



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 12130

To cite this version :

Hanot, Emilie and Charmet, Tiffany. *Mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi de l'intestin grêle du chien sain : corrélation entre histologie et échographie*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2014, 105 p.

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

MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES DIFFÉRENTES COUCHES DE LA PAROI DE L'INTESTIN GRÊLE DU CHIEN SAIN : CORRÉLATION ENTRE HISTOLOGIE ET ÉCHOGRAPHIE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

HANOT Emilie

Née le 17 Août 1989 à SAINT QUENTIN (02)

Et

CHARMET Tiffany

Née le 9 Septembre 1988 à AVIGNON (84)

Directeur de thèse : M. Giovanni MOGICATO
Co-directrice de thèse : Mme Nathalie BOURGES-ABELLA

JURY

PRESIDENT :

Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Giovanni MOGICATO

Mme Nathalie BOURGES-ABELLA

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

Mme Catherine LAYSSOL-LAMOUR

Attachée d'Enseignement et de Recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire
de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. Alain MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*
- Mme CLAUW Martine, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. CORPET Denis, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*
- M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*
- M. EUZEBY Jean, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. FRANC Michel, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. MARTINEAU Guy, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. PETIT Claude, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. REGNIER Alain, *Physiopathologie oculaire*
- M. SAUTET Jean, *Anatomie*
- M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1^o CLASSE

- M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*
- M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. DUCOS Alain, *Zootéchnie*
- M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2^o CLASSE

- Mme BENARD Geneviève, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
- Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*
- M. DUCOS DE LAHITTE Jacques, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. GUERRE Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme HAGEN-PICARD Nicole, *Pathologie de la Reproduction*
- M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. LIGNEREUX Yves, *Anatomie*
- M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. PICAVET Dominique, *Pathologie infectieuse*
- M. SANS Pierre, *Productions animales*
- Mme TRUMEL Catherine, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

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

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
M. BERGONIER Dominique, *Pathologie de la Reproduction*
Mlle BOULLIER Séverine, *Immunologie générale et médicale*
Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mlle DIQUELOU Armelle, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. JOUGLAR Jean-Yves, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, *Anatomie pathologique*
M. LYAZRHI Faouzi, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. MATHON Didier, *Pathologie chirurgicale*
Mme PRIYMENKO Nathalie, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. ASIMUS Erik, *Pathologie chirurgicale*
Mme BENNIS-BRET Lydie, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mlle BIBBAL Delphine, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie*
M. CONCHOU Fabrice, *Imagerie médicale*
M. CORBIERE Fabien, *Pathologie des ruminants*
M. CUEVAS RAMOS Gabriel, *Chirurgie Equine*
Mme DANIELS Hélène, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
M. DOSSIN Olivier, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
Mlle FERRAN Aude, *Physiologie*
M. GUERIN Jean-Luc, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle LACROUX Caroline, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
Mlle LAVOUE Rachel, *Médecine Interne*
M. LIENARD Emmanuel, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. MAILLARD Renaud, *Pathologie des Ruminants*
Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, *Pathologie Chirurgicale*
M. MOGICATO Giovanni, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. NOUVEL Laurent, *Pathologie de la reproduction*
Mlle PALIERNE Sophie, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mlle PAUL Mathilde, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
Mme PRADIER Sophie, *Médecine interne des équidés*
M. RABOISSON Didier, *Productions animales (ruminants)*
Mme TROGELER-MEYNADIER Annabelle, *Alimentation*
M. VOLMER Romain, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
M. VERWAERDE Patrick, *Anesthésie, Réanimation*
Mme WARET-SZKUTA Agnès, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. BOURRET Vincent, *Microbiologie et infectiologie*
Mme FERNANDEZ Laura, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle DEVIERS Alexandra, *Anatomie-Imagerie*
M. DOUET Jean-Yves, *Ophtalmologie*

REMERCIEMENTS

A Madame le Professeur Isabelle BERRY

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Biophysique, Imagerie Médicale

Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de thèse.

Nos hommages respectueux.

A Madame le Docteur Nathalie BOURGES-ABELLA

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Histologie

Qui nous a fait l'honneur de co-diriger cette thèse et nous a épaulées tout au long de ce travail.

Nos sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie, Imagerie Médicale

Qui nous a fait l'honneur de co-diriger cette thèse et nous a aidées pour la réalisation de cette étude.

Notre sincère gratitude.

A Madame le Docteur Catherine LAYSSOL-LAMOUR,

Attachée d'enseignement et de recherche en exploration fonctionnelle

à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Echographie

Pour son soutien sans faille et son investissement dans la concrétisation de ce travail.

Un immense merci.

A Monsieur le Docteur Olivier DOSSIN, pour son implication tout au long du projet.

A Madame le Docteur Marie-Odile SEMIN, pour son aide et sa disponibilité dans la réalisation et la gestion des échantillons histologiques.

A monsieur le Docteur Alexis BILMONT, pour la réalisation des chirurgies.

A Monsieur le Professeur Didier CONCORDET, pour son aide dans la réalisation de l'étude statistique.

A Madame le Docteur Géraldine JOURDAN, pour son aide dans la réalisation de l'anesthésie.

A Madame le Docteur Patricia MEYNAUD, pour l'écriture de la partie chirurgicale du protocole de l'étude.

A l'ensemble des techniciennes du **laboratoire d'histologie** pour nous avoir aidées dans la réalisation des échantillons histologiques, pour votre gentillesse et votre disponibilité.

Au personnel du **Service de Physiologie**, et tout particulièrement à Elisabeth Jeunesse, pour nous avoir permis d'utiliser vos locaux, pour votre collaboration et votre aide lors des phases de manipulation.

REMERCIEMENTS DE TIFFANY

A ma famille

A mes parents, pour votre soutien permanent et pour l'amour inconditionnel que vous me portez. Pour votre confiance en moi qui m'a permis d'avancer à travers les moments les plus difficiles. Pour vous être toujours si bien occupé de moi, merci de m'avoir accompagnée au bout de mes rêves. Je vous dédie cette thèse, puisse ce travail représenter mon éternelle reconnaissance et tout l'amour que je vous porte. Je vous remercie infiniment.

A ma sœur, Roxane, sur qui je peux toujours compter, pour tous ces moments de joie et de complicité déjà partagés et à venir. Tu es ma moitié blonde, tes expressions à la noix me feront toujours rire ! Je te souhaite tout le bonheur que tu mérites, avec l'homme que tu aimes. **A mon beau-frère**, Yannou, pour tes bêtises et nos bagarres, pour être le frangin que je n'ai pas eu !

A mes grands-parents, pour votre tendresse et tout l'amour que vous me témoignez. A ces merveilleux repas de famille, aux délices que vous nous préparez, pour tous ces superbes étés à la mer à vos côtés et tous ces beaux souvenirs que vous avez créés.

A mes couz', Marina et Mathieu, mes meilleurs amis depuis toujours. A nos soirées avignonnaises, à nos premières escapades de « grands » et toutes celles à venir, à ces sandwiches trop maigres et ces chips trop peu nombreuses, à nos fou-rires. Qu'ils continuent encore et encore !

A toute ma famille, oncles et tantes, cousins et petits cousins, pour votre générosité, votre constante bonne humeur et pour l'amour que chacun porte à tous les autres. J'ai beaucoup de chance vous avoir tous dans ma vie !

A mon parrain, René, pour ton oreille attentive et ta bienveillante présence.

Merci à vous tous, d'avoir fait que mon enfance ait été si simple et si heureuse. Jamais aucune déception, vous m'avez permis de me construire facilement, sur des bases saines et fortes. Je réalise aujourd'hui grâce à vous tous un de mes rêves les plus chers, j'espère que vous êtes fiers de moi. Je vous aime fort.

REMERCIEMENTS D'EMILIE

* * * * *

A Papa, Maman, Cam et Hélo, pour votre soutien sans faille, pour m'avoir permis de réaliser mes rêves et me guider dans tous mes projets. J'utilise souvent l'ironie pour le dire, mais vous savez bien que je le pense : « que serais-je sans vous ? ». Je vous aime très très fort !

A mes grands-parents et toute ma famille, pour m'avoir toujours soutenue, de près ou de loin. Un immense merci ! *Thaïs, j'attends tes marsup' !*

A Thibaud et Simon, parce que vous rendez mes sœurs heureuses et que ça compte beaucoup pour moi.

* * * * *

* * * * *

A Juliette, merci infiniment pour tous ces moments passés ensemble, sans toi la vie à l'école aurait été bien triste ! Parce que ton accent marseillais est trop parfait pour être une simple imitation. Parce que la cuisine au beurre c'est quand même meilleur qu'à l'huile d'olive. Parce que des quinconces, il doit aussi y en avoir en Equateur. Parce qu'entre « blondes sur les bords » vous vous comprenez très bien avec Fif. Et parce que les milliers de kilomètres qui nous séparent maintenant ne changeront rien à notre amitié. Je te souhaite tout le bonheur du monde avec Roberto. PS : « Have you questions ? »

A Barbara, que de choses à dire ! A nos papotages autour d'un petit thé, à nos craquages autour d'un MacGros, à nos heures passées avec les titis... Pour avoir toujours été là dans les bons comme dans les moins bons moments, un immense merci ! Longue vie à notre amitié !

A Lucie et Sophie, pour ces cinq années de folie ! Merci de m'avoir fait découvrir le vrai sud-ouest !!! A notre amitié.

A *Lucie Roger*, à Luchon(g), à ta passion pour les sports féminins et doux, à la bobo, à ta montagne, à ta lenteur en voiture, à tes *gasconnes*... Longue vie à tes genoux !

A la *Ptite Sophie*, la reine des quiches, à l'Aveyron(g), à nos petits cafés du midi, à tes brebis, à tes hypothermies, à ton chaton ataxique...

A Ronan dit « le moche », mon copilote de classe, à ta gentillesse, à nos fous rires, à la R5, à Pontruet city, à tes barbec', à tous ces super souvenirs...

A Loïc dit « Jésus », à ta bonne humeur, à nos délires, à tes cheveux... Amen

A Prudence dite « Chintonch », à nos années lycée, à Pittsburgh, à tes oréos, à Ômiens...

A Zaza, Steph, Tibo et Caro, pour tous ces super moments passés avec vous. J'espère vous revoir très vite !

A **Charlotte**, pour nos balades avec les toutous, et tous ces autres bons souvenirs.

A mes poulots, la crème de la crème !

A Lauriane, pour ta gentillesse et ta joie de vivre communicative !

A Lorette, pour ta bonne humeur !

A Vincent « blonde avec un L », toujours à l'affût du dernier potin !

A Mathilde, pour tes craquages dans la bonne humeur !

A Fean-Facques Faulmann, tes chansons résonnent encore dans ma tête !

A Valentine, pour ces soirées mémorables !

Et à mes poulots d'adoption **Charlotte, Mélanie, Elena, Estelle** et **Jeanne**, merci pour vos sourires à toute épreuve ! Je suis « *trop contente* » de vous avoir rencontrées.

Aux jeannots du Jungle Touch : **Dodie, Sarah, Papy** et sa périostite, **Samuel, Fanny et Delphine**. Pour toutes ces soirées mémorables. On remet ça ?

A Pauline et Mériel, les « marseillaises ». A votre passion immodérée pour les poils, à nos chemisiers roses de Nice, à nos soirées koh lanta et à tous nos fous rires !

A Solène, Lilou et Edwina, dont je regrette de m'être rapprochée si tard. Je vous souhaite plein de bonnes choses !

A mes amis du nord que je n'oublie pas : **Pierre, Sylvain, Fannie, Camille, Marianne...** J'aimerais vous voir plus souvent !

A mes copains de l'AFVAC junior : à nos galères, à la Little Italy, à notre arbre bronchique, à la chambre présidentielle, au vrai-faux Georges Clooney, au Moulleau, à tous ces super souvenirs de congrès...

A mes docs, et tout particulièrement **Audrey et Manue**. Merci pour ce beau weekend, et pour tout le reste.

A Maëlis, Fanny et Lucile, pour tous ces souvenirs de weekends road trip au Québec. A nos poutines, aux chansons « à texte » québécoises, au frein à main qui n'existe pas, au bar laitier, aux sangsues, à la danse country version Maëlis...

A mes copains et amis de prépa : **Sydney, Marie, Céline, Johanna, Dorian, Guigui, Christophe, Cafouille, Olivier, Julien, Sonia...** Nos chemins se sont séparés, mais qui sait, un jour peut-être on se retrouvera ?

* * * * *

A Tiffany, ma super co-auteur. Parce que la réalisation d'une thèse n'est pas chose facile, j'ai été ravie d'accomplir ce travail avec toi. Merci pour tout !

* * * * *

A Laetitia, tu es partie beaucoup trop tôt. Ton sourire et ta gentillesse resteront gravés dans ma mémoire.

* * * * *

* * * * *

A Cathy, pour m'avoir fait découvrir et aimer l'échographie, mais surtout pour ton humilité, ta gentillesse et ton enthousiasme communicatif. Et quelle efficacité ! Mille mercis !

A Nathalie, pour votre gentillesse et votre bienveillance. Ce fut un plaisir de travailler avec vous. Un immense merci !

A Giovanni, pour votre aide, votre sympathie et votre disponibilité. Un grand merci !

Au Docteur Olivier Dossin, pour votre aide précieuse. Un grand merci !

* * * * *

Au Dr Fabrice Conchou, pour m'avoir donné goût à la radiologie, pour votre disponibilité et votre gentillesse. Merci !

Au Dr Franck Durieux, pour m'avoir si gentiment ouvert les portes de votre clinique, initiée à l'imagerie le temps d'un stage, et m'avoir confirmé l'envie de continuer dans cette voie. Merci !

Aux membres des bureaux Midi-Pyrénées et Aquitaine de l'AFVAC, pour votre sympathie, votre disponibilité et votre soutien dans la réalisation de nos projets à l'AFVAC junior, et pour m'avoir donné la chance d'assister à vos congrès.

Au Dr Denis Headon du Roslin Institute, pour votre gentillesse et votre accueil dans ce superbe laboratoire. **A Kirsty, Edward, Gordon, James, Natasha, Megan, Lorna et Jeanette**, what a team !

A toute l'équipe la Clinique Saint Jacques, pour votre accueil chaleureux !

* * * * *

* * * * *

A Fifteen, ma petite loutre, mon petit castor. Infatigable, un peu timbrée, un peu blonde sur les bords, à la fois drôle, adorable et insupportable... Même si tu m'en fais voir de toutes les couleurs, tu es la plus parfaite des petites truffes à mes yeux.

A tous mes Poutous et ceux de Loulou, vous en avez fait des bêtises, et je pense que c'est loin d'être terminé ! Et pourtant je ne m'imagine pas sans vous...

A Mimine, Groseille, Biscotte, Balder, Bambou, Rosette et Noirot que je n'oublierai jamais.

* * * * *

A tous ceux que je n'ai pas cités mais qui comptent pour moi, un grand merci !

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	21
<u>Première partie</u> :	23
Rappels et données bibliographiques	23
1. ANATOMIE DE L'INTESTIN GRELE CHEZ LE CHIEN	25
2. HISTOLOGIE DE L'INTESTIN GRELE CHEZ LE CHIEN	27
2.1. <u>Tuniques de l'intestin grêle</u>	27
2.1.1. <u>La muqueuse</u>	28
2.1.2. <u>La sous-muqueuse</u>	29
2.1.3. <u>La musculuse</u>	29
2.1.4. <u>La séreuse</u>	29
2.2. <u>Architecture de la muqueuse</u>	30
3. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'EPaisseur DE L'INTESTIN GRELE A L'ECHOGRAPHIE CHEZ LE CHIEN SAIN	32
3.1. <u>Préparation du patient et matériel</u>	32
3.2. <u>Images échographiques normales</u>	33
3.3. <u>Repérage des portions de l'intestin grêle à l'échographie</u>	34
3.4. <u>Epaisseur de la paroi intestinale grêle et des couches qui la composent</u>	34
3.4.1. <u>Choix de la coupe et technique de mesure d'épaisseur</u>	34
3.4.2. <u>Chez le chien sain</u>	34
3.5. <u>Facteurs de variation de l'épaisseur de la paroi de l'intestin grêle à l'échographie</u>	37
3.5.1. <u>Effet du poids</u>	37
3.5.2. <u>Effet de l'âge</u>	38
3.5.3. <u>Effet de l'anesthésie</u>	38
4. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'EPaisseur DE L'INTESTIN GRELE EN HISTOLOGIE CHEZ LE CHIEN SAIN	39
4.1. <u>Epaisseur de la paroi intestinale</u>	39
4.2. <u>Différences des portions de l'intestin grêle à l'histologie</u>	40
4.3. <u>Facteurs de variation de l'épaisseur de la paroi de l'intestin grêle en histologie</u>	41
4.3.1. <u>Effet de l'âge</u>	41
4.3.2. <u>Effet du poids</u>	42
4.3.3. <u>Effet du sexe</u>	42
5. ETUDE COMPARATIVE ENTRE ECHOGRAPHIE ET HISTOLOGIE	42

Deuxième partie :	44
Matériel et protocole	44
1. MATERIEL	46
1.1. Animaux	46
1.2. Opérateurs	47
1.3. Chronométrage des différentes étapes	47
1.4. Anesthésie générale et analgésie	48
1.4.1. Pose d'une voie veineuse	48
1.4.2. Fluidothérapie	48
1.4.3. Prémédication	48
1.4.4. Analgésie	48
1.4.5. Induction	48
1.5. Echographie	48
1.5.1. Appareil	48
1.5.2. Sondes	48
1.5.3. Gel couplant	49
1.5.4. Réglages	49
1.6. Stéréomicroscopie et microscopie	49
1.6.1. Matériel	49
1.6.1.1. Lames	49
1.6.1.2. Loupe binoculaire	49
1.6.1.3. Appareil photo numérique	49
1.6.1.4. Logiciel d'analyse d'image	49
2. PROTOCOLE	50
2.1. Etape 1	50
2.2. Etape 2	50
2.2.1. Temps chirurgical	50
2.2.2. Temps échographique	51
2.3. Etape 3	51
2.3.1. Temps chirurgical	51
2.3.2. Temps échographique	52
2.3.3. Temps stéréomicroscopique	52
2.3.3.1. Préparation des prélèvements	52
2.3.3.2. Prises de vues	53
2.4. Etape 4	53

2.4.1.	<u>Traitement des échantillons</u>	53
2.4.2.	<u>Echographie</u>	54
2.4.3.	<u>Stéréomicroscopie</u>	54
2.4.3.1.	<u>Préparation des prélèvements</u>	54
2.4.3.2.	<u>Prises de vues</u>	54
2.5.	<u>Etape 5</u>	54
2.6.	<u>Euthanasie</u>	55
3.	<u>MESURES DE PAROI</u>	55
3.1.	<u>Identification des images</u>	55
3.1.1.	<u>Images échographiques</u>	55
3.1.2.	<u>Images macroscopiques</u>	55
3.2.	<u>Mesures effectuées</u>	55
3.2.1.	<u>Mesure A</u>	56
3.2.2.	<u>Mesure B</u>	56
3.2.3.	<u>Mesure C</u>	56
3.3.	<u>Sélection des images et réalisation des mesures en pratique</u>	56
3.3.1.	<u>Images échographiques</u>	56
3.3.2.	<u>Images macroscopiques et microscopiques</u>	57
3.4.	<u>Précision des mesures</u>	58
3.4.1.	<u>Mesures échographiques</u>	58
3.4.2.	<u>Mesures stéréomicroscopiques et histologiques</u>	58
	<u>Troisième partie :</u>	59
	<u>Résultats</u>	59
1.	<u>DONNEES</u>	61
1.1.	<u>Nomenclature utilisée</u>	61
1.2.	<u>Données échographiques</u>	61
1.3.	<u>Données histologiques</u>	62
1.4.	<u>Données utilisées pour les statistiques</u>	62
2.	<u>CHOIX DU « GOLD STANDARD » POUR LA COMPARAISON AVEC LES MESURES ECHOGRAPHIQUES</u>	63
3.	<u>METHODE STATISTIQUE</u>	64
4.	<u>COMPARAISON ENTRE LES MESURES STEREOMICROSCOPIQUES DE L'ETAPE 4 (HISTO 4) ET LES MESURES ECHOGRAPHIQUES (ECHO 1, ECHO 2, ECHO 3 ET ECHO 4)</u>	64
5.	<u>COMPARAISON ENTRE LES MESURES STEREOMICROSCOPIQUES DE L'ETAPE 4 (HISTO 4) ET LES MESURES HISTOLOGIQUES (HISTO 5)</u>	71

6. COMPARAISON ENTRE LES MESURES HISTOLOGIQUES (HISTO 5) ET LES MESURES ECHOGRAPHIQUES (ECHO 1, ECHO 2, ECHO 3 ET ECHO 4)	72
Quatrième partie :	79
Discussion	79
1. INTERPRETATION DES RESULTATS	81
2. BIAIS DE L'ETUDE	86
1.1. <u>Biais lié à l'échantillon</u>	86
1.2. <u>Biais lié à l'anesthésie</u>	86
1.3. <u>Biais lié au choix des sites de mesures</u>	86
1.3.1. <u>Mesures échographiques</u>	86
1.3.2. <u>Mesures stéréomicroscopiques et histologiques</u>	87
3. DIFFICULTES DANS LA REALISATION DES MESURES	87
3.1. <u>Identification des couches de l'intestin grêle à l'échographie</u>	87
3.2. <u>Comportement des intestins après entérectomie</u>	87
3.3. <u>Matériel : Difficulté lors des photographies sur loupe binoculaire</u>	88
4. COMPARAISON DES MESURES AUX DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	88
4.1. <u>Données échographiques</u>	88
4.2. <u>Données histologiques</u>	89
CONCLUSION	91
Annexe 1 : Fiche individuelle d'identification des animaux	96
Annexe 2 : Fiche de suivi horaire pour chaque animal	97
Annexe 3 : Procédure d'imprégnation en paraffine de spécimens tissulaires animaux	99
Annexe 4 : Protocole de coloration à l'hémalun-éosine	100

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 : Epaisseur échographique des parois duodénale proximale et jéjunale chez le chien, d'après Penninck (1989).....	35
Tableau 2 : Epaisseur échographique des parois duodénale et jéjunale chez le chien selon la catégorie de poids, d'après Delaney (2003).....	35
Tableau 3: Normes d'épaisseur échographique des parois duodénale et jéjunale selon le poids du chien, d'après Delaney (2003).....	35
Tableau 4: Epaisseur des parois et muqueuses duodénales et jéjunales mesurées à l'échographie chez le chiot de race Beagle de 7 à 12 semaines d'âge, d'après Stander (2010b)	36
Tableau 5 : Epaisseur des couches de la paroi duodénale chez le chien adulte en fonction du poids, d'après Gladwin (2014)	36
Tableau 6 : Epaisseur des couches de la paroi jéjunale chez le chien adulte en fonction du poids, d'après Gladwin (2014)	37
Tableau 7 : Epaisseur moyenne de la paroi de l'intestin grêle, d'après Sarriá (2012)	39
Tableau 8 : Comparaison de l'épaisseur de certaines structures de l'intestin grêle des carnivores domestiques, d'après Titkemeyer (1955).....	39
Tableau 9 : Epaisseur moyenne et proportion relative des couches de l'intestin grêle, d'après Sarriá (2012)	40
Tableau 10 : Valeurs absolues de l'épaisseur pariétale du jéjunum en fonction de la tranche d'âge du chien, d'après Baum (2007).....	41
Tableau 11 : Force de corrélation entre l'âge et le diamètre des différentes tuniques de la paroi du jéjunum du chien, d'après Baum (2007)	41
Tableau 12 : Changement dans l'épaisseur totale de l'intestin grêle selon le sexe, d'après Sarriá (2012)	42
Tableau 13 : Sexe, poids et âge des huit chiens de l'étude.....	46
Tableau 14 : Table de randomisation définissant l'ordre de prélèvement et de mesure des trois segments de l'intestin grêle	50
Tableau 15 : Valeurs numériques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et la stéréomicroscopie (Histo 4) en fonction de la portion intestinale d'intérêt	64
Tableau 16 : Biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) et histologiques (Histo 5), en fonction de la portion intestinale d'intérêt	71
Tableau 17 : Valeurs numériques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et l'histologie (Histo 5) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.....	72

Liste des figures

Figure 1 : Appareil digestif du chien en vue ventrale, après isolement et étalement, modifié à partir de Barone (2009).....	26
Figure 2 : Dispositifs d'amplification de surface de l'intestin grêle.....	27
Figure 3 : Histologie topographique du tube digestif, d'après Dellmann's Textbook of veterinary histology Tunique muqueuse	28
Figure 4 : Visualisation des tuniques de l'intestin grêle à partir d'image microscopique. Muqueuse .	28
Figure 5 : Histologie topographique de l'intestin grêle, d'après N.Bourgès-Abella, Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse	30
Figure 6 : Structure histologique d'une villosité, d'après Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort	31
Figure 7 : Structure histologique d'une crypte de Lieberkühn,.....	32
Figure 8 : Aspect en couches des intestins. (Penninck, d'Anjou 2008)	33
Figure 9 : Détail des étapes 1 à 3 du protocole de l'étude.....	47
Figure 10 : Réalisation des mesures échographiques en pratique.....	57
Figure 11 : Réalisation des mesures stéréomicroscopiques à partir de la photographie d'un fragment fixé de duodénum	57
Figure 12 : Réalisation des mesures histologiques en pratique à partir de la photographie du prélèvement histologique de l'iléon coloré à l'hémalun-éosine.....	58
Figure 13 : Représentation schématique du nombre de mesures échographiques réalisées par étape pour chaque chien.....	61
Figure 14 : Représentation schématique du nombre de mesures stéréomicroscopiques réalisées par étape pour chaque chien.....	62
Figure 15 : Représentations graphiques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et la stéréomicroscopie (Histo 4) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.	65
Figure 16 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du duodénum	67
Figure 17 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du duodénum..	67
Figure 18 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du duodénum.....	67
Figure 19 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du jéjunum	68
Figure 20 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du jéjunum	68
Figure 21 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du jéjunum.....	68
Figure 22 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) de l'iléon	69

Figure 23 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) de l'iléon.....	69
Figure 24 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) de l'iléon.....	69
Figure 25 : Représentations graphiques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4), stéréomicroscopique (Histo 4) et histologique (Histo 5) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.	72
Figure 26 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du duodénum.....	75
Figure 27 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du duodénum	75
Figure 28 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du duodénum.....	75
Figure 29 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du jéjunum	76
Figure 30 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du jéjunum	76
Figure 31 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du jéjunum.....	76
Figure 32 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) de l'iléon.....	77
Figure 33 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) de l'iléon.....	77
Figure 34 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) de l'iléon.....	77
Figure 35 : Photographie d'un échantillon frais d'intestin sous la loupe binoculaire : la contraction de la musculieuse fait saillir la muqueuse ; le sommet des villosités intestinales apparaît nettement.....	88
Figure 36 : Comparaison de l'épaisseur moyenne de la paroi totale (A), de la muqueuse (B) et de l'ensemble des autres couches (C) intestinales grêles du chien entre notre étude et les études de Sarriá (2012) et Baum (2008)	90
Figure 37 : Aspect des villosités dans l'étude de Sarriá (A) et dans notre étude (B)	90

LISTE DES ABREVIATIONS

[%]	Pourcent
[cm]	Centimètre
[C_{hist}]	Chronomètre stéréomicroscopie
[C_{us}]	Chronomètre ultrasound (échographie)
[Echo]	Echographie
[G]	Gauge
[H]	Heure
[Histo]	Histologie
[IC]	Indice de confiance
[J]	Jour
[kg]	Kilogramme
[m]	Mètre
[mg]	Milligramme
[MHz]	Mégahertz
[mL]	Millilitre
[mm]	Millimètre
[p]	p-value
[r]	Coefficient de corrélation
[T]	Temps
[v]	Veine

INTRODUCTION

L'aspect du tractus intestinal du chien sain à l'échographie a été décrit pour la première fois par Dominique Penninck en 1989 (Penninck, 1989). Cela a permis d'ouvrir la voie à de nombreuses autres études portant sur l'échographie intestinale chez le chien sain ou présentant une affection digestive. Vingt-cinq ans plus tard, l'échographie est devenue un outil souvent incontournable dans la démarche diagnostique lors de suspicion d'affection intestinale chez les carnivores domestiques. La précision et la résolution des images échographiques permettent aujourd'hui de décrire de façon précise l'aspect des anses digestives et de détecter d'éventuelles altérations structurelles, comme par exemple une perte ou une modification de la structure en couches dans certains cas de tumeurs ou d'affections virales (Stander, 2010a).

En 2014, une mise à jour des mesures d'épaisseur de chaque couche de la paroi du duodénum et du jéjunum chez le chien sain a été réalisée (Gladwin, Penninck, Webster, 2014). Dans cette récente étude, les auteurs proposent de nouvelles valeurs de référence pour l'épaisseur des différentes couches de la paroi pour ces deux portions de l'intestin grêle.

Le principe de l'échographie repose sur la formation d'images en niveaux de gris à partir d'ultrasons qui permettent de différencier des tissus d'impédances acoustiques distinctes. Il est admis de manière empirique que les couches de la paroi intestinale observées à l'échographie correspondent aux couches décrites en histologie. Partant du principe que le même nombre de couches est observé avec les deux « techniques », il semble possible que les interfaces visualisées à l'aide des ultrasons correspondent aux limites de chaque tunique histologique. Or à ce jour, à notre connaissance, aucune étude n'a vérifié la concordance effective de la mesure des couches pariétales à l'échographie avec celles mesurées à l'histologie.

Le but de cette étude est de comparer les mesures échographiques et histologiques des couches pariétales de l'intestin grêle chez le chien sain afin d'établir s'il existe une correspondance entre les mesures des couches pariétales de l'intestin grêle obtenues avec ces deux techniques. Cela permettrait d'évaluer la pertinence de l'échographie pour mesurer les couches de la paroi des anses intestinales grêles.

Dans une première partie, nous rappellerons sommairement structures anatomique et histologique de l'intestin grêle et ferons une revue de la bibliographie concernant les mesures d'épaisseur de l'intestin grêle à l'échographie et en histologie chez le chien sain. Dans un second temps, nous décrivons le protocole de l'étude expérimentale, puis nous présenterons les résultats et en discuterons.

Première partie :

Rappels et données bibliographiques

1. ANATOMIE DE L'INTESTIN GRELE CHEZ LE CHIEN

L'intestin grêle est composé de 3 segments de longueur inégale : le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Chez le chien, la longueur de l'intestin grêle varie beaucoup selon sa race et sa taille et équivaut à environ 3,5 fois la longueur de l'animal. Il peut mesurer entre 1,70 m et 6 m.

Le **duodénum** prend son origine à la sortie de l'estomac à la suite du pylore, en regard du 9^e espace intercostal droit. On distingue le duodénum descendant, qui est l'anse la plus latérale de l'intestin grêle et qui longe la paroi abdominale droite de façon rectiligne, suivi par le duodénum transverse, et enfin le duodénum ascendant qui s'oriente vers la partie crâniale gauche de l'abdomen. Le duodénum descendant est en contact avec les lobes droits du foie en partie latérale, et avec le lobe droit du pancréas dorsalement. Chez un chien de taille moyenne, le duodénum mesure environ 20 à 60 cm, dont 15 cm pour la partie descendante.

Le **jéjunum** est constitué de nombreuses anses très mobiles et forme la partie la plus longue de l'intestin grêle.

L'**iléon** est la dernière et la plus courte portion de l'intestin grêle. Il mesure environ 15 cm de long sur un chien de taille moyenne et est repérable macroscopiquement grâce à sa vascularisation anti-mésentérique. Il se termine par la jonction iléo-cæco-colique, qui signe la fin de l'intestin grêle et le début du gros intestin (Figure 1). (Barone, 2009)

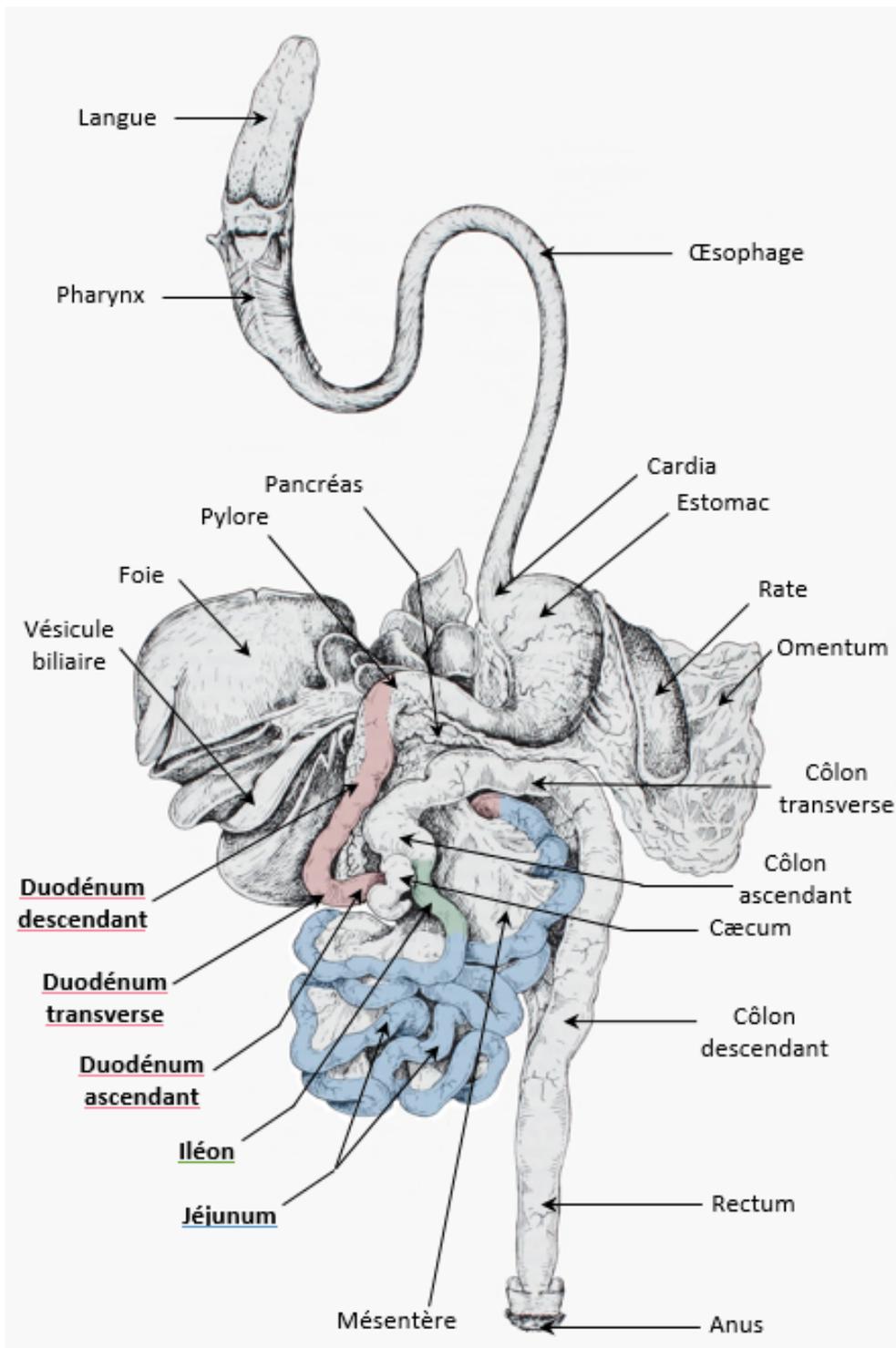


Figure 1 : Appareil digestif du chien en vue ventrale, après isolement et étalement, modifié à partir de Barone (2009)

2. HISTOLOGIE DE L'INTESTIN GRELE CHEZ LE CHIEN

Comme évoqué précédemment, l'intestin grêle est divisé en trois régions anatomiques différentes. Histologiquement, les deux dernières portions, à savoir le jéjunum et l'iléon ne sont pas différenciables, on parle de **jéjuno-iléon**.

Les fonctions de digestion et d'absorption de l'intestin grêle sont facilitées par plusieurs structures spécialisées et dispositifs d'amplification de surface : les **valvules conniventes**, qui sont présentes dans les deux premiers tiers de l'intestin grêle, les **villosités intestinales** et les **microvillosités entérocytaires** (Figure 2).

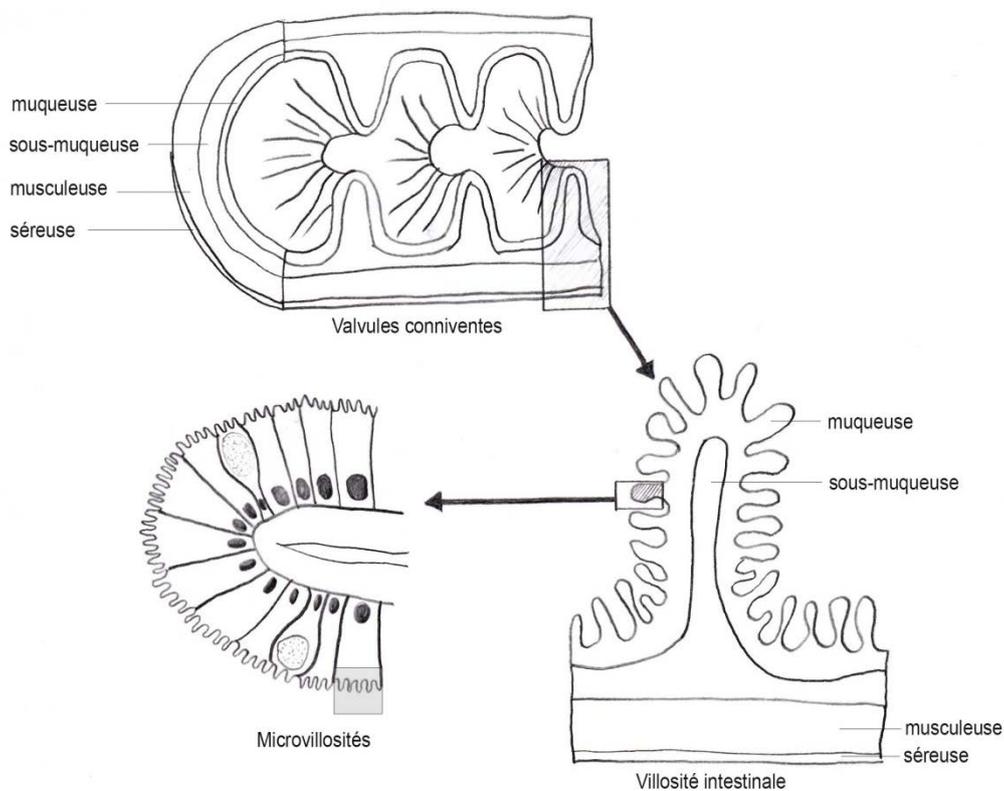


Figure 2 : Dispositifs d'amplification de surface de l'intestin grêle

2.1. Tuniques de l'intestin grêle

Comme l'ensemble du tube digestif, l'intestin grêle est constitué de **quatre tuniques** concentriques qui sont, à partir de la lumière, la **muqueuse**, la **sous-muqueuse**, la **musculaire** et la **séreuse** (Figure 3 Figure 4).

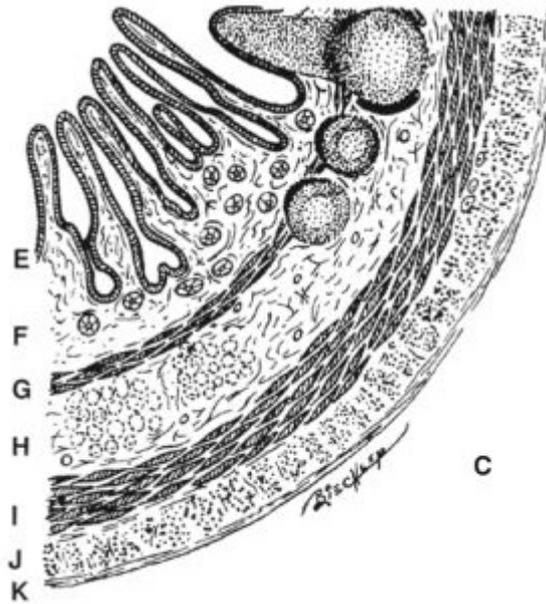


Figure 3 : Histologie topographique du tube digestif, d'après Dellmann's Textbook of Veterinary Histology.
 Tunique muqueuse : épithélium (E), chorion (F), musculaire muqueuse (G) ; Tunique sous muqueuse (H) ; Tunique musculieuse : circulaire (I), longitudinale (J) ; Tunique séreuse (K)

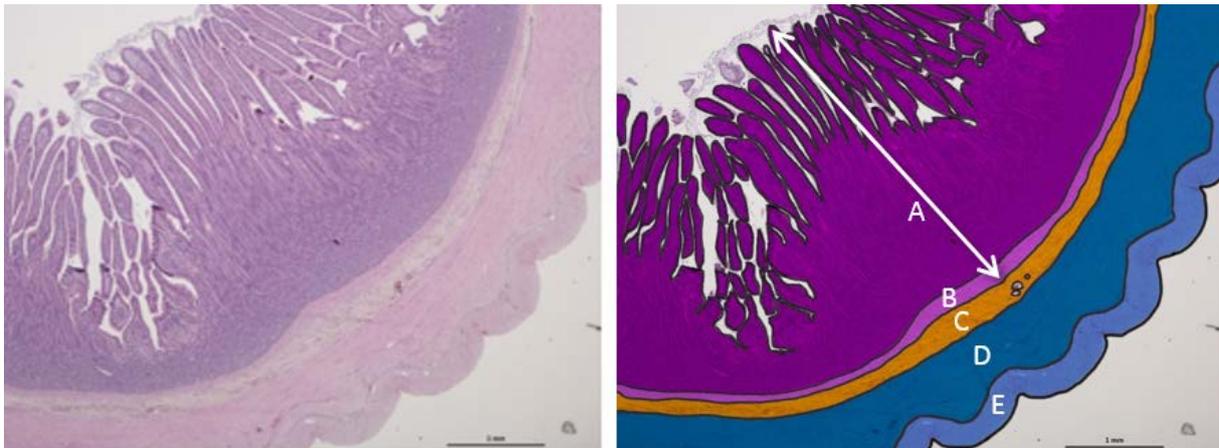


Figure 4 : Visualisation des tuniques de l'intestin grêle à partir d'image microscopique.
 Muqueuse : Muqueuse (A), musculieuse muqueuse (B) ; Sous-muqueuse (C) ; Musculaire interne circulaire (D) ; Musculaire externe longitudinale (E)

2.1.1. La muqueuse

Elle est constituée d'un épithélium de revêtement, d'un chorion et d'une musculaire muqueuse.

Au contact de la lumière digestive, l'**épithélium de revêtement** simple cylindrique est composé de plusieurs types cellulaires et apparaît d'une coloration basophile soutenue.

Le **chorion**, ou **lamina propria**, est un conjonctif très délicat et riche en fibres de réticuline. Il forme le corps des villosités et entoure les glandes intestinales. Richement vascularisé, il a un rôle de nutrition et de transport des nutriments lié à la fonction d'absorption digestive. Le tissu lymphoïde associé au tube digestif (G.A.L.T. ou Gut Associated Lymphoid Tissue) est présent dans le chorion sous la forme de lymphocytes diffus ou de lymphonodes lymphoïdes. Des formations lymphoïdes volumineuses appelées « plaques de Peyer » se développent à cheval sur la muqueuse et la sous-muqueuse et sont généralement considérées comme caractéristiques de l'iléon, en particulier chez les carnivores domestiques.

La **musculaire muqueuse** est une fine couche de fibres musculaires lisses composée d'une couche interne circulaire et d'une couche externe longitudinale.

2.1.2. La sous-muqueuse

Elle est constituée de tissu conjonctif dense contenant la majorité des vaisseaux sanguins et lymphatiques. Elle contient le plexus nerveux sous-muqueux de Meissner, formé de fibres amyéliniques qui s'étendent jusqu'aux villosités. Elle possède des soulèvements macroscopiques de l'ordre du millimètre qui constituent les **valvules conniventes** dans les deux premiers tiers de l'intestin grêle et qui disparaissent lorsque l'organe est distendu.

Dans le duodénum, la sous-muqueuse contient des glandes muqueuses tubuleuses contournées composées appelées « glandes de Brunner ». Ces glandes sécrètent un produit essentiellement muqueux qui permet la lubrification de la surface épithéliale et protège contre l'acidité gastrique du chyme.

2.1.3. La musculuse

Elle est formée de deux couches de fibres musculaires lisses, la **circulaire interne** et la **longitudinale externe**, qui sont perpendiculaires entre elles. Entre ces deux couches se trouve le plexus nerveux myentérique d'Auerbach, riche en fibres myélinisées.

La musculuse est responsable des **mouvements péristaltiques** de l'intestin grêle. La couche circulaire interne est responsable des mouvements de segmentation du contenu intestinal alors que la couche longitudinale externe permet la progression du bol alimentaire (Banks, 1993).

2.1.4. La séreuse

La couche la plus externe, constituée de tissu conjonctif lâche, est tapissée sur son versant externe par un épithélium simple d'aspect endothélial appelé **mésothélium**. Ce

dernier constitue le feuillet viscéral de la séreuse péritonéale et permet le maintien de l'ensemble de la structure intestinale.

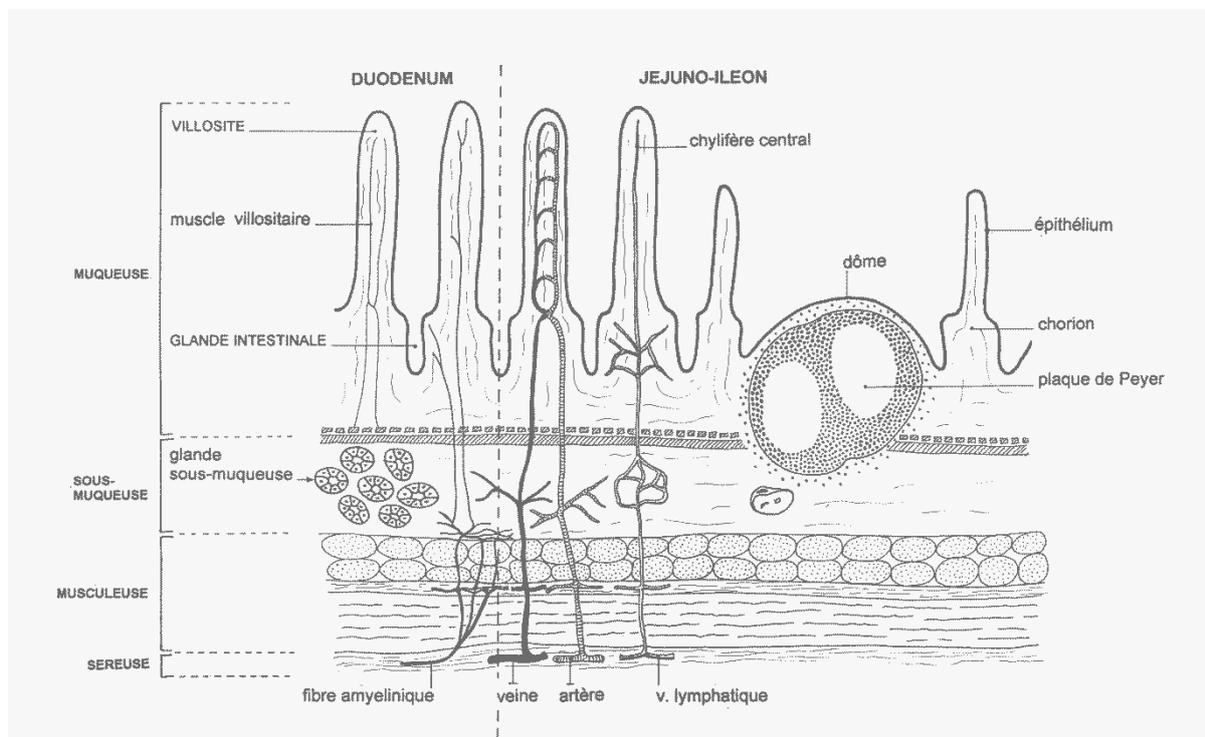


Figure 5 : Histologie topographique de l'intestin grêle, d'après N. Bourgès-Abella, Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

2.2. Architecture de la muqueuse

La fonction de la muqueuse est l'**absorption**, amplifiée grâce à l'augmentation de sa surface d'échange via les villosités. La forme de ces villosités est variable selon l'espèce animale et la région de l'intestin. Chez les carnivores, les villosités sont longues, fines et nombreuses dans le duodénum et le jéjunum proximal/moyen, et apparaissent plus courtes, trapues et moins nombreuses dans l'iléon. Les villosités s'invaginent en glandes spécifiques de l'intestin grêle : les cryptes ou glandes intestinales de Lieberkühn. La muqueuse peut donc être divisée en deux étages, l'un, superficiel, comprenant les **villosités** intestinales et l'autre, plus profond, au contact de la musculature muqueuse, composé des **cryptes de Lieberkühn**.

L'épithélium simple cylindrique qui borde les villosités comporte deux types cellulaires: les entérocytes et les cellules caliciformes (Figure 6 : Structure histologique d'une villosité, d'après Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort). Les **entérocytes** sont majoritaires et sont responsables de la fonction d'absorption intestinale. Au pôle apical de la cellule, on observe une bordure en brosse ou plateau strié formée de microvillosités rectilignes, parallèles et de même calibre, dispositif qui augmente largement la surface membranaire. A la surface de ces microvillosités se trouve un glycocalix imprégné d'enzymes digestives, ainsi qu'un feutrage de myosine qui favorise l'absorption. Les cellules caliciformes, également

appelées « cellules à mucus », sont présentes en plus grande quantité au niveau iléal. Ce sont de véritables glandes unicellulaires à mucus.

L'épithélium qui borde les glandes intestinales de Lieberkühn ressemble à celui des villosités mais présente également des cellules argentaffines à fonction endocrine. Cet épithélium présente une activité mitotique importante. Les cellules se multiplient, se différencient puis migrent dans les villosités pour donner entérocytes et cellules caliciformes. Elles sont à leur tour poussées au sommet des villosités par de nouvelles cellules et sont enfin éliminées dans la lumière intestinale.

Au centre de la villosité se trouve un **chylifère**, vaisseau lymphatique, naissant en « cul de sac », et gagnant la partie superficielle du chorion pour s'anastomoser en un très riche réseau muqueux. Dans le corps de la villosité, en périphérie du chylifère, le **muscle de Brücke** ou muscle villositaire est présent. Le chorion du corps de la villosité est richement irrigué.

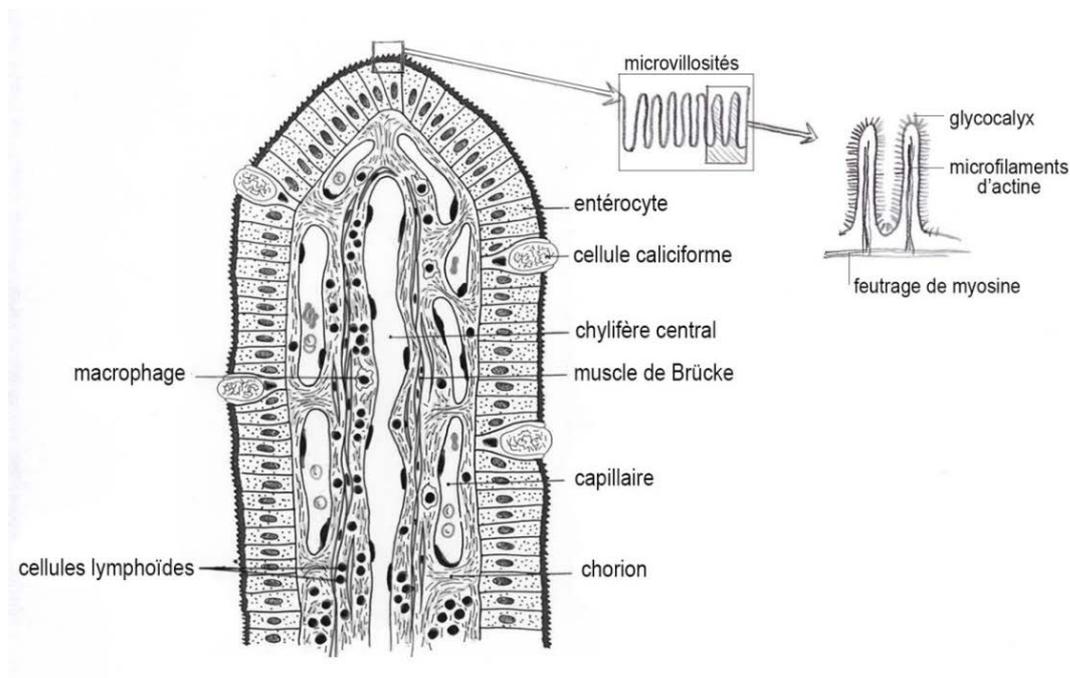


Figure 6 : Structure histologique d'une villosité, d'après Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Dans l'étage des cryptes, on observe quatre types cellulaires, dont certains sont communs à l'étage des villosités (Figure 7) :

- des **entérocytes** et des **cellules caliciformes**
- des **cellules immatures dites « intermédiaires »** qui se différencient ensuite en entérocytes ou cellules caliciformes
- des **cellules neuroendocrines ou argentaffines**, rencontrées en plus grand nombre dans les cryptes qu'au niveau des villosités. Elles sont responsables de plusieurs types de sécrétions hormonales.

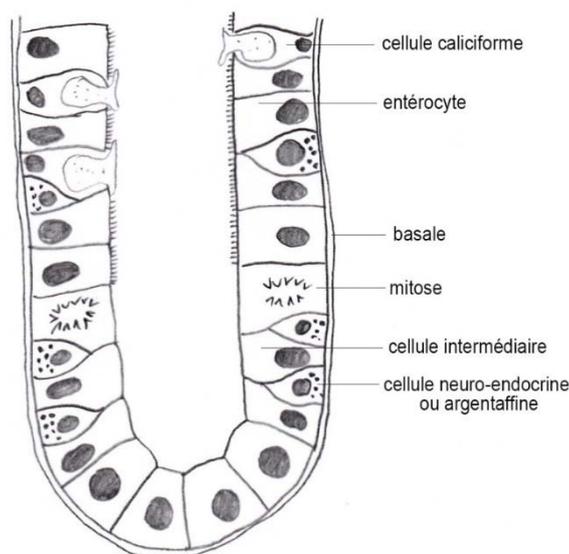


Figure 7 : Structure histologique d'une crypte de Lieberkühn, d'après Polycopié d'histologie, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

3. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'ÉPAISSEUR DE L'INTESTIN GRELE A L'ECHOGRAPHIE CHEZ LE CHIEN SAIN

3.1. Préparation du patient et matériel

Différents positionnements de l'animal sont décrits pour l'examen de l'intestin grêle à l'échographie. Le **décubitus dorsal** est la position majoritairement choisie car elle permet l'exploration de l'ensemble du tube digestif chez la plupart des chiens et chats, mais les décubitus latéraux droit (notamment pour le duodénum) et gauche sont également utilisés. Les chiens de grand format ou à thorax profond peuvent nécessiter l'utilisation d'une **fenêtre intercostale** pour visualiser certaines anses très crâiales comme le duodénum proximal.

Si la **contention physique** ne suffit pas, il est possible d'avoir recours à une **contention chimique**, de la sédation à l'anesthésie générale. Le transit pouvant être ralenti par certaines familles de molécules comme les morphiniques, celles-ci sont donc à éviter lors d'une échographie intestinale car les gaz digestifs ont tendance à s'accumuler et gêner la visualisation des anses.

La **tonte** de l'animal et l'utilisation de **gel couplant** sont indispensables pour l'obtention d'images de qualité. L'intérêt d'une diète préalable à l'examen échographique des anses intestinales est discuté, mais la plupart des auteurs la préconisent pour les études d'épaisseur de paroi digestive car elle permet de minimiser d'éventuels artefacts.

Les **sondes linéaires de haute fréquence** (7,5MHz ou plus) sont préférentiellement employées pour effectuer l'examen échographique de l'intestin grêle. De par leur plus grand pouvoir de résolution, elles permettent une meilleure appréciation des couches et de

l'épaisseur pariétale des anses intestinales qu'avec les sondes de basse fréquence. Lors d'une approche intercostale, une sonde microconvexe ou sectorielle est recommandée car sa surface de contact avec l'animal est moindre. (Penninck, d'Anjou, 2008; Larson, Biller, 2009)

3.2. Images échographiques normales

L'examen échographique des anses digestives permet d'évaluer l'**apparence** et l'**épaisseur** des couches de la paroi, de caractériser le **péristaltisme** et de décrire le **contenu** et le **diamètre** de la lumière intestinale. La réalisation de coupes transversales et longitudinales est recommandée pour repérer et apprécier d'éventuelles altérations structurelles. L'examen des nœuds lymphatiques et du péritoine ne doit pas être négligé.

Comme chez l'Homme, la paroi des anses intestinales des carnivores domestiques est décrite comme étant composée de **cinq couches** concentriques distinctes à l'échographie. La littérature admet communément qu'une première couche très hyperéchogène située centralement correspond à l'**interface entre la lumière du tube digestif et la muqueuse**. La couche représentant la **muqueuse** est en périphérie de cette interface et apparaît hypoéchogène. En s'éloignant de la lumière de l'organe, une fine couche hyperéchogène représente la **sous-muqueuse**, puis une fine couche hypoéchogène correspond à la **musculaire**. La couche la plus périphérique, fine et hyperéchogène, est la **séreuse**. Cette disposition en couches concentriques est retrouvée à la fois dans le duodénum, le jéjunum et l'iléon (Figure 8).

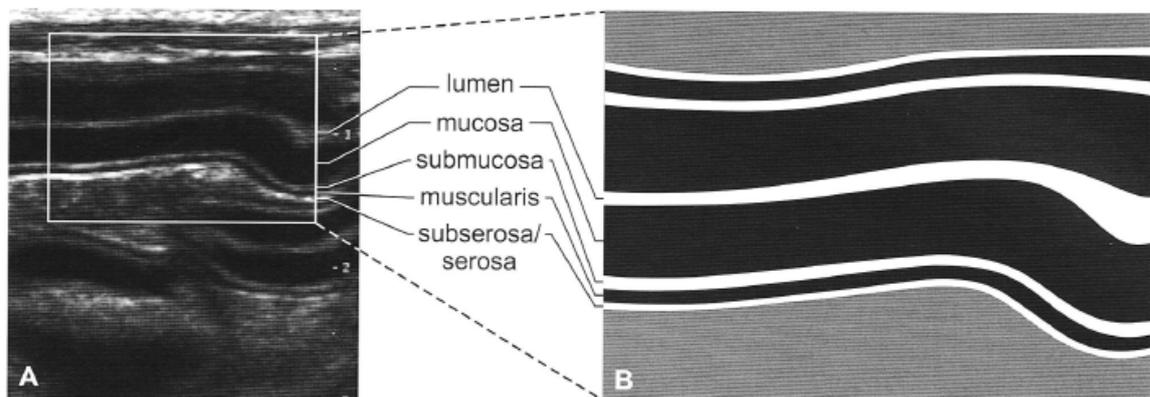


Figure 8 : Aspect en couches des intestins. (Penninck, d'Anjou 2008)

Les anses de l'intestin grêle sont ordinairement vides, mais elles peuvent aussi contenir des matières digérées, des fluides ou du gaz, pouvant gêner la visualisation de la paroi en créant des **images artéfactuelles**. Le gaz contenu dans les intestins provoque fréquemment des artéfacts tels que des queues de comète et des réverbérations. En moyenne, **trois à cinq mouvements péristaltiques par minute** sont observés. (Penninck, d'Anjou, 2008; Larson, Biller, 2009)

3.3. Repérage des portions de l'intestin grêle à l'échographie

Le **duodénum descendant** est une anse au trajet rectiligne et ventral qui longe la paroi abdominale droite depuis le pylore. Elle est aisément repérée en partant de l'estomac et en suivant le trajet du tube digestif. Le duodénum poursuit son trajet en décrivant un demi-tour presque complet (duodénum transverse) puis se dirige crânio-latéralement vers la gauche de l'animal (duodénum ascendant).

Le **jéjunum** constitue la majeure partie des anses intestinales et est visualisé dans l'ensemble de l'abdomen. Chez les chiens de grand format, l'examen des anses les plus profondes peut constituer un défi pour l'échographiste.

L'**iléon** est repéré en amont du côlon, qui est facilement identifiable car couramment rempli de gaz ou de matières fécales. (Larson, Biller, 2009)

3.4. Épaisseur de la paroi intestinale grêle et des couches qui la composent

3.4.1. Choix de la coupe et technique de mesure d'épaisseur

L'épaisseur de la paroi intestinale et des différentes couches qui la composent peut être mesurée sur une **coupe longitudinale** ou une **coupe transversale**. Les coupes obliques surestiment ou sous-estiment les mesures et doivent donc être évitées. L'idéal est de répéter les mesures sur différents clichés échographiques, voire d'effectuer à la fois les mesures sur des coupes transversales et longitudinales et d'en faire une moyenne.

Les mesures sur clichés échographiques se font sur **images figées entre deux contractions péristaltiques**. L'épaisseur totale de la paroi intestinale se mesure de l'interface entre la muqueuse et la lumière jusqu'à la limite externe de la séreuse. (Penninck, 1989; Delaney, O'Brien, Waller, 2003; Penninck, d'Anjou, 2008; Larson, Biller, 2009; Stander, 2010b)

3.4.2. Chez le chien sain

En 1989, une étude sur 12 chiens publie les premiers résultats concernant l'épaisseur du duodénum proximal et du jéjunum chez le chien sain. Les valeurs s'échelonnent de **2 à 3 mm** (Tableau 1), l'échographe utilisé disposant d'une résolution limite de 1 mm. Les auteurs décident d'établir un seuil décisionnel de 5 mm au-delà duquel la paroi grêle est considérée comme anormalement épaissie. Cette valeur seuil est avancée avec prudence étant donnée la faible taille de l'échantillon (Penninck, 1989).

		Duodénum proximal (mm)		Jéjunum (mm)	
		Coupe transversale	Coupe longitudinale	Coupe transversale	Coupe longitudinale
Groupe 1 (Beagles 8-12 kg)	13 semaines d'âge	2.75	2.50	2.25	2.25
	29 semaines d'âge	2.50	2.75	2.75	3.00
	40 semaines d'âge	2.75	2.50	2.25	2.50
Groupe 2 (petits chiens 4-6 kg)		2.75	2.60	2.75	2.30
Groupe 3 (grands chiens 32-54 kg)		3.00	2.75	2.75	2.75

Tableau 1 : Epaisseur échographique des parois duodénales proximales et jéjunales chez le chien, d'après Penninck (1989)

En 2003, une autre étude porte sur 231 chiens de 69 races différentes et s'intéresse à l'épaisseur totale des parois du duodénum descendant et du jéjunum. Les auteurs montrent que **la paroi duodénales est significativement plus épaisse que la paroi jéjunale**. En revanche, la limite de 5mm proposée par Penninck en 1989 semble en désaccord avec certaines valeurs de la présente étude pour le duodénum descendant (Tableau 2). Les auteurs donnent à titre indicatif des limites hautes d'épaisseur physiologique des parois duodénales et jéjunales selon le poids de l'animal (Tableau 3) (Delaney, O'Brien, Waller, 2003).

Groupe de poids (kg)	Nombre de chiens	Duodénum		Jéjunum	
		Moyenne ± Ecart-type (mm)	Limite supérieure de 95% IC (mm)	Moyenne ± Ecart-type (mm)	Limite supérieure de 95% IC (mm)
<10	41	4.01 ± 0.77	5.1	3.22 ± 0.63	4.1
10-19.9	58	4.00 ± 0.72	5.0	3.18 ± 0.64	4.1
20-29.9	56	4.28 ± 0.70	5.3	3.33 ± 0.75	4.4
30-39.9	40	4.52 ± 1.06	6.0	3.42 ± 0.70	4.4
>40	36	4.56 ± 0.92	5.7	3.71 ± 0.74	4.7

Tableau 2 : Epaisseur échographique des parois duodénales et jéjunales chez le chien selon la catégorie de poids, d'après Delaney (2003)

Epaisseur de la paroi du duodénum descendant	Epaisseur de la paroi jéjunale
≤ 5,1 mm pour les chiens jusqu'à 20kg	≤ 4,1 mm pour les chiens jusqu'à 20kg
≤ 5,3 mm pour les chiens de 20 à 29,9kg	≤ 4,4 mm pour les chiens de 20 à 39,9kg
≤ 6,0 mm pour les chiens de plus de 30kg	≤ 4,7 mm pour les chiens de plus de 40kg

Tableau 3 : Normes d'épaisseur échographique des parois duodénales et jéjunales selon le poids du chien, d'après Delaney (2003)

En 2010, une étude s'intéresse à l'épaisseur de la paroi et de la muqueuse du duodénum et du jéjunum chez le **chiot** de race Beagle de 7 à 12 semaines d'âge et pesant entre 2,3 kg et 5 kg (Tableau 4). En accord avec l'étude de 2003, les auteurs montrent que **la paroi duodénale est significativement plus épaisse que la paroi jéjunale** ($p < 0.0001$). Ils parviennent aussi à la conclusion que **la muqueuse duodénale est significativement plus épaisse que la muqueuse jéjunale** ($p < 0.0001$), ce qui d'après eux est la raison pour laquelle la paroi duodénale est plus épaisse que celle du jéjunum. Dans cette étude, la muqueuse duodénale représente **71%** de l'épaisseur de la paroi duodénale, contre **60%** dans le jéjunum. Les autres couches de la paroi des anses grêles semblent d'épaisseur égale mais n'ont pas été mesurées (Stander, 2010b).

		Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)
Duodénum	Paroi	3,8 ± 0.5	3,2-4,8
	Muqueuse	2,7 ± 0.5	2,0-3,8
Jéjunum	Paroi	2,5 ± 0.5	1,2-3,4
	Muqueuse	1,5 ± 0.4	0,6-2,5

Tableau 4 : Epaisseur des parois et muqueuses duodénales et jéjunales mesurées à l'échographie chez le chiot de race Beagle de 7 à 12 semaines d'âge, d'après Stander (2010b)

L'étude la plus récente, datant de 2014, vise à évaluer l'épaisseur échographique de la paroi totale et des couches qui la composent au niveau duodénal (Tableau 5) et jéjunal (Tableau 6) chez le chien adulte sain. Les 85 chiens inclus dans l'étude sont divisés en trois groupes selon leur poids (<15kg, 15-30 kg, > 30 kg). Les auteurs confirment que **la muqueuse est la couche la plus épaisse des parois duodénale et jéjunale**, représentant respectivement **63-64%** et **57-60%** de l'épaisseur de la paroi totale (Gladwin, Penninck, Webster, 2014).

	Petits chiens < 15 kg (N=26)		Chiens moyens 15-30 kg (N=25)		Grands chiens > 30 kg (N=34)	
	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)
Muqueuse	2.4 ± 0.5	1.6-3.5	2.6 ± 0.6	1.5-3.7	2.8 ± 0.5	2.0-3.9
Sous- muqueuse	0.6 ± 0.1	0.3-0.8	0.6 ± 0.2	0.3-1.0	0.6 ± 0.2	0.3-1.2
Musculeuse	0.5 ± 0.1	0.2-0.8	0.5 ± 0.1	0.3-0.8	0.6 ± 0.2	0.2-0.9
Séreuse	0.4 ± 0.1	0.2-0.6	0.4 ± 0.1	0.3-0.6	0.4 ± 0.1	0.2-0.7
Paroi totale	3.8 ± 0.5	2.9-4.7	4.1 ± 0.7	3.0-5.5	4.4 ± 0.7	3.1-5.7

Tableau 5 : Epaisseur des couches de la paroi duodénale chez le chien adulte en fonction du poids, d'après Gladwin (2014)

	Petits chiens < 15 kg (N=26)		Chiens moyens 15-30 kg (N=25)		Grands chiens > 30 kg (N=34)	
	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)	Moyenne ± écart-type (mm)	Intervalle (mm)
Muqueuse	1.8 ± 0.4	1.2-2.6	2.0 ± 0.4	1.5-3.2	2.2 ± 0.5	1.1-3.2
Sous- muqueuse	0.5 ± 0.1	0.3-0.9	0.6 ± 0.2	0.3-1.0	0.6 ± 0.1	0.3-0.8
Musculeuse	0.5 ± 0.1	0.2-0.7	0.5 ± 0.1	0.3-0.8	0.5 ± 0.2	0.3-0.9
Séreuse	0.4 ± 0.1	0.2-0.6	0.4 ± 0.1	0.3-0.6	0.4 ± 0.1	0.3-0.6
Paroi totale	3.0 ± 0.5	2.2-4.1	3.5 ± 0.5	2.4-4.8	3.8 ± 0.4	2.7-4.7

Tableau 6 : Epaisseur des couches de la paroi jéjunale chez le chien adulte en fonction du poids, d'après Gladwin (2014)

3.5. Facteurs de variation de l'épaisseur de la paroi de l'intestin grêle à l'échographie

3.5.1. Effet du poids

Dans les études de 1989 et 2010, les auteurs ne décèlent pas d'effet poids sur l'épaisseur des parois duodénale et jéjunale chez le chien, mais leurs échantillons sont de taille restreinte (Penninck, 1989; Stander, 2010b).

En revanche, l'étude de 2003, qui porte sur un nombre de chiens plus conséquent, montre un **effet significatif de l'épaisseur du duodénum et du jéjunum lorsque le poids de l'animal croît** (Tableau 3). Il existe cependant une grande variation d'épaisseur dans chacun des groupes de chiens triés selon leur poids, et les auteurs estiment que le poids du corps n'est pas un bon indicateur de l'épaisseur de l'intestin grêle car la corrélation est faible. (Delaney, O'Brien, Waller, 2003)

Dans l'étude de 2014, les auteurs montrent qu'il existe une **différence significative d'épaisseur de la muqueuse entre les petits et les grands chiens dans le duodénum** ($p < 0,05$) **et le jéjunum** ($p = 0,01$). Il existe également une **différence significative d'épaisseur de la paroi totale entre les petits et les grands chiens dans le duodénum** ($p = 0,01$), **entre les petits et moyens chiens** ($p = 0,01$), **petits et grands chiens** ($p = 0,01$) **et moyens et grands chiens** ($p < 0,05$) **dans le jéjunum**. En revanche, il n'y a pas de différence significative concernant la sous-muqueuse, musculeuse et séreuse entre les trois groupes de chiens (Gladwin, Penninck, Webster, 2014).

3.5.2. Effet de l'âge

En 1989, une étude sur des chiens Beagle à des âges différents (13, 29 et 40 semaines d'âge) ne révèle pas de différence significative sur l'épaisseur de la paroi intestinale (Penninck, 1989). En revanche, 21 ans plus tard, une autre étude montre une **augmentation significative de l'épaisseur de la paroi duodénale avec l'âge** ($p=0.042$), sans toutefois observer cet effet âge sur l'épaisseur de la paroi jéjunale et des muqueuses duodénale et jéjunale (Stander, 2010b).

3.5.3. Effet de l'anesthésie

A notre connaissance, l'effet de l'anesthésie sur l'épaisseur des intestins n'a jamais été étudié chez le chien.

4. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'ÉPAISSEUR DE L'INTESTIN GRÊLE EN HISTOLOGIE CHEZ LE CHIEN SAIN

A notre connaissance, seules trois études sont référencées dans la littérature à ce sujet. En voici la synthèse.

4.1. Epaisseur de la paroi intestinale

En 2012, une étude sur 41 cadavres de chiens exempts de maladie digestive est réalisée dans le but de définir la variation interindividuelle normale de l'épaisseur pariétale de l'intestin grêle. Les échantillons prélevés subissent une fixation et un traitement histologique conventionnel avant les mesures (Tableau 7). Les auteurs notent une **diminution progressive de l'épaisseur de la paroi intestinale du duodénum vers le jéjunum distal puis un épaissement modéré de la paroi à partir de l'iléon**. L'épaisseur la plus élevée est rencontrée dans le duodénum et l'iléon distal, et est respectivement liée à l'épaisseur maximale de la muqueuse et de la sous-muqueuse. (Sarriá, 2012)

	Duodénum descendant	Jéjunum proximal	Jéjunum distal	Iléon proximal	Iléon distal
Epaisseur totale (mm)	2.99 ± 0.14	2.52 ± 0.19	2.16 ± 0.10	2.38 ± 0.12	2.54 ± 1.11

Tableau 7 : Epaisseur moyenne de la paroi de l'intestin grêle, d'après Sarriá (2012)

En 1955, Titkemeyer compare l'épaisseur des différentes couches de l'intestin grêle chez le chien, le chat, la vache, le cheval, le cochon, le mouton et la chèvre (Tableau 8). L'étude est réalisée sur 12 chiens adultes, la fixation est effectuée immédiatement après euthanasie. Les mesures sont réalisées sur coupe microscopique après traitement histologique. La **hauteur des villosités** est en moyenne de **0,645 mm**, et comme chez la plupart des carnivores, les villosités apparaissent de longueur importante. Chez le chat, elles sont encore plus hautes. L'épaisseur moyenne de la **musculaire muqueuse** est de **0,074 mm**, soit trois fois plus épaisse que chez les autres espèces animales domestiques.

	Chien	Chat
Hauteur des villosités (mm)	0.645	0.963
Epaisseur de la musculaire muqueuse (mm)	0.71	0.15
Epaisseur de la musculature totale (mm)	0.701	0.555

Tableau 8 : Comparaison de l'épaisseur de certaines structures de l'intestin grêle des carnivores domestiques, d'après Titkemeyer (1955)

4.2. Différences des portions de l'intestin grêle à l'histologie

Dans l'étude de 2012, les auteurs se penchent sur l'épaisseur relative de chaque tunique histologique (Tableau 9). Il apparaît que la **muqueuse** est la tunique la plus importante pour définir l'épaisseur pariétale totale. Elle représente **plus de 50% de l'épaisseur totale du duodénum et du jéjunum**.

La **proportion de la muqueuse diminue progressivement** depuis la partie proximale de l'intestin grêle jusqu'à sa partie distale, avec une réduction d'environ 47% en moyenne entre le duodénum et l'iléon distal et 27% entre les extrémités proximale et distale du jéjunum.

La **musculaire muqueuse** apparaît **plus épaisse dans le duodénum** (Sarriá, 2012). Un épaissement de cette tunique correspondrait à une spécialisation fonctionnelle de la paroi duodénale. En effet, la musculaire muqueuse permet entre autres une ondulation des villosités intestinales et donc une augmentation de la surface de contact entre l'épithélium de revêtement et le contenu luminal, indispensable à la fonction d'absorption digestive prépondérante du duodénum (Young, 2000).

La **muqueuse et la sous-muqueuse** représentent environ **70% de l'épaisseur pariétale**, leurs proportions respectives sont différentes selon s'il s'agit du duodénum ou de l'iléon.

La **proportion de sous-muqueuse** apparaît relativement **constante dans l'ensemble duodénum-jéjunum proximal-jéjunum distal**. Cependant, les auteurs notent une **nette augmentation** de la proportion de la sous-muqueuse **dans l'iléon**, ce qui semble être directement lié à l'abondance du tissu lymphoïde dans la sous-muqueuse dans cette région.

La **musculeuse** apparaît **plus épaisse dans l'iléon distal**, ce qui est probablement lié à la proximité du muscle sphincter de l'iléon.

	Duodénum descendant	Jéjunum proximal	Jéjunum distal	Iléon proximal	Iléon distal
Muqueuse (mm) (sans musculaire muqueuse)	1.95	1.63	1.20	1.10	1.05
Proportion (%)	65,3	64,8	55,6	46,3	41,1
Musculaire muqueuse (mm)	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07
Proportion (%)	3,0	2,6	2,5	2,7	2,9
Sous-muqueuse (mm)	0.26	0.18	0.23	0.41	0.64
Proportion (%)	8,7	7,2	10,7	17,4	25,3
Musculeuse (mm)	0.87	0.70	0.71	0.81	1.01
Proportion (%)	29,0	27,8	32,7	33,9	39,8

Tableau 9 : Epaisseur moyenne et proportion relative des couches de l'intestin grêle, d'après Sarriá (2012)

4.3. Facteurs de variation de l'épaisseur de la paroi de l'intestin grêle en histologie

4.3.1. Effet de l'âge

Une étude réalisée en 2007 sur 28 chiens sains de races différentes âgés de 3 mois à 17 ans montre que **l'épaisseur des couches de la paroi intestinale des chiens est corrélée avec leur âge** (Baum, 2007). Chez les chiens ne présentant aucune affection intestinale, un épaissement physiologique continu des couches profondes de l'intestin se produit, principalement durant les dix premières années de vie.

Âge (ans)	Longueur des villosités (mm)	Profondeur des cryptes (mm)	Stratum compactum (mm)	Musculaire muqueuse (mm)	Sous-muqueuse (mm)	Musculeuse circulaire (mm)	Musculeuse longitudinale (mm)	Epaisseur totale (mm)
<1	0.686	0.531	0.027	0.062	0.221	0.566	0.356	2.448
1 à 5	0.771	0.383	0.048	0.072	0.191	0.655	0.296	2.416
6 à 10	0.718	0.442	0.055	0.102	0.229	0.679	0.350	2.574
>10	0.690	0.426	0.067	0.110	0.281	0.844	0.356	2.774
Moyenne	0.716	0.445	0.049	0.086	0.231	0.686	0.340	2.553

Tableau 10 : Valeurs absolues de l'épaisseur pariétale du jéjunum en fonction de la tranche d'âge du chien, d'après Baum (2007)

Concernant chorion, musculaire muqueuse et musculeuse circulaire interne, les auteurs considèrent la corrélation (r) entre l'âge et l'épaisseur comme forte ($0,6 < r < 0,71$) chez les animaux âgés de moins de dix ans (Tableau 11). Chez les chiens âgés de moins de 10 ans, l'âge influence significativement l'épaisseur du chorion, de la musculaire muqueuse et de la musculeuse circulaire. Ces trois tuniques apparaissent plus épaisses sur un chien plus âgé.

	Coefficient de corrélation (r)	
	Tous les âges	< 10 ans
Longueur des villosités	-0.01	0.17
Profondeur des cryptes	-0.15	-0.2
Muqueuse entière	0.5	0.1
Chorion	0.54	0.72
Musculaire muqueuse	0.51	0.61
Sous-muqueuse	0.46	0.13
Musculeuse circulaire	0.59	0.6
Musculeuse longitudinale	0.12	0.12

Tableau 11 : Force de corrélation entre l'âge et le diamètre des différentes tuniques de la paroi du jéjunum du chien, d'après Baum (2007)

4.3.2. Effet du poids

D'après l'étude de Sarriá, aucune corrélation n'a pu être démontrée entre l'épaisseur de l'intestin et le poids corporel pour aucun des cinq sites d'échantillonnage, à savoir le duodénum descendant, le jéjunum proximal, le jéjunum distal, l'iléon proximal et l'iléon distal (Sarriá, 2012).

4.3.3. Effet du sexe

D'après l'étude de Sarriá, le sexe influence significativement l'épaisseur pariétale de l'intestin grêle (Tableau 12). Sur les cinq sites étudiés (duodénum descendant, jéjunum proximal, jéjunum distal, iléon proximal et iléon distal), une **augmentation significative de l'épaisseur de la paroi de l'intestin des chiens mâles par rapport aux femelles** a été observée.

Cette différence s'est traduite par des valeurs d'épaisseur moyenne inférieure chez les femelles de 19,4% dans le duodénum, de 20,7% dans le jéjunum proximal, 19,3% dans le jéjunum distal et de 18.9% dans l'iléon proximal (Sarriá, 2012).

	Duodénum descendant (mm)	Jéjunum proximal (mm)	Jéjunum distal (mm)	Iléon proximal (mm)	Iléon distal (mm)
Femelle	2.680 ± 0.016	2.240 ± 0.167	1.936 ± 0.159	2.123 ± 0.167	2.516 ± 0.159
Mâle	3.326 ± 0.167	2.819 ± 0.167	2.395 ± 0.163	2.615 ± 0.172	2.593 ± 0.172

Tableau 12 : Changement dans l'épaisseur totale de l'intestin grêle selon le sexe, d'après Sarriá (2012)

5. ETUDE COMPARATIVE ENTRE ECHOGRAPHIE ET HISTOLOGIE

Jusqu'à présent, une seule étude a tenté de vérifier la concordance des résultats entre échographie conventionnelle et histologie. Cependant, les auteurs ont seulement confirmé que les couches de la paroi intestinale visualisées à l'échographie correspondent approximativement à celles observées à l'histologie (Penninck, 1989). Aucune étude comparative de mesures réalisées à la fois en échographie et en histologie sur les mêmes portions d'intestins n'a donc été effectuée à ce jour.

* * * * *

Après cette revue de la bibliographie sur l'épaisseur des couches intestinales à l'échographie et en histologie, la suite de ce manuscrit sera consacrée à la comparaison expérimentale entre l'épaisseur des couches observées à l'échographie et en histologie, dans le but d'évaluer la concordance des mesures des couches intestinales avec les deux techniques d'observation.

* * * * *

Deuxième partie :

Matériel et protocole

L'étude se déroule sur une période de trois jours consécutifs notés J1, J2 et J3. L'étude comporte **quatre étapes**, la dernière se déroulant environ une semaine après J3 pour des raisons techniques. Huit animaux sont répartis entre J1, J2 et J3 et sont sacrifiés immédiatement après la fin de l'étape 3. Une étude pilote a été préalablement réalisée sur un chien en septembre 2012.

Une demande d'autorisation de projet utilisant des animaux à des fins scientifiques a été réalisée auprès du Comité d'éthique de Pharmacologie-Toxicologie de Toulouse Midi-Pyrénées et du Ministère de l'Enseignement et de la Recherche et a été obtenue (01001.01). Pour des raisons évidentes d'éthique, cette étude n'a pu être réalisée qu'en raison de l'utilisation des chiens pour les travaux pratiques d'anatomie dispensés aux étudiants vétérinaires. Les animaux ont donc été « valorisés » au maximum avant leur utilisation en enseignement de premier cycle du cursus vétérinaire.

1. **MATERIEL**

1.1. Animaux

Huit chiens adultes de race **Beagle** provenant d'un centre d'élevage sont inclus dans l'étude. Ils sont identifiés **Z1** à **Z8**. Ils proviennent du centre d'Elevage du Domaine des Souches (CEDS) à Mézilles (89130). Il s'agit de **quatre femelles** et **quatre mâles** ayant entre **2 et 7 ans et demi** (moyenne = 3 ans et 10 mois), pesant entre **12,6 et 18,8 kg** (moyenne = 16.15 kg) et ne présentant **aucun trouble digestif clinique** (Tableau 13). Chaque chien est identifié par un tatouage sur la face intérieure de la cuisse. A chaque animal est attribuée une fiche individuelle d'identification (voir Annexe 1). Ils sont mis à jeun la veille au soir de l'anesthésie.

Identification chiens	Sexe	Poids (kg)	Âge exact	Âge décimal (ans)
Z1	Femelle	14,2	4 ans et 5 mois	4,4
Z2	Femelle	12,6	3 ans et 9 mois	3,7
Z3	Mâle	17,8	2 ans et 1 mois	2,1
Z4	Mâle	16,7	1 an et 11 mois	1,9
Z5	Femelle	18,8	7 ans et 4 mois	7,3
Z6	Mâle	15,8	2 ans et 11 mois	2,9
Z7	Femelle	15,5	5 ans et 10 mois	5,8
Z8	Mâle	17,8	2 ans et 1 mois	2,1
Moyenne		16,15	3 ans et 10 mois	3,8
Ecart-type		2,1	2 ans	2,0

Tableau 13 : Sexe, poids et âge des huit chiens de l'étude

1.2. Opérateurs

Ce protocole expérimental a réuni un groupe de 10 personnes composé d'enseignants-chercheurs des départements des Sciences Cliniques des animaux de compagnie et des Sciences Biologiques et Fonctionnelles, de praticiens hospitaliers, ingénieurs d'étude, résidents et étudiants en fin de cursus vétérinaire.

1.3. Chronométrage des différentes étapes

A chaque animal sont attribuées deux fiches de suivi identiques sur lesquelles les durées chronométrées de chaque étape de l'étude sont reportées (voir Annexe 2). Le détail des étapes est donné dans le paragraphe « 2 - PROTOCOLE ». Après les entérectomies, une des fiches concerne les durées de mesures échographiques, l'autre fiche les durées de mesures stéréomicroscopiques.

Deux chronomètres (C_{US} pour la partie échographie et C_{HIST} pour la partie stéréomicroscopie) sont déclenchés au moment de l'induction des chiens (T_0) afin d'évaluer les temps nécessaires à la réalisation des étapes décrites dans la Figure 9. Les étapes T_{10} , T_{12} et T_{14} sont chronométrées indépendamment selon qu'il s'agit des mesures échographiques ($T_{10_{US}}$, $T_{12_{US}}$ et $T_{14_{US}}$ déterminées par le chronomètre C_{US}) ou stéréomicroscopiques ($T_{10_{HIST}}$, $T_{12_{HIST}}$ et $T_{14_{HIST}}$ déterminées par le chronomètre C_{HIST}).

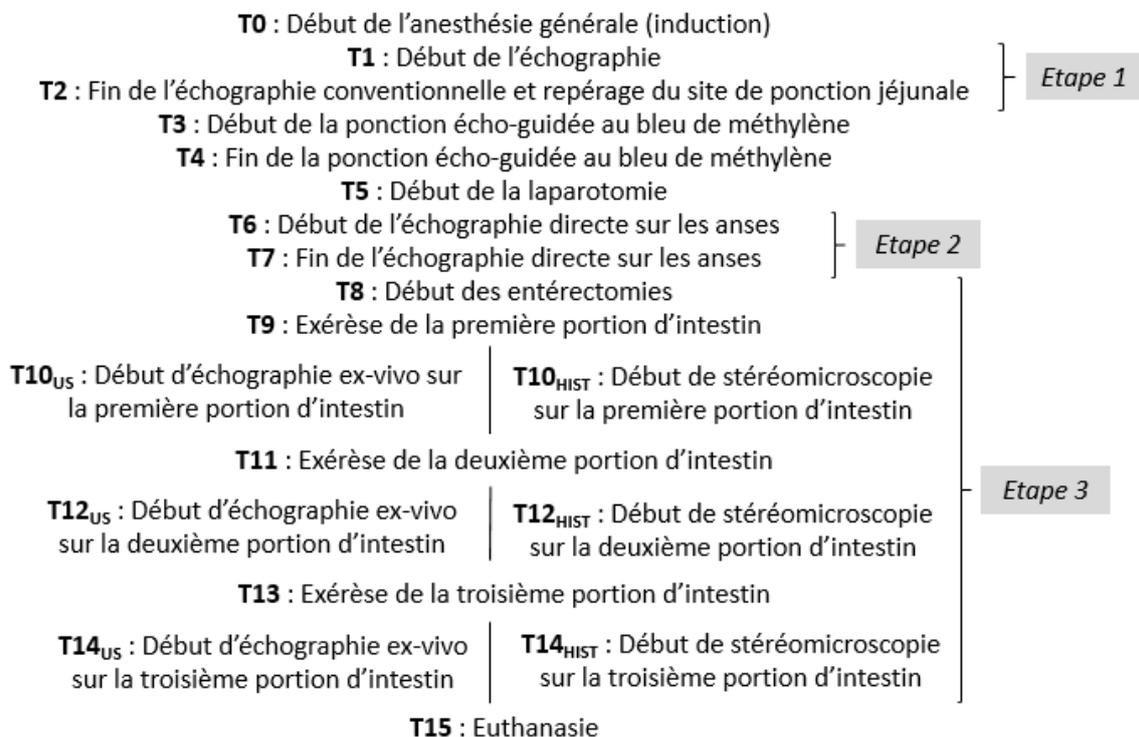


Figure 9 : Détail des étapes 1 à 3 du protocole de l'étude

1.4. Anesthésie générale et analgésie

1.4.1. Pose d'une voie veineuse

La face dorsale du membre thoracique est tondue en regard de la veine céphalique droite ou gauche sur approximativement 5 cm x 2 cm puis nettoyée à l'aide de chlorhexidine (Hibiscrub Savon) et rincée avec une solution de NaCl 0.9% (Versol). Un cathéter intraveineux périphérique 20G ou 22G (TERUMO SURFLO ND) est ensuite posé au niveau de la veine céphalique. Cette étape est réalisée dix minutes après la prémédication lorsque la contention est difficile.

1.4.2. Fluidothérapie

La fluidothérapie per-anesthésique est réalisée avec un cristalloïde isotonique (**NaCl 0.9%**) à raison de **10 mL/kg/h**.

1.4.3. Prémédication

Une injection intraveineuse de **0,05 mg/kg d'acépromazine** (CALMIVET®) est réalisée. Lorsque la contention est difficile et qu'une voie veineuse ne peut être posée, une administration intramusculaire préalable de **0,05 mg/kg d'acépromazine** (CALMIVET®) et de **10-15 mg/kg de kétamine** (CLORKETAM 1000®) est effectuée.

1.4.4. Analgésie

Une injection intraveineuse de **morphine à 0,2 mg/kg** est effectuée dix minutes après l'injection d'acépromazine. Des bolus de 0,1 mg/kg sont ensuite administrés au besoin.

1.4.5. Induction

Vingt minutes après la prémédication, l'induction de la narcose est faite à l'aide de **6 mg/kg de propofol** (PROPOVET®) selon le principe de titration.

L'animal est intubé à l'aide d'une sonde endotrachéale et l'anesthésie générale est maintenue à l'**isoflurane** (2% au début puis diminution progressive à la recherche de la dose minimale nécessaire).

1.5. Echographie

1.5.1. Appareil

L'échographe est un **LOGIC 5 EXPERT** Scill Healthcare General Electric Medical Systems.

1.5.2. Sondes

Une **sonde linéaire** électronique multifréquences 10-14 MHz est utilisée.

1.5.3. Gel couplant

Le gel couplant employé est de marque BRYGEL ULTRASOUND Brymore s.a.

1.5.4. Réglages

Les réglages de l'appareil sont effectués de manière à obtenir l'image la plus satisfaisante possible, aux bons soins de l'opérateur.

1.6. Stéréomicroscopie et microscopie

1.6.1. Matériel

Toutes les mesures morphométriques sont réalisées manuellement en utilisant le logiciel NIS D version 3.22.14 à partir des photographies macroscopiques et microscopiques des échantillons fixés.

Le microscope utilisé pour les mesures microscopiques est un Nikon Eclipse 50i avec des objectifs plan apo x2 et plan apoX4 de marque Nikon. Chaque objectif du microscope est étalonné avec une lame graduée de marque Nikon (objective micrometer (0-1 mm/100)) afin d'obtenir la correspondance des mesures réelles-micromètres en fonction du grossissement de l'objectif. Pour cette étude, nous utilisons l'objectif x2.

1.6.1.1. Lames

Des lames de microtomes de (Ultra microtome blade MX34, ThermoScientific) sont utilisées pour la découpe des fragments frais.

1.6.1.2. Loupe binoculaire

Une loupe binoculaire de marque Nikon SMZ800 est utilisée.

1.6.1.3. Appareil photo numérique

L'appareil utilisé pour réaliser les clichés de stéréomicroscopie est un appareil photo numérique Coolpix MDC lens.

Une caméra numérique digital sight DS-U2 (Nikon) est nécessaire pour visualiser l'image sur l'écran de l'ordinateur et permettre ensuite de capturer les images et faire les mesures avec le logiciel NIS.

1.6.1.4. Logiciel d'analyse d'image

La mesure de l'épaisseur des tuniques histologiques est réalisée avec le logiciel NIS-Elements D version 3.22.14 64bits (Nikon).

2. PROTOCOLE

L'ordre de prélèvement et de mesure des différentes portions d'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon) est défini pour chaque chien par une **table de randomisation** (Tableau 14).

Ordre	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
1	J	I	D	J	D	I	I	J
2	D	J	J	D	J	D	J	I
3	I	D	I	I	I	J	D	D

Tableau 14 : Table de randomisation définissant l'ordre de prélèvement et de mesure des trois segments de l'intestin grêle (D = duodénum, J = jéjunum, I = iléon)

2.1. Etape 1

L'étape 1 consiste en une **échographie abdominale sous anesthésie générale**. L'animal est placé en décubitus dorsal, tondu de l'appendice xyphoïde à la zone inguinale et du gel couplant est appliqué sur la zone tondu.

L'opérateur en charge de l'échographie repère le duodénum descendant, le jéjunum et l'iléon dans l'ordre défini par la table de randomisation (Tableau 14). Pour chacune de ces trois portions d'intestin, un site de mesure est choisi et sur chaque site, **trois images** consécutives sont enregistrées sur l'échographe. Lors de l'étape 1, **neuf images échographiques** sont donc obtenues pour chaque chien.

Le site de mesure de la portion duodénale est choisi au milieu du duodénum descendant, à la hauteur du pôle crânial du rein droit. Pour le jéjunum, le site choisi est la portion la plus ventrale du jéjunum dans l'hémi-abdomen gauche. Ce site de mesure est ensuite délimité par **une injection écho-guidée de 0.1 mL de bleu de méthylène** dans la séreuse. L'injection est faite à l'aide d'une aiguille de diamètre 23G montée sur seringue de 1mL. Cette étape permet d'aider au repérage de la portion jéjunale choisie pour l'étape 2. Le site iléal est choisi 5 cm crânialement à la jonction iléo-colique.

2.2. Etape 2

Cette seconde étape consiste en une **échographie directement au contact des anses intestinales après laparotomie**.

2.2.1. Temps chirurgical

Le chien est maintenu en décubitus dorsal. En vue d'une intervention chirurgicale, l'abdomen est désinfecté à l'aide de chlorhexidine (Hibiscrub Savon), rincé avec une solution

de NaCl 0.9% (opération renouvelée deux fois), puis une solution de chlorhexidine est appliquée sur l'ensemble de la zone tondu. De la colle chirurgicale est appliquée sur le site, puis l'animal est recouvert par des champs chirurgicaux stériles.

Une **laparotomie moyenne** est réalisée : l'incision cutanée débute à mi-distance du segment appendice xyphoïde-ombilic et est prolongée caudalement sur environ 15 cm. Le tissu conjonctif est incisé à l'aide d'un bistouri électrique. La ligne blanche est identifiée, maintenue à l'aide d'une pince à dents de souris et ponctionnée avec un bistouri à lame froide. L'incision est alors prolongée rostralement et caudalement.

2.2.2. Temps échographique

Les intestins sont maintenus humides à l'aide de sérum physiologique stérile (NaCl 0,9%) pour réaliser les images échographiques *in situ*. La sonde est appliquée directement au contact de la séreuse intestinale en prenant soin de manipuler les anses intestinales au minimum. Les trois portions d'intestins sont repérées dans le même ordre que lors de l'étape 1, selon la table de randomisation (Tableau 14). Un soin particulier est apporté au repérage des sites de mesures afin que les mesures de l'étape 2 soient prises sensiblement aux mêmes endroits que lors de l'étape 1. Le repérage du site de mesure jéjunal est facilité par les injections de bleu de méthylène préalablement réalisées.

Comme lors de l'étape précédente, un site de mesure est choisi pour chacune des trois portions d'intestins, et **trois images** consécutives sont enregistrées par site. **Neuf images échographiques** sont donc obtenues par chien pour l'étape 2.

2.3. Etape 3

La troisième étape consiste en une **échographie et stéréomicroscopie sur fragment d'intestin isolé par entérectomie**.

2.3.1. Temps chirurgical

Chaque portion d'anse intestinale précédemment mesurée est isolée par **entérectomie** dans le même ordre que lors des étapes précédentes, selon l'ordre défini par la table de randomisation (Tableau 14). Le premier segment intestinal est isolé à l'aide de fils de suture puis prélevé par entérectomie à la lame froide. Le prélèvement est réalisé le plus rapidement possible afin de minimiser la modification de la structure pariétale des intestins. Un fragment d'environ 15 cm est prélevé afin d'obtenir un segment de 10 cm après rétraction. Il est ensuite divisé en deux fragments de taille équivalente par incision à la lame froide par un opérateur non stérile, une partie étant destinée à l'échographie, l'autre à la stéréomicroscopie. L'isolement et l'exérèse de la portion d'intestin grêle suivante ne

s'effectue que lorsque les images échographiques du segment intestinal précédent ont été enregistrées, ceci dans le but de garder le fragment intestinal *in situ* le plus longtemps possible.

2.3.2. Temps échographique

Le plus rapidement possible après son exérèse, le fragment destiné à l'échographie est immergé dans un récipient rempli de gel couplant. La sonde échographique est plongée dans le récipient et placée à proximité de l'échantillon en prenant soin de ne pas exercer de pression excessive dessus. Trois images échographiques par échantillon sont enregistrées, soient **neuf par chien** pour l'étape 3.

2.3.3. Temps stéréomicroscopique

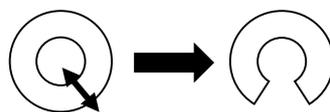
2.3.3.1. Préparation des prélèvements

Chaque fragment de tube digestif destiné à la stéréomicroscopie récupéré suite à l'entérectomie est immédiatement pris en charge. Le fragment, maintenu par une pince à bord mousse, est délicatement nettoyé par retournements dans un bain de solution de sérum physiologique.

Le fragment est ensuite déposé sur une planche de recoupe et maintenu à plat délicatement avec la pulpe du doigt puis recoupé avec une lame de microtome faisant un angle de 90° avec la planche et le tube digestif, ceci afin d'avoir une coupe transversale qui soit perpendiculaire aux tuniques histologiques.

Une deuxième recoupe est réalisée 2 à 3 mm plus loin afin d'obtenir un fragment circulaire de tissu frais destiné à la stéréomicroscopie, appelé « fragment B », avec deux sections de coupe perpendiculaires à la paroi dans la mesure du possible.

Le fragment B de 1 à 2 mm est par la suite incisé parallèlement au rayon du cercle.



Après ouverture du fragment circulaire, il est à nouveau rincé délicatement par retournements successifs dans un bain de solution de sérum physiologique.

2.3.3.2. Prises de vues

Le fragment ouvert est déposé sur la loupe binoculaire Nikon SMZ800 servant à faire les prises de vue stéréomicroscopiques. Un temps d'attente d'une trentaine de minutes s'avère nécessaire afin de limiter la contraction de la musculature et donc du fragment lors de la prise de vue. Un réglet métallique de 150 mm précis au ½ millimètre (certificat d'étalonnage du réglet en Classe 1- Auvergne Qualité, France) est ensuite soigneusement apposé contre la paroi du tube digestif. Le réglet est surélevé en disposant des lames de verre en dessous, de façon à être au même niveau que le prélèvement et donc sur un même plan pour la mise au point photographique.

Les photographies sont prises avec l'appareil photo numérique Coolpix MDC lens monté sur la loupe binoculaire.

Une lampe directionnelle est placée de manière à éclairer à la fois le fragment et le réglet afin d'améliorer la mise au point et le cliché.

Plusieurs photographies de chaque prélèvement ont été réalisées, en utilisant des mises au point et des orientations d'éclairage différentes. La visualisation des images étant peu évidentes sur l'écran de l'appareil photo, la sélection de la photographie avec la meilleure qualité se fait dans un deuxième temps, sur un écran d'ordinateur.

A la fin de chaque prise de vue, chaque fragment B de tube digestif est déposé dans un pot de formol individuel identifié.

2.4. Etape 4

La quatrième étape consiste en une **échographie et stéréomicroscopie sur fragment d'intestin fixé dans du formol.**

En raison du temps nécessaire pour la fixation des échantillons (protocole de fixation dans l'Annexe 3), les images échographiques et stéréomicroscopiques de l'étape 4 sont obtenues environ une semaine après l'étape 3. Les échantillons sont analysés dans l'ordre défini par la table de randomisation (Tableau 14), et les chiens de Z1 à Z8.

2.4.1. Traitement des échantillons

Une recoupe du fragment obtenu suite à l'entérectomie est réalisée immédiatement après réception afin d'obtenir un fragment circulaire dit « fragment A », de 2 à 4 cm de longueur avec des sections de coupe perpendiculaires aux tuniques histologiques. Le fragment A est directement fixé dans une solution de paraformaldéhyde à 4% tamponnée à la neutralité

et destinée à des mesures stéréomicroscopiques, histologiques et échographiques sur tissu fixé.

L'échantillon est conservé pendant une durée minimale de 7 jours dans le formol. Une fois fixé, le fragment est recoupé en trois échantillons distincts :

- « A1 » : fragment le plus long possible, destiné aux mesures échographiques
- « A3 » : fine rondelle d'environ 1 mm d'épaisseur, destiné à la stéréomicroscopie sur tissu fixé
- « A2 » : fine rondelle d'1 à 2 mm d'épaisseur, destiné à la technique histologique

2.4.2. Echographie

Après rinçage à l'eau courante, l'échantillon est immergé dans un récipient de gel couplant et la lumière du fragment intestinal, généralement béante, est également remplie de gel couplant afin d'éviter les artéfacts dus à la présence d'air. La sonde échographique est plongée dans le récipient et placée à proximité de l'échantillon. Trois images échographiques par fragment sont enregistrées, soient **neuf par chien** pour l'étape 4.

2.4.3. Stéréomicroscopie

2.4.3.1. Préparation des prélèvements

Le fragment A3 est maintenu à l'aide d'une pince mousse et rincé dans une solution de sérum physiologique.

2.4.3.2. Prises de vues

Le fragment rincé est alors placé sur la loupe binoculaire puis photographié selon les modalités déjà décrites lors de l'étape 3.

2.5. Etape 5

Après 48 heures de fixation au minimum, les prélèvements sont traités en technique histologique conventionnelle en commençant par une déshydratation puis en poursuivant avec une imprégnation en paraffine. Les blocs de paraffine contenant les prélèvements d'intestin sont coupés grâce à un microtome (coupes de 3-4 micromètres d'épaisseur) puis colorés avec la coloration usuelle à l'hémalum-éosine. (Protocole complet dans l'Annexe 4)

2.6. Euthanasie

Chaque chien est sacrifié immédiatement après le dernier prélèvement de fragment intestinal, pendant la suture de la paroi abdominale. Une injection intraveineuse de **15 à 20 mL de pentobarbital sodique** (DOLETHAL®) est effectuée pour euthanasier l'animal.

Les cadavres sont ensuite récupérés par l'Unité d'Anatomie à des fins pédagogiques, comme évoqué en préambule.

3. MESURES DE PAROI

3.1. Identification des images

3.1.1. Images échographiques

Les images échographiques sont identifiées comme suit : « identification de l'animal (Z1 à Z8), identification de la portion intestinale (D pour le duodénum, J pour le jéjunum ou I pour l'iléon) et numéro de l'étape (1, 2, 3 ou 4) ». La date et l'heure de la capture d'image sont automatiquement enregistrées et archivées par l'appareil.

3.1.2. Images macroscopiques

Pour faciliter la compréhension des informations, les mesures « stéréomicroscopiques » sont réalisées sur le prélèvement frais ou fixé n'ayant pas encore subi de traitement histologique (déshydratation/imprégnation en paraffine) alors que les mesures histologiques sont réalisées à partir de l'observation de la lame histologique.

Avant chaque prise photographique des échantillons macroscopiques (B), une pancarte indique le numéro de l'animal ainsi que la portion intestinale prélevée. Une fois les images déposées et enregistrées sur ordinateur, elles sont identifiées de la manière suivante :

« Numéro d'identification de l'animal (Z1 à Z8) – type de traitement (*fragment B/A2/A3*) – portion intestinale (D/J/I) »

3.2. Mesures effectuées

Pour chaque image obtenue (image échographique, cliché stéréomicroscopique ou cliché histologique), trois mesures notées **A**, **B** et **C** sont effectuées puis répétées deux fois sur un autre endroit de l'image. Ainsi, **neuf valeurs sont obtenues par image** (3 x A, 3 x B, 3 x C).

3.2.1. Mesure A

La mesure A correspond à l'**épaisseur totale de la paroi intestinale**. En échographie, les repères sont le bord luminal de la couche hypoéchogène la plus interne (muqueuse) et la limite hyperéchogène la plus externe de la paroi (indifféremment dorsale ou ventrale). En stéréomicroscopie et en histologie, les mesures se font du bord luminal, délimité par les villosités intestinales, au bord externe de la séreuse.

3.2.2. Mesure B

La mesure B correspond à l'**épaisseur de la « muqueuse »**. En échographie, les repères sont les limites interne et externe de la couche hypoéchogène la plus proche de la lumière. En stéréomicroscopie et en histologie, les mesures se font du bord luminal, délimité par les villosités intestinales, à la limite entre la muqueuse et la sous-muqueuse, délimitée par une légère dépression tissulaire.

3.2.3. Mesure C

La mesure C correspond à l'**épaisseur de l'ensemble « sous-muqueuse + musculuse + séreuse »**. Les couches externes à la muqueuse sont considérées trop fines pour être mesurées indépendamment de façon pertinente. A l'échographie, les repères sont la limite externe de la couche hypoéchogène mesurée précédemment et la limite hyperéchogène la plus externe de la paroi. En stéréomicroscopie et en histologie, les mesures se font de la limite entre la muqueuse et la sous-muqueuse, délimitée par une légère dépression tissulaire, au bord externe de la séreuse.

3.3. Sélection des images et réalisation des mesures en pratique

3.3.1. Images échographiques

Les mesures échographiques sont effectuées *a posteriori* et à l'aveugle (l'opérateur en charge des mesures n'ayant pas connaissance de leur valeur) sur images fixes stockées dans l'appareil d'échographie pour limiter la durée de l'anesthésie. La coupe échographique d'intestin grêle choisie pour effectuer les mesures est celle décrite par Delaney en 2003, soit une **coupe longitudinale** (grand axe) de l'intestin (Figure 10).

La mesure A est effectuée de sorte que sa valeur n'est pas forcément égale à la somme de la mesure B et de la mesure C. En effet, les mesures A, B et C ne sont pas réalisées sur la même perpendiculaire à la lumière intestinale.

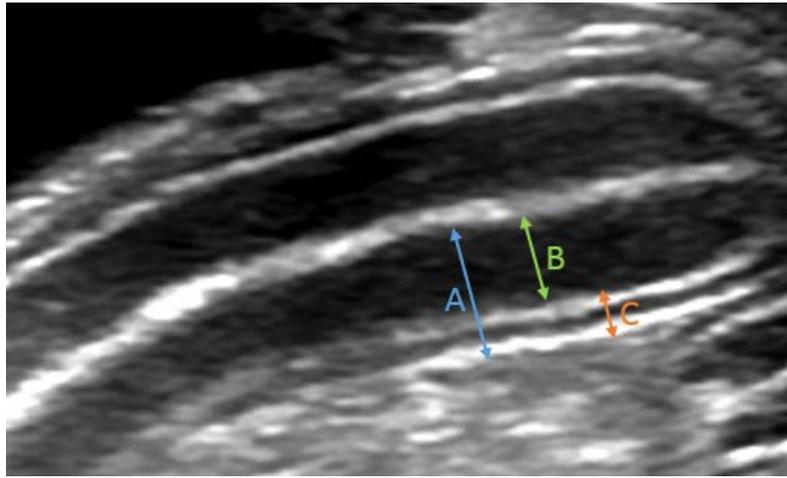


Figure 10 : Réalisation des mesures échographiques en pratique.
 A = mesure de la paroi totale ; B= mesure de la muqueuse ; C = mesure de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse

3.3.2. Images macroscopiques et microscopiques

Les photographies sont sélectionnées dans un deuxième temps, après visionnage sur un écran d'ordinateur. La sélection se fait selon la **netteté de l'ensemble des tuniques histologiques**, mais aussi sur la **netteté du régllet de mesure**. Les tuniques doivent toutes être visualisables et différenciables les unes des autres. En cela, la **luminosité** joue également un rôle dans le choix des images. Une seule photo est utilisée pour réaliser l'ensemble des mesures stéréomicroscopiques d'un même échantillon.

Le choix des sites de mesure se fait de manière à obtenir un échantillon homogène au niveau et en dehors des valvules conniventes. Dans la majorité des photographies utilisées, au moins une mesure de chaque partie A, B et C est réalisée au niveau d'une valvule connivente (Figure 11 et Figure 12).

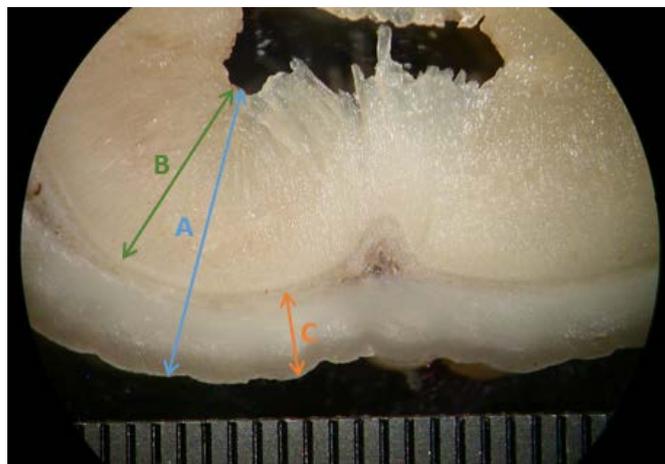


Figure 11 : Réalisation des mesures stéréomicroscopiques à partir de la photographie d'un fragment fixé de duodénum.
 A = mesure de la paroi totale ; B= mesure de la muqueuse ; C = mesure de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse

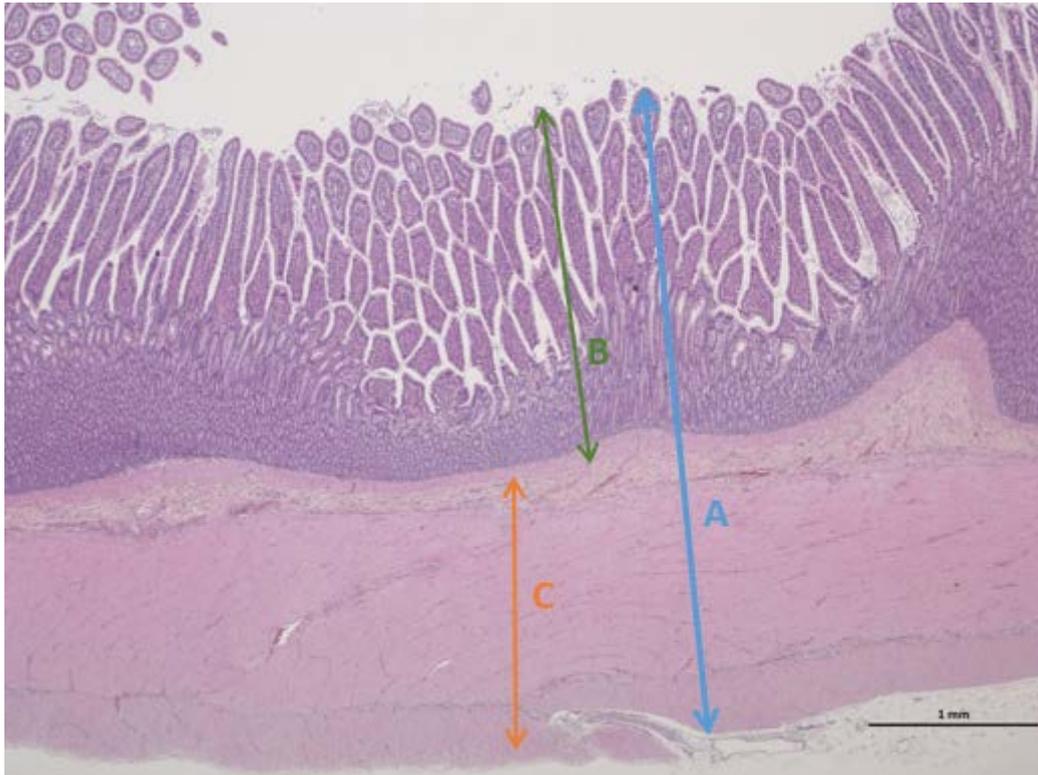


Figure 12 : Réalisation des mesures histologiques en pratique à partir de la photographie du prélèvement histologique de l'iléon coloré à l'hémalun-éosine.

A = mesure de la paroi totale ; B= mesure de la muqueuse ; C = mesure de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse

3.4. Précision des mesures

3.4.1. Mesures échographiques

La précision des mesures donnée par le fabricant est indiquée pour le mode 2D en fonction de la profondeur d'exploration. La profondeur est exprimée en millimètres ou en pourcentage dans le cas le plus défavorable (grande profondeur d'exploration, mauvaise qualité d'image et faible résolution). Les formules permettant de calculer la précision des mesures sont les suivantes :

Précision de la mesure d'une distance (mm) = $\pm (1,5\% \times \text{profondeur} + 0,1)$

Précision de la mesure d'une distance (%) = $\pm 5\%$

3.4.2. Mesures stéréomicroscopiques et histologiques

La précision des mesures stéréomicroscopiques est celle du réglet utilisé, soit de 0,5 mm. Pour les mesures histologiques, la précision est celle de la lame graduée étalonnée, soit de 0,01 mm.

Troisième partie :

Résultats

1. DONNEES

1.1. Nomenclature utilisée

Les étapes échographiques sont notées « **Echo n** » et les étapes stéréomicroscopiques et histologiques « **Histo n** », *n* représentant le numéro de l'étape.

Pour rappel, l'étape 1 consiste en une échographie conventionnelle, c'est-à-dire avec la sonde posée sur la paroi abdominale (**Echo 1**). L'étape 2 correspond à une échographie interventionnelle, la sonde directement au contact des anses intestinales (**Echo 2**). L'étape 3 est d'une part une échographie sur une portion isolée d'intestin placée dans du gel échographique (**Echo 3**), et d'autre part l'observation stéréomicroscopique d'une portion isolée d'intestin frais (**Histo 3**). L'étape 4 consiste en une échographie (**Echo 4**) et l'observation stéréomicroscopique (**Histo 4**) de fragments intestinaux fixés. La 5^e étape est l'observation microscopique d'échantillon intestinal après traitement histologique (**Histo 5**).

1.2. Données échographiques

Pour chaque étape échographique, trois images de chaque portion de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon) sont prises pour chaque chien. Sur chaque image, trois mesures de l'épaisseur de la paroi totale (A), trois mesures de l'épaisseur de la muqueuse (B) ainsi que trois mesures de l'épaisseur de l'ensemble sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (C) sont réalisées. Un total de **81 mesures par étape et par chien** est donc obtenu, ce qui conduit à un total $8 \times 4 \times 81 = 2592$ **mesures échographiques théoriques pour les huit chiens et quatre étapes (Echo 1, Echo 2, Echo 3, Echo 4)** (Figure 13).

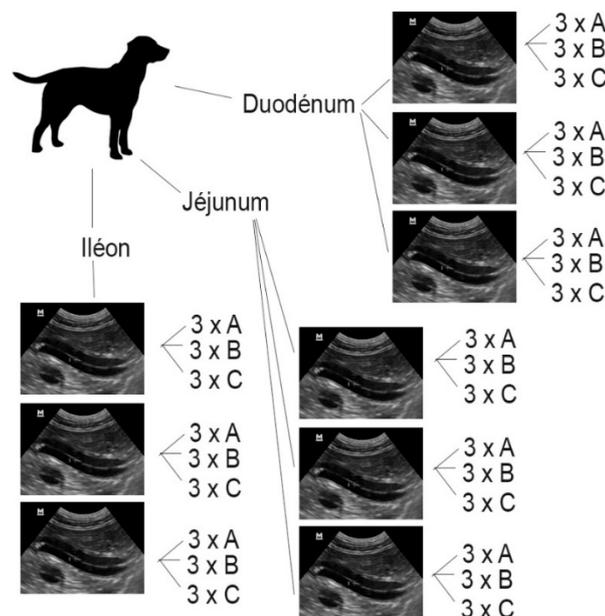


Figure 13 : Représentation schématique du nombre de mesures échographiques réalisées par étape pour chaque chien. A = mesure de la paroi totale ; B = mesure de la muqueuse ; C = mesure de l'ensemble sous-muqueuse + musculieuse + séreuse

1.3. Données histologiques

Pour chaque étape macroscopique, un cliché de chaque portion de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon) est pris par animal. Sur chaque cliché, trois mesures de l'épaisseur de la paroi totale (A), trois mesures de l'épaisseur de la muqueuse (B) ainsi que trois mesures de l'épaisseur de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse (C) sont réalisées. Un total de **27 mesures par étape (Histo 3 et Histo 4) et par chien** est donc obtenu, ce qui conduit à un total $8 \times 2 \times 27 = 432$ **mesures stéréomicroscopiques théoriques pour les huit chiens et les deux dernières étapes** (Figure 14).

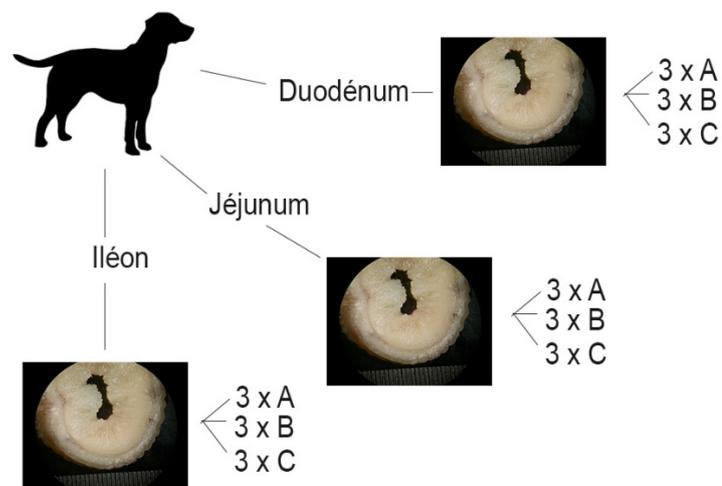


Figure 14 : Représentation schématique du nombre de mesures stéréomicroscopiques réalisées par étape pour chaque chien. A = mesure de la paroi totale ; B = mesure de la muqueuse ; C = mesure de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse

Pour l'étape 5, un cliché de chaque portion intestinale (duodénum, jéjunum, iléon) est pris par chien, puis entre une et huit mesures A, B et C sont effectuées sur chaque image. Au total, **248 mesures histologiques** sont faites dans l'étape 5 (Histo 5).

1.4. Données utilisées pour les statistiques

Cinquante-neuf mesures (échographie et stéréomicroscopie confondues) n'ont pas pu être effectuées en raison de difficultés à délimiter certaines couches pariétales (voir « Quatrième partie : Discussion »). Un total de **3213 mesures** sur 3272 mesures théoriques a finalement pu être utilisé pour l'étude statistique.

2. CHOIX DU « GOLD STANDARD » POUR LA COMPARAISON AVEC LES MESURES ECHOGRAPHIQUES

En pratique courante, l'ensemble des étapes échographiques et stéréomicroscopiques réalisées dans cette étude n'est pas accessible, puisque certaines étapes nécessitent une approche très invasive (par exemple des entérectomies de grandes portions d'intestin grêle lors de l'étape 3).

En effet, l'échographie dans la pratique quotidienne se limite à celle décrite dans l'étape 1 du protocole, c'est-à-dire l'échographie conventionnelle des anses intestinales à travers la paroi abdominale. L'échographie interventionnelle, qui consiste à poser la sonde échographique directement au contact des anses digestives (étape 2), est beaucoup plus rarement employée. Elle présente par exemple un intérêt lors de chirurgie digestive, pour réaliser une entérectomie ou une entérotomie après repérage d'une portion intestinale anormale ou d'un corps étranger digestif à l'échographie et limiter le caractère invasif de la chirurgie.

Les étapes 3 et 4 ne sont jamais réalisées en pratique, tant du point de vue échographique que macroscopique. En effet, elles ne présentent pas de réel intérêt clinique et sont difficiles à mettre en œuvre. En revanche, dans cette étude ces étapes permettent de suivre l'évolution des couches de la paroi intestinale à l'échographie étape après étape, et de pouvoir comparer des structures strictement identiques (et ayant subi les mêmes traitements pour l'étape 4) avec deux méthodes différentes, l'échographie et la stéréomicroscopie.

Quant à la l'histologie, elle est réalisée en pratique courante soit à la suite de biopsies per-opératoires, soit post mortem. Etant donnée la rapidité d'altération des tissus digestifs après la mort de l'animal, les échantillons de qualité optimale sont obtenus avec les biopsies per-opératoires placées immédiatement dans le fixateur. L'histologie apporte de précieuses informations sur la structure des couches intestinales et des cellules qui les composent, et représente le « gold standard » dans l'établissement du diagnostic d'affection digestive.

Dans cette étude, nous considérerons donc l'**histologie** (étape 5 : Histo 5) comme le « **gold standard** » avec lequel les mesures échographiques doivent être comparées.

3. METHODE STATISTIQUE

Les statistiques sont réalisées avec le logiciel **Microsoft Excel 2013**.

Comme évoqué précédemment, pour un chien et une étape donnés, nous disposons de trois images échographiques de chaque portion intestinale grêle. Sur chacune de ces images, trois mesures A, trois mesures B et trois mesures C sont effectuées. **Une moyenne des mesures A (respectivement B et C) est réalisée par image.**

En parallèle, pour un chien et une étape donnés, nous disposons d'un nombre variable de mesures stéréomicroscopiques et histologiques par portion intestinale (duodénum, jéjunum, iléon). **Une moyenne par chien, étape, portion intestinale et mesure A, B ou C est calculée.**

4. COMPARAISON ENTRE LES MESURES STEREO-MICROSCOPIQUES DE L'ETAPE 4 (HISTO 4) ET LES MESURES ECHOGRAPHIQUES (ECHO 1, ECHO 2, ECHO 3 ET ECHO 4)

Dans un premier temps, nous comparons les mesures échographiques des étapes 1 à 4 (Echo 1 à Echo 4) aux mesures stéréomicroscopiques de l'étape 4 (Histo 4). Pour cela nous calculons le **biais**, c'est-à-dire la distance (en **millimètres**) entre les mesures échographiques des quatre étapes et les mesures stéréomicroscopiques de l'étape 4 pour une portion d'intestin donnée. Ainsi, plus la valeur du biais est faible, plus les mesures réalisées avec les deux méthodes sont proches. Le Tableau 15 regroupe les **biais moyens entre chaque étape échographique et Histo 4**, pour chaque mesure (A, B ou C), pour chaque portion d'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon), tous chiens confondus. La Figure 15 représente graphiquement les valeurs présentées dans le Tableau 15.

		Biais moyen (mm) par rapport à Histo 4			
		Echo 1	Echo 2	Echo 3	Echo 4
Duodénum	Mesure A	1,33	2,91	2,03	0,46
	Mesure B	0,63	1,70	1,42	0,64
	Mesure C	0,46	0,70	0,29	0,33
Jéjunum	Mesure A	1,02	2,17	1,48	0,47
	Mesure B	0,47	1,26	1,07	0,48
	Mesure C	0,67	0,83	0,44	0,40
Iléon	Mesure A	0,96	1,97	1,28	1,13
	Mesure B	0,42	0,66	0,55	1,15
	Mesure C	0,60	0,85	0,64	0,56

Tableau 15 : Valeurs numériques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et la stéréomicroscopie (Histo 4) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.
A = paroi totale ; B = muqueuse ; C = sous-muqueuse + musculuse + séreuse

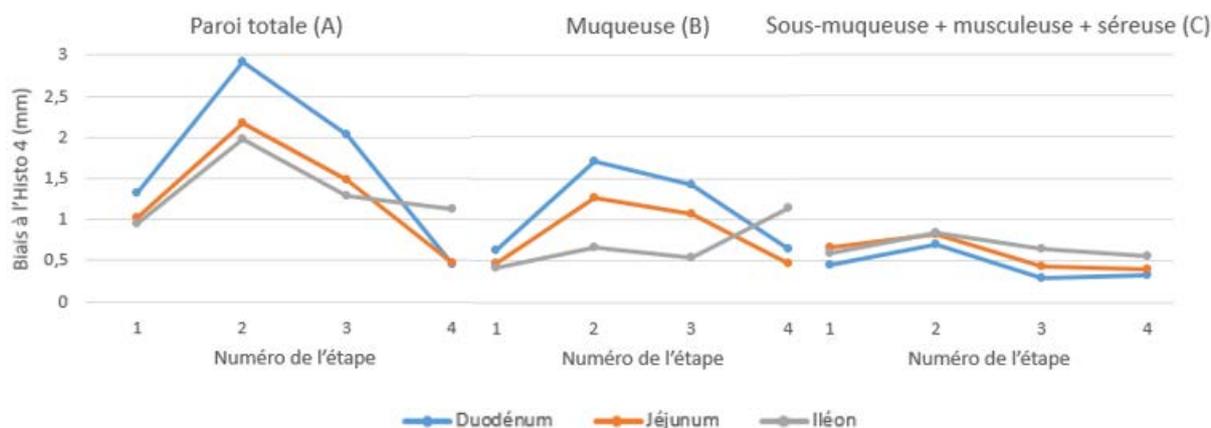


Figure 15 : Représentations graphiques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et la stéréomicroscopie (Histo 4) en fonction de la portion intestinale d'intérêt. A = paroi totale ; B = muqueuse ; C = sous-muqueuse + musculieuse + séreuse

De manière logique, il convient de commencer la comparaison entre l'échographie et la stéréomicroscopie sur des échantillons ayant subi les mêmes traitements. C'est le cas des mesures Echo 4 et Histo 4, qui sont réalisées sur des fragments intestinaux ayant été prélevés de la même manière et ayant subi exactement les mêmes traitements. **Les mesures de paroi totale et des couches intestinales obtenues lors de l'étape 4 avec les deux méthodes doivent donc a priori être similaires (biais faible) si les couches observées sur l'écran de l'échographe correspondent bien aux couches distinguées en stéréomicroscopie.** Dans la dernière colonne du Tableau 15, qui concerne le biais entre Histo 4 et Echo 4, les valeurs sont globalement plus petites que dans les autres colonnes (biais entre Histo 4 et les autres étapes échographiques). Elles n'excèdent pas 0,64 mm pour le duodénum et le jéjunum, et vont jusqu'à 1,15 mm pour l'iléon.

La prochaine étape consiste en la comparaison des valeurs de Histo 4 aux mesures échographiques des autres étapes, et notamment à Echo 1 qui représente le type d'échographie majoritairement réalisée en pratique. **A terme, l'objectif est de comparer les mesures obtenues à l'échographie conventionnelle (Echo 1) à l'histologie (Histo 5).**

Entre Echo 1 et Histo 4, le biais moyen calculé est compris entre 0,42 mm et 1,33 mm. Il reste cependant supérieur à celui calculé entre Echo 4 et Histo 4. Par étape échographique, les biais moyens les plus élevés sont observés pour l'étape Echo 2 (biais maximal de 2,91 mm), et dans une moindre mesure pour l'étape Echo 3 (biais maximal de 2,03 mm).

Sur les graphiques de la Figure 15, les biais moyens des trois portions intestinales présentent un comportement relativement similaire au fil des étapes échographiques, sauf ceux de l'iléon qui ont un comportement inverse entre l'étape 3 (Echo 3) et l'étape 4 (Echo 4) : le biais augmente fortement lors de l'étape 4 pour l'iléon alors qu'il diminue pour les autres portions intestinales.

Les biais moyens les plus importants sont observés pour la mesure échographique A (paroi totale) des étapes 1, 2 et 3 pour les trois portions intestinales. Le biais moyen pour la muqueuse est compris entre 0,42 mm et 1,7 mm, toutes étapes confondues, celui de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse est inférieur car compris entre 0,29 et 0,85 mm.

Les graphiques suivants présentent le **biais entre les mesures des quatre étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques de l'étape 4 (Histo 4) pour chaque portion intestinale** (Figure 16 à Figure 24). En ordonnée sont représentées les moyennes par image et par étape des mesures échographiques pour les huit chiens, chaque étape (Echo 1 à Echo 4) étant symbolisée par une couleur. En abscisse sont représentées les moyennes des mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) par chien. A chaque chien correspondent donc trois points par graphique. La droite d'identité $x=y$ correspond à l'ensemble des points pour lesquels les mesures échographiques sont égales aux mesures stéréomicroscopiques de l'étape 4. **La distance (verticale) d'un point à la droite d'identité correspond au biais.**

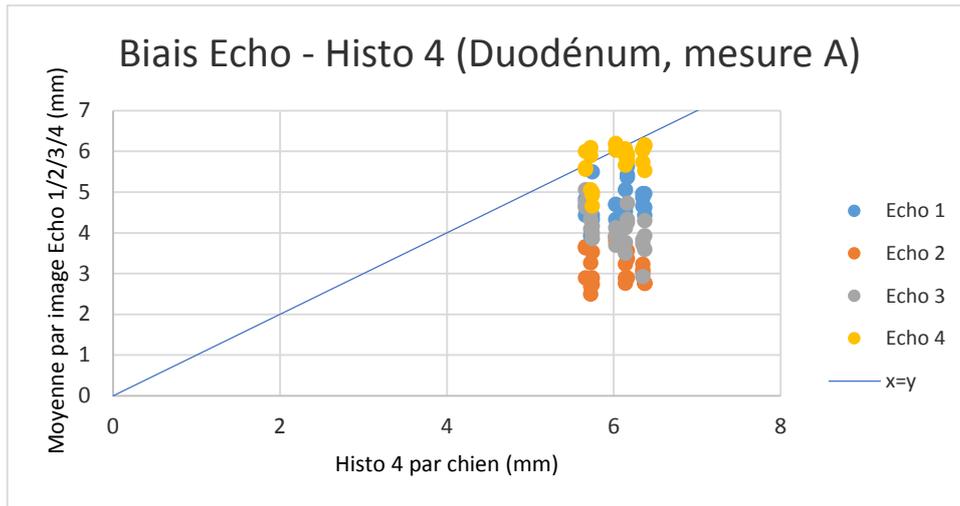


Figure 16 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du duodénum

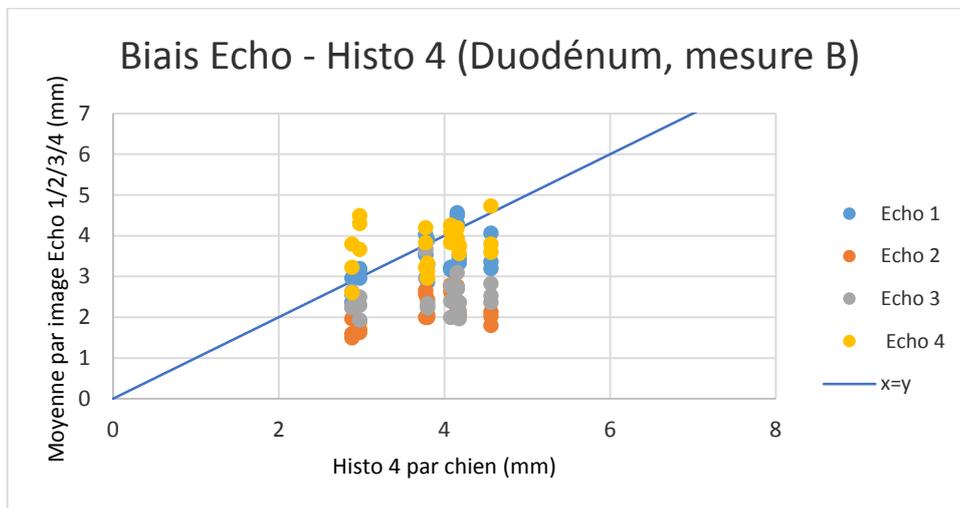


Figure 17 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du duodénum

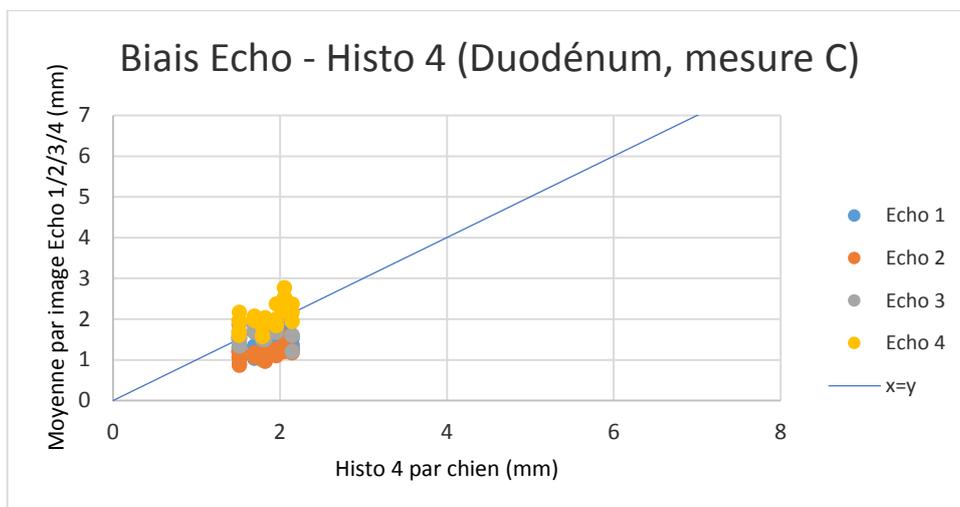


Figure 18 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du duodénum

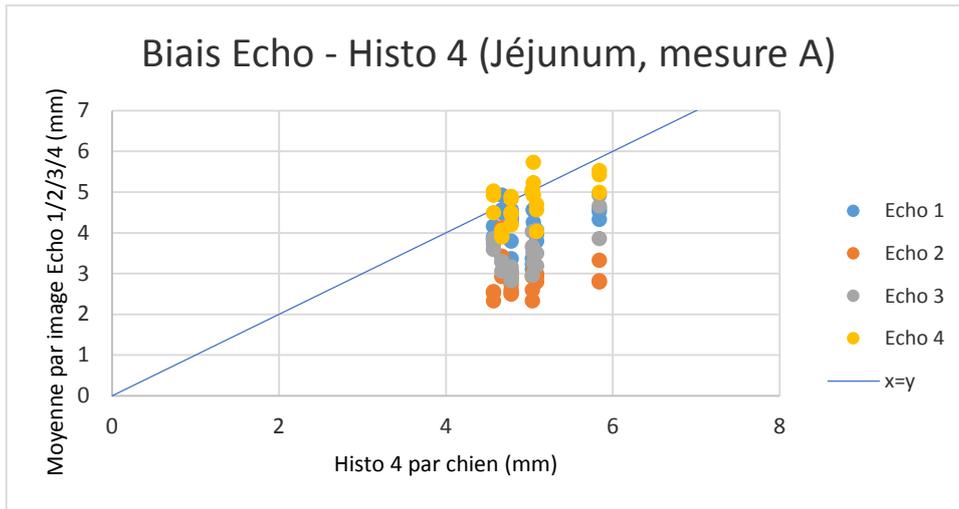


Figure 19 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du jéjunum

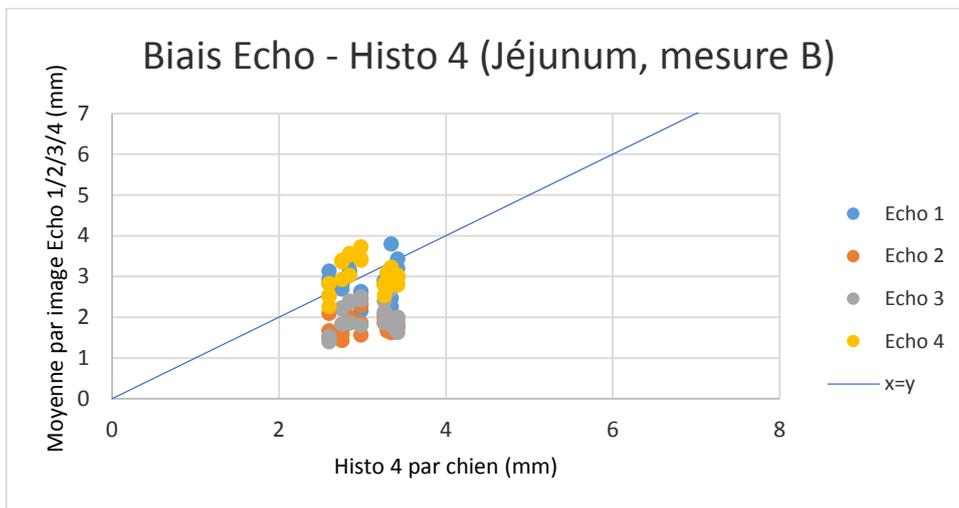


Figure 20 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du jéjunum

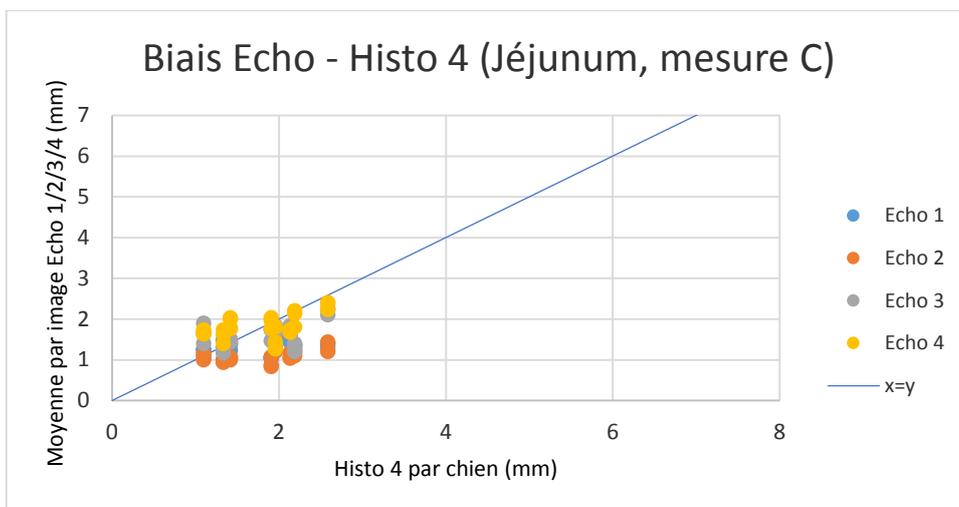


Figure 21 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du jéjunum

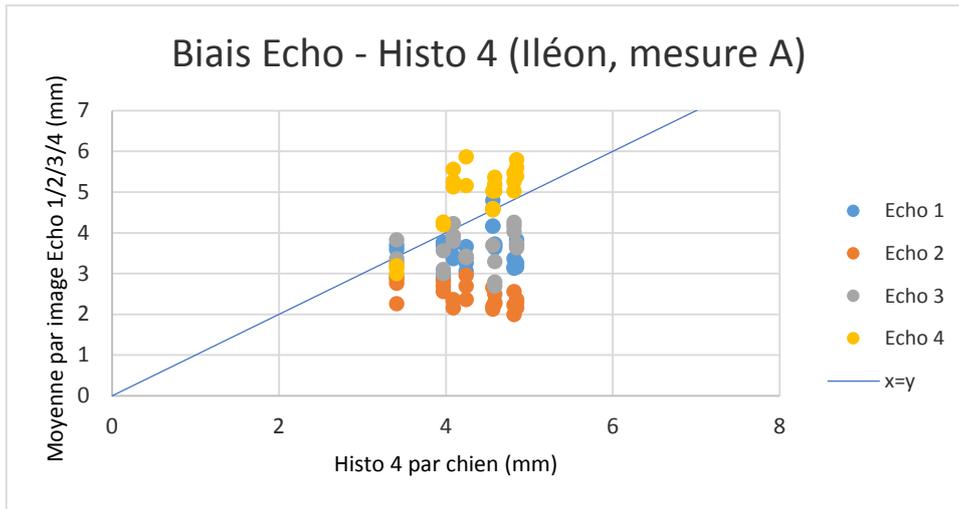


Figure 22 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) de l'iléon

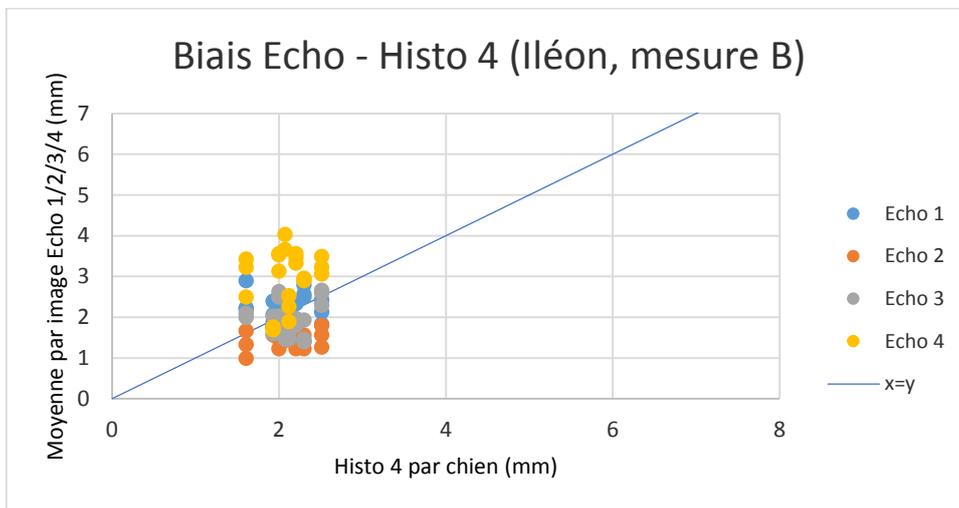


Figure 23 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) de l'iléon

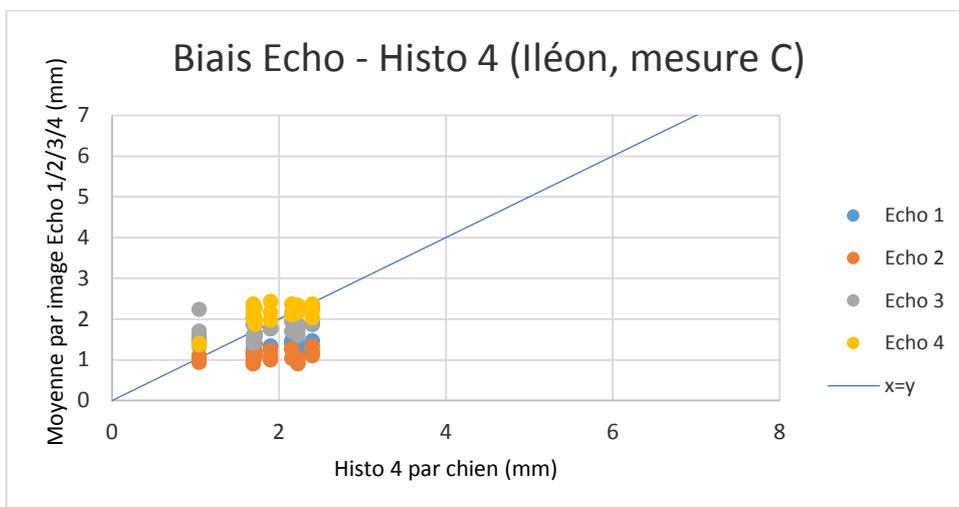


Figure 24 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et les mesures stéréomicroscopiques Histo 4 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) de l'iléon

- Comparaison entre Echo 4 et Histo 4

Ces graphiques montrent que **les mesures échographiques de l'étape 4 (Echo 4) sont proches des mesures stéréomicroscopiques (Histo 4)** puisque les valeurs sont groupées autour de la droite $x=y$. En revanche, ceci n'est pas vérifié pour les mesures de la paroi totale et de la muqueuse de l'iléon (Figure 22 et Figure 23), pour lesquelles les valeurs échographiques sont supérieures aux valeurs histologiques.

- Comparaison entre Echo 1 et Histo 4

D'une manière générale, les mesures échographiques de la paroi totale et de l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse faites dans l'étape 1 (Echo 1) sont légèrement inférieures aux mesures stéréomicroscopiques puisqu'elles se trouvent globalement en dessous de la droite $x=y$. En revanche, les **mesures échographiques de la muqueuse des trois portions intestinales réalisées lors de l'étape 1 sont proches de celles effectuées en stéréomicroscopie** puisque les valeurs sont centrées sur la droite $x=y$ (Figure 17, Figure 20, Figure 23).

- Comparaison entre Echo 2 et Histo 4

Les épaisseurs des couches échographiques effectuées lors de l'étape 2 (Echo 2) sont inférieures à celles mesurées en stéréomicroscopie et correspondent aux **valeurs les plus éloignées des mesures stéréomicroscopiques parmi les quatre étapes échographiques.**

- Comparaison entre Echo 3 et Histo 4

Les mesures échographiques de l'étape 3 (Echo 3) sont intermédiaires entre les étapes Echo 1 et Echo 2.

5. COMPARAISON ENTRE LES MESURES STEREO-MICROSCOPIQUES DE L'ETAPE 4 (HISTO 4) ET LES MESURES HISTOLOGIQUES (HISTO 5)

Jusqu'à présent, les mesures échographiques ont été comparées aux mesures stéréomicroscopiques de l'étape 4. Cependant, la stéréomicroscopie n'est pas le « gold standard » auquel nous voulons comparer les mesures échographiques. En effet, le but de l'étude est de déterminer si les mesures échographiques de l'étape 1 sont similaires aux mesures histologiques (Histo 5) ou non. Dans un premier temps, **évaluons s'il existe une différence importante entre les mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) et les mesures histologiques (Histo 5).**

Pour cela, le **biais entre la stéréomicroscopie et l'histologie** nous permet d'évaluer la distance (en millimètres) entre les mesures obtenues avec les deux méthodes. Le biais moyen pour l'ensemble des chiens est calculé pour chaque couche ou ensemble de couches et pour chaque portion intestinale (Tableau 16).

		Biais moyen (mm) entre Histo 4 et Histo 5
Duodénum	Mesure A	0,92
	Mesure B	0,47
	Mesure C	0,38
Jéjunum	Mesure A	0,71
	Mesure B	0,46
	Mesure C	0,65
Iléon	Mesure A	0,24
	Mesure B	0,21
	Mesure C	0,38

Tableau 16 : Biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) et histologiques (Histo 5), en fonction de la portion intestinale d'intérêt.
A = paroi totale ; B = muqueuse ; C = sous-muqueuse + musculuse + séreuse

Le biais le plus important est celui de la mesure de la paroi totale (mesure A) du duodénum qui est de 0,92 mm, soit **moins d'un millimètre**, tandis que le plus faible est celui de la muqueuse (mesure B) iléale qui vaut 0,21 mm. Le biais entre Histo 4 et Histo 5 est d'en moyenne 0,49 mm.

6. COMPARAISON ENTRE LES MESURES HISTOLOGIQUES (HISTO 5) ET LES MESURES ECHOGRAPHIQUES (ECHO 1, ECHO 2, ECHO 3 ET ECHO 4)

Comme évoqué précédemment, les mesures échographiques sont à présent comparées au « gold standard » (Histo 5) en calculant le **biais (en millimètres)**, c'est-à-dire la distance entre les mesures échographiques et les mesures histologiques pour chaque mesure A, B ou C et pour chaque portion d'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon). Les résultats sont présentés dans le Tableau 17 et sur la Figure 25.

		Biais moyen (mm) par rapport à Histo 5			
		Echo 1	Echo 2	Echo 3	Echo 4
Duodénum (mm)	Mesure A	1,10	2,44	1,71	0,80
	Mesure B	0,40	1,46	1,19	0,62
	Mesure C	0,70	0,96	0,58	0,43
Jéjunum (mm)	Mesure A	0,65	1,61	1,02	0,68
	Mesure B	0,50	0,95	0,85	0,54
	Mesure C	0,45	0,59	0,28	0,45
Iléon (mm)	Mesure A	1,08	2,07	1,35	1,11
	Mesure B	0,49	0,54	0,53	1,29
	Mesure C	0,88	1,11	0,75	0,67

Tableau 17 : Valeurs numériques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4) et l'histologie (Histo 5) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.

A = paroi totale ; B = muqueuse ; C = sous-muqueuse + musculieuse + séreuse

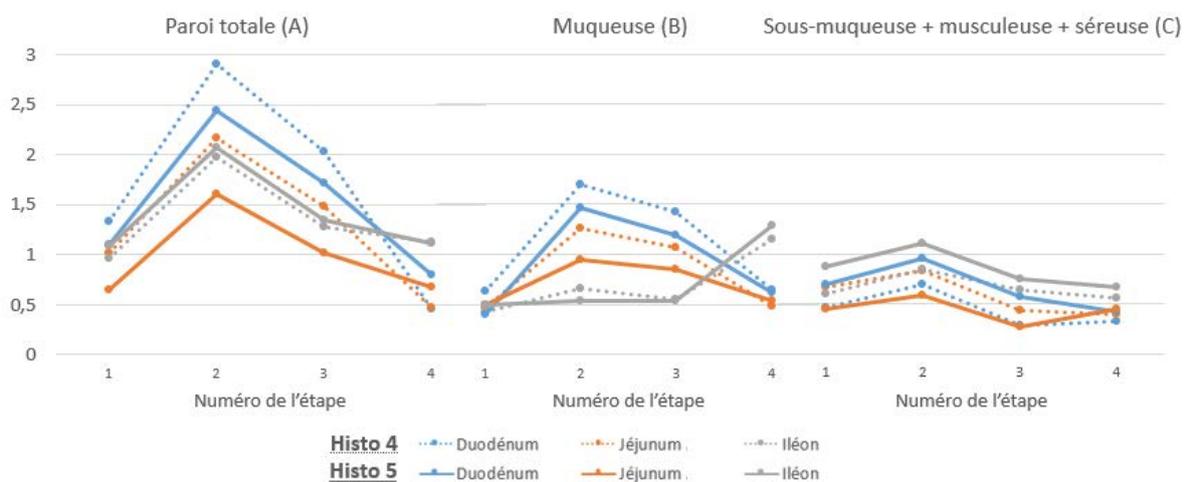


Figure 25 : Représentations graphiques du biais moyen calculé pour l'ensemble des chiens entre les différentes étapes échographiques (Echo 1 à Echo 4), stéréomicroscopique (Histo 4) et histologique (Histo 5) en fonction de la portion intestinale d'intérêt.

A = paroi totale ; B = muqueuse ; C = sous-muqueuse + musculieuse + séreuse

Sur ces graphiques, les **biais moyens se comportent de manière sensiblement similaire, qu'il s'agisse de Histo 4 ou Histo 5**, puisque les courbes sont parallèles. De plus, lorsque l'on compare Histo 4 ou Histo 5 aux étapes échographiques, la différence entre les biais moyens d'une même portion intestinale pour une même mesure A, B ou C est inférieure à 0,56 mm. Cette valeur maximale correspond à la différence entre les biais de Histo 4 et Histo 5 pour l'épaisseur de la paroi totale du jéjunum dans l'étape 2.

Par ailleurs, le biais moyen entre Histo 5 et les étapes échographiques est plus petit qu'entre Histo 4 et les étapes échographiques, sauf pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse du duodénum et de l'iléon où la tendance est inversée, et pour la paroi totale et la muqueuse iléales où les biais moyens sont quasiment égaux (Figure 25).

Pour une portion d'intestin donnée, les **biais les plus grands** sont retrouvés pour les **mesures échographiques Echo 1 et Echo 2 effectuées sur la paroi totale**, ceci étant vérifié dans les trois portions intestinales.

Concernant la mesure de la paroi totale, le biais moyen de la première étape échographique (Echo 1) est compris entre 0,65 mm (jéjunum) et 1,10 mm (duodénum). Pour la muqueuse, le biais moyen de Echo 1 est compris entre 0,40 mm (duodénum) et 0,50 mm (jéjunum). Enfin, pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, le biais moyen de Echo 1 est compris entre 0,45 mm (jéjunum) et 0,88 mm (iléon). Ainsi, le **biais moyen entre Echo 1 et Histo 5 ne dépasse pas 1,10 mm en moyenne** (1^e colonne du Tableau 17).

Le biais moyen de la deuxième étape échographique (Echo 2) concernant la mesure de la paroi totale est compris entre 1,61 mm (jéjunum) et 2,44 mm (duodénum). Pour la muqueuse, le biais moyen est compris entre 0,54 mm (iléon) et 1,46 mm (duodénum). Enfin, pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, le biais moyen est compris entre 0,59 mm (jéjunum) et 1,11 mm (iléon). Ainsi, le **biais moyen entre Echo 2 et Histo 5 est largement plus grand que celui de Echo 1 puisqu'il atteint 2,44 mm** (2^e colonne du Tableau 17).

Le biais moyen de la troisième étape échographique (Echo 3) concernant la mesure de la paroi totale est compris entre 1,02 mm (jéjunum) et 1,71 mm (duodénum). Pour la muqueuse, le biais moyen est compris entre 0,53 mm (iléon) et 1,19 mm (duodénum). Enfin, pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, le biais moyen est compris entre 0,28 mm (jéjunum) et 0,75 mm (iléon). Ainsi, le **biais moyen entre Echo 3 et Histo 5 est intermédiaire par rapport à ceux de Echo 1 et Echo 2 pour la paroi totale et la muqueuse, et inférieur à Echo 1 pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse** (3^e colonne du Tableau 17).

Le biais moyen de la quatrième étape échographique (Echo 4) concernant la mesure de la paroi totale est compris entre 0,68 mm (jéjunum) et 1,11 mm (iléon). Pour la muqueuse, le

biais moyen est compris entre 0,54 mm (jéjunum) et 1,29 mm (iléon). Enfin, pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, le biais moyen est compris entre 0,43 mm (duodénum) et 0,67 mm (iléon). Ainsi, le **biais moyen entre Echo 4 et Histo 5 est faible (moins d'1 mm), sauf pour la paroi totale et la muqueuse iléales (respectivement 1,11 mm et 1,29 mm)** (4^e colonne du Tableau 17).

Les graphiques suivants représentent de manière plus visuelle ce **biais entre les mesures des deux premières étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques de l'étape 5 (Histo 5)** (Figure 26 à Figure 34). En ordonnée sont représentées les moyennes par image et par étape des mesures échographiques pour les huit chiens, chaque étape (Echo 1 et Echo 2) étant symbolisée par une couleur. En abscisse sont représentées les moyennes des mesures histologiques (Histo 5) par chien. La droite $x=y$ correspond à l'ensemble des points pour lesquels les mesures échographiques sont égales aux mesures histologiques. **La distance (verticale) d'un point à la droite $x=y$ correspond à ce biais.**

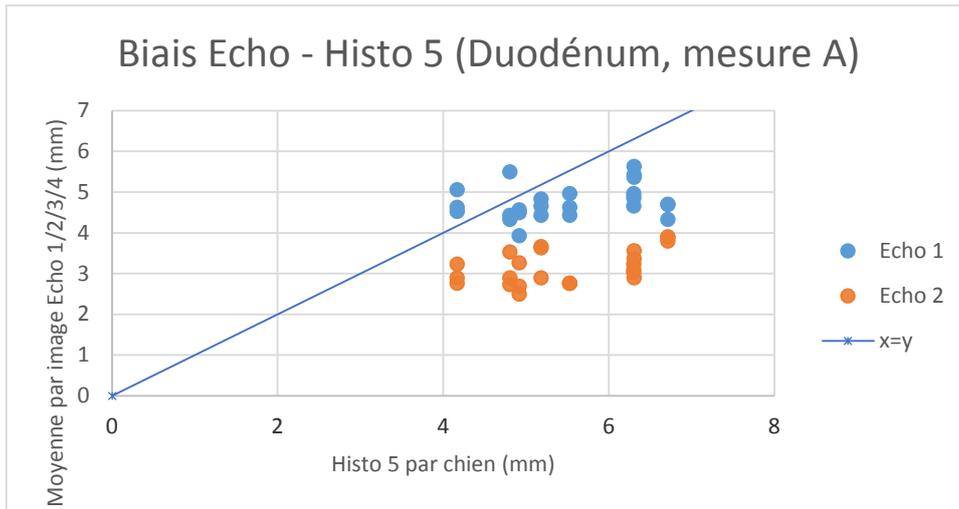


Figure 26 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du duodénum

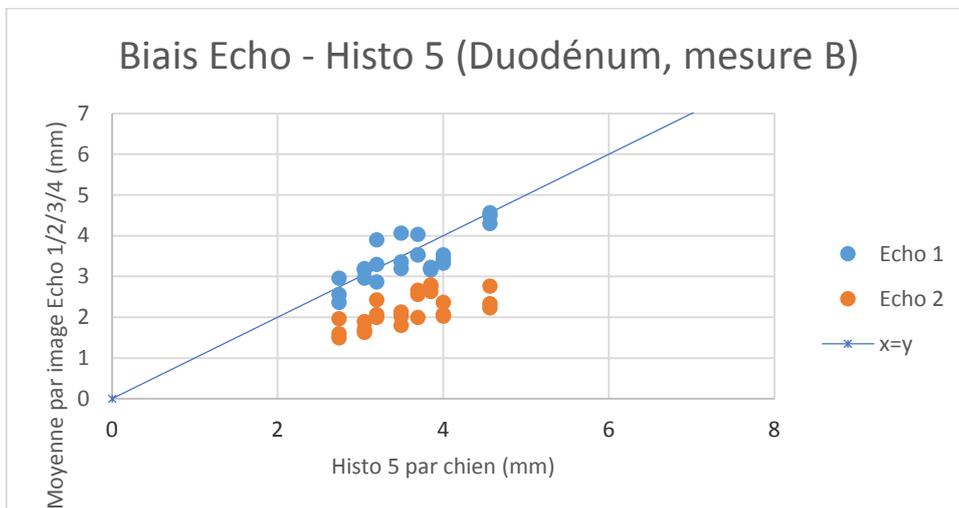


Figure 27 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du duodénum

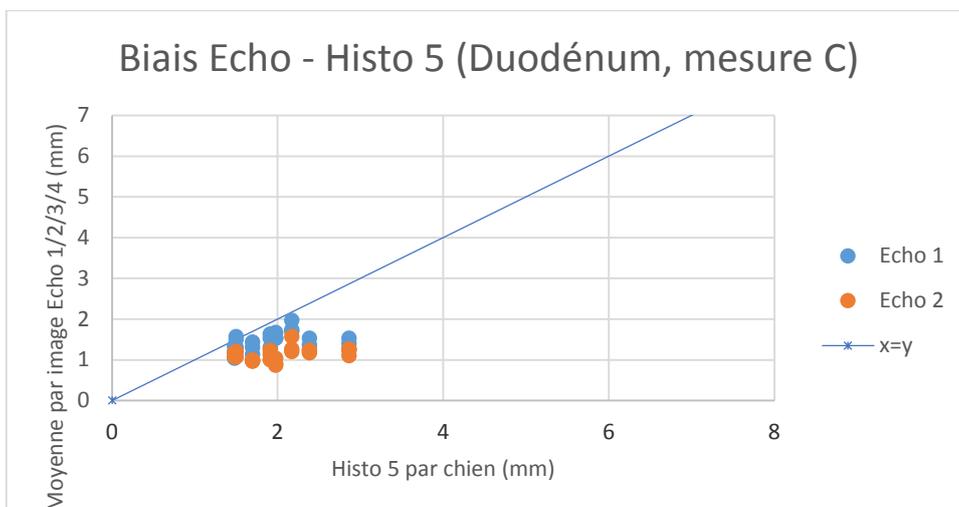


Figure 28 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du duodénum

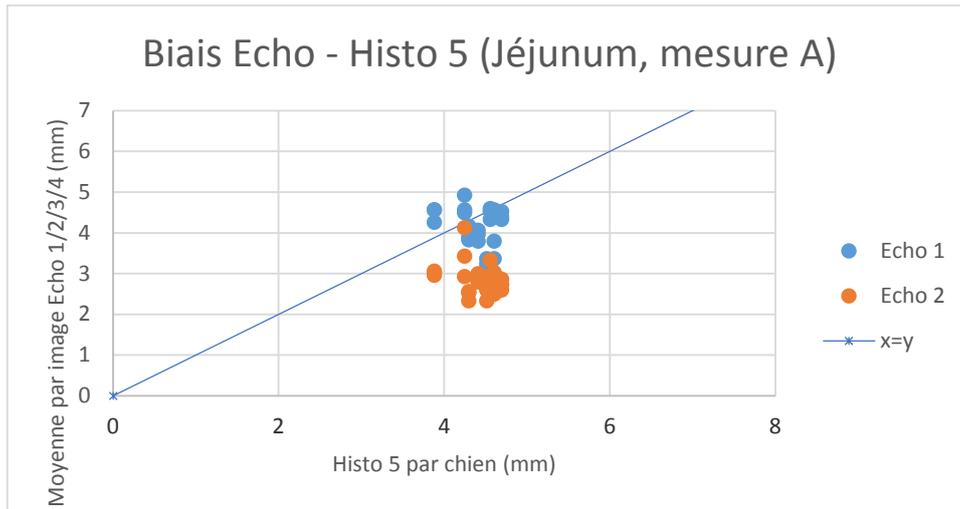


Figure 29 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) du jéjunum

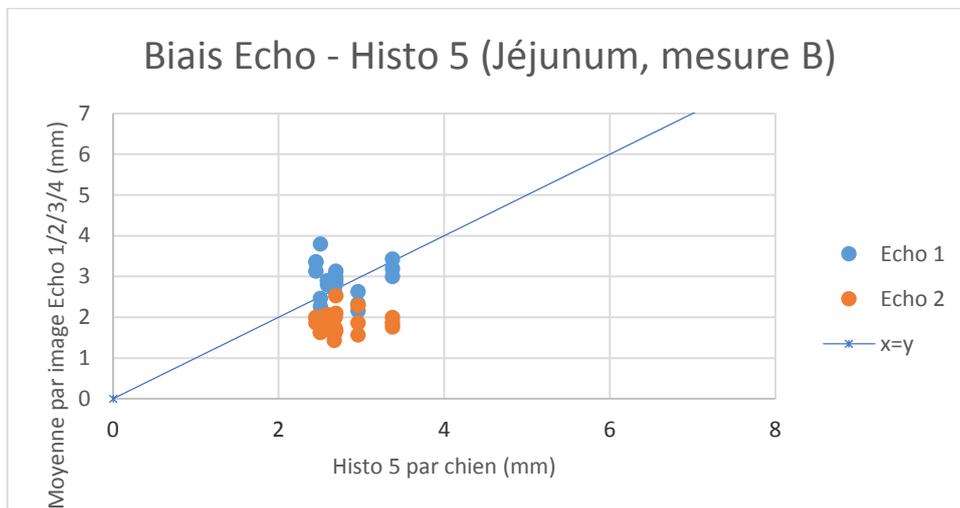


Figure 30 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) du jéjunum

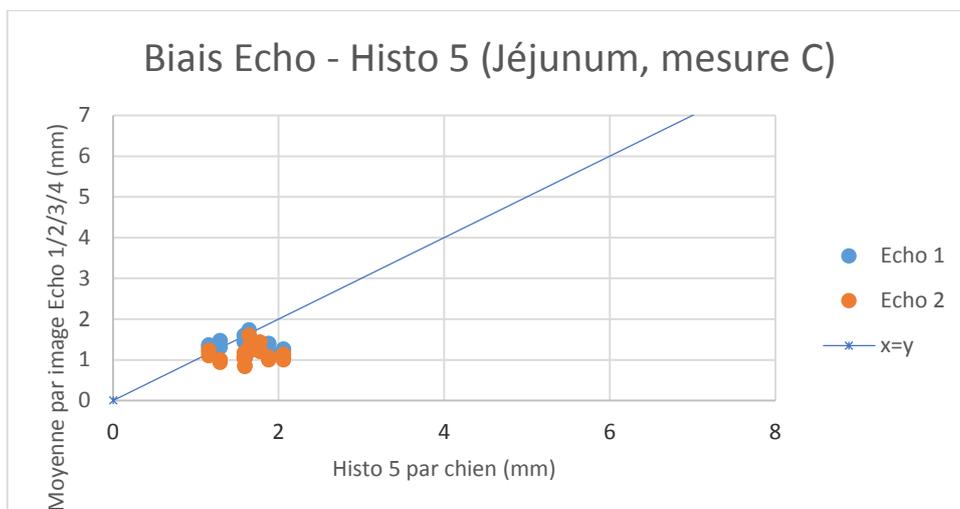


Figure 31 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) du jéjunum

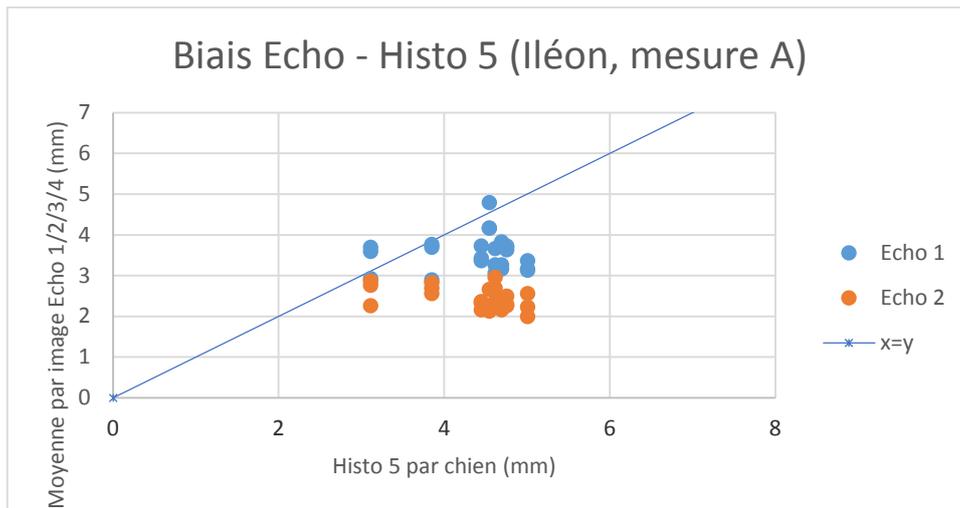


Figure 32 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la paroi totale (mesure A) de l'iléon

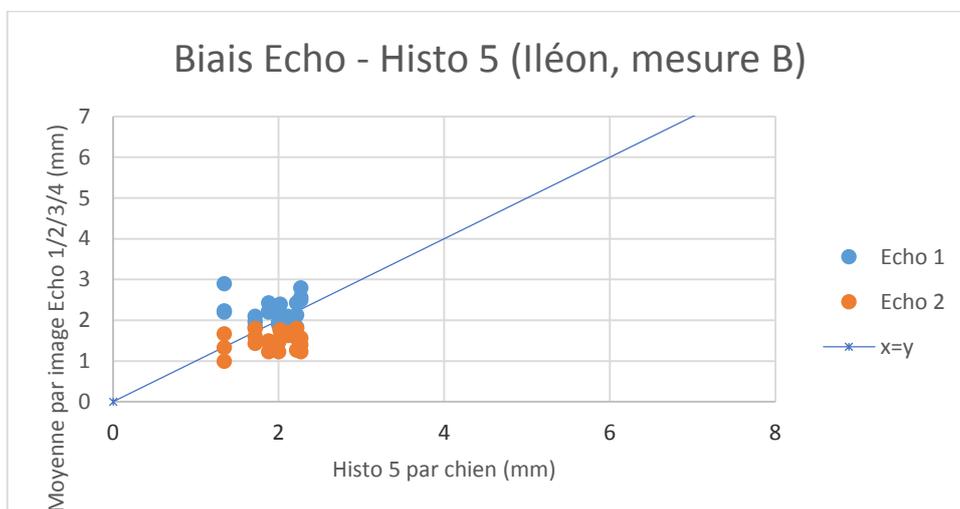


Figure 33 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la muqueuse (mesure B) de l'iléon

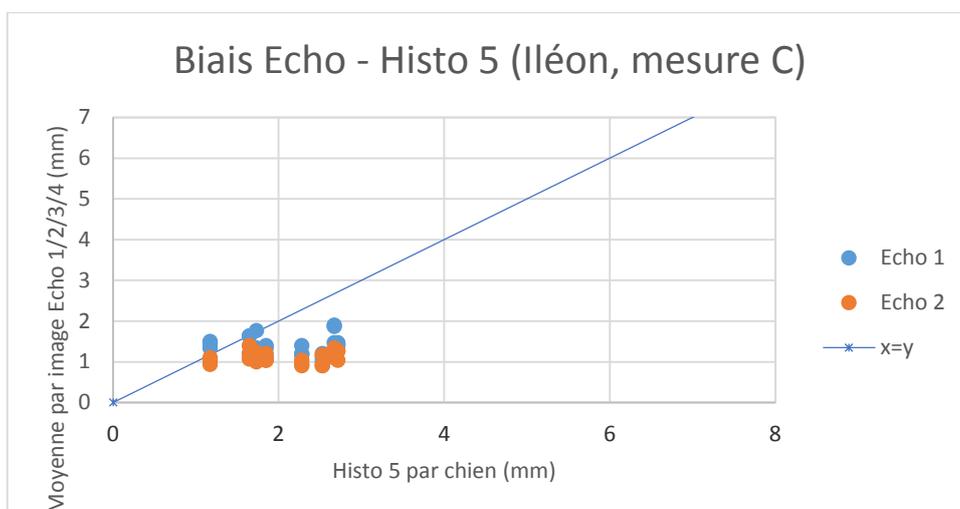


Figure 34 : Biais calculé (en mm) entre les mesures des étapes échographiques (Echo 1 et Echo 2) et les mesures histologiques Histo 5 pour la mesure de la sous-muqueuse + musculieuse + séreuse (mesure C) de l'iléon

- Comparaison entre Echo 1 et Histo 5

Lors de l'étape 1, les graphiques montrent que pour la paroi totale et l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, plus les valeurs des mesures histologiques sont grandes, plus les points sont éloignés de la droite $x=y$ (Figure 26Figure 28Figure 29Figure 31Figure 32Figure 34).

Concernant la paroi totale du duodénum et de l'iléon lors de l'étape Echo 1, les points des graphiques apparaissent proches de la droite $x=y$ avec des valeurs échographiques légèrement inférieures aux valeurs histologiques (Figure 26Figure 32). En revanche, pour le jéjunum, les points sont centrés sur la droite $x=y$, les valeurs de ces mesures échographiques sont donc très proches de celles réalisées à l'histologie (Figure 29).

Pour les muqueuses duodénale et jéjunale, les mesures échographiques et histologiques sont très similaires puisque les points des graphiques suivent la droite $x=y$ (Figure 27Figure 30). Les points de la muqueuse iléale, bien qu'assez proches de la droite $x=y$, sont légèrement au-dessus de celle-ci, donc les valeurs échographiques sont supérieures aux valeurs histologiques (Figure 33).

Pour l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse, les points du graphique sont proches de la droite $x=y$ concernant le duodénum et l'iléon, avec des valeurs échographiques légèrement inférieures aux valeurs histologiques (Figure 28 Figure 34). Dans le jéjunum en revanche, tous les points paraissent centrés sur cette droite, les mesures obtenues avec Echo 1 et Histo 5 sont donc très proches pour cette portion intestinale (Figure 31).

- Comparaison entre Echo 2 et Histo 5

Concernant l'étape 2, globalement l'ensemble des points des graphiques se retrouve beaucoup plus éloigné et inférieur par rapport à la droite $x=y$ qu'avec Echo 1 (Figure 26Figure 34).

Quatrième partie :

Discussion

1. INTERPRETATION DES RESULTATS

Le but final de notre étude est de comparer la méthode d'échographie conventionnelle non invasive, couramment utilisée dans la pratique, avec l'histologie qui est le « gold standard » pour le diagnostic des affections modifiant la paroi intestinale.

- Comparaison entre Echo 4 et Histo 4 (Figure 16Figure 24, points de couleur jaune ; Tableau 15, colonne Echo 4)

La difficulté est de comparer dans un premier temps des éléments comparables, c'est-à-dire les échantillons qui ont subi exactement le même traitement. La comparaison visuelle des mesures échographiques de l'étape 4 (Echo 4) avec les mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) nous le permet, puisque dans les deux cas, les fragments intestinaux fixés mesurés sont prélevés dans l'animal puis traités dans les mêmes conditions et avec les mêmes méthodes. Globalement, les biais entre ces deux types de mesures sont faibles, ce qui signifie que les mesures échographiques et les mesures stéréomicroscopiques donnent des résultats très similaires sur un échantillon absolument identique, notamment pour le duodénum et le jéjunum. Les **biais moyens les plus élevés correspondent aux structures mesurées les plus grandes**. En effet, ils sont retrouvés majoritairement pour la paroi totale (mesure A), dont l'épaisseur est par définition plus grande que l'ensemble des couches qui la compose (Figure 16 Figure 19).

Nous pouvons donc considérer que les mesures des couches pariétales réalisées à l'échographie sur l'échantillon formolé (Echo 4) correspondent aux mesures des tuniques effectuées à partir de la stéréomicroscopie (Histo 4) dans les portions duodénale et jéjunale.

Cependant, toutes les portions intestinales ne se comportent pas de manière identique. En effet, **les mesures échographiques iléales semblent surestimer l'épaisseur de la paroi totale et de la muqueuse**, avec un biais nettement supérieur à celui des autres portions intestinales (Figure 22Figure 23). Dans la littérature, les valeurs des mesures échographiques de la paroi de l'iléon sont très rarement citées au sein des études (Penninck 1989; Delaney, O'Brien, Waller 2003; Stander 2010b; Gladwin, Penninck, Webster 2014). Ceci s'explique certainement par la difficulté à distinguer les différentes couches de la paroi iléale, dont la structure apparaît feuilletée à l'échographie. Cette difficulté rencontrée au sein des précédentes études conforte l'idée de **prendre avec précaution les résultats des mesures échographiques de l'iléon**.

- Comparaison entre Echo 1 et Histo 4 (Figure 16Figure 24, points de couleur bleue ; Tableau 15, colonne Echo 1)

L'étape échographique qui nous intéresse principalement est celle utilisée en pratique courante : l'échographie conventionnelle. C'est donc aux images de l'étape Echo 1 que l'on souhaite comparer la stéréomicroscopie sur fragment fixé (Histo 4). Cette comparaison est plus délicate, car les échantillons utilisés pour ces deux types de mesures n'ont pas subi le même traitement. La différence entre les mesures effectuées à l'échographie conventionnelle et en stéréomicroscopie est faible, avec des **valeurs échographiques légèrement inférieures aux mesures stéréomicroscopiques**. La valeur la plus grande du biais moyen entre Echo 1 et Histo 4 (1,33 mm) correspond au biais moyen de la mesure de la paroi totale du duodénum, qui est la portion intestinale la plus épaisse : **plus la structure mesurée est grande, plus le biais entre Echo 1 et Histo 4 est important**. C'est le cas notamment pour la muqueuse (mesure B) en comparaison avec l'ensemble sous-muqueuse + musculuse + séreuse (mesure C) dans le duodénum, puisque cette tunique est plus épaisse que les trois autres couches réunies.

L'ensemble des points correspondant à l'épaisseur échographique de la paroi totale sont globalement situés sous la droite d'identité dans le duodénum et le jéjunum (Figure 16Figure 19Figure 24). **L'échographie conventionnelle a donc tendance à sous-estimer l'épaisseur de la paroi intestinale totale du duodénum et du jéjunum par rapport à la stéréomicroscopie**. En revanche, les mesures de muqueuses sont plutôt centrées sur la droite d'identité pour le duodénum et le jéjunum (Figure 17Figure 20). **L'épaisseur échographique des muqueuses duodénale et jéjunale est donc comparable à l'épaisseur stéréomicroscopique : la muqueuse ne se comporte pas de la même manière que les autres tuniques**. Cette différence est certainement liée à la composition histologique des différentes couches et à la proportion relative de tissu conjonctif beaucoup plus faible dans la muqueuse en comparaison de l'ensemble « sous-muqueuse + musculuse + séreuse ». **La muqueuse et la paroi totale iléales se comportent différemment**, l'échographie ayant tendance à surestimer l'épaisseur de ces deux structures par rapport à la stéréomicroscopie (Figure 22Figure 23) mais ceci est peut-être lié à la difficulté de la mesure échographique de l'iléon déjà évoquée.

- Comparaison entre Echo 2 et Histo 4 (Figure 16Figure 24, points de couleur orange ; Tableau 15, colonne Echo 2)

Les mesures échographiques de l'étape 2 (échographie interventionnelle) sont celles qui sont les plus éloignées de la stéréomicroscopie car **c'est lors de cette étape que le biais moyen est le plus grand**. Une des explications envisageables est que les anses digestives au contact direct de la sonde échographique ont **tendance à s'aplatir** sous la pression du manipulateur, la paroi abdominale ne pouvant plus jouer son rôle « d'amortisseur ».

- Comparaison entre Echo 3 et Histo 4 (Figure 16Figure 24, points de couleur grise ; Tableau 15, colonne Echo 3)

Les mesures de l'étape 3 sont très difficiles à réaliser et à interpréter car les fragments intestinaux fraîchement prélevés ont tendance à se contracter. Cette manipulation échographique n'est jamais réalisée en pratique.

- Comparaison entre Histo 4 et Histo 5

Après avoir comparé les mesures échographiques des étapes 1 à 4 avec les mesures stéréomicroscopiques (étape 4), la suite logique est de comparer l'échographie conventionnelle aux mesures histologiques (étape 5). Cependant, l'étape 5 (histologie) fait subir des traitements lourds (déshydratation, imprégnation en paraffine à 58°C) aux spécimens, et l'on est en droit de s'attendre à ne plus retrouver les mêmes valeurs pour les mesures des différentes tuniques. Nous avons donc commencé par comparer la stéréomicroscopie sur échantillon fixé (Histo 4) avec l'histologie (Histo 5) (Tableau 16). **Le biais calculé entre Histo 4 et Histo 5, c'est-à-dire l'écart entre les deux mesures, n'excède jamais le millimètre.** En effet, le biais le plus élevé (0,92 mm) est celui de l'épaisseur totale de la paroi duodénale, or la paroi duodénale correspond à la structure la plus épaisse comparée aux autres portions digestives. Le second plus grand biais correspond à la mesure de la paroi jéjunale (0,71 mm), or la paroi jéjunale est la seconde structure la plus épaisse parmi toutes celles mesurées. Le biais le plus petit (0,21 mm) est celui de la mesure de la muqueuse de l'iléon, qui a une très faible épaisseur. L'ensemble des mesures a permis de montrer que **plus la structure mesurée est épaisse, plus le biais est élevé. Ainsi, l'écart entre les mesures stéréomicroscopiques (Histo 4) et microscopiques (Histo 5) est très faible et semble proportionnel à l'épaisseur de la couche mesurée.** Une comparaison entre l'échographie conventionnelle et l'histologie nous semble donc pertinent.

Nous considérons la différence entre les biais moyens entre Histo 4 et les étapes échographiques et Histo 5 et ces mêmes étapes échographiques comme étant suffisamment faible pour estimer que les mesures échographiques peuvent être comparées à Histo 5 uniquement. Cependant, **l'intérêt clinique des étapes échographiques 3 et 4 étant non pertinent en pratique, nous n'évaluons que les étapes échographiques 1 et 2 dans la suite de cette étude.**

- Comparaison entre Echo 1 et Histo 5 (Figure 26Figure 34, points de couleur bleue ; Tableau 17, colonne Echo 1)

Les **biais les plus grands** sont retrouvés pour les **mesures effectuées sur les structures de plus grande taille** comme la paroi totale (mesure A), ceci étant vérifié dans les trois portions intestinales aux étapes échographiques 1 et 2 (Figure 26Figure 29Figure 32).

Le traitement histologique semble faire légèrement diminuer l'épaisseur pariétale totale et celle de la muqueuse de l'intestin grêle, les autres couches ne semblant pas être affectées. Cette tendance n'est pas observée dans l'iléon où l'épaisseur de la paroi augmente très légèrement par rapport au morceau simplement fixé (Histo 4).

Si l'on se penche sur les graphiques comparant les mesures échographiques des étapes 1 et 2 avec les mesures histologiques (Figure 26 à Figure 34), nous observons que les mesures échographiques réalisées dans l'étape 1 sont globalement centrées sur la droite $x=y$. Ceci est vrai à la fois pour la mesure de la paroi totale (mesure A), la muqueuse (mesure B) et l'ensemble des trois autres couches (mesure C). **Les mesures effectuées à l'échographie conventionnelle (Echo 1) sont donc très similaires aux mesures de couches en histologie (Histo 5)**. D'une part, l'échographie a tendance à sous-estimer légèrement l'épaisseur de la paroi intestinale et des structures qui la composent par rapport à la stéréomicroscopie (Histo 4). D'autre part, le traitement histologique (Histo 5) réduit assez globalement l'épaisseur pariétale. Ainsi, le biais entre Echo 1 et Histo 5 semble s'amenuiser par rapport à celui entre Echo 1 et Histo 4.

Globalement, l'iléon se comporte une fois de plus de manière différente par rapport aux deux autres portions intestinales grêles : **le traitement histologique a tendance à augmenter très légèrement l'épaisseur pariétale de l'iléon**. D'après une étude récente, la sous-muqueuse iléale est deux à trois fois plus épaisse que dans le duodénum et le jéjunum (Sarriá, 2012). Il est possible que la différence de proportion des différentes couches de l'iléon par rapport aux autres portions intestinales soit la cause de ces observations, de par des réactions différentes vis-à-vis des traitements subis par les échantillons.

- Comparaison entre Echo 2 et Histo 5 (Figure 26Figure 34, points de couleur orange ; Tableau 17, colonne Echo 2)

Les mesures échographiques réalisées dans l'étape 2 sont situées en-dessous de la droite $x=y$, et ce pour toutes les portions intestinales, qu'il s'agisse de la mesure de la paroi totale, de la muqueuse ou de l'ensemble des autres couches. **Les mesures effectuées à l'échographie interventionnelle (Echo 2) sous-estiment donc largement les mesures de tuniques en histologie (Histo 5)**.

* * * * *

Ainsi, les mesures de la paroi totale, de la muqueuse ou de l'ensemble des autres couches intestinales à l'échographie conventionnelle paraissent fiables en comparaison avec celles obtenues en histologie. En revanche, l'ensemble des mesures échographiques de l'iléon paraissent bien moins fiables que celles des deux autres portions intestinales grêles.

Les mesures effectuées lors de l'échographie interventionnelle sont très inférieures aux valeurs obtenues à l'histologie.

* * * * *

2. BIAIS DE L'ETUDE

1.1. Biais lié à l'échantillon

Le Beagle est une race canine communément utilisée en expérimentation animale et qui reste plutôt confidentielle en dehors des laboratoires. Les spécimens de cette race pèsent en général entre 10 et 20 kg. Dans la présente étude, cette race est choisie par praticité puisqu'il existe des élevages de chiens Beagle d'expérimentation, mais surtout parce que le caractère invasif de cette étude ne nous permet pas de réaliser ces manipulations sur des animaux de propriétaires. En revanche, elle n'est pas représentative de l'ensemble de la population canine car la possibilité d'une éventuelle **extrapolation à des chiens de petit voire très petit format** (races toy pouvant peser seulement 1 kg à l'âge adulte) **ou à des chiens de grande race voire de races géantes** (plus de 100 kg) **n'est pas possible**. De **potentielles différences inter-raciales** (hors poids vif) **ne sont pas examinées, et l'effet du sexe n'est pas étudié**. Le même nombre de femelles et de mâles est employé dans le souci de représenter au mieux la population canine générale, mais le nombre d'animaux utilisé dans cette étude est faible (huit). Il nous permet toutefois de déceler une **tendance** dans les résultats et d'ouvrir la voie à de futures études portant sur un nombre de sujets plus important et plus représentatif de l'ensemble de la population canine.

1.2. Biais lié à l'anesthésie

Dans cette étude, le protocole anesthésique varie très légèrement selon les animaux puisqu'une administration des drogues par voie intramusculaire (au lieu de la voie intraveineuse) est nécessaire chez les individus réticents à la contention, avec addition de kétamine dans la seringue. Il est cependant peu probable que cela ait un impact sur l'épaisseur de la paroi des intestins car la durée d'action de la kétamine est d'environ 30 minutes et est inférieure au délai entre l'administration de la kétamine et le début des mesures.

D'autre part, l'effet de l'anesthésie sur l'épaisseur de la paroi des intestins n'a pas été publié chez le chien, et n'est pas prise en compte dans notre étude.

1.3. Biais lié au choix des sites de mesures

1.3.1. Mesures échographiques

Les neuf sites de mesure de couches intestinales (trois mesures A, trois mesures B, trois mesures C) sur chaque image échographique sont choisis de façon arbitraire sur la paroi dorsale ou ventrale du fragment intestinal. Les mesures ne sont pas toutes faites aux endroits « idéaux » afin de se mettre dans les conditions pratiques rencontrées en clinique (animal non sédaté).

La coupe échographique choisie est la **coupe longitudinale** (grand axe), en accord avec les publications portant sur les mesures d'épaisseur de parois intestinales à l'échographie (Delaney 2003).

1.3.2. Mesures stéréomicroscopiques et histologiques

Concernant les mesures stéréomicroscopiques, de grandes différences d'épaisseurs des tuniques existent selon que l'on se place dans le creux ou au sommet d'une **valvule connivente**. Il est donc décidé dans cette étude d'effectuer un tiers des mesures au niveau des valvules conniventes, les deux tiers restants entre ces valvules afin de répartir uniformément l'ensemble des mesures. Il est cependant difficile d'obtenir une répartition parfaitement uniforme sur une section entière de l'intestin grêle, le nombre de valvule connivente était fluctuant selon le lieu de prélèvement.

3. DIFFICULTES DANS LA REALISATION DES MESURES

3.1. Identification des couches de l'intestin grêle à l'échographie

L'iléon présente un **aspect feuilleté à l'échographie conventionnelle** (étape 1 de cette étude), ce qui engendre des difficultés à déterminer les limites et donc à mesurer ses différentes couches. C'est également la portion de l'intestin grêle la plus difficile à repérer du fait de sa longueur réduite et de sa position relativement variable au sein de la masse intestinale.

D'autre part, certains chiens de l'étude présentent un **péristaltisme plus important** que d'autres, ce qui gêne l'obtention d'images échographiques de qualité pour les mesures.

3.2. Comportement des intestins après entérectomie

Suite à l'entérectomie, nous assistons à une **contraction progressive et intense de la musculature des fragments frais et une éversion systématique de la muqueuse**, rendant à la fois les coupes mais aussi les mesures très difficiles. La muqueuse cache alors en grande partie les autres tuniques et il est quasiment impossible d'identifier avec précision la limite du bord luminal de la muqueuse à cause de la courbure que prend cette tunique sous l'effet de la contraction musculaire (Figure 35). L'ensemble des tuniques ne se trouvant pas sur le même plan de mise au point (forte dépression des tuniques musculaires et éversion des tissus conjonctifs et épithéliaux), il est impossible de réaliser une grande partie des mesures de l'étape 3 en stéréomicroscopie. **C'est en raison des difficultés de mesure et du peu d'intérêt que présente cette étape dans la pratique courante que les mesures Histo 3 ne sont pas utilisées dans l'étude statistique.**

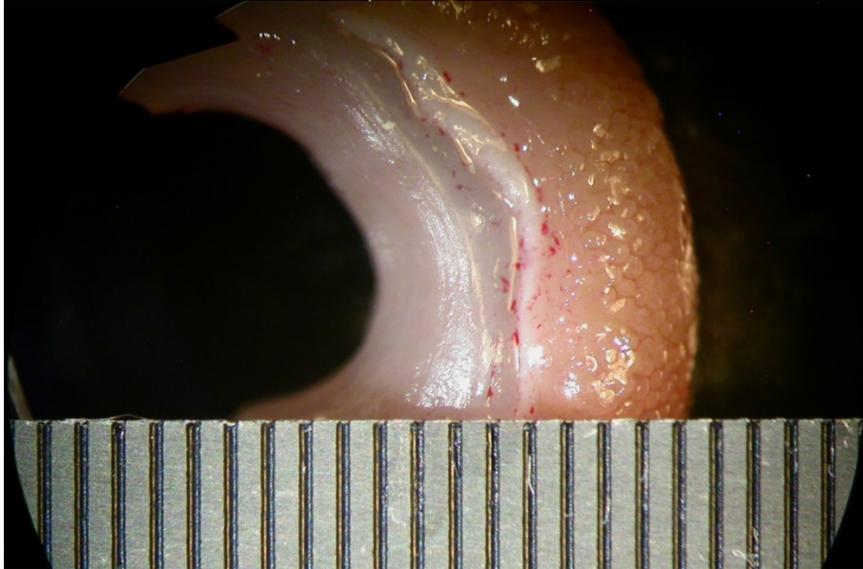


Figure 35 : Photographie d'un échantillon frais d'intestin sous la loupe binoculaire : la contraction de la musculature fait saillir la muqueuse ; le sommet des villosités intestinales apparaît nettement

3.3. Matériel : Difficulté lors des photographies sur loupe binoculaire

L'écran de l'appareil photo numérique étant de faible définition et de taille très réduite, il est très difficile d'apprécier la qualité et la netteté des photographies au moment où elles sont réalisées. De nombreuses photographies de fragments frais se révèlent inutilisables pour les mesures malgré le nombre important de prises de vues réalisées.

4. COMPARAISON DES MESURES AUX DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

4.1. Données échographiques

Les valeurs mesurées à l'échographie pour le duodénum et le jéjunum correspondent aux valeurs de la littérature récente, qu'il s'agisse de l'épaisseur de la paroi totale (mesure A), de l'épaisseur de la muqueuse (mesure B) ou de l'ensemble sous-muqueuse + musculature + séreuse (mesure C) (Delaney, O'Brien, Waller, 2003; Gladwin, Penninck, Webster, 2014). De même, nos mesures sont en accord avec le fait que le duodénum est l'anse digestive qui a la paroi la plus épaisse et que la muqueuse est la couche la plus épaisse dans le duodénum et le jéjunum.

En revanche, **aucune donnée récente ne concerne l'épaisseur des différentes couches de l'iléon à l'échographie chez le chien**. Nous ne disposons donc pas de valeurs de comparaison pour cette portion du tube digestif. Cela confirme qu'il s'agit d'une partie des intestins pour laquelle il est **difficile d'obtenir des mesures fiables**, du fait de son aspect feuilleté. Les résultats et l'interprétation des comparaisons entre les mesures d'épaisseur

échographiques et stéréomicroscopiques ou histologiques sont donc à **prendre avec précaution** pour l'iléon.

Dans cette étude, nous choisissons de ne pas mesurer chaque couche intestinale individuellement, exception faite de la muqueuse. En effet, nous considérons que les trois couches les plus externes sont trop fines pour déterminer avec précision leur épaisseur à l'échographie, c'est pourquoi nous décidons de les mesurer ensemble.

4.2. Données histologiques

Les mesures effectuées dans notre étude apparaissent supérieures aux données de la littérature (Figure 36). Les mesures réalisées sur un échantillon frais (Histo 3) semblent être les plus proches de celles des deux études précédemment publiées (Baum 2007; Sarriá 2012). Cependant, dans ces études, les mesures sont faites sur des échantillons après traitement histologique (comparable à Histo 5) et devraient en théorie se rapprocher de ces valeurs.

Dans l'étude de Sarriá, les auteurs prélèvent les échantillons d'intestin grêle sur des cadavres. Les délais entre l'euthanasie de l'animal et le prélèvement d'intestin ne sont pas précisés. Les villosités semblent être endommagées et abrasées, ce qui a pu entraîner une diminution de l'épaisseur de la muqueuse et donc de l'épaisseur totale de la paroi intestinale (Figure 37).

Dans l'étude de Baum, les prélèvements sont réalisés sur animaux vivants sous anesthésie générale. L'aspect des villosités n'a pas dû être suffisamment modifié pour diminuer l'épaisseur de la paroi intestinale, mais aucune illustration n'est présente pour en attester. Le délai entre le prélèvement et la fixation des échantillons n'est pas précisé non plus. Les villosités, qui sont des structures très fragiles et sensibles à l'autolyse, ont pu rapidement être endommagées et de ce fait modifier l'épaisseur pariétale totale.

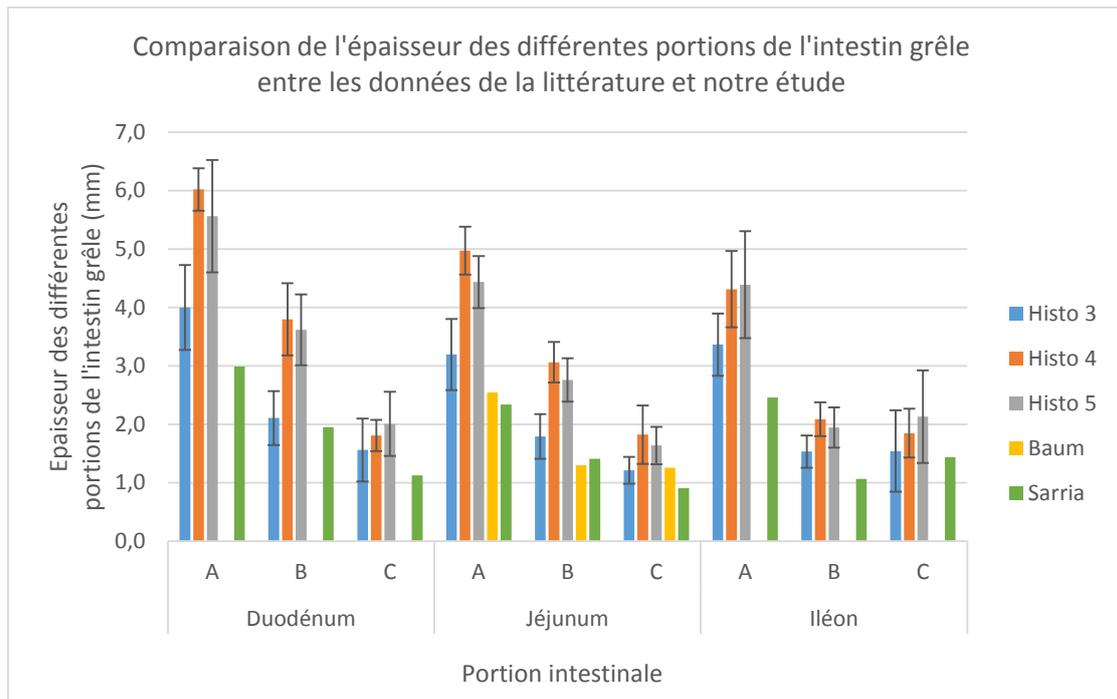


Figure 36 : Comparaison de l'épaisseur moyenne de la paroi totale (A), de la muqueuse (B) et de l'ensemble des autres couches (C) intestinales grêles du chien entre notre étude et les études de Sarriá (2012) et Baum (2008)

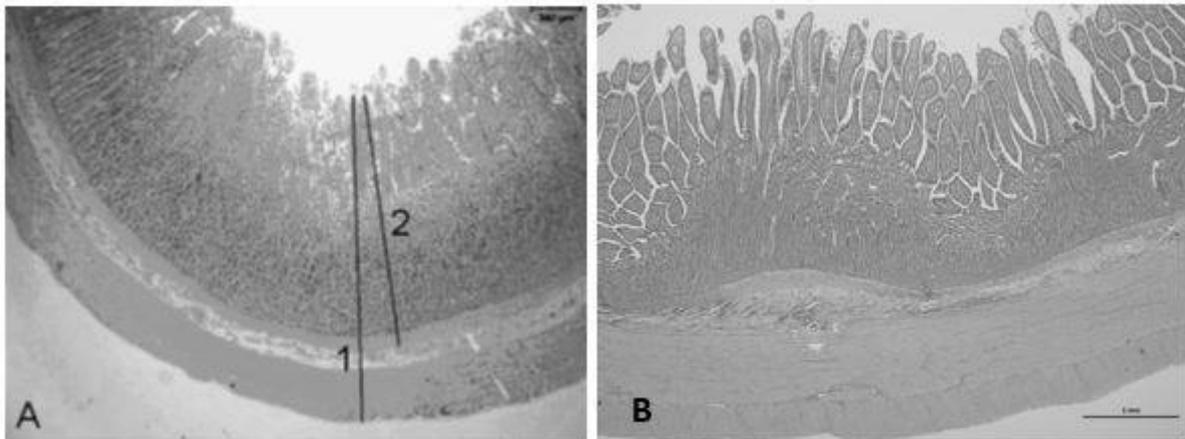


Figure 37 : Aspect des villosités dans l'étude de Sarriá (A) et dans notre étude (B)

CONCLUSION

L'échographie est un outil diagnostique couramment utilisé en médecine vétérinaire, notamment lors d'exploration abdominale en cas d'affection intestinale. La détermination de la corrélation entre les mesures réalisées sur images échographiques conventionnelles et sur les images microscopiques après traitement histologique devrait permettre d'utiliser l'échographie pour déterminer avec précision l'épaisseur des couches pariétales de l'intestin grêle et ainsi enrichir les éléments diagnostiques.

Cependant, jusqu'à présent aucune étude en médecine vétérinaire n'a vérifié que les mesures couches d'échogénicités différentes observées sur l'écran de l'échographe correspondaient véritablement aux mesures des couches histologiques. C'est ce que la présente étude s'est employée à faire en utilisant huit chiens d'expérimentation. Les résultats montrent que les mesures sont globalement très similaires et donc très comparables entre l'échographie conventionnelle et l'histologie, exception faite pour l'iléon qui a tendance à ne pas présenter le même comportement que les autres anses grêles. **L'échographie conventionnelle est donc un outil fiable pour la mesure des différentes couches intestinales du chien sain.** Concernant l'échographie interventionnelle, les mesures des couches échographiques sous-estiment les mesures des couches histologiques.

Il convient de garder à l'esprit que cette étude ne porte que sur un nombre restreint d'individus et que l'échantillon employé est peu représentatif de la population canine générale. Elle ouvre la voie à de futures investigations, notamment dans le but de confirmer ou d'infirmer ces résultats préliminaires et de l'étendre à l'ensemble des races de chiens voire au chat.

De nombreuses perspectives s'ouvrent à nous dans la continuité de cette étude. Il serait notamment intéressant de réaliser le même type de mesures sur des intestins grêles pathologiques afin de vérifier la corrélation des mesures échographiques et stéréomicroscopiques sur chien atteint d'affection digestive.

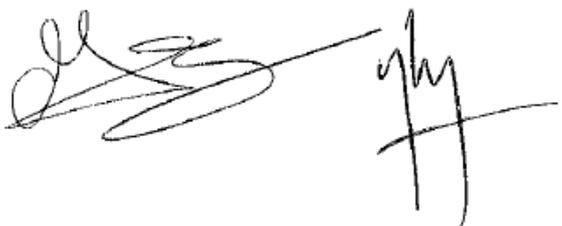
AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussigné, Giovanni MOGICATO, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse,

Je soussignée, Nathalie BOURGES ABELLA, Enseignante-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, co-directrice de thèse, certifions avoir examiné la thèse de **CHARMET Tiffany** intitulée « **Mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi de l'intestin grêle du chien sain : Corrélation entre histologie et échographie** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 27 mai 2014
Docteur Giovanni MOGICATO
Docteur Nathalie BOURGES-ABELLA
Enseignants chercheurs
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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

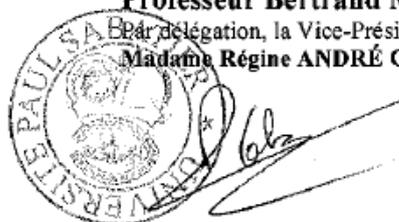


Vu : 516/114
Le Président du jury :
Professeure Isabelle BERRY



Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT



Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

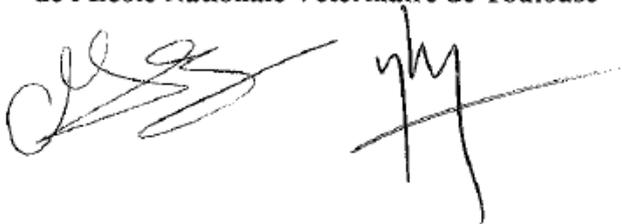
AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

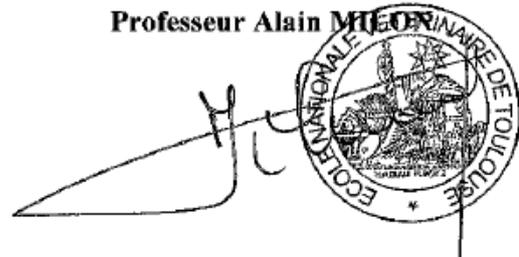
Je soussigné, Giovanni MOGICATO, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse,

Je soussignée, Nathalie BOURGES ABELLA, Enseignante-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, co-directrice de thèse, certifions avoir examiné la thèse d'Emilie HANOT intitulée « **Mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi de l'intestin grêle du chien sain : Corrélation entre histologie et échographie** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

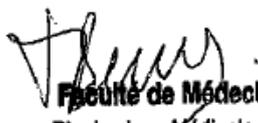
Fait à Toulouse, le 27 mai 2014
Docteur Giovanni MOGICATO
Docteur Nathalie BOURGES-ABELLA
Enseignants chercheurs
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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

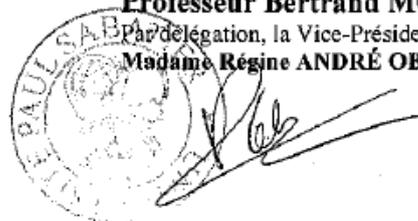


Vu : 516/14
Le Président du jury :
Professeure Isabelle BERRY



Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT
Par déléation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT



Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.



BIBLIOGRAPHIE

- BANKS, WJ, 1993. *Applied Veterinary Histology*. Third Edition. St. Louis, Missouri : Mosby.
- BARONE, Robert, 2009. *Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome troisième. Appareil digestif, appareil respiratoire*. Paris : Vigot.
- BAUM, Berit, MENESES, Felix, KLEINSCHMIDT, Sven, NOLTE, Ingo et HEWICKER-TRAUTWEIN, Marion, 2007. Age-related histomorphologic changes in the canine gastrointestinal tract : a histologic and immunohistologic study. *World Journal of Gastroenterology*. Vol. 13, n° 1, pp. 152.
- DELANEY, Fern, O'BRIEN, Robert T. et WALLER, Ken, 2003. Ultrasound evaluation of small bowel thickness compared to weight in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. Vol. 44, n° 5, pp. 577–580.
- EURELL, JA et FRAPPIER, BL, 2006. *Dellmann's Textbook of Veterinary Histology*. Sixth Edition. Blackwell Publishing.
- EVANS, Howard E., 2013. *Miller's anatomy of the dog*. Fourth edition. St. Louis, Missouri : Elsevier.
- GLADWIN, Nicole E., PENNINCK, Dominique G. et WEBSTER, Cynthia RL, 2014. Ultrasonographic evaluation of the thickness of the wall layers in the intestinal tract of dogs. *American journal of veterinary research*. Vol. 75, n° 4, pp. 349–353.
- LARSON, Martha Moon et BILLER, David S., 2009. Ultrasound of the Gastrointestinal Tract. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Vol. 39, n° 4, pp. 747- 759.
- PENNINCK, Dominique et D'ANJOU, Marc-André (éd.), 2008. *Atlas of small animal ultrasonography*. First edition. Ames, Iowa : Blackwell Pub.
- PENNINCK, Dominique G., NYLAND, Thomas G., FISHER, Paul E. et KERR, Larry Y., 1989. Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract. *Veterinary Radiology*. Vol. 30, n° 6, pp. 272–276.
- SARRIÁ, R., LATORRE, R., HENROTEAUX, M., HENROTEAUX, N., SORIA, F., PÉREZ-CUADRADO, E. et LÓPEZ ALBORS, O., 2012. Morphometric study of the layers of the canine small intestine at five sampling sites. *The Veterinary Journal*. Vol. 192, n° 3, pp. 498- 502.
- STANDER, Nerissa, WAGNER, Wencke M., GODDARD, Amelia et KIRBERGER, Robert M., 2010a. Ultrasonographic appearance of canine parvoviral enteritis in puppies. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. Vol. 51, n° 1, pp. 69- 74.
- STANDER, Nerissa, WAGNER, Wencke M., GODDARD, Amelia et KIRBERGER, Robert M., 2010b. Normal canine pediatric gastrointestinal ultrasonography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. Vol. 51, n° 1, pp. 75- 78.

TITKEMEYER, CW, 1955. A comparative study of the structure of the small intestines of domestic animals. American journal of veterinary research.

YOUNG, Barbara, 2000. *Wheater's Histología Funcional*. Fourth Edition. Spain : Elsevier.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche individuelle d'identification des animaux

	<p>Unité d'Anatomie – Imagerie Médicale Unité d'Histologie-Anatomie pathologique Unité de Médecine Interne des Carnivores Domestiques Unité de Chirurgie des Carnivores Domestiques ENVT, 23 Chemin des Capelles, BP 87614 31076 Toulouse Cedex 3, France 1 ☎ : +33 561 193 830; mail o.dossin@envt.fr</p>	<p>ANNEXE 1 <i>Fiche individuelle d'identification des animaux</i></p>
<p>Etude comparative échographique et histologique de la mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi intestinale grêle du chien sain</p>		

Identification	
Sexe	
Date de naissance	
Poids	
Date de transfert	10/09/2013
Précisions ou remarques	

Annexe 2 : Fiche de suivi horaire pour chaque animal

	<p>Unité d'Anatomie – Imagerie Médicale Unité d'Histologie-Anatomie pathologique Unité de Médecine Interne des Carnivores Domestiques Unité de Chirurgie des Carnivores Domestiques ENVT, 23 Chemin des Capelles, BP 87614 31076 Toulouse Cedex 3, France 1 ☎ : +33 561 193 830; mail o.dossin@envt.fr</p>	<p style="text-align: center;">ANNEXE 2</p> <p style="text-align: center;"><i>Fiche de suivi horaire pour chaque patient en 2 exemplaires</i></p>
<p>Etude comparative échographique et histologique de la mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi intestinale grêle du chien sain</p>		
<p>Exemplaire échographie (chronomètre CUS) / Exemplaire histologie (chronomètre CHIST)</p> <p>Entourer l'option choisie</p>		

Date	
Identification	
T0	Induction du chien
T1	
T1 bis	
T1 ter	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T6 bis	
T6 ter	
T7	
T8	
T9	
T10 US	
T11	
T12 US	
T13	
T14 US	
T10 HIST	
T11 HIST	
T12 HIST	
T13 HIST	
T14 HIST	
T15 HIST	
T16 HIST	
T17 HIST	
T18 HIST	
T19	euthanasie

T0-----Début anesthésie
T1-----Début échographie 1ere anse
T1bis-----Début échographie 2eme anse
T1ter-----Début échographie 3eme anse
T2-----Fin échographie conventionnelle et repérage site de ponction jéjunale
T3-----Début ponction écho-guidée bleu de méthylène
T4-----Fin ponction écho-guidée bleu de méthylène
T5-----Début laparotomie
T6-----Début échographie directe sur la 1ere anse
T6bis-----Début échographie directe sur la 2eme anse
T6ter-----Début échographie directe sur la 3eme anse
T7-----Fin échographie directe sur les anses
T8-----Début entérectomies
T9-----Exérèse de la première portion d'intestin
T10 US-----Début échographie ex-vivo sur première portion d'intestin
T11----- Exérèse de la deuxième portion d'intestin
T12 US----- Début d'échographie ex-vivo sur deuxième portion d'intestin
T13-----Exérèse de la troisième portion d'intestin
T14 US-----Début d'échographie ex-vivo sur troisième portion d'intestin
T10 HIST-----Récupération 1^{ère} portion anse intestinale
T11 HIST-----Mise en formol fragment B

T12 HIST----- Mise en formol fragment A
T13 HIST-----Récupération 2^{ème} portion anse intestinale
T14 HIST-----Mise en formol fragment B
T15 HIST----- Mise en formol fragment A
T16 HIST-----Récupération 3^{ème} portion anse intestinale
T17 HIST-----Mise en formol fragment B
T18 HIST----- Mise en formol fragment A
T19-----Euthanasie

Annexe 3 : Procédure d'imprégnation en paraffine de spécimens tissulaires animaux

	Réactif	Durée
1	formol	1h00
2	eau	0h30
3	alcool 80°	1h00
4	alcool 95°	1h30
5	alcool 95°	1h30
6	alcool 100°	1h00
7	alcool 100°	1h30
8	toluène	1h30
9	toluène	1h30
10	paraffine à 58°C	2h
11	paraffine à 58°C	2h

Annexe 4 : Protocole de coloration à l'hémalun-éosine

Première étape : déparaffinage

- 5 minutes dans le toluène

Deuxième étape : réhydratation

- 5 minutes dans l'alcool absolu
- 5 minutes dans l'alcool à 95°
- 5 minutes sous l'eau du robinet
- Eponger les lames

Troisième étape : coloration et montage

- 1 minute et 30 secondes dans le colorant hémalun (colorant nucléaire)
- Rincer à l'eau : ajouter 3 gouttes d'ammoniaque et laisser couler l'eau
- Nettoyer les contours avec du papier
- 3 secondes dans le colorant éosine : rincer en faisant des bains d'eau rapides
- Alcool à 95° décolore l'éosine, laisser assez longtemps si les lames sont trop roses
- Passage dans l'alcool absolu
- Toluène
- Effectuer le montage des lames avec du baume

Résultats

- Les noyaux sont colorés en bleu
- Les cytoplasmes sont colorés en rose

Produits

- Hémalun de MAYER réactif de RAL
- Eosine à 2% : Eosine jaunâtre 1g
Erythrosine 1g
Eau distillée 100mL

Toulouse, 2014

NOM : CHARMET

NOM : HANOT

PRENOM : TIFFANY

PRENOM : EMILIE

TITRE : Mesure de l'épaisseur des différentes couches de la paroi de l'intestin grêle du chien sain : corrélation entre histologie et échographie.

RÉSUMÉ : Depuis l'utilisation de l'échographie en entérologie vétérinaire, il est admis de manière empirique que les mesures de la paroi intestinale à l'échographie correspondent aux mesures histologiques, sans qu'aucune étude n'en ait jamais vérifié la corrélation effective. Cette étude expérimentale a été menée sur 8 chiens Beagle sains afin de comparer des mesures sur images échographiques et stéréomicroscopiques prises dans différentes conditions et sur images histologiques du duodénum, du jéjunum et de l'iléon. Les résultats montrent que les mesures des tuniques pariétales de l'intestin grêle à l'échographie conventionnelle sont très proches de celles obtenues en stéréomicroscopie et en histologie. Il existe cependant des variations entre les trois portions intestinales et notamment l'iléon qui donne les résultats les moins satisfaisants. Il est donc pertinent d'utiliser l'échographie pour mesurer l'épaisseur des tuniques de la paroi de l'intestin grêle chez le chien.

MOTS-CLÉS : STEREOMICROSCOPIE, ECHOGRAPHIE, HISTOLOGIE, TUBE DIGESTIF, BEAGLE, IMAGERIE, ANIMAL DE LABORATOIRE

TITLE : Measuring the thickness of the various layers of the wall of a healthy dog's small intestine : correlation between histology and ultrasound.

SUMMARY: Since the use of ultrasonography in the diagnosis of intestinal diseases, it is assumed empirically that the thickness of the layers of the intestinal wall measured by ultrasound correspond to those of histological layers, but no study has ever checked the actual correlation. This experimental study was conducted on 8 healthy Beagle dogs to compare measurements from ultrasound, stereomicroscopic and histologic images taken in different conditions on the three portions of the small intestine (duodenum, jejunum and ileum). The results show that the measurements of the parietal layers of the bowel on ultrasound are very close to those obtained by stereomicroscopy and histology. However, there are variations among the three intestinal portions, in particular concerning ileum which gives the least satisfactory results. It is therefore appropriate to use ultrasound to measure the thickness of the layers of small intestine in the dog.

KEY WORDS : STEREOMICROSCOPY, ULTRASONOGRAPHY, HISTOLOGY, DIGESTIVE TRACT, BEAGLE, IMAGING, LABORATORY ANIMAL