$), le diamètre mesuré en coupe transversale était légèrement supérieur.

La VIE des mesures du diamètre du duodénum en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 18,76 % et 10,43 % pour les mâles et de 12,50 % et 17,69 % pour les femelles. Les VIE sont relativement élevées, traduisant des variations importantes de cette mesure entre les individus. La VIA en coupe longitudinale et transversale est respectivement de 5,78 % et 4,36 % pour les mâles et de 9,33 % et 6,46 % pour les femelles.

La paroi du duodénum en coupe transversale est de $0,13 \pm 0,02$ cm pour les mâles et de $0,13 \pm 0,03$ cm pour les femelles. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures des mâles et des femelles et entre la coupe transversale et longitudinale. Les VIE en

coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 20,80 % et 11,64 % pour les mâles et de 35,5 % et 19,93 % pour les femelles.

Les VIE des mesures de la paroi duodénale sont très importantes, il existe une grande variation de cette mesure entre les différents individus. Les VIA en coupe longitudinale et transversale sont respectivement de 7,42 % et 6,62 % pour les mâles et de 11,23 % et 6,74 %. La VIA semble plus faible en coupe transversale. Les mesures sont donc plus répétables dans cette coupe (au niveau de l'ampoule duodénale).

Tableau 13 : Mesures du duodénum des rats mâles

	Diamètre		Paroi	
	Echographie		Echographie	
	CL	CT	CL	CT
n	10	10	10	10
Moyenne (cm)	0,24	0,28	0,11	0,13
ET (cm)	0,04	0,03	0,02	0,02
IC (cm)	0,20-0,28	0,25-0,31	0,09-0,13	0,11-0,15
VIE (cm)	0,04 (18,67 %)	0,03 (10,43 %)	0,02 (20,80 %)	0,01 (11,64 %)
VIA (cm)	0,01 (5,78 %)	0,01 (4,36 %)	0,01 (7,42 %)	0,01 (6,62 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

Tableau 14 : Mesures du duodénum des rats femelles

	Diamètre		Paroi	
	Echographie		Echographie	
	CL	CT	CL	CT
n	20	20	20	19
Moyenne	0,24	0,27	0,12	0,13
ET (cm)	0,03	0,05	0,04	0,03
IC (cm)	0,21-0,27	0,22-0,32	0,06-0,16	0,10-0,16
VIE (cm)	0,03 (12,50 %)	0,05 (17,69 %)	0,04 (35,5 %)	0,03 (19,93 %)
VIA (cm)	0,02 (9,33 %)	0,02 (6,46 %)	0,01 (11,23 %)	0,01 (6,74 %)

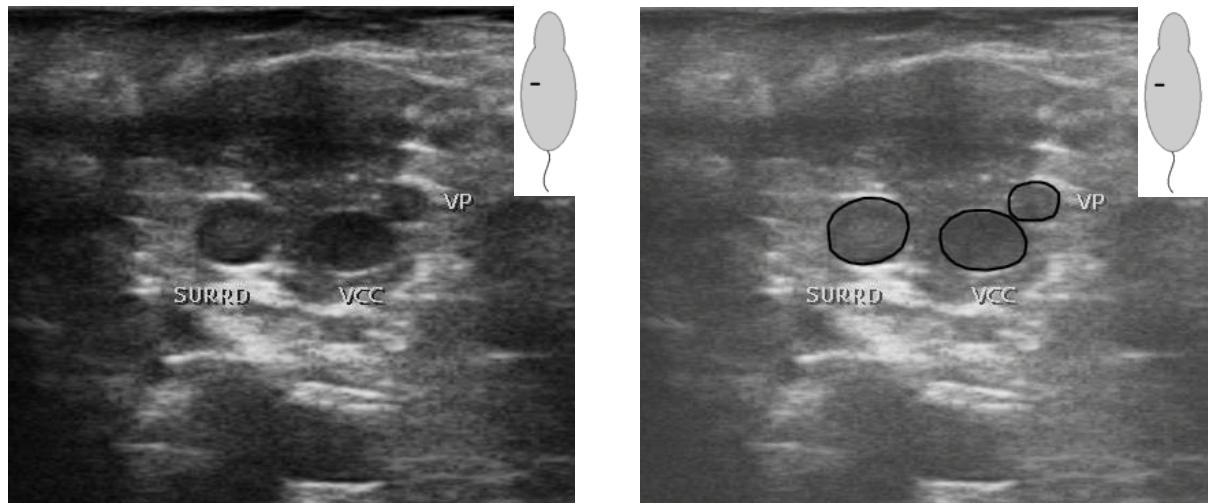
n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, CL : Coupe longitudinale, CT : Coupe transversale.

2-2-11 Les glandes surrénales

2-2-11-1 Images échographiques normales des glandes surrénales

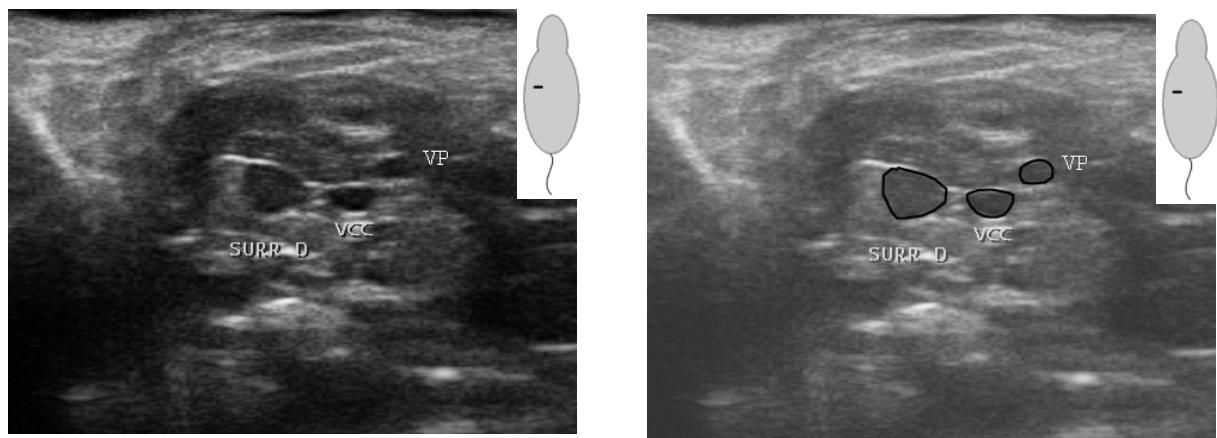
Les glandes surrénales sont crâniales et médiales aux reins. Elles ont une forme oblongue. Leur grand axe ne se situe pas exactement dans le plan longitudinal. Elles sont facilement visualisables (cf. figures 49 à 59). Cependant, une trop grande quantité de gaz ou d'aliments dans l'estomac peut gêner l'examen de la glande surrénale gauche. Occasionnellement, on distingue la jonction cortico-médullaire, avec une médulla centrale hyperéchogène et un cortex hypoéchogène.

Figure 49 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe transversale



SURRD : Glande surrénale droite, VCC : veine cave caudale. VP : veine porte.

Figure 50 : Image échographique de la glande surrénale droite, en coupe transversale, mettant en évidence les repères vasculaires



VP : veine porte. VCC : veine cave caudale, SURR D : glande surrénale droite.

Figure 51 : Coupe anatomique transversale passant par la glande surrénale droite

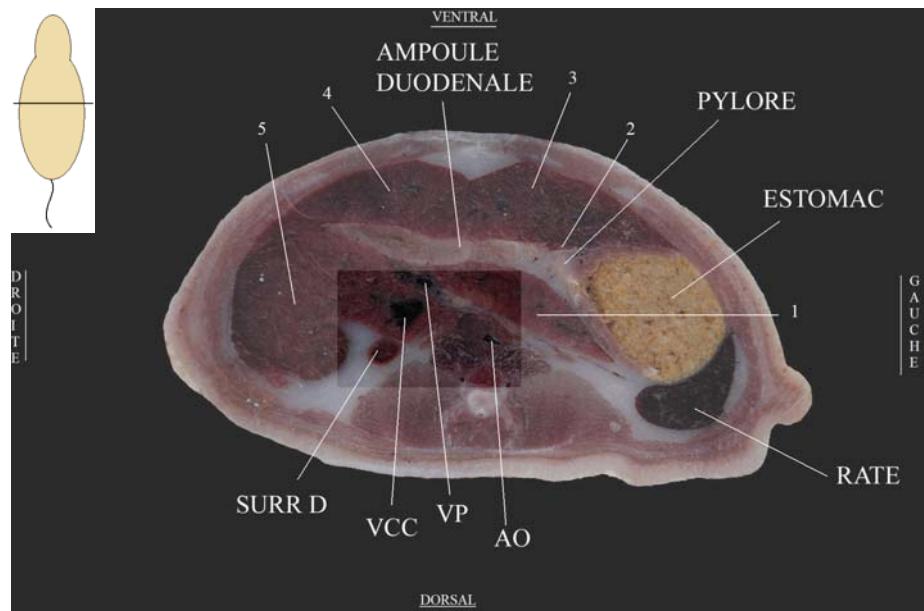
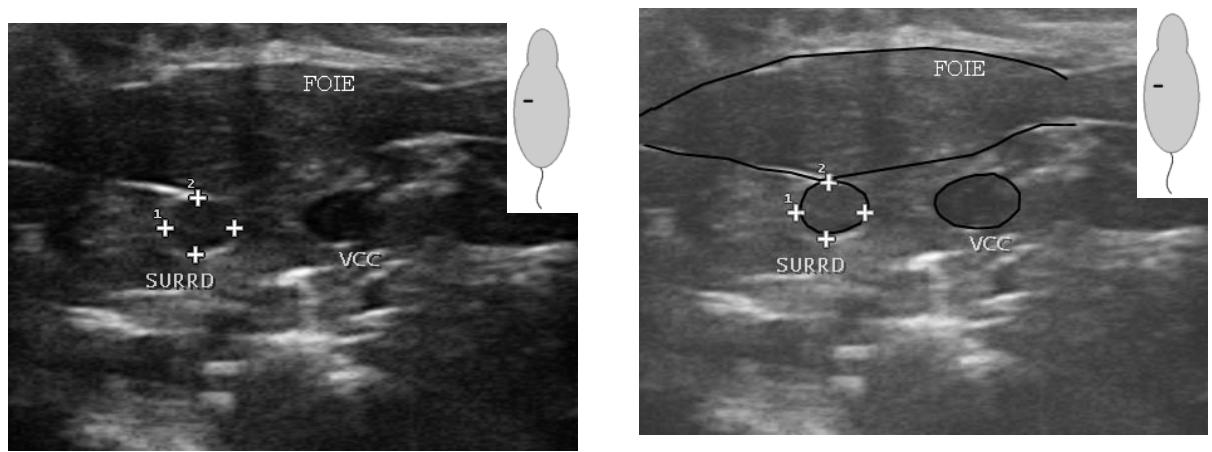
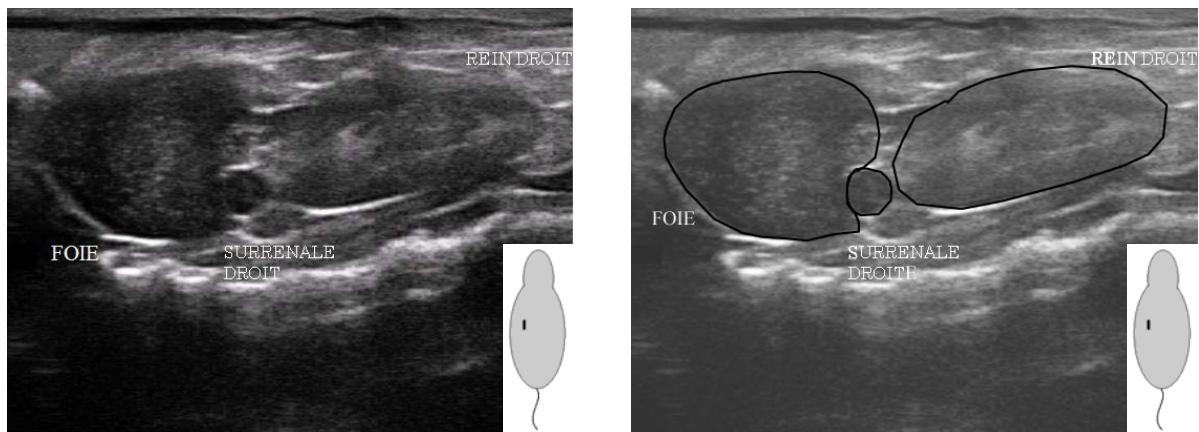


Figure 52 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe transversale



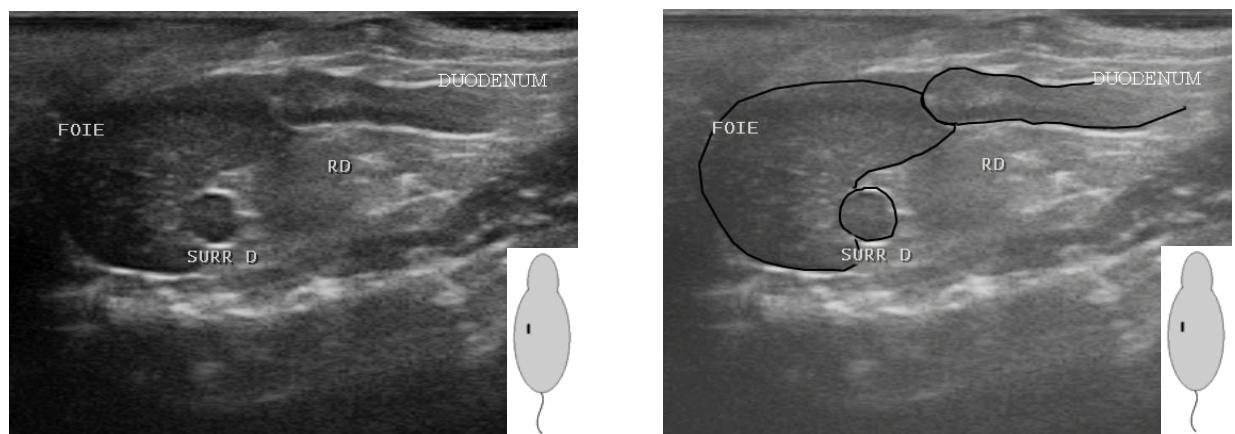
SURRD : glande surrénale droite, VCC : Veine cave caudale.

Figure 53 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe longitudinale



Surrénale droite: Glande surrénale droite.

Figure 54 : Image échographique de la glande surrénale droite en coupe longitudinale



RD : rein droit, SURR D : glande surrénale droite.

Figure 55 : Coupe anatomique longitudinale, passant par la surrénale droite.

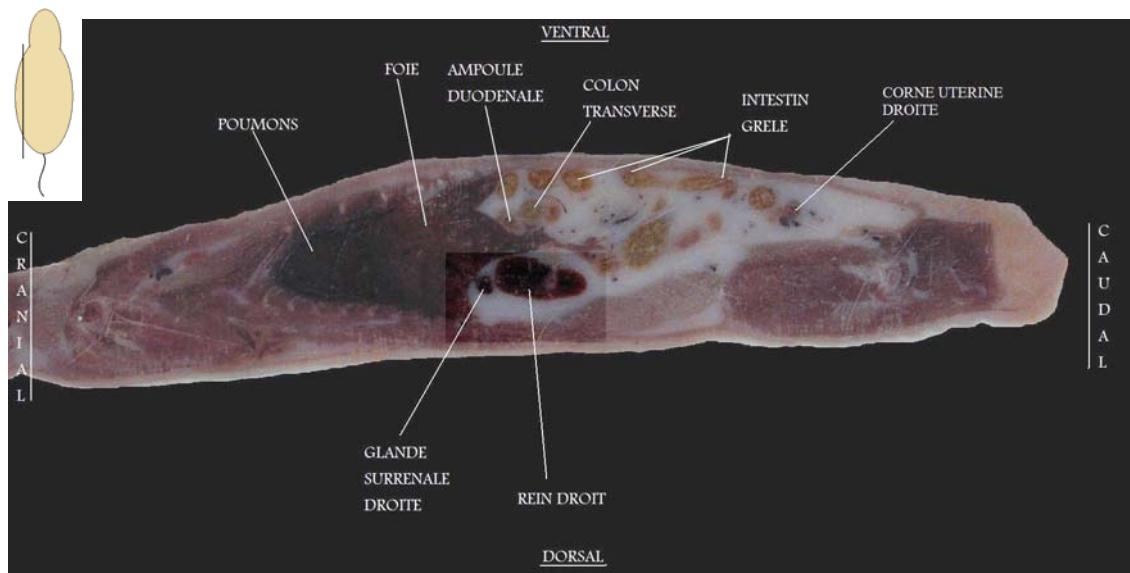
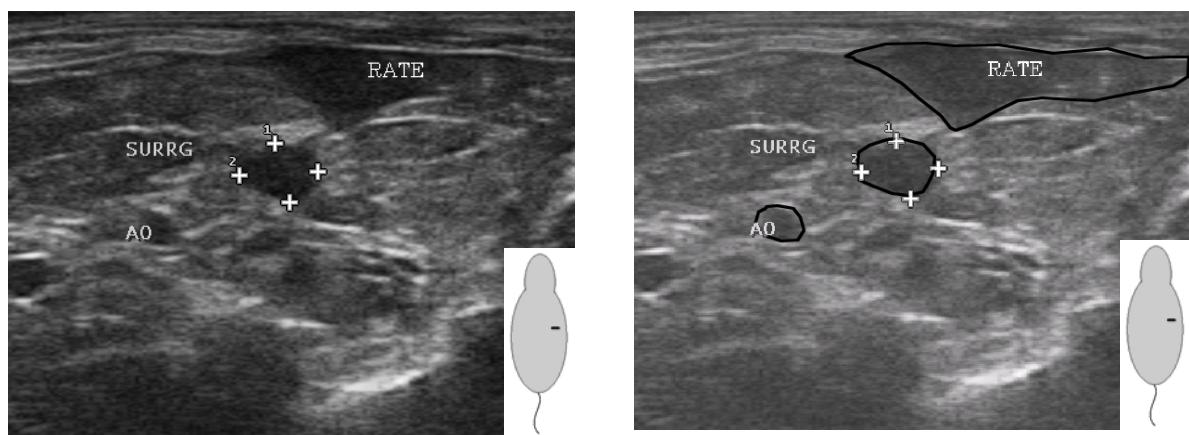
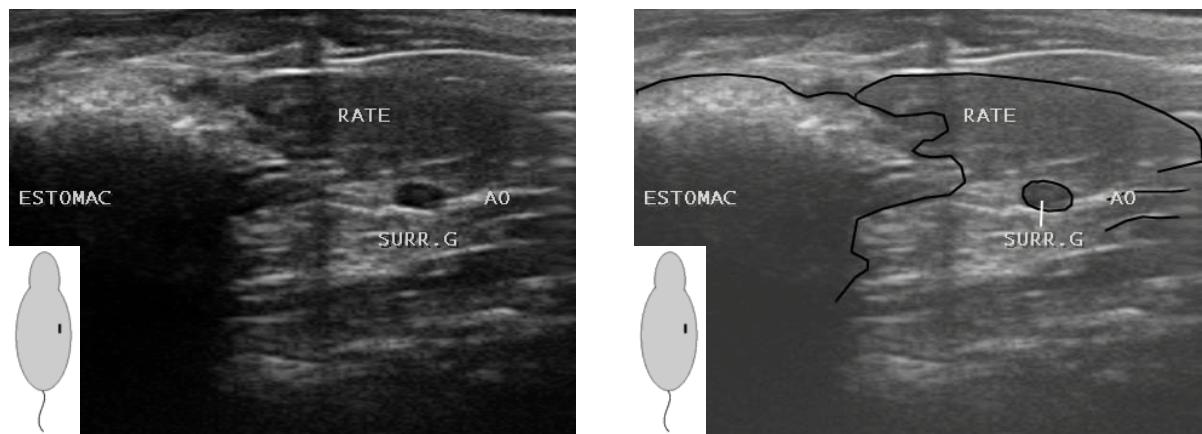


Figure 56 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe transversale



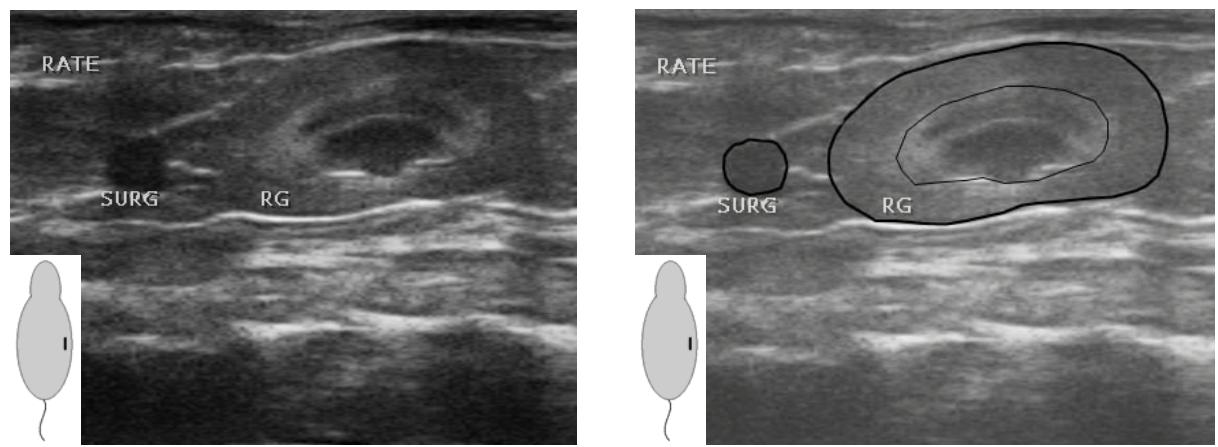
AO: Aorte, SURR G: glande surrénale gauche.

Figure 57 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe longitudinale



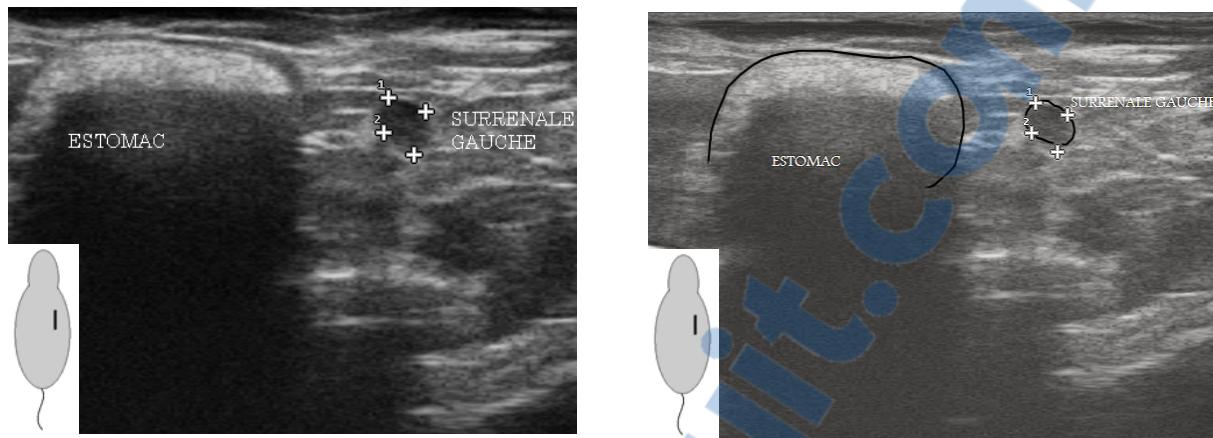
AO : Aorte, SURR G : Glande surrénale gauche.

Figure 58 : Image échographique de la glande surrénale gauche, en coupe longitudinale



SURG : Glande surrénale gauche, RG : Rein gauche.

Figure 59 : Image échographique de la glande surrénale gauche



2-2-11-2 Mesures échographiques (cf. tableaux 15 à 18)

La réplétion gastrique trop importante chez deux des mâles a entraîné la formation d'un cône d'ombre masquant la glande surrénale gauche et empêchant sa mesure.

La glande surrénale droite des mâles a pour longueur $0,31 \pm 0,05$ cm, pour largeur $0,34 \pm 0,04$ cm et pour épaisseur $0,28 \pm 0,03$ cm. La glande surrénale gauche a pour longueur $0,34 \pm 0,04$ cm, pour largeur $0,34 \pm 0,05$ cm et pour épaisseur $0,30 \pm 0,03$ cm. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures échographiques de la glande surrénale droite et gauche ($p > 0,05$). Les valeurs mesurées échographiquement sont significativement sous estimées par rapport aux mesures anatomiques ($p < 0,05$).

La glande surrénale droite des femelles a pour longueur $0,32 \pm 0,05$ cm, pour largeur $0,36 \pm 0,04$ cm et pour épaisseur $0,30 \pm 0,02$ cm. La glande surrénale gauche des femelles a pour longueur $0,34 \pm 0,04$ cm, pour largeur $0,35 \pm 0,04$ cm et pour épaisseur $0,32 \pm 0,03$ cm. Il n'existe pas de différence significative entre les mesures échographiques de la glande surrénale droite et gauche ($p > 0,05$). Hormis l'épaisseur de la glande surrénale droite où il n'y a pas de différence significative, les mesures échographiques sont inférieures aux mesures anatomiques ($p < 0,05$).

La variation inter-individuelle est comprise entre 6,31 % (épaisseur de la glande surrénale droite des femelles) et 13,77 % (longueur de la glande surrénale droite des

femelles). Les variations intra-individuelles (répétabilités les plus faibles) sont chez les mâles celles des largeurs et chez les femelles celles des longueurs.

Tableau 15 : Mesures de la glande surrénale droite des rats mâles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.
n	10	8	10	8	10	8
Moyenne (cm)	0,31	0,42	0,34	0,42	0,28	0,33
ET (cm)	0,05	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03
IC (cm)	0,26-0,36	0,37-0,47	0,30-0,38	0,35-0,49	0,25-0,31	0,30-0,36
VIE (cm)	0,04 (14,46 %)	0,05 (11,83 %)	0,03 (8,56 %)	0,07 (15,91 %)	0,03 (9,32 %)	0,03 (10,51 %)
VIA (cm)	0,02 (5,94 %)	0,01 (2,52 %)	0,02 (7,13 %)	0,01 (2,61 %)	0,01 (3,43 %)	0,01 (3,10 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, Echo. : Mesures échographiques, Anat. : Mesures anatomiques.

Tableau 16 : Mesures de la glande surrénale gauche des rats mâles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.
n	9	8	9	8	9	8
M. (cm)	0,34	0,45	0,34	0,41	0,30	0,33
ET (cm)	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
IC (cm)	0,30-0,38	0,39-0,51	0,29-0,39	0,37-0,45	0,27-0,33	0,30-0,35
VIE (cm)	0,03 (9,91 %)	0,06 (13,10 %)	0,04 (12,24 %)	0,04 (9,31 %)	0,03 (8,86 %)	0,02 (5,15 %)
VIA (cm)	0,02 (4,87 %)	0,02 (4,29 %)	0,03 (7,48 %)	0,01 (3,50 %)	0,02 (5,66 %)	0,01 (4,23 %)

n : Nombre de sujet, M. : Moyenne, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, Echo. : Mesures échographiques, Anat. : Mesures anatomiques.

Tableau 17 : Mesures de la glande surrénale droite des rats femelles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.	Echo.	Anat.
n	20	18	20	18	20	18
M (cm)	0,32	0,42	0,36	0,42	0,30	0,32
ET (cm)	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04
IC (cm)	0,27-0,37	0,37-0,47	0,32-0,40	0,38-0,46	0,18-0,32	0,28-0,36
VIE (cm)	0,04 (13,77 %)	0,05 (11,37 %)	0,03 (9,23 %)	0,04 (9,32 %)	0,02 (6,31 %)	0,04 (11,96 %)
VIA (cm)	0,02 (6,07 %)	0,02 (4,49 %)	0,02 (5,19 %)	0,01 (2,61 %)	0,01 (4,56 %)	0,02 (4,62 %)

n : Nombre de sujet, M : Moyenne, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle, Echo. : Mesures échographiques, Anat. : Mesures anatomiques.

Tableau 18 : Mesures de la glande surrénale gauche des rats femelles

	Longueur		Largeur		Epaisseur	
	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie	Echographie	Anatomie
n	20	18	20	18	20	18
Moyenne (cm)	0,34	0,44	0,35	0,39	0,32	0,34
ET (cm)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
IC (cm)	0,30-0,38	0,40-0,48	0,31-0,49	0,35-0,43	0,29-0,35	0,31-0,37
VIE (cm)	0,04 (10,75)	0,02 (9,13 %)	0,03 (9,71 %)	0,01 (8,70 %)	0,02 (7,73 %)	0,01 (8,61 %)
VIA (cm)	0,02 (7,22 %)	0,01 (2,40 %)	0,02 (4,96 %)	0,02 (3,85 %)	0,01 (3,67 %)	0,01 (3,11 %)

n : Nombre de sujet, ET : Ecart-type, IC : Intervalle de confiance, VIE : variation inter-individuelle, VIA : Variation intra-individuelle.

2-2-12 Appareil génital mâle

2-2-12-1 Les testicules

En position intra-abdominale, les testicules (cf figure 60) sont situés dans l'abdomen caudal. Ils apparaissent comme deux volumineuses structures ovales. Leur parenchyme est hétérogène, avec une zone externe hypoéchogène et une zone interne hyperéchogène. En coupe longitudinale, on trouve crânialement au testicule une structure ronde, isoéchogène au testicule, correspondant à la tête de l'épididyme.

Figure 60 : Image échographique d'un testicule en position intra-abdominale en coupe longitudinale



2-2-12-2 Les glandes vésiculaires

Les deux glandes vésiculaires sont ventrales au côlon et dorsales à la vessie. Elles prennent origine près de la prostate et s'étendent latéralement à la vessie. Les glandes vésiculaires apparaissent comme des structures plurilobées avec un contour bosselé (cf. figures 61 à 65). Leur contenu est homogène et hypoéchogène à la prostate. Leur contour est hyperéchogène.

2-2-12-3 La prostate

En coupe longitudinale, la prostate apparaît comme une structure tissulaire fusiforme caudale à la vessie. En coupe transversale, elle apparaît comme une structure ronde. La prostate est isoéchogène au foie et son contour est hyperéchogène (cf. figures 63 à 65).

Figure 61 : Image échographique de la prostate en coupe longitudinale

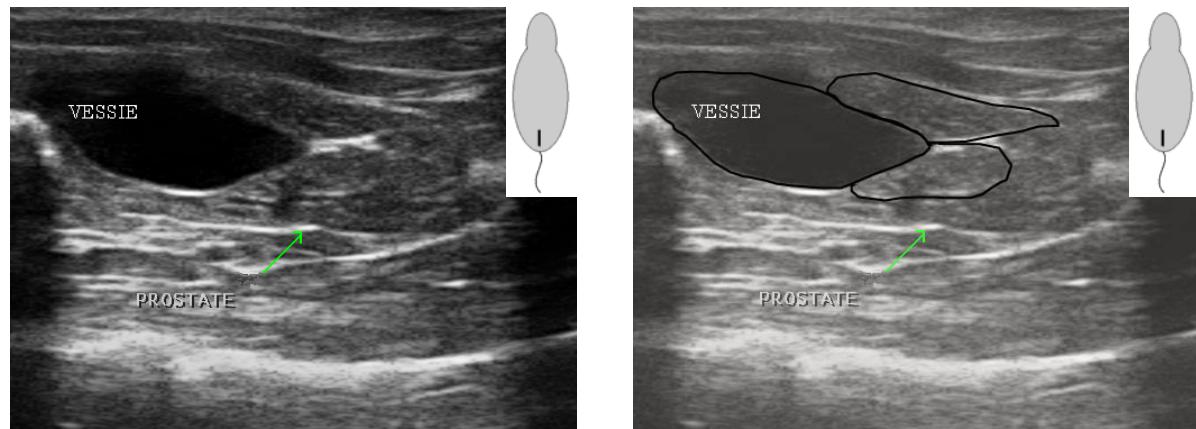
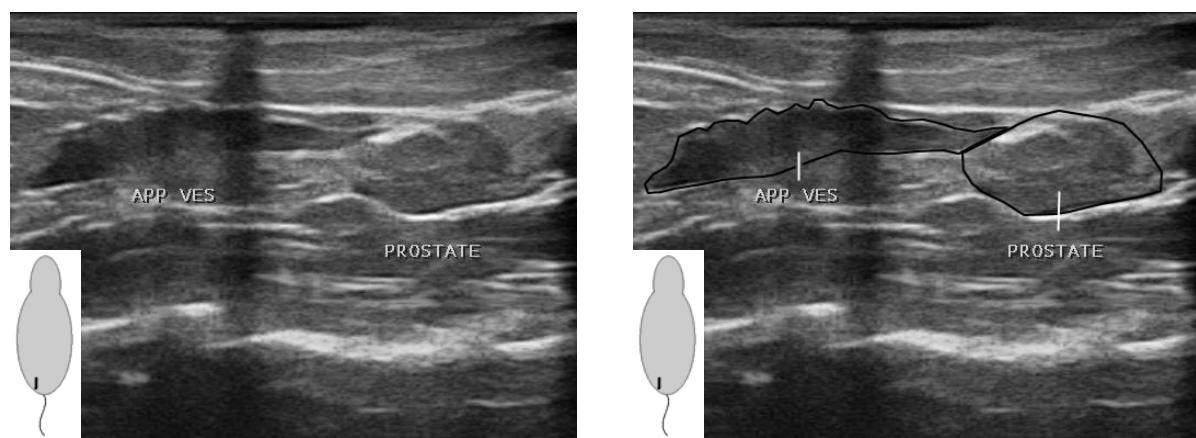
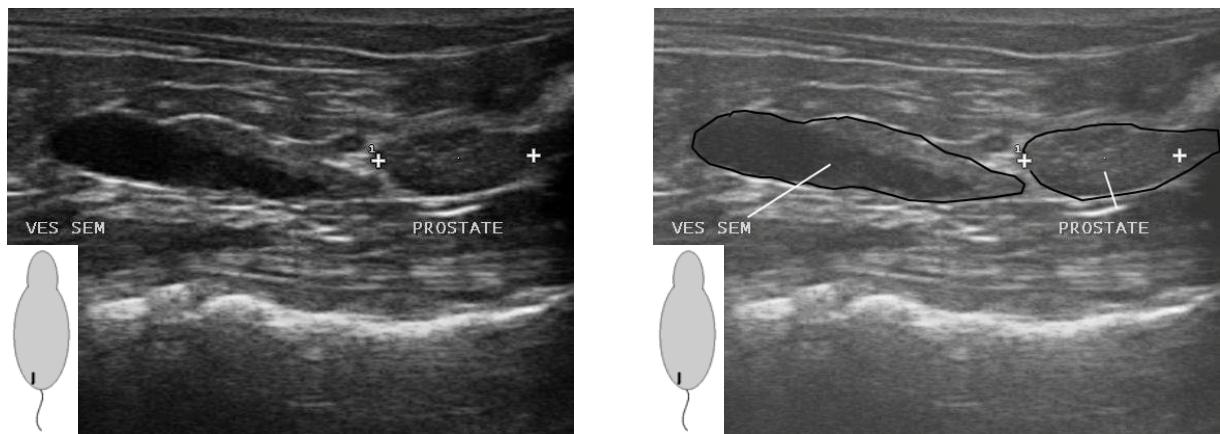


Figure 62 : Image échographique de la prostate et de la glande vésiculaire en coupe longitudinale



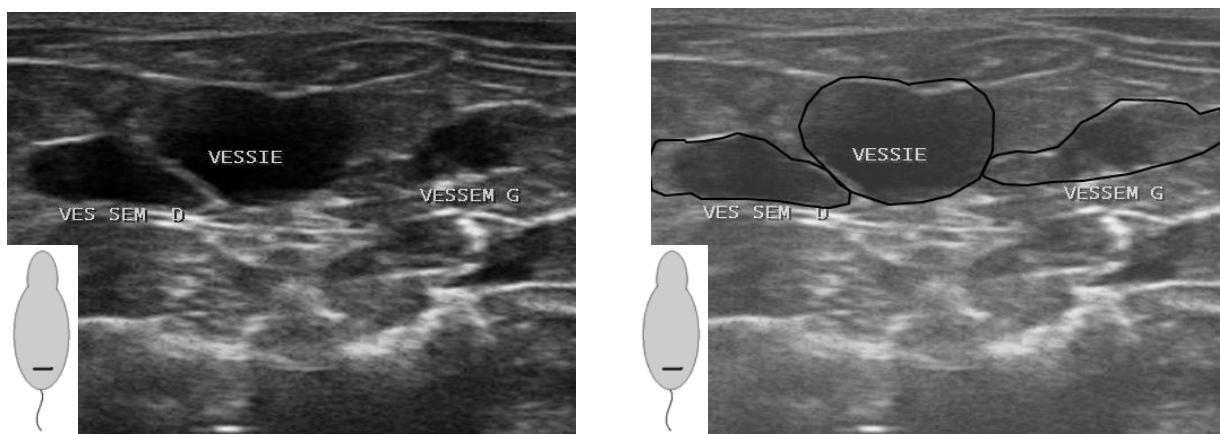
APP VES : Glande vésiculaire.

Figure 63 : Image échographique de la prostate et de la glande vésiculaire en coupe longitudinale



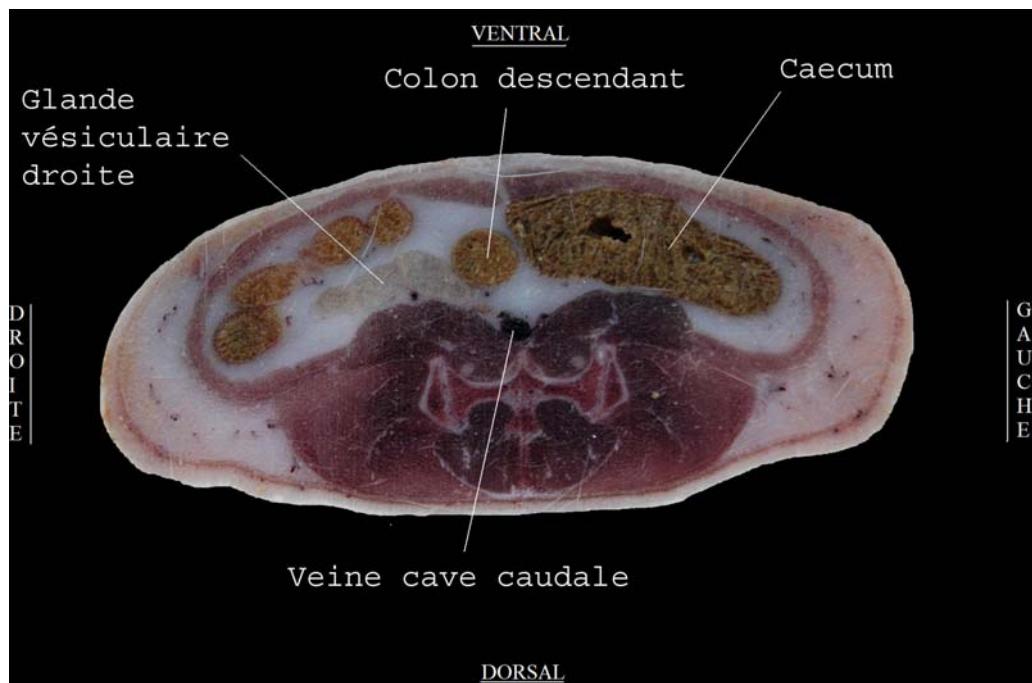
VES SEM : Glande vésiculaire.

Figure 64 : Image échographique des glandes vésiculaires en coupe transversale



VES SEM D : Glande vésiculaire droite, VESSEM G : Glande vésiculaire gauche.

Figure 65 : Coupe anatomique transversale passant par la glande vésiculaire droite



2-2-12-4 Les autres glandes accessoires

Les autres glandes accessoires n'ont pas été visualisées lors de nos examens échographiques.

2-2-13 Appareil génital femelle

2-2-13-1 Les ovaires

Lors de l'examen échographique, les ovaires apparaissent comme des structures ovales allongées dans le plan horizontal avec un contour légèrement irrégulier. Leur parenchyme est hétérogène et hypoéchogène, avec une interface hyperéchogène (cf. figures 66 à 67).



I : 66 : Image échographique de l'ovaire gauche



coupe longitudinale

OVG : Ovaire gauche.

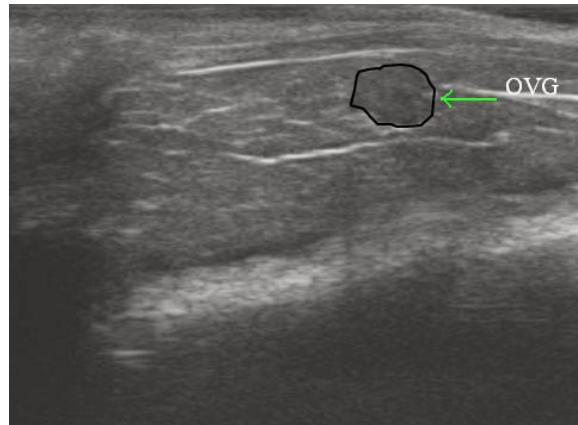
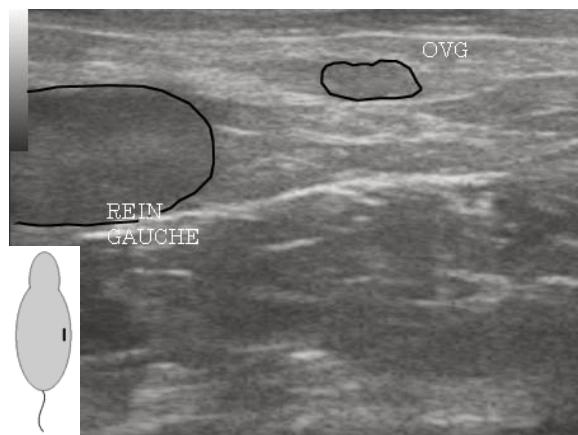
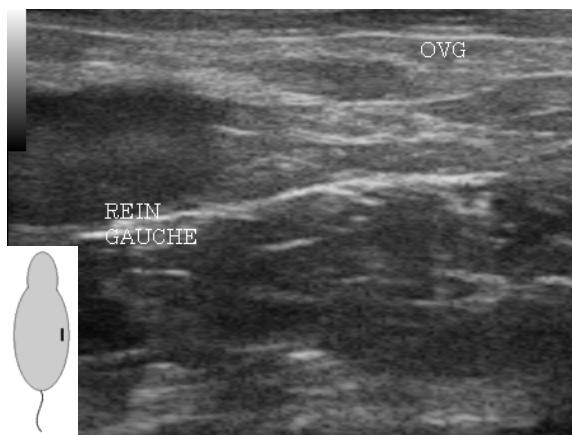
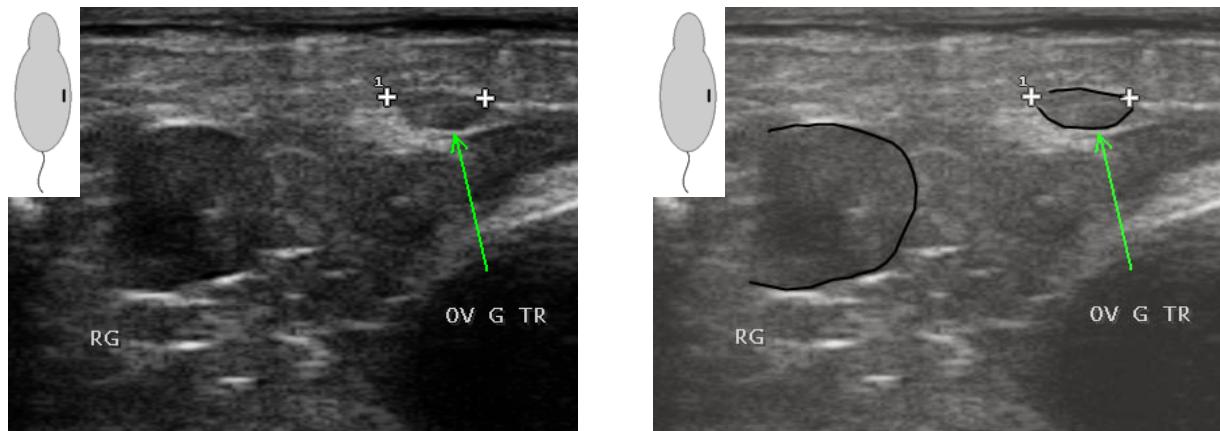


Figure 67 : Image échographique de l'ovaire gauche, en coupe longitudinale



OVG : ovaire gauche.

Figure 68 : Image échographique de l'ovaire gauche en coupe transversale



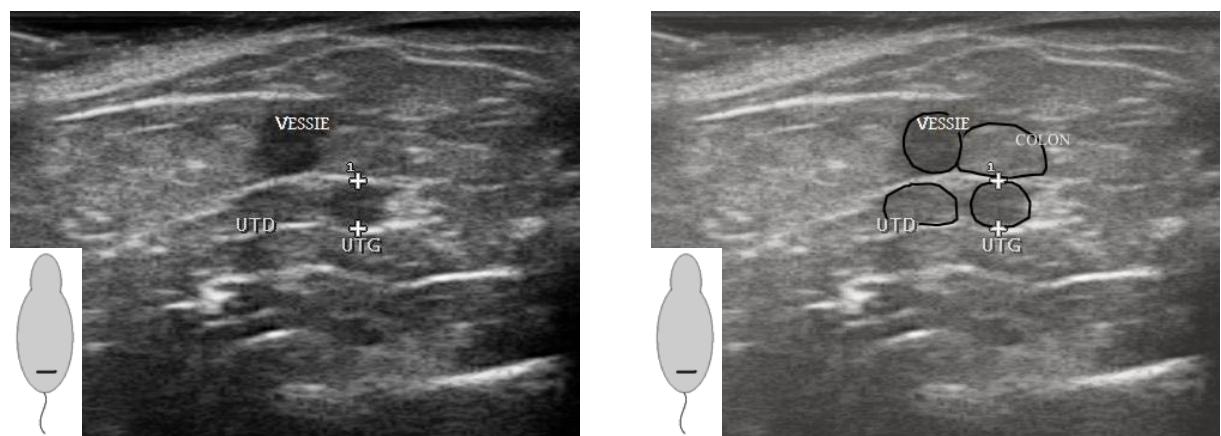
OVG T : ovaire gauche en coupe transversale. RG: Rein gauche.

2-2-13-2 L'utérus

Les cornes utérines sont des structures tubulaires hypoéchogènes dorsales à la vessie et ventrales au côlon. Leur interface est hyperéchogène (cf. figures 69 et 70).

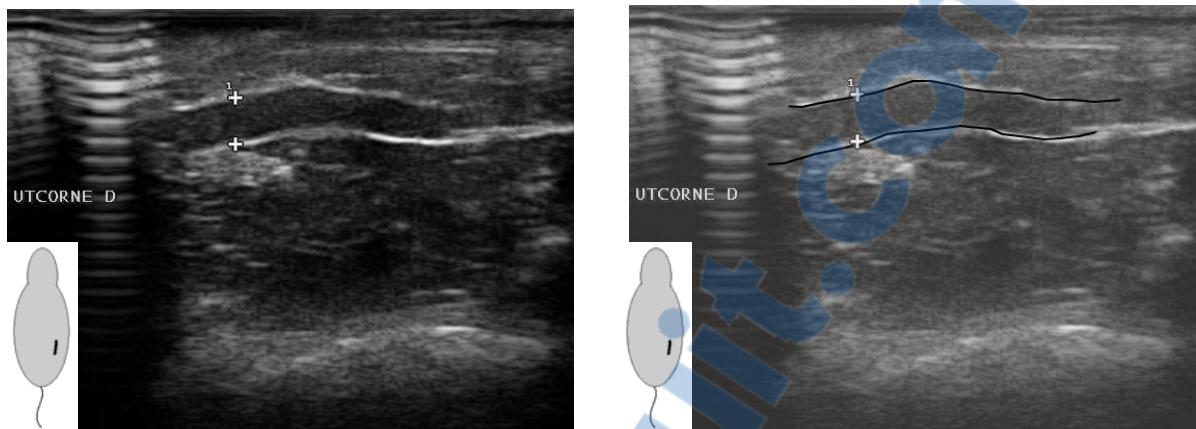
Certains utérus présentaient une lumière renfermant un contenu d'échogénicité liquidienne (cf. figure 70).

Figure 69 : Image échographique des cornes utérines en coupes transversales



UTD : corne utérine droite, UTG : corne utérine gauche.

Figure 70 : Image échographique de la corne utérine droite en coupe longitudinale

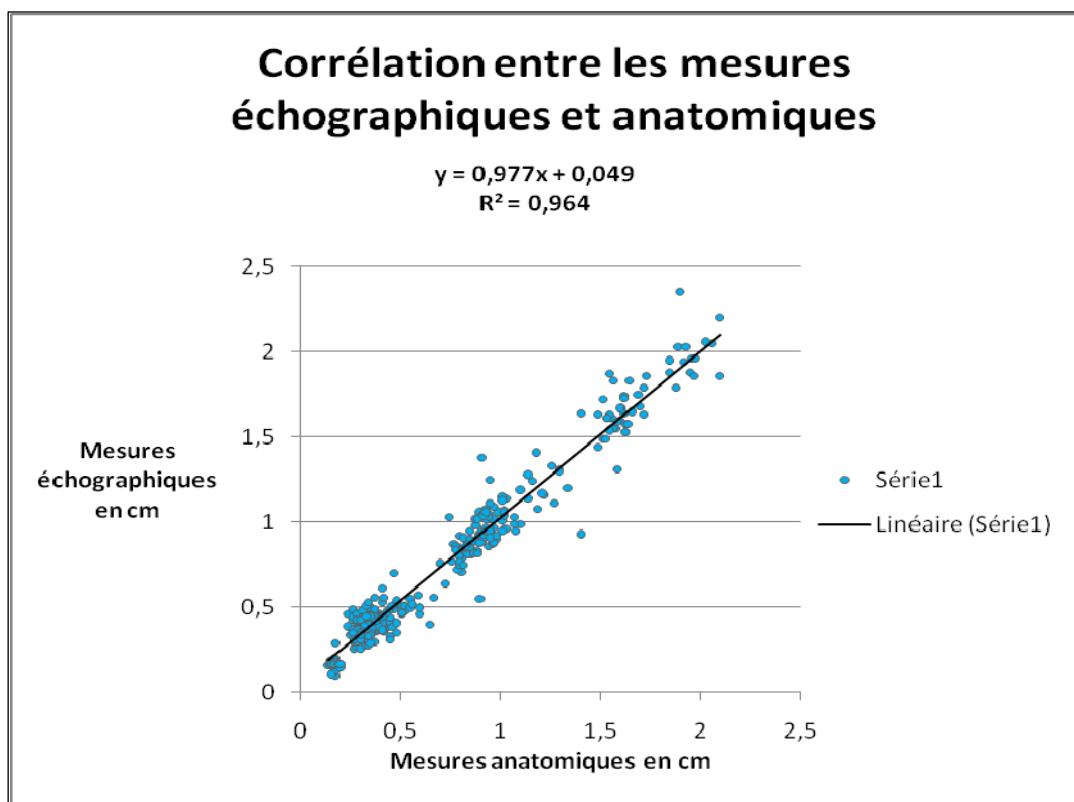


UTCORNE D : corne utérine droite.

2-3 Corrélation entre les mesures anatomiques et échographiques

Afin d'évaluer la réalité anatomique des mesures échographiques, nous avons étudié la régression linéaire des mesures anatomiques et échographiques (cf. Figure 71). Le coefficient de corrélation entre les deux séries de mesure est $R^2=0,964$. La régression linéaire entre les deux séries de mesures montre une droite dont l'équation linéaire est $y = 0,997x + 0,049$. L'ordonnée à l'origine est proche de 0 et la pente de la droite est proche de 1.

Figure 71 : Corrélation entre les mesures échographiques et anatomiques



R^2 : coefficient de corrélation.

2-4 Analyses histologiques

Lors de suspicion d'anomalie pendant l'examen échographique ou lors de l'autopsie, une analyse histologique a été réalisée. 14 rats ont fait l'objet d'analyses histologiques. En l'absence de données échographiques normales, les anomalies les plus fréquemment suspectées lors de l'examen échographiques étaient l'épaississement de la paroi utérine, la

dilatation utérine par un contenu hypo-échogène et la splénomégalie. L'épaississement de la paroi utérine est souvent confirmée lors de l'analyse histologique (voir analyses histologiques en annexe), il s'agit alors d'un épaississement endométrial par fibrose avec atrophie des glandes utérines sans inflammation significative. Aucune lésion majeure de la rate n'a été diagnostiquée lors des analyses histologiques. Pour les sujets atteints de splénomégalie, une hyperplasie diffuse et discrète de la pulpe blanche et rouge a été décrite.

3 Discussion

3-1 Bilan et analyse des résultats

3-1-1 Particularité anatomique du rat

L'interprétation des images échographiques du rat suit les mêmes principes que ceux des carnivores domestiques. Les fluides apparaissent anéchogènes (soit noirs à l'écran) tandis que les gaz et les substances denses telles que les os apparaissent hyperéchogènes (soit blancs à l'écran) (Girling 2002).

Quelques particularités anatomiques du rat sont cependant à relever car celles-ci influent sur l'interprétation des images échographiques. Le **tractus digestif est très développé** avec un **volumineux caecum** contenant une grande quantité de gaz. Comparé au volume relatif du caecum du chien, celui du rat est près de 13 fois plus importants (Grassé 1973) (cf. tableau 19). Lors de l'examen échographique, ces gaz apparaissent hyperéchogènes et stoppent les ultrasons, ce qui crée un cône d'ombre masquant les organes sous jacents. Les organes situés sous le caecum sont donc très difficiles, voire impossibles à visualiser. A plusieurs reprises, nous avons été confrontés à cette difficulté. Le cæcum se situait toujours du côté gauche lors de notre examen. En cas de réplétion excessive, le rein gauche et les anses digestives deviennent alors difficilement observables. La même situation se présente lors de forte réplétion stomacale. Les autres particularités anatomiques notables du rat (notamment en comparaison avec l'échographie abdominale des carnivores domestiques) sont : **l'absence de vésicule biliaire**, la présence de **glandes vésiculaires très développées**, le **passage en position intra-abdominale des testicules**. Les glandes vésiculaires sont très développées chez le rat et sont facilement visualisables lors de l'examen échographique. Elles sont au nombre de deux. Elles sont ventrales au côlon et dorsales à la prostate et débouchent dans les conduits déférents. Ce sont des structures plurilobées au contenu homogène, hypoéchogène à la prostate.

Les testicules en position intra-abdominale apparaissent comme deux structures ovales hétérogènes (comparable à celles des carnivores domestiques) situées en partie caudale de l'abdomen.

L'aspect échographique des organes est semblable à celui des carnivores domestiques. Cependant, nous avons relevé comme particularités l'aspect finement granuleux du parenchyme splénique et une apparence parfois irrégulière du contour du rein droit sans anomalie associée lors de la dissection.

Tableau 19 : Volume relatif en pourcentage de divers organes digestifs par rapport au volume total de l'appareil digestif chez le rat et le chien Grassé (1973)

Espèce	Estomac	Intestin grêle	Caecum
<i>Rattus rattus</i> (rat blanc)	24,2 %	43,7 %	16,8 %
Chien	62,3 %	23,3 %	1,3 %

Les volumes relatifs de l'intestin grêle et du caecum du rat sont très importants par rapport à ceux du chien.

3-1-2 Synthèse des mesures échographiques

La taille moyenne de la veine porte, de la veine cave caudale, de l'aorte, de la rate, des reins, du duodénum et des glandes surrénales a été établie sur la population de rats Fisher étudiée. Ces premières données ont permis de créer un tableau récapitulatif de ces mesures par sexe, exprimés sous la forme d'intervalles de confiance en centimètre, afin d'être utilisables rapidement pendant l'examen échographique (cf. tableaux 19). Bien que la population étudiée soit trop restreinte pour généraliser ces résultats, ces mesures peuvent servir de base pour établir une ébauche de tableau de référence des valeurs normales de la taille des organes abdominaux du rat.

3-1-3 Variation de la taille des organes entre les deux sexes

Le diamètre de la veine cave caudale et de l'aorte, la longueur, la largeur et l'épaisseur des reins, ainsi que l'épaisseur de la rate des mâles sont significativement supérieurs à ceux des femelles ($p < 0,05$). Le diamètre de la veine porte en coupe longitudinale des mâles est significativement supérieur à celui des femelles ($p < 0,05$). Cependant, en coupe transversale, il n'y a pas de différence significative entre les deux sexes ($p > 0,05$), pour cette mesure. Les mesures moyennes du duodénum des mâles et des femelles ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). La taille des glandes surrénales ne varient pas d'un sexe à l'autre ($p > 0,05$), hormis pour la glande surrénale droite des femelles qui est plus épaisse que celle des mâles ($p < 0,05$). **La plupart des mesures échographiques des organes des mâles et des femelles sont donc différentes** (cf. tableau 20 et 21). **Il est par conséquent justifié de séparer les deux sexes pour établir les moyennes des mesures échographiques.** Ceci est conforté par des références bibliographiques d'anatomie. En effet, d'après Grassé (1973) les reins des mâles sont plus grands que ceux des femelles. Il a été démontré que l'injection d'hormone testiculaire augmente la masse des reins (cf. tableau 24). Pour un même sexe, il n'existe pas de différence de taille entre le rein gauche et le droit ce que nous avons aussi trouvé dans notre étude (tableau 22). D'autre part, la taille des reins est plus proportionnelle à la surface corporelle qu'à tout autre paramètre. La taille des reins pourrait donc être dépendante de la surface corporelle ou de la taille du rat et non pas seulement du sexe (cf. tableau 23). Toujours d'après ce même auteur, les glandes surrénales femelles sont plus lourdes que celles des mâles et la glande surrénale gauche est plus lourde que la droite quelque soit le sexe. Dans notre étude, avec notre échantillon de rats Fishers, en utilisant le test de Student avec un risque de 5 % nous n'avons pas pu affirmer une différence significative de taille entre les glandes surrénales des mâles et des femelles, ni entre la droite et la gauche ($p > 0,05$). D'autre part, Grassé (1973) rappelle que la masse et donc probablement la taille des glandes surrénales, varie dans cette espèce en fonction du moment du cycle sexuelle de la femelle (augmentation pendant la gravidité et la lactation) et de la densité de la population (augmentation de la taille quand les rats vivent en groupe) (cf. tableau 25).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des mesures de référence échographiques (exprimés en centimètre) chez les rats mâles et femelles Fisher âgés de 4 à 22 mois, pesant en moyenne $256,8 \pm 100,53$ g

		Mâles	Femelles
Organe	Mesure	IC en cm	IC en cm
Veine porte	Diamètre en coupe longitudinale	[0,18-0,20]	[0,16-0,18]
	Diamètre en coupe transversale	[0,17-0,21]	[0,16-0,18]
Veine cave caudale	Diamètre en coupe longitudinale	[0,46-0,54]	[0,39-0,43]
	Diamètre en coupe transversale	[0,44-0,52]	[0,36-0,42]
Aorte	Diamètre en coupe longitudinale	[0,21-0,23]	[0,17-0,19]
	Diamètre en coupe transversale	[0,20-0,22]	[0,17-0,19]
Rate	Epaisseur en coupe longitudinale	[0,54-0,66]	[0,46-0,52]
	Epaisseur en coupe transversale	[0,51-0,63]	[0,46-0,50]
Rein droit	Longueur	[1,88-1,96]	[1,56-1,64]
	Largeur	[1,16-1,30]	[0,9-0,96]
	Epaisseur	[0,94-1,02]	[0,82-0,86]
Rein gauche	Longueur	[1,93-2,05]	[1,61-1,57]
	Largeur	[1,06-1,22]	[0,9-0,96]
	Epaisseur	[0,96-1,02]	[0,82-0,86]
Duodénum	Diamètre en coupe longitudinale	[0,21-0,27]	[0,23-0,25]
	Epaisseur de la paroi en coupe longitudinale	[0,10-0,14]	[0,10-0,12]
	Diamètre en coupe transversale	[0,27-0,29]	[0,26-0,28]
	Epaisseur de la paroi en coupe transversale	[0,11-0,15]	[0,11-0,15]
Glande surrénale droite	Longueur	[0,28-0,34]	[0,30-0,34]
	Largeur	[0,32-0,36]	[0,35-0,37]
	Epaisseur	[0,26-0,30]	[0,30-0,32]
Glande surrénale gauche	Longueur	[0,32-0,36]	[0,32-0,36]
	Largeur	[0,31-0,37]	[0,34-0,36]
	Epaisseur	[0,29-0,31]	[0,31-0,33]

IC : Intervalle de confiance.

Tableau 21: Différence significative entre les mesures échographiques des organes des rats femelles et mâles, test de Student $\alpha = 5 \%$

Diamètre de la VP en CL	Mâles > Femelles	Glande surrénale droite épaisseur	Femelles > Mâles
Diamètre de la VP en CT	Pas de différence significative	Glande surrénale droite : longueur, largeur.	Pas de différence significative
Diamètre de la VCC	Mâles > Femelles	Glande surrénale gauche	Pas de différence significative
Diamètre de l'aorte	Mâles > Femelles	Duodénum, diamètre et paroi.	Pas de différence significative
Reins droit et gauche	Mâles > Femelles	Epaisseur de la rate	Mâles > Femelles

VP : Veine porte. CL : Coupe longitudinale. CT : Coupe transversale. VCC : Veine cave caudale. > : Supérieur.

Tableau 22 : Taille des reins chez *Mus rattus*, d'après Grassé (1973)

	Longueur	Largeur
Rein droit	1,8 cm	0,9 cm
Rein gauche	1,8 cm	0,9 cm

Tableau 23 : Evolution avec l'âge du poids des reins chez le rat, d'après. MacKay (1927)

Age en jours	Poids du rein en mg	Poids du corps en g	Poids des reins / 100 g de poids vif	
			Mâle	Femelle
35	300	57	524	531
40	346	77	506	448
45	396	85	486	470
50	436	101	444	434
60	503	135	437	374
80	536	161	358	318
95	564	178	337	317
105	572	177	325	325
130	510	173	321	296
185	560	200	276	281
200	593	205	288	290
230	590	217	275	271

Tableau 24 : Effets de l'injection d'hormones testiculaires (extraites de l'urine) sur le poids des reins du rat, d'après Korenchevsky *et al.* (1933)

Rein témoin	Rein injectés (g)		Augmentation de poids en %	
	1D	2D	1D	2D
2,049	2,581	—	26	—
2,070	2,368	—	14,4	—
1,960	2,274	2,606	16	33
2,405	—	3,05	—	26,8
2,121	2,408	2,828	18,8	29,9

D : Dose, une dose correspond à 2,5 Unité de crête de coq définie par Shering.

Tableau 25 : Variation du poids des surrénales (en grammes), chez le rat au cours de la croissance, d'après Hatai (1913)

Poids du corps en gramme	Mâle	Femelle
5	0,0016	0,0016
10	0,0044	0,0044
20	0,0081	0,0081
40	0,0129	0,0134
50	0,0147	0,0161
70	0,0180	0,0213
100	0,0222	0,0288
130	0,0261	0,0361
200	0,0342	0,0529
230	0,0374	0,0601
300	0,0446	0,0766

3-1-4 Variabilité inter-individuelle

La variabilité inter-individuelle (VIE) a été calculée en séparant les deux sexes, pour chacune des mesures. Plus elle est grande, plus la mesure varie d'un individu à un autre. Elle est comprise entre 1,99 % (longueur du rein droit des mâles) et 35,5 % (épaisseur du duodénum en coupe transverse de l'ampoule duodénale des femelles). La moyenne des variabilités est de $10,11 \pm 4,65$ % pour les mâles et de $11,35 \pm 6,65$ % pour les femelles ($10,73 \pm 5,66$ % en confondant les deux sexes). Les VIE les plus importantes sont calculées pour les mesures du duodénum (de 10,43 % à 35,5 %) au-dessus des VIE moyennes. Ces erreurs peuvent éventuellement expliquer par des mesures réalisées lors d'onde péristaltique modifiant le diamètre et l'épaisseur du duodénum ou par des variabilités entre les individus.

3-1-5 Répétabilité des mesures échographiques

Afin d'évaluer la répétabilité des mesures échographiques, nous avons répété chaque mesure trois fois de suite par le même opérateur. Ensuite, la moyenne des écarts-types des moyennes a été calculée pour cette mesure. Cette moyenne est nommée variation intra-individuelle (VIA). Exprimée en pourcentage, elle permet d'apprécier le coefficient de variation intra-individuelle qui est liée à la répétabilité de la mesure. Plus la VIA est faible et plus la variation entre les trois mesures est petite et plus la mesure est répétable.

La VIA des mesures échographiques de l'aorte, de la veine cave caudale et de la veine porte (cf. tableau 26) est comprise entre 2,06 % (diamètre de la veine porte des mâles en coupe longitudinale) et 5,40 % (diamètre de la veine cave caudale des mâles en coupe longitudinale), ce qui est faible. La répétabilité de ces mesures est donc bonne. Les VIA en coupe longitudinale et transversale, de la mesure du diamètre de ces structures sont relativement proches. Les mesures de ces structures sont donc aussi répétables dans une coupe que dans l'autre.

Tableau 26 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des structures vasculaires

		Veine porte	Veine cave	Aorte
Mâles	CL	4,48 %	5,40 %	3,18 %
	CT	2,06 %	5,25 %	4,29 %
Femelles	CL	4,76 %	4,31 %	2,98 %
	CT	3,53 %	4,66 %	2,79 %

La VIA des mesures échographiques des reins (cf. tableau 27) est comprise entre 1,52 % (longueur du rein gauche des femelles) et 4,68 % (Largeur du rein gauche des femelles). Elle est donc relativement faible, exprimant une bonne répétabilité de ces mesures.

La mesure échographique ayant la plus petite VIA et donc la plus répétable est celle de la longueur, quelque soit le sexe. La VIA la plus importante chez les deux sexes est celle de la largeur, quelque soit le rein. La coupe transversale du rein pour mesurer la largeur serait une coupe moins répétable que la coupe longitudinale pour mesurer la longueur du rein. Dans cette coupe, des variations d'inclinaison de la sonde, même minimes, engendreraient de grandes variations dans la mesure de la largeur, par rapport à celle de la longueur en coupe longitudinale.

Tableau 27 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des reins

		Longueur	Largeur	Epaisseur
Mâles	Rein droit	2,64 %	4,55 %	3,20 %
	Rein gauche	2,84 %	4,52 %	3,98 %
Femelles	Rein droit	1,73 %	3,87 %	2,84 %
	Rein gauche	1,52 %	4,68 %	2,44 %

La VIA des mesures échographiques des glandes surrénales (cf. tableau 28) varie entre 3,43 % (épaisseur de la glande surrénale droite des mâles) et 7,22 % (longueur de la glande surrénale gauche des femelles) (cf. tableau 27). La VIA est donc relativement bonne, si l'on considère qu'une variation des mesures inférieure à 10 % reste acceptable.

Tableau 28 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques des glandes surrénales (GSR)

		Longueur	Largeur	Epaisseur
Mâles	GSR droite	5,94 %	7,13 %	3,43 %
	GSR gauche	4,87 %	7,48 %	5,66 %
Femelles	GSR droite	6,07 %	5,19 %	4,56 %
	GSR gauche	7,22 %	4,96 %	3,67 %

La VIA de la mesure échographique de l'épaisseur de la rate (cf. tableau 29) varie entre 3,42 % (coupe longitudinale de la rate des mâles) et 9,06 % (coupe transversale de la rate des mâles). Les mesures en coupe longitudinale de la rate, ont une VIA plus faible, les mesures semblent donc plus répétables dans cette coupe pour les deux sexes.

Tableau 29 : Variation intra-individuelle des mesures échographiques de l'épaisseur de la rate

	Epaisseur	
	CL	CT
Mâles	3,42 %	9,06 %
Femelles	4,71 %	5,14 %

La VIA des mesures échographiques du diamètre du duodénum (cf. tableau 30) varie entre 4,36 % (coupe transversale du duodénum des mâles) et 9,33 % coupe longitudinale du duodénum des femelles). Celle de la paroi duodénale varie entre 6,74 % (coupe transversale de la paroi duodénale des femelles) et 11,23 % (coupe longitudinale de la paroi duodénale des femelles). Cette dernière est aussi la plus importante des VIA quelque soit l'organe mesuré. Elle est donc la mesure la moins répétable de l'étude.

Les VIA des mesures du diamètre et de la paroi du duodénum sont légèrement plus faibles en coupe transversale (au niveau de l'ampoule duodénale). Les mesures de la paroi et du diamètre du duodénum sont donc plus répétable dans cette coupe.

Tableau 30 : Variation intra-individuelle des mesures du duodénum

	Diamètre		Paroi	
	CL	CT	CL	CT
Mâles	5,78 %	4,36 %	7,42 %	6,62 %
Femelles	9,33 %	6,46 %	11,23 %	6,74 %

L'ensemble des mesures sont donc répétables de façon satisfaisante avec une variabilité quasi systématiquement inférieure à 10 % pour le même opérateur.

L'augmentation de la variation intra-individuelle pour certains organes est imputable au choix de repères anatomiques difficilement reproductibles, aux variations de pression de la sonde sur le sujet engendrant des déformations de l'organe et donc des variations de taille et également à la précision des mesures elles- même liées à la résolution de l'instrument.

3-1-5 Recherche d'une corrélation entre les mesures anatomiques et échographiques

Les mesures anatomiques et échographiques, tout sexe confondu, ont été comparées deux à deux par la réalisation d'une régression linéaire. L'équation de la droite obtenue a une pente très proche de 1 et une origine à l'ordonnée proche de zéro. Le coefficient de corrélation est lui-même proche de 1. Ceci témoigne d'une bonne corrélation entre les mesures anatomiques et échographiques.

D'autre part, une recherche de différence significative entre les mesures anatomiques et échographiques a été réalisée par sexe pour chaque organe (test de Student avec pour risque $\alpha = 5 \%$). Chez le mâle, il existe une différence significative ($p < 0,05$) pour la mesure de la glande surrénale droite (longueur, largeur et épaisseur) et de la glande surrénale gauche (longueur et largeur). Chez les femelles, il existe une différence significative ($p < 0,05$) pour

la longueur du rein gauche, de la glande surrénale droite (longueur et largeur) et de la glande surrénale gauche (longueur, largeur et épaisseur).

On retrouve dans les deux sexes une différence significative entre les mesures anatomiques et échographiques des glandes surrénales. Ces différences peuvent s'expliquer par la difficulté de respecter les repères prédéfinis lors des mesures échographiques, due entre autre à des difficultés de visualisation de la glande surrénale gauche qui était parfois masquée par un cône d'ombre produit par la masse digestive. Et d'autre part, par des erreurs de mesures suite à une variation des repères entre les mesures anatomiques et échographiques involontaires.

Les différences entre les mesures anatomiques et échographiques peuvent être dues en parties à la reproduction difficile des repères échographiques lors des mesures anatomiques directes. En effet, pour des raisons anatomiques pures, certains organes sont difficiles d'accès pour les mesures anatomiques. Par exemple la mesure anatomique de la veine cave caudale se fait légèrement plus caudalement que lors de l'examen échographique. De plus, après la mort de l'animal les vaisseaux ont tendance à se collabrer et donc à se déformer ce qui est source d'erreurs des mesures anatomiques.

Toutefois, pour la majorité des organes **les mesures anatomiques et échographiques restent proches.**

3-2 Limites de l'étude

3-2-1 L'échantillon

Nous disposions d'un échantillon réduit. Il comptait trente rats répartis par sexe. Cela a donc conduit à deux échantillons de taille très réduite) 10 mâles et 20 femelles. De plus, leur nombre a parfois été réduit en raison de difficultés à visualiser l'organe dans les repères définis. Or plus un échantillon est petit, moins il est représentatif de la population et plus la qualité des tests statistiques se dégrade. Par ailleurs, l'ensemble des rats utilisés sont tous de race Fisher. Cette dernière possède ses propres caractéristiques. On ne peut donc pas affirmer

que notre échantillon est pleinement représentatif de l'ensemble de la population des rats rencontrés en clientèle vétérinaire.

Il serait donc intéressant d'augmenter la taille de l'échantillon, de le rendre homogène en ayant une égalité entre le nombre de mâles et de femelle, de réaliser des mesures sur différentes souches de rats et de corrélérer les mesures au poids ou à la taille des animaux.

3-2-2 Limites techniques

L'étude a entièrement été réalisée avec le même échographe le **MyLab 30 Esoate** et la même **sonde linéaire de 18 MHz**. Les résultats obtenus sont donc comparables avec l'utilisation de ce même appareil. Certains auteurs recommandent l'utilisation d'une sonde sectorielle (Girling.*et al*, 2002 ; Boucher et Lacroix, 2001,) justifiée par le fait que la surface d'examen est petite. Nous avons utilisé une sonde linéaire. La taille de cette dernière était bien supérieure à celle de la surface d'examen, ce qui a généré des défauts de contact et donc des artéfacts. **L'emploi d'une sonde ayant une surface de contact plus petite, comme une sonde sectorielle ou encore une sonde linéaire moins longue, serait plus adaptée pour l'examen échographique du rat.**

Le choix d'une sonde haute fréquence est justifié par la visualisation d'organes à faible distance de la sonde (profondeur de la sonde réglée sur 3 cm). Dans la littérature, il est recommandé d'utiliser une sonde sectorielle d'une fréquence comprise entre 7,5 MHz et 10 MHz (Redrobe, 2002, Boucher et Lacroix, 2001). Nous avons opté pour la sonde ayant la plus grande fréquence à notre disposition : une sonde linéaire de 18 MHz. Avec celle-ci, nous avons obtenu des images de bonne qualité pour l'ensemble des organes abdominaux.

Le poids de la sonde et la pression qu'exerce l'opérateur sont à prendre en considération dans la réalisation de l'examen. En effet, les organes échographiés ne sont qu'à quelques centimètres voire à moins d'un centimètre de la surface de la sonde. De ce fait, si l'opérateur exerce une pression trop importante sur l'abdomen de l'animal avec la sonde, les organes sous jacents subissent des déformations. Les déformations engendrées sont alors des

sources d'erreurs pour les mesures : le diamètre des vaisseaux mesurés est diminué, la longueur des reins est augmentée tandis que l'épaisseur est diminuée.

Les mesures anatomiques sont réalisées avec un pied à coulisse manuel d'une précision de 0,05 cm. Or, certaines VIA sont inférieures à 0,05 cm. Dans ces cas, nous ne pouvons pas conclure si ces variations intra-individuelles sont dues à des modifications réelles de mesure ou simplement dues à l'imprécision de l'instrument. De plus, les mesures étant petites, les variations intra-individuelles peuvent être augmentées par de simples différences de pression du pied à coulisse sur l'organe entre les trois mesures.

CONCLUSION

L'échographie abdominale est aisément réalisable chez le rat. Les images obtenues par le Mylab 30 Esaote avec une sonde linéaire de 18 MHz sont de très bonne qualité. Cette sonde s'est parfois avérée peu maniable, car sa surface est supérieure à la surface de contact avec le sujet. Mais, en contre partie, sa haute fréquence offre la possibilité d'obtenir des images de bonne définition de petites structures peu profondes. Nous avons donc réussi à obtenir des images de référence pour le foie, le conduit cholédoque, la veine porte, l'aorte, la veine cave caudale, la rate, les reins, les glandes surrénales, le duodénum, l'estomac, la vessie et les organes génitaux. Le rat présente certaines particularités anatomiques qu'il faut prendre en considération lors de l'examen échographique. Il ne possède pas de vésicule biliaire. Ses glandes vésiculaires sont très développées. Les canaux inguinaux étant ouverts ses testicules peuvent passer en position intra-abdominale. Enfin son caecum est très développé. L'interprétation des images échographiques suivent les mêmes principes que ceux des carnivores domestiques. Cependant, nous avons plusieurs fois observé des rates avec un parenchyme finement granuleux sans lésion histologique majeure associée. Parfois, le bord du rein droit présentait un aspect irrégulier, non retrouvé à l'autopsie et sans lésion histologique associée ; il s'agissait alors certainement d'artefact. Le caecum, très développé et généralement à gauche, renferme du gaz. Il est à l'origine d'un cône d'ombre, masquant les structures sous jacentes. La visualisation du rein gauche et des structures digestives sont par conséquent parfois difficiles à obtenir, nécessitant alors un abord par le flanc.

A partir d'un échantillon de 30 rats de race Fisher, un premier abaque des mesures moyennes de la veine porte, de l'aorte, de la veine cave caudale, des reins, du duodénum et des glandes surrénales a été élaboré à l'usage des cliniciens. Une différence significative de taille entre les organes femelles et mâles apparaît pour la veine porte (en coupe longitudinale), l'aorte, la veine cave caudale, la rate, les reins et la glande surrénale droite (pour l'épaisseur), ce qui justifie de dissocier les mesures de référence établies chez les mâles et les femelles. La

variabilité inter-individuelle est comprise entre 1,99 % (longueur du rein droit des mâles) et 35,5 % (épaisseur duodénale en coupe transverse de l'ampoule duodénale des femelles). La moyenne de la VIE est de $10,11 \pm 4,65$ % pour les mâles et $11,35 \pm 6,65$ % pour les femelles. Cependant notre échantillon était de petite taille. La variabilité inter-individuelle serait donc mieux appréciée sur un plus grand nombre de rats. La variabilité intra-individuelle, selon les mesures, est comprise entre 1,52 % (longueur du rein gauche des femelles) et 11,23 % (épaisseur de la paroi duodénale en coupe longitudinale des femelles). Son maximum est donc proche de 10 % ce qui reste acceptable. Les mesures peuvent être considérées comme suffisamment respectables. Par ailleurs, mis à part pour les glandes surrénales, les valeurs mesurées échographiquement sont proches des valeurs réelles mesurées en *post-mortem* sur les organes isolés.

La variabilité interopérateur reste à étudier. Elle permettrait de vérifier la répétabilité des mesures d'un opérateur à un autre.

Cette étude a donc démontré que l'échographie est un examen réalisable, de bonne qualité et répétable chez le rat. De plus, elle apporte un atlas d'images normales et un premier abaque de références des principaux organes abdominaux dans cette espèce.

BIBLIOGRAPHIE

Bivin WS, Crawford PM, Brewer NR. Morphophysiology. In : Baker HJ, Lindsey JR, Weisbroth SH. The laboratory rat. Biology and Diseases. New York, USA, Academic Press, 1979, **1**, 74-103.

Block B. La pratique de l'échographie. Paris, Edition Maloine, 2005, 253 p.

Boucher S, Lacroix C. L'échographie chez les rongeurs et chez les lagomorphes. Le point vétérinaire, 2001, **214**, 12-13.

Chetboul V, Pouchelon JL, Tessier-Vetzel D, Bureau-Amaglio S, Cotard J P *et al.*, Echographie et doppler du chien et du chat. 1^{er} ed. Paris, Masson, 2005, 454 p.

Girling SJ. Mammalian imaging and anatomy. In: Meredith A, Redrobe S. BSAVA Manual of Exotic Pets. 4thed. Philadelphia, 2002, 1-12.

Grassé PP. Traité de zoologie, mammifères splanchnologie, Paris, Masson et Cie, 1973, tome XVI, fascicule V, volume 1, 1063p.

Greene EC. Gross anatomy. In: Farris EJ, Griffith JQ. The rat in laboratory investigation. 2nd ed., New York, Hafner, 1962, 24-37.

Hatai S. On the weights of the abdominal and thoracic viscera, the sex glands, ductless glands and the eyeballs of the albino rat (*Mus norvegicus albinus*) according to body weight. American Journal of Anatomy. 1913, **15**, 87-119

Harkness JE, Wagner JE. Biology and Husbandry, the rat. In: The biology and medicine of rabbits and rodents. 4th ed, Philadelphia, Williams and Wilkins, 1995, 65-73.

Inaba T, Inoue A. Use of echography in rats for pregnancy diagnosis. Japanese journal veterinary science, 1985, **47**(3), 523-525.

Korenchevsky V, Dennison M, Kohn-Speyer A. Changes produced by testicular hormone in normal and in castrated rats. Biochemical Journal. 1933, **27** (2):557-79.

Loriot N *et al.* Echographie abdominale du chien et du chat. Paris, Masson, 1995, 142 p.

Mackay L, Mackay EM. Factors which determine renal weight : II Age. American journal physiology. December 1, 1927, **83** : 191-195.

Nyland TG, Mattoon JS. Small Animal. Diagnostic Ultrasound. 2nd ed. Philadelphia, W.B. Saunders Company, 2002, 461 p.

O'Malley B, Rats. In: Clinical anatomy and physiology of exotic species. Philadelphia, Elsevier Saunders, 2005, 209-225.

Popesko P, Ratjova V et Horak J. Rat. In: A colour atlas of anatomy of small laboratory animals. Rat, mouse, hamster. Aylesbury, UK Wolfe. 1992, **vol. 2**, 56-83.

Redrobe S. Imaging techniques in small mammals. Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine, 2001, **Vol 10**, 187-197.

Serrière S, Tranquart F, Pourcelot L, Hanton G C. Echographic recording of uterine, umbilical and fetal cerebral blood flow in pregnant rats. Toxicology Letters, 2006, 164S, S1-S324.

ANNEXE 1 : Résultats détaillés des analyses histologiques

Rat n° 3

Observation échographique :

Suspicion de splénomégalie.

Analyse histologique (rate)

La rate est dans la limite de la normale. On observe une congestion de la pulpe rouge (possiblement physiologique ou agonique) et une hémosidérose banale des macrophages.

Rat n° 5

Observation anatomique :

Volumineux kyste proche de l'ovaire.

Analyse Histologique :

L'utérus présente une endométrite chronique non suppurée, diffuse, discrète, avec de rares kystes endométriaux.

Les ovaires sont actifs (follicule, corps progestatifs) avec de volumineux kystes séreux attenant à l'oviducte (kystes para ovariens).

Rat n° 6

Observation échographique :

L'utérus est dilaté.

Anomalie anatomique :

La corne utérine gauche est dilatée sur un centimètre proche de l'ovaire.

Analyse histologique :

Les ovaires sont normaux. L'utérus présente une distension focale par un polype de grande taille. Le reste de l'organe est normal.

Rat n° 8

Anomalie échographique :

Le parenchyme de la rate semble hétérogène. La glande surrénale gauche semble grosse. Les contours du rein droit sont irréguliers.

Les contours du rein sont lisses lors de l'autopsie.

Analyse histologique (rate, rein) :

La rate est normale.

Le rein est normal.

Rat n°9

Anomalie échographique :

Masse ventrale à la vessie, ronde de 0,73 cm de large, hypoéchogène, compatible avec une lésion graisseuse. L'utérus possède un contenu hypoéchogène.

Analyses histologiques (masse ventrale à la vessie, ovaire et utérus) :

Lésion de contour circulaire, bien délimitée, constituée par un tissu adipeux lobulé à centre nécrotique (nécrose de coagulation), sans inflammation significative, avec une fibrose modérée. Cette image est compatible avec un lipome nécrosé par ischémie.

Les ovaires sont normaux.

L'utérus est marqué par un épaississement endométrial par fibrose avec atrophie modérée des glandes utérines. Il n'y a pas de composante inflammatoire significative.

Rat n° 11

Observation échographique :

Les cornes utérines sont dilatées, avec une paroi épaisse.

Analyses histologiques (ovaires, utérus) :

Les ovaires sont normaux.

Les cornes utérines sont dilatées avec une lumière optiquement vide sur les coupes. Les glandes utérines sont modérément atrophiées. Il n'y a pas de lésion inflammatoire significative.

Rat n°13

Observation échographique :

Les cornes utérines sont dilatées, avec une paroi épaisse.

Analyses histologiques (utérus) :

L'utérus présente une dilatation modérée de la lumière, optiquement vide et une atrophie modérée du chorion, sans inflammation.

Rat n°14

Observation échographique :

Deux calcifications sont observées dans la jonction cortico-médullaire du rein gauche.

Analyses histologiques (rein droit et gauche)

Le rein droit présente une glomérulonéphrite focale et globale minime, et une hémosidérose interstitielle intracorticale discrète.

Le rein gauche présente une autolyse sous capsulaire focale (artefact de fixation) et de rares microfoyers de néphrocalcinoses.

Rat n°16

Analyse histologique (foie) :

Le foie présente une érythropoïèse extra-médullaire modérée.

Rat n°17

Observation échographique :

La rate présente une structure hypoéchogène de 0,29cm de diamètre évocatrice d'un nodule.

Analyse histologique (rate) :

La rate est normale. Aucun nodule n'a pu être retrouvé. Le foie est normal.

Rat n° 18

Anomalie échographique :

Les cornes utérines sont dilatées avec un contenu anéchogène évoquant du liquide.

Analyse histologique (ovaire et utérus) :

L'ovaire est normal avec de gros corps progestatifs. L'utérus présente une hyperplasie diffuse discrète de l'endomètre, probablement physiologique.

Rat n°21

Observation échographique :

Suspicion d'hépatomégalie et de splénomégalie.

Analyses histologiques (rate, foie):

La rate présente une splénomégalie diffuse discrète due à une hyperplasie diffuse et discrète de la pulpe blanche et rouge, majorée par une congestion.

Le foie ne présente pas d'anomalie.

Rat n° 23

Anomalie échographique :

La rate présente une image de nodule et un parenchyme hétérogène.

Analyse histologique (rate) :

La rate est dans la limite de la normale. On observe une congestion de la pulpe rouge (possiblement physiologique ou agonique) et une hémosidérose banale des macrophages.

Rat n° 26

Anomalie échographique :

Le parenchyme hépatique apparaît hétérogène, discrètement hypoéchogène au rein droit avec une dilatation des vaisseaux portes compatible avec une congestion hépatique liée à une insuffisance cardiaque ou à une hépatite chronique.

Analyses histologiques (cœur, rate, foie)

En l'absence de témoins et de plans de coupe standardisés, la taille des cavités cardiaques et l'épaisseur des parois sont difficiles analyser. Les images observées suggèrent une hypertrophie excentrique globale. On note également une fibrose.

La rate présente une hyperplasie modérée de la pulpe blanche et de la pulpe rouge, dans la limite de la normale.

Le foie est normal, avec de rares microgranulomes.

Rat n° 27

Observation échographique :

Suspicion de dilatation pyélique du rein gauche.

Analyses histologiques (rein droit et gauche, foie) :

Les reins ne présentent pas d'anomalie.

Le foie est normal.

ANNEXE 2 : Planches anatomiques

Des photographies ont été réalisées lors des autopsies. Certaines sont présentées dans cette annexe afin de mieux comprendre les rapports anatomiques entre les différents organes abdominaux.

Figure 72 : Vue ventrale de la cavité abdominale après ouverture de la paroi musculaire

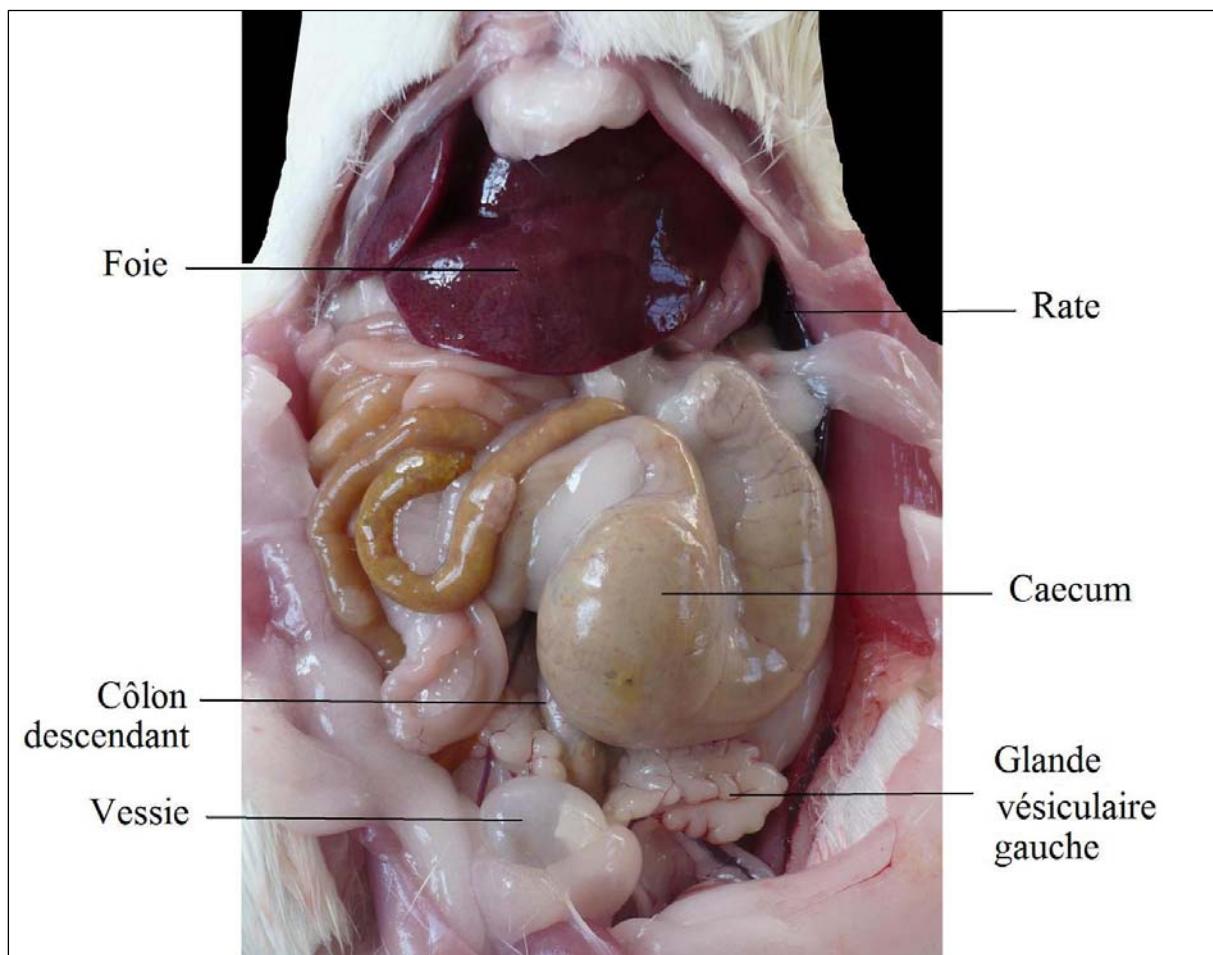
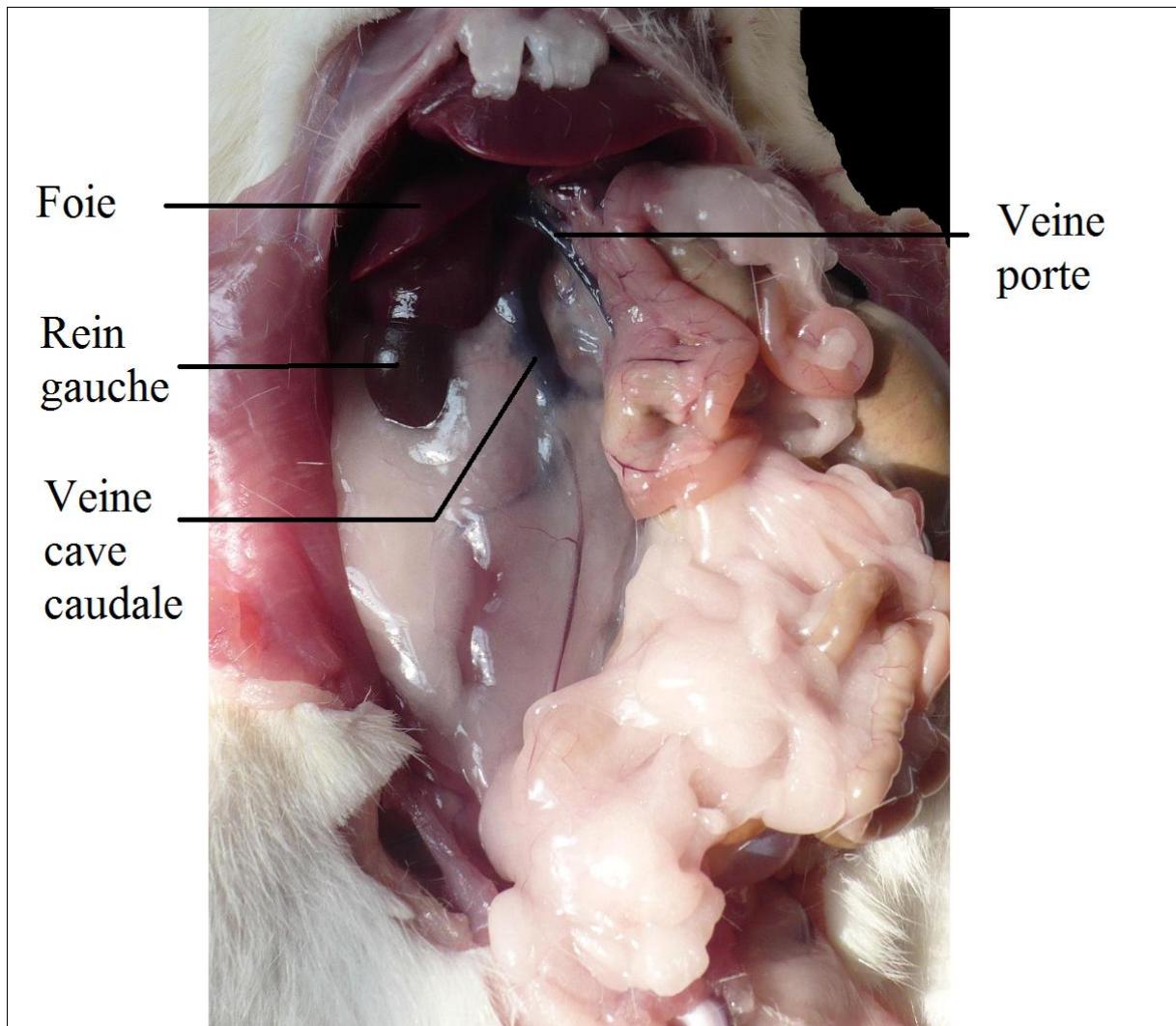
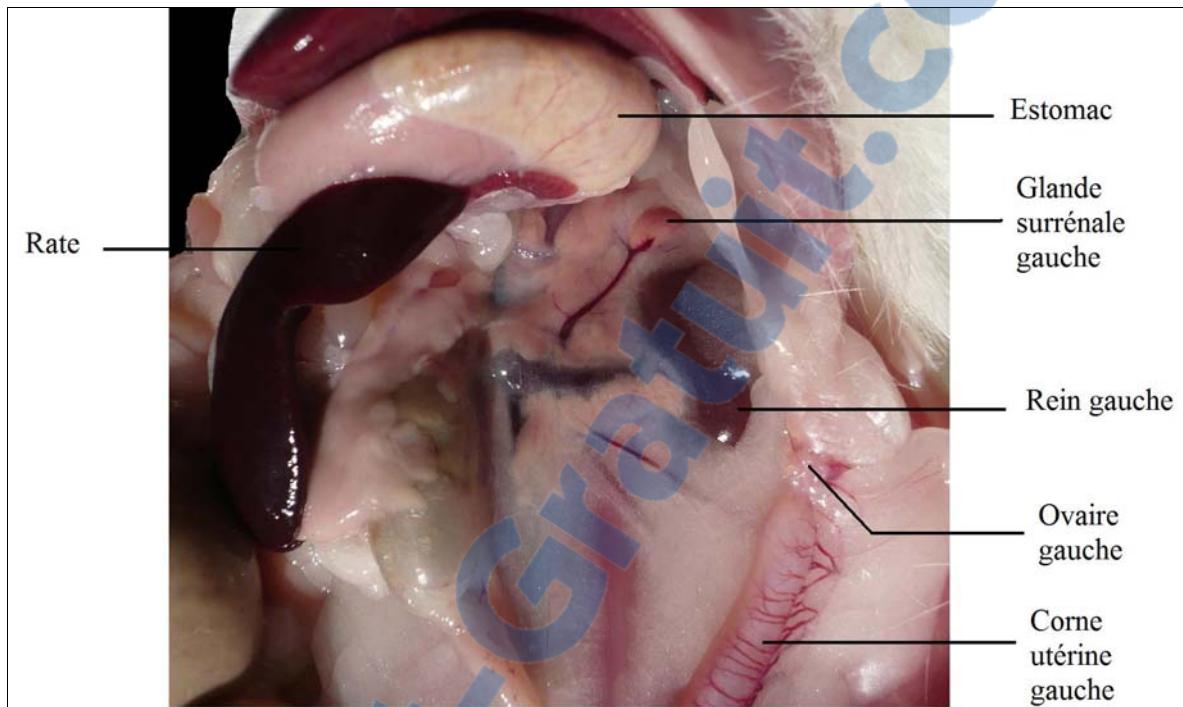


Figure 73 : Vue ventrale de l'abdomen (portion crâniale droite)



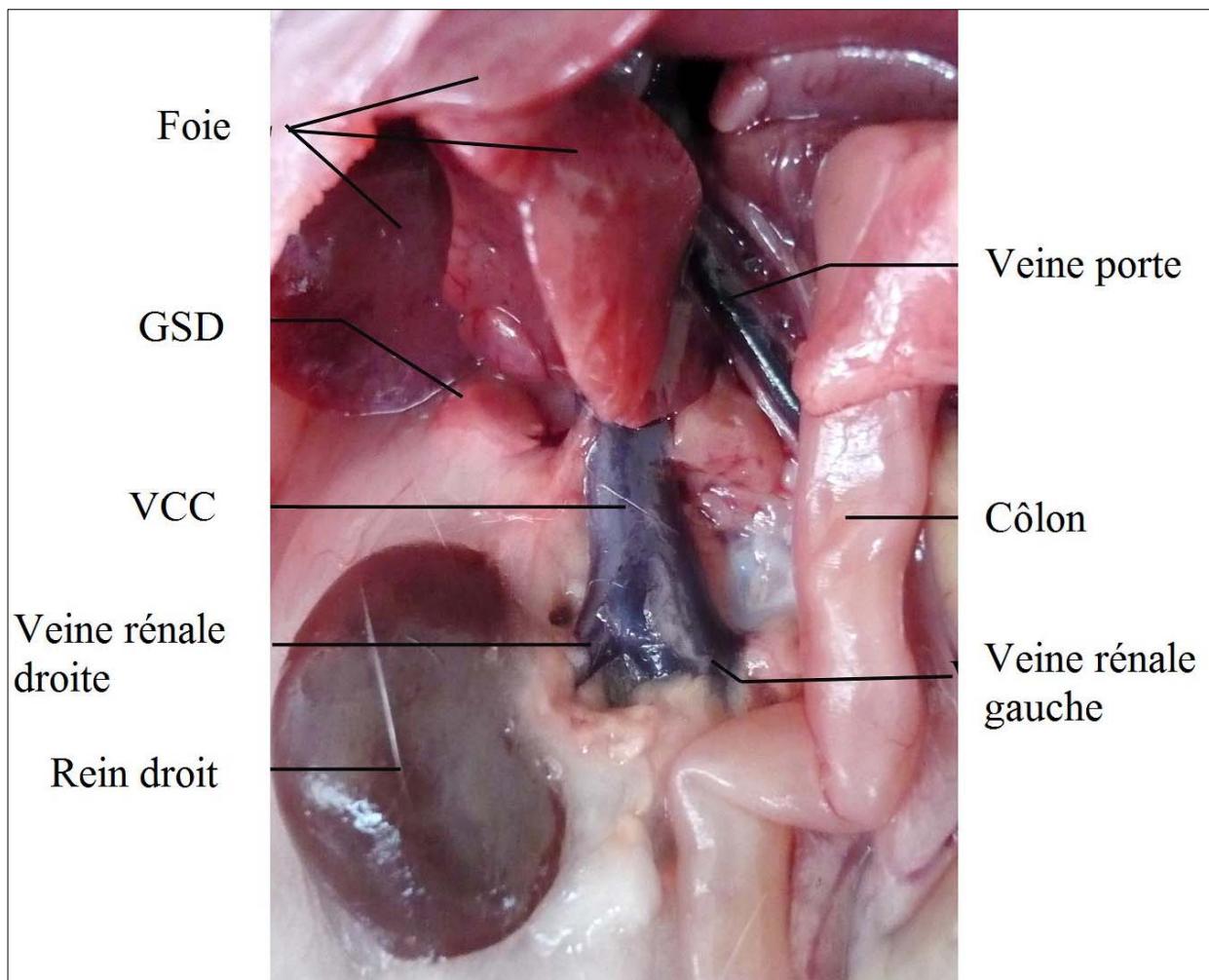
La masse intestinale est réclinée sur la gauche.

Figure 74 : Vue ventrale de l'abdomen (côté gauche) : mise en évidence de la glande surrénale gauche



La masse intestinale et la rate sont réclinées vers la droite.

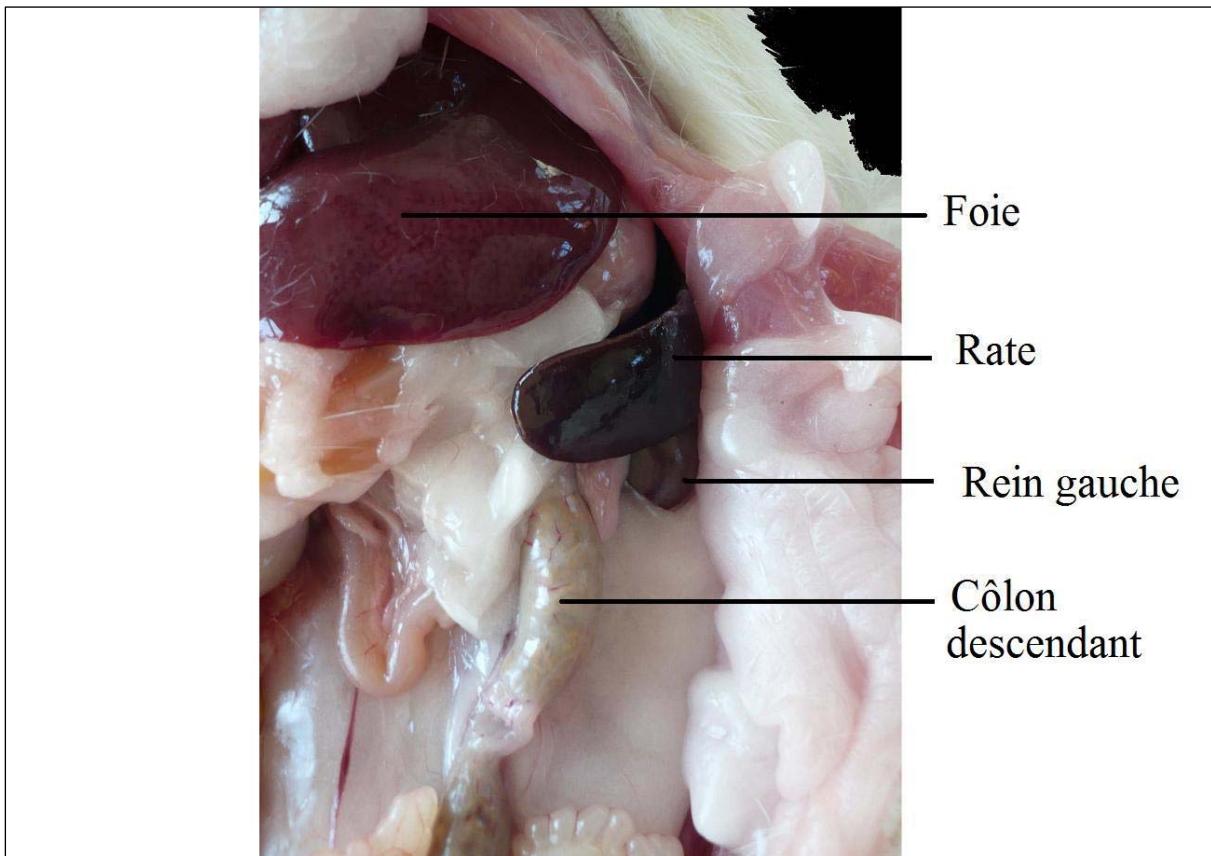
Figure 75 : Vue ventrale de l'abdomen (portion crâniale droite) : mise en évidence du rein droit et de la glande surrénale droite



La masse intestinale est réclinée sur la gauche et les lobes hépatiques sont soulevés.

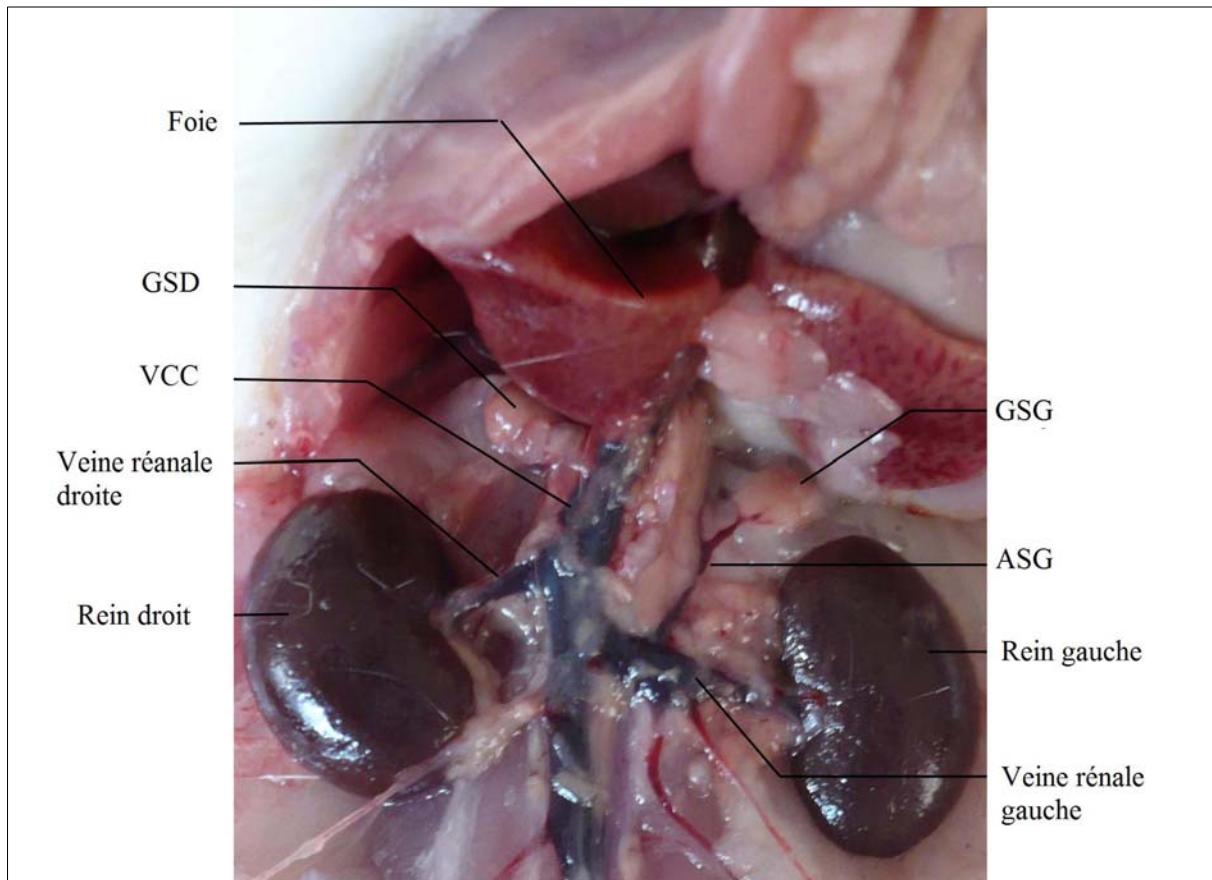
GSD : Glande surrénale droite. VCC : Veine cave caudale.

Figure 76 : Vue ventrale de l'abdomen (côté gauche) : mise en évidence des rapports anatomiques entre le foie, la rate et le rein gauche



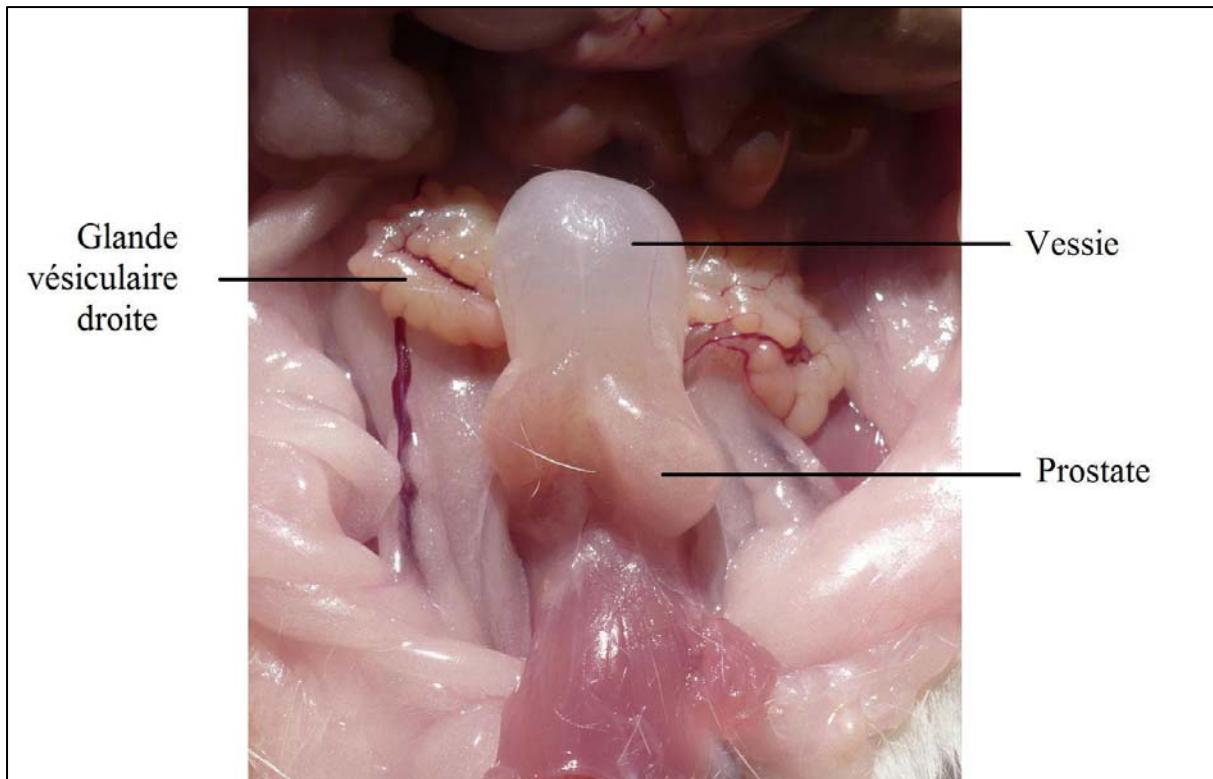
La masse intestinale est réclinée sur la droite.

Figure 77 : Vue ventrale de la cavité abdominale : mise en évidence des deux reins



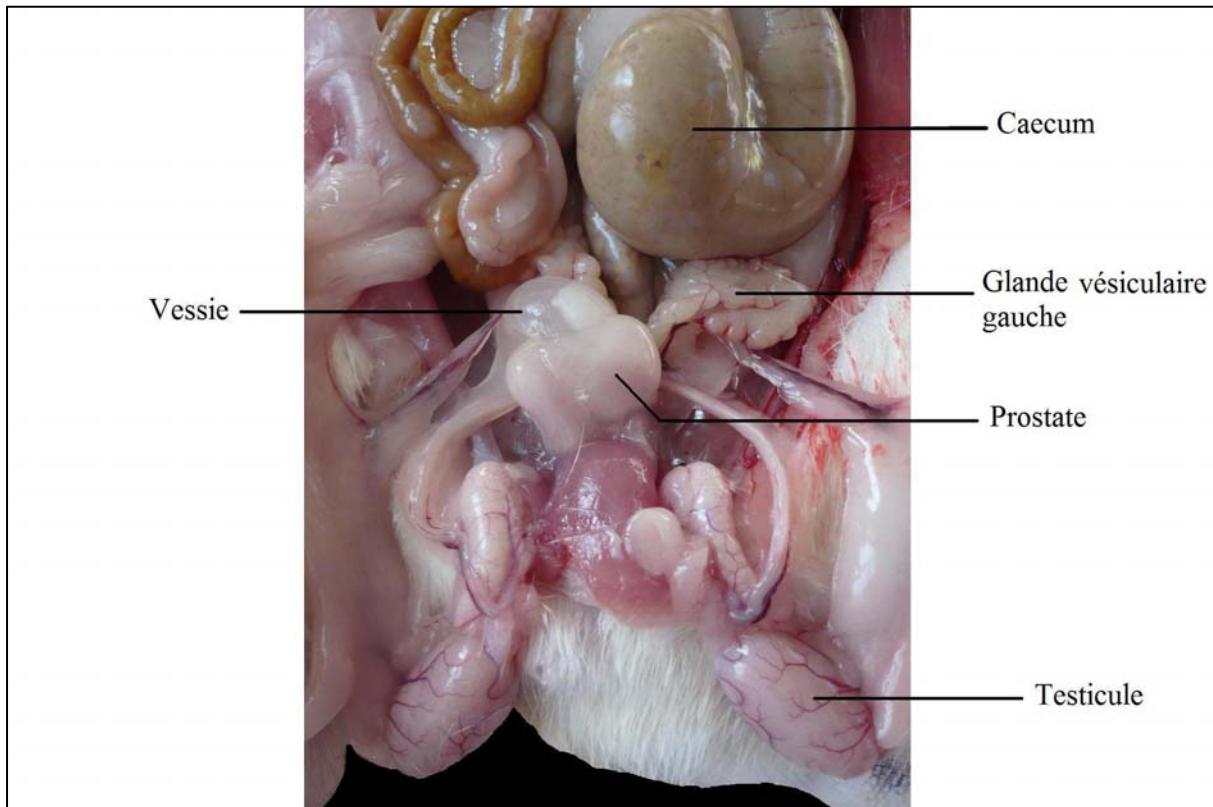
Les lobes des foies sont soulevés. La masse intestinale est réséquée. L'estomac est récliné crânialement. GSD : Glande surrénale droite. VCC : Veine cave caudale. GSG : Glande surrénale gauche. ASG : Artère surrénalienne gauche.

Figure 78 : Appareil génital mâle



La masse intestinale est réclinée crânialement.

Figure 79 : Appareil génital mâle mettant en évidence les testicules



La masse intestinale est réclinée crânialement.

ANNEXE 3 : Descriptif commercial du Mylab 30

Esaote

Figure 80 : Descriptif MyLab 30 Esaote

Truly dedicated to the veterinary world, MyLab30 VET includes:

- VET ID screen, including veterinary DICOM fields
- Dedicated VET body marks
- VET measurements and calculations; e.g. fetal age for small and large animals
- Dedicated VET probes
- Built-in USB port allows the user to save images quickly and easily in BMP, AVI, or DICOM file formats for both still images and clips
- Integrated CD-writer
- Data storage in real-time with the embedded MyLab™ Desk data management system
- The images can also be transferred to BioPACS™/ Org@nizer™ mini-PACS architecture in a stand-alone or client-server configuration
- BioPACS/Org@nizer are DICOM compatible
- Wireless Technology options for connecting peripherals such as printers
- Data can be stored in real-time, reviewed and exported using the embedded MyLab™ Desk data management system

Source : <http://www.esaote.com/modules/core/page.asp?p=MYLAB30VET&t=SPE>

ÉCHOGRAPHIE ABDOMINALE CHEZ LE RAT :

IMAGES NORMALES ET MESURES DE

RÉFÉRENCE SUR UNE POPULATION DE RATS

FISHER.

Aurélie Courtiade

Résumé :

L'échographie abdominale du rat est très peu pratiquée en clientèle vétérinaire. Bien que parfois utilisée en recherche, cette technique d'imagerie n'a fait l'objet que de rares publications scientifiques spécifiques chez le rat. Alors que l'échographie est devenue une technique de référence chez les carnivores domestiques, il serait souhaitable de valider son utilisation chez le rat. Cette étude s'est donc attachée à établir un atlas d'images échographiques et des mesures de référence sur une population de 30 rats de souche Fisher.

L'étude a été réalisée à l'aide de l'échographe Mylab 30 Esaote muni d'une sonde linéaire de 18 MHz. Le foie, le conduit cholédoque, la veine porte, la veine cave caudale, l'aorte, la rate, l'estomac, le duodénum, les reins, les glandes surrénales, la vessie et l'appareil génital ont été étudiés. Les mesures échographiques de ces organes ont été comparées aux mesures directes réalisées en *post-mortem*. L'échographie abdominale du rat s'est avérée être un examen aisément réalisable, répétable, offrant des images de bonne qualité. Un premier abaque de mesures de référence a été établi. Bien qu'il soit nécessaire de compléter ces premières données (en incluant notamment un plus grand nombre d'individus et de souches), ces résultats et les images de référence associées peuvent d'ores et déjà servir de base pour développer et améliorer l'utilisation de cette technique d'imagerie chez le rat.

Mots-clés : IMAGERIE MEDICALE, ECHOGRAPHIE, ABDOMEN, NAC, RONGEUR, RAT, FISHER

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Dr. Chateau Henry (Maître de Conférence à l'ENVA).

Assesseur : Dr. Edouard Reyes Gomez (Maître de Conférences contractuel à l'ENVA).

Invité : Dr Fouzia Stambouli (Praticien hospitalier à l'ENVA).

Adresse de l'auteur: Mlle Aurélie Courtiade, 91270 Vigneux sur seine

ABDOMINAL ULTRASONOGRAPHY OF THE RAT : NORMAL IMAGES AND REFERENCE MEASUREMENTS IN A GROUP OF FISHER RATS.

Aurélie Courtiade

Summary:

In veterinary practice, the abdominal ultrasonography is rarely performed for rats. Although sometimes used for research purposes, few scientific publications exist. Abdominal ultrasonography is now a standard technique in carnivore pets and it would be desirable to validate its use in the rat, considering the increasing number of consultations for exotic pets including rats. The aim of this study was to establish an atlas of normal ultrasonography images and reference measurements of main abdominal organs of 30 Fisher rats. The study was realized with using a Mylab 30 Esaote (Ultrasound system) with an 18MHz linear ultrasound probe. We examined the liver, the common bile duct, the portal vein, the vena cava caudalis, the aorta, the spleen, the stomach, the duodenum, the kidneys, the adrenal glands, the bladder and the genital system. The ultrasound measurements of the organs were compared with direct measure realized during the necropsy.

The abdominal ultrasonography of rat is an easy and repeatable exam and offers good quality images. A first table of reference measures was established. Although it is necessary to further complete these data (in particular with more rats and more strains), these results and the associated reference images can already be used as a start to develop and improve this imaging technique in the rat.

Keywords : MEDICAL IMAGING, ULTRASOUND, ABDOMINAL, EXOTIC PET, RODENT, RAT, FISHER.

Jury :

President

Director : Dr. Chateau Henry (Maître de conférence à l'ENVA).

Assessor : Dr. Edouard Reyes Gomez (Maître de conférences à l'ENVA).

Guest : Dr Fouzia Stambouli (Praticien hospitalier à l'ENVA).

Author's address: Mlle Aurélie Courtiade, 91270 Vigneux sur seine.