



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 : 10112

To cite this version :

Julia, Joséphine and Taveau, Jeanne. *Physiologie et pathologie de la reproduction de la vache : élaboration de ressources pédagogiques en ligne à partir d'images échographiques de l'appareil génital*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2013, 65 p.

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

PHYSIOLOGIE ET PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA VACHE : ELABORATION DE RESSOURCES PÉDAGOGIQUES EN LIGNE A PARTIR D'IMAGES ECHOGRAPHIQUES DE L'APPAREIL GÉNITAL

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRIKAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

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

par

TAVEAU Jeanne
Et
JULIA Joséphine

Directeur de thèse : Mme Nicole HAGEN-PICARD

JURY

PRÉSIDENT :
M. Louis BUJAN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
Mme Nicole HAGEN-PICARD
Mme Véronique GAYRARD-TROY

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITÉ :
M. Laurent-Xavier NOUVEL

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : M. A. MILON

Directeurs honoraires M. G. VAN HAVERBEKE.
M. P. DESNOYERS

Professeurs honoraires :

M. L. FALIU	M. J. CHANTAL	M. C. LABIE
M. JF. GUELFY	M. HENROTEAUX	M. DORCHIES (émérite)
M. C. PAVAU	M. EECKHOUTTE	M. BRAUN (émérite)
M. F. LESCURE	M. D.GRIESS	M. TOUTAIN (émérite)
M. A. RICO	M. CABANIE	
M. A. CAZIEUX	M. DARRE	
Mme V. BURGAT	M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE	

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
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° CLASSE

M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2° 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 Alain**, *Zootéchnie*
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 CONFERENCE 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 CONFERENCE (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*
 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*
 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*

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**, *Ophthalmologie*

Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*

Mlle **PASTOR Mélanie**, *Médecine Interne*

M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

REMERCIEMENTS

A Monsieur Louis BUJAN,

Professeur à la Faculté de Médecine de Purpan,
*Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse,
Hommages respectueux.*

A Madame Nicole HAGEN-PICARD,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
*Qui nous a fait l'honneur de diriger cette thèse,
Pour l'intérêt, le soutien apportés à notre travail, et la confiance accordée,
Qu'elle trouve ici le témoignage de notre sincère reconnaissance.*

A Madame Véronique GAYRARD,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
*Qui a accepté de faire partie de notre jury de thèse,
Sincères remerciements.*

A Monsieur Laurent-Xavier NOUVEL,

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
*Qui a initié ce travail et nous a fait le plaisir de participer à notre jury de thèse,
Salutations distinguées.*

A Monsieur BEGLIOMINI,

Pour nous avoir chaleureusement accueilli au sein de votre élevage lors de nos premiers pas avec l'échographe, merci pour votre patience.

A Monsieur CABROL, Monsieur EYCHENNE et Monsieur MAUREL,

Pour votre contribution à ce projet de thèse, au travers des nombreux suivis de reproduction réalisés au sein de vos élevages.

A Cédric,

Pour ton aide et ta disponibilité lors des manipulations au service de physiologie.

A Monsieur RIMBAULT,

Pour votre contribution à la réalisation du site internet.

A mes parents,

Pour vos valeurs, votre amour, votre confiance et votre soutien inconditionnel dans le moindre de mes projets, c'est grâce à vous si je suis telle que je suis et bien sûr si je suis là aujourd'hui !

A Jérémie et Chloé,

Pour nos bons moments partagés, on pourra toujours compter les uns sur les autres.

A Rodolphe,

Pour tout le bonheur que tu m'apportes et tout ce qu'il nous reste à vivre ensemble dans un marais ou ailleurs...

A Marion,

Pour ta patience (5 ans de binôme ça se fête !), ton amitié, ton intégrité, ton humour et tes boulettes ! Merci d'être là, ce n'est que le début d'une longue amitié j'espère...

A Alex,

Pour notre amitié et nos moult aventures partagées, qu'elles soient encore nombreuses !

A Chloé,

Pour ta bonne humeur, ton amitié sincère de Paris à Toulouse en passant par Montcuq, que celle-ci perdure encore longtemps !

A Sophie,

Pour notre amitié au long cours, qu'elle continue à franchir les obstacles de la vie.

A Blandine et Mélanie,

Pour notre amitié inconditionnelle. Médecine, pharma, véto, le trio infernal est lancé !

A Béné,

Pour toutes ces valeurs et ces moments partagés autour de notre passion équestre : les week end au club, les stages, les concours, les championnats... et bien sur les randos ! Tant de souvenirs impérissables.

Au syncytium bcpstien,

Pour ces années de prépa sans égal, les inconditionnels Noël bcpst, les soirées culinaires, les vacances (de Praloup à Carnac en passant par la Zambie !) et les amitiés qui en sont nées. Merci !

Aux sœurs sionniennes : Marie L, Marie C, Edgar, Fossile, Carine, Justine, Cécilia, Catherine,

Pour ces années de foyer partagées à travers nos moments de révisions et de détente (Amorino, Jungle speed...), l'équilibre de la réussite pour toutes ! Que nos retrouvailles de Sinterklaas (et de mariage) soient encore nombreuses !

A Pierre et tous les copains du poney (Laura, Jérôme, Laure, Julie...),

Pour les cours et leurs apéros, les concours, les soirées, les dimanches ensoleillés... Merci de m'avoir supportée et permis de vivre ma passion en terres pibraquiennes !

Aux filles (Marion, Diane, Vi, TPM, Amand', Anna, Marine, Julie, Flo...) et aux gars (Carlito, Bla, Alexis...), aux bovins (Doui, Val, Filou...), aux copromos (le Bloc, la Bouille, la Stabue,...), aux poulots (Voisin, Floutri, Julia, Julie, Ezhvin, Groué...) , aux aiglones et à tous ceux que j'ai croisé à l'ENVT,

Merci pour ces cinq superbes années toulousaines !

A Jo, ma femme et complice dans cette aventure,

Pour ta patience, ta rigueur et cette belle amitié !

Jeanne

A mon Papet,

A toute l'attention que tu m'as portée, à ton amour de la nature que tu as su me transmettre.

A Galie,

A toutes les bêtises que tu as pu nous laisser faire au chalet, « à bas les mouches ! »

A Canou,

A ton amour et ton soutien permanent, à la rigueur que tu m'as donnée. Sans toi je n'en serais pas là aujourd'hui.

A Jean-Mi,

A ta patience et ta générosité, merci d'avoir toujours cru en moi.

A Anit',

A ton caractère bien trempé, à nos différences qui nous rendent si proches.

A Antho,

A ton œil du tigre que tu m'as prêté au moment voulu, à ton 25^{ème} degré qui ne m'énerve toujours pas, au diamant que je te dois encore.

A Elise,

A ton accueil chaleureux chaque fois que je débarque à l'improviste, à ton envie permanente d'aller de l'avant, à nos futures excursions sous les tropiques.

A Raphaël, Samuel et Camille,

A votre énergie inépuisable, à l'indispensable retour aux sources que vous représentez pour moi. Je peux être fière d'être votre tata !

A Marie-Martine, Aurélia, Pierrot, Jeanne, Clémence, Mad et Nine,

A votre hospitalité et votre générosité sans mesure, vous m'avez accueillie comme une reine, je ne l'oublierai pas !

A mes cousins, à mes oncles et tantes,

A cette enfance en or à laquelle vous avez contribué, à tous nos rires partagés, à nos cousinades. C'est bon de savoir que je pourrai toujours compter sur vous.

A Pierre,

Qui m'a fait voir la vie sous un autre angle, à tes poèmes et à ta folie.

A Alice,

A ces heures passées à dialoguer autour d'un thé, à tes conseils avisés sur la vie, à ta ténacité, à ta présence permanente où que tu sois dans le monde...

A Astrid,

A ton amitié fidèle et inébranlable, à ta candeur éternelle, à ton art de téléphoner pendant des heures, à ton prout-proutisme qui ne semble pas s'arranger avec l'âge.

A Cécile, Elsa, Laurie,

A nos fameux campings dans la pampa, à nos belles années de lycée, à la confiance que je vous porte depuis déjà quelques années.

A Agathe, Sarah, Elisa, Mathilde, Vincent, et Colette

A toutes ses heures où vous avez enduré mes blagues à deux balles sans trop broncher, à nos années de prépa côtes à côtes qui ont forgé une belle amitié.

A Valentine,

A ces trois belles années passées en ta compagnie, aux aventures inattendues que tu m'as fait vivre, à ta zénitude caractéristique que tu as su me transmettre en partie.

A Thibaud,

A ton enthousiasme, ton humilité et ta curiosité jamais rassasiée ; à tous nos voyages, passés et à venir...

A Léa,

A nos révisions intensives au bord du bassin, à toutes les tartelettes au citron qu'on a pu s'enfiler, à ton humour toujours.

A Marlène,

A nos virées en Aveyron, à notre aventure marocaine, à nos concours de déguisements, à la Pink Panther !

A Audrey,

A ma doc' préférée, à tes conseils en blouse verte, à tes délires funky !

Aux Aiglones,

A Marotte, Amand', Diane, Léa, Virginie, Sophie, Mélinours, Bartoli, Claire, Alizée, Laurine, aux coachs et à toutes celles que je n'ai pas citées. A vos encouragements, et à toutes nos rigolades.

Aux toulousains,

*A Mattias, Laurette, Marg, Philou, François, MAV, Marion, Tif, Doui, Anne-Lise, Fagot, Ragotte, Bastien, Hennebil, Marine, Hugues, Brugel, Darty... A Marie, Léa, Julia, Bellec, Lydie, Renaud, Marie-Lou, Groué... A Mathieu et Suzy
A ces cinq années merveilleuses !*

A la famille Boulet,

A tous ces formidables instants en votre compagnie. Aux vacances à l'hôtel des milliardaires, aux championnats de boules, à nos pêches miraculeuses.

A mes deux Domi,

Qui m'ont poussée à aller de l'avant sur le stade, toujours avec humour et passion. Vous m'avez beaucoup appris.

A Suzette, Michel et François,

Au plaisir insatiable de vous retrouver dans les contrées cévenoles, aux histoires du pays, à l'Épine dans le cœur, et à la descente de l'Aigoual.

A tous les vétérinaires qui m'ont chaleureusement accueilli en stage,

*A Montbazens, Livet, Lattes, Landos, Kapuskasing, Gournay, Vire, Montferrier, St-Hyacinthe, Plaisance, Giat, La Grande Odyssée, Gallargues et Chateaumeillant évidemment,
Pour toutes vos astuces ou vos réflexions sur la vie vétérinaire, merci pour tout ce que vous m'avez enseigné, et le temps que vous m'avez consacré.*

A Cocorosie,

Pour m'avoir permis de m'évader dans les moments difficiles, « Maybe I should go and live amongst the animals ? Spend all my time, amongst the animals »

Et bien sûr, à **Jeanou**, mon alliée inespérée dans ce projet,

Pour ton efficacité redoutable et ta sérénité contagieuse, pour tout ce que nous avons encore à partager !

Joséphine

TABLE DES MATIERES

TABLES DES ILLUSTRATIONS	17
LISTE DES ABREVIATIONS	18
INTRODUCTION	19
A. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	21
I- REALISATION D'UNE ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE	22
1. DE LA PRODUCTION DES ULTRASONS A LA FORMATION DES ECHOS.....	22
2. INTERPRETATION DES IMAGES ECHOGRAPHIQUES	23
3. ARTEFACTS	25
II- APPLICATIONS DE L'ECHOGRAPHIE AU SUIVI DE	27
REPRODUCTION EN ELEVAGE BOVIN	27
1. EXAMEN ECHOGRAPHIQUE DE L'APPAREIL GENITAL NON GRAVIDE	27
a. <i>L'appareil génital au cours du cycle œstral</i>	28
i. Les ovaires	28
o. Présentation des différents organites ovariens	28
o. Evolution des organites au cours du cycle œstral	30
ii. L'utérus	33
b. <i>L'appareil génital pendant la période post-partum</i>	35
c. <i>Maîtrise du cycle œstral</i>	36
i. Détermination de la phase du cycle.....	36
ii. Programme de synchronisation de la reproduction	36
d. <i>Pathologies de l'appareil génital</i>	37
i. Pathologies ovariennes	37
ii. Pathologies utérines : les endométrites ou métrites	38
iii. Hydrosalpinx	39
2. EXAMEN ECHOGRAPHIQUE DE L'APPAREIL GENITAL GRAVIDE.....	40
a. <i>Etapes du développement embryonnaire</i>	40
b. <i>Diagnostic de gestation précoce</i>	40
c. <i>Diagnostic de gestation tardif</i>	42
d. <i>Diagnostic de non gestation</i>	42
e. <i>Diagnostic du sexe du fœtus</i>	42
f. <i>Diagnostic de gémellité</i>	46
g. <i>Diagnostic des pathologies de la gestation</i>	46
i. Mortalité embryonnaire et fœtale	46
ii. Momification ou macération fœtale	47

B. REALISATION DE L'ATLAS ECHOGRAPHIQUE	49
I- OBJECTIFS.....	50
II- MATERIELS ET METHODES.....	51
1. REALISATION DES IMAGES ECHOGRAPHIQUES	51
a. <i>Choix de l'échographe et des réglages.....</i>	<i>51</i>
b. <i>Constitution d'une banque d'images échographiques</i>	<i>52</i>
c. <i>Traitement des images</i>	<i>53</i>
2. REALISATION DU SITE INTERNET	54
a. <i>Choix du support</i>	<i>54</i>
b. <i>Création du site Internet.....</i>	<i>54</i>
c. <i>Présentation de l'atlas en ligne.....</i>	<i>54</i>
i. Plan du site Internet	54
ii. Visualisation des échographies	57
iii. Présentation des cas cliniques	59
 CONCLUSION	 60

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Principe de la formation des échos (Barr, 2011).....	21
<u>Figure 2</u> : Anatomie de l'appareil génital de la vache (Budras, 2003)	25
<u>Figure 3</u> : Changements hormonaux et ovariens durant le cycle œstral de la vache	29
<u>Figure 4</u> : Suivis de gestation	50
<u>Figure 5</u> : Suivi du cycle ovarien	51
<u>Figure 6</u> : Plan du site Internet.....	53
<u>Figure 7</u> : Organisation générale d'une page du site internet.....	55
<u>Figure 8</u> : Présentation d'une page de cours en images.....	56
<u>Figure 9</u> : Présentation d'une page de diagnostic différentiel.....	56
<u>Figure 10</u> : Présentation d'un cas clinique.....	57

Liste des images échographiques

<u>Image 1</u> : Col de l'utérus.....	22
<u>Image 2</u> : Corps jaunes.....	22
<u>Image 3</u> : Mauvais contact.....	23
<u>Image 4</u> : Cônes d'ombre et renforcement postérieur.....	24
<u>Image 5</u> : Artefact de réverbération.....	24
<u>Image 6</u> : Ovaire présentant 5 follicules de différentes tailles.....	27
<u>Image 7</u> : Corps jaune mature.....	28
<u>Image 8</u> : Coupe longitudinale d'une corne utérine en période péri-œstrale.....	32
<u>Image 9</u> : Coupe transversale d'une corne utérine en période péri-œstrale.....	33
<u>Image 10</u> : Kyste folliculaire.....	36
<u>Image 11</u> : Gestation de 29 jours.....	40
<u>Image 12</u> : Fœtus à 50 jours de gestation – coupe transversale.....	41
<u>Image 13</u> : Fœtus à 52 jours de gestation – coupe sagittale.....	42
<u>Image 14</u> : Fœtus mâle à 58 jours de gestation – coupe horizontale.....	43
<u>Image 15</u> : Fœtus femelle à 58 jours de gestation – coupe horizontale.....	43
<u>Image 16</u> : Comparaison de deux gestations à 42 jours.....	45

LISTE DES ABREVIATIONS

CT	coupe transversale
CL	coupe longitudinale
LH	hormone lutéinisante
FSH	hormone folliculo-stimulante
GnRH	gonadolibérine
PGF2 α	prostaglandine F2 alpha
eCG	hormone gonadotropine chorionique équine
hCG	hormone gonadotropine chorionique humaine
PAG	glycoprotéines associées à la gestation

INTRODUCTION

L'échographie est une technique fondée sur l'utilisation d'ondes ultrasonores, utilisée en imagerie médicale. Principalement développée dans les années 1980, cette technique est à présent utilisée en routine en médecine vétérinaire, notamment en gynécologie dans le cadre des suivis de reproduction des élevages bovins, afin de gérer la reproduction et d'améliorer les performances du troupeau (délai de mise à la reproduction, intervalles vêlage-vêlage, détection précoce des animaux non gravides...).

En gynécologie bovine, l'échographie transrectale représente un outil fiable et non invasif³⁵, dont la maîtrise se révèle importante pour le vétérinaire praticien. Les performances des échographes se sont améliorées ces dernières années, avec notamment une résolution plus importante permettant d'obtenir des images de meilleure qualité.

Toutefois, l'apprentissage de l'échographie nécessite des connaissances sur la biophysique des ultrasons, l'anatomie, la physiologie et la pathologie de la reproduction afin d'interpréter les images, ainsi qu'une maîtrise de l'examen gynécologique pour réaliser des images de bonne qualité. En outre, l'accès direct à des images caractéristiques des différents états physiologiques et pathologiques de l'appareil génital de la vache auxquelles l'étudiant ou le praticien vétérinaire pourront se référer en temps réel, en fonction de leur expérience clinique et de leurs questionnements, leur permettront un apprentissage personnalisé.

Ainsi, l'objectif de cette thèse est l'élaboration d'une banque d'images échographiques de l'appareil génital de la vache, dans le but de faciliter l'apprentissage de l'échographie par les étudiants vétérinaires et la compréhension des modifications physiologiques et pathologiques. Ces images seront mises à la disposition des étudiants sur un site Internet libre et gratuit, à travers diverses ressources pédagogiques interactives (cours en images, diagnostics différentiels, cas cliniques).

Dans un premier temps, nous aborderons les bases théoriques et pratiques de l'échographie de l'appareil génital de la vache. Ces connaissances sont nécessaires à l'obtention d'images de bonne qualité. Nous évoquerons ensuite les différentes applications de l'échographie lors de suivi de reproduction en élevage bovin : détermination de l'état physiologique ou pathologique de l'appareil génital, suivi de gestation, sexage du fœtus. Dans une troisième partie, nous détaillerons les étapes de la réalisation et la présentation de l'atlas d'images échographiques de l'appareil génital en ligne, conçu à partir d'examen génitaux réalisés au cours de ce projet de thèse.

A. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I- REALISATION D'UNE ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE

La connaissance de la biophysique des ultrasons permet de comprendre la construction de l'image échographique et des artefacts afin de faciliter leur interprétation.

1. De la production des ultrasons à la formation des échos

L'échographie utilise des ondes ultrasonores pour produire des images. Les ultrasons sont des ondes mécaniques vibratoires de même nature que les ondes sonores, mais de fréquence supérieure. En médecine vétérinaire, la gamme des fréquences employées est comprise entre 3,5 et 10 MHz. L'intensité des ultrasons utilisée est faible et donc sans danger pour l'animal ²¹. La vitesse de propagation des ondes ultrasonores dépend du milieu considéré : elle s'accroît avec la cohésion moléculaire du tissu traversé. Les lois de Descartes, concernant la réflexion et la réfraction de l'onde lumineuse au niveau d'un dioptre, sont directement applicables aux ondes ultrasonores.

Les ultrasons sont produits par les cristaux piézo-électriques de la sonde qui vibrent sous l'effet d'un courant électrique alternatif et créent ainsi un signal acoustique, c'est-à-dire une déformation de proche en proche des molécules sous-jacentes. Les ondes ultrasonores sont émises sous forme de salves pendant un temps très court et se propagent dans la zone à échographier. La réflexion, à la base de l'image échographique, se produit lorsque l'onde rencontre une interface de deux milieux d'impédances acoustiques différentes. L'impédance acoustique traduit l'aptitude d'un milieu à propager les ultrasons, qui correspond au produit de la vitesse de l'onde par la densité du milieu. A l'interface entre deux milieux d'impédance acoustique différente, une partie de l'énergie de l'onde est réfléchiée et constitue un écho, l'autre partie est transmise à travers l'interface et peut explorer les tissus sous-jacents (figure 1). Plus la différence d'impédance entre deux milieux est marquée, plus l'intensité de l'écho est importante, comme c'est le cas pour une interface os – tissu par exemple.

Lors de leur réflexion, les échos produits retournent aux cristaux piézo-électriques qui vibrent et génèrent un signal électrique. Un cristal est donc à la fois émetteur et récepteur des ondes ultrasonores. Le délai entre la propagation de l'ultrason et la réception de son écho détermine la distance entre la sonde et l'interface ¹.

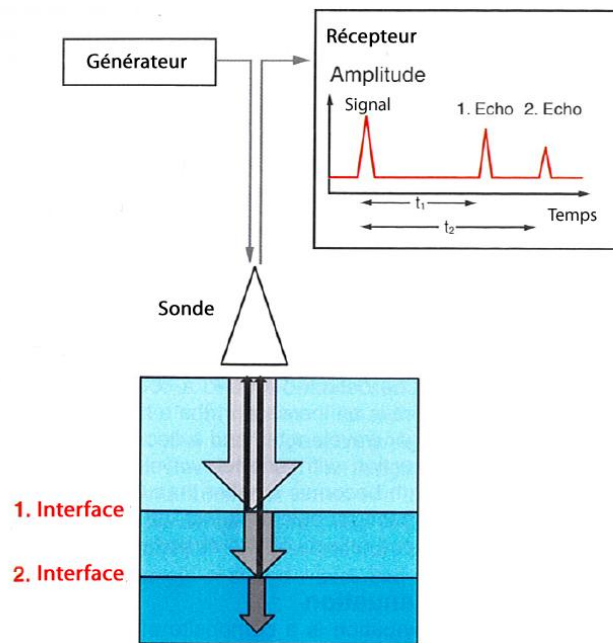


Figure 1 : Principe de la formation des échos (⁴ Barr, 2011)

L'ultrason produit par les vibrations du cristal piézo-électrique est réfléchi par une interface acoustique, c'est-à-dire une interface de deux milieux d'impédances acoustiques différentes. L'onde réfléchie ou écho retourne au cristal piézo-électrique et génère un courant en réponse à la réception de l'écho. Le délai entre la propagation de l'ultrason et la réception de son écho permet de déterminer la distance entre les cristaux et l'interface. L'énergie de l'onde est atténuée au cours de sa propagation dans les tissus, l'intensité des échos s'affaiblit avec la profondeur.

2. Interprétation des images échographiques

Pour l'échographie en mode brillance, le signal électrique est converti en points lumineux. La brillance des éléments de l'image varie en fonction de l'intensité des échos. L'image obtenue sur l'écran est un plan de coupe qui respecte la taille et la forme des tissus observés. Les images échographiques sont produites en temps réel, elles changent lorsque les structures se déplacent ou lorsque l'on déplace la sonde ²⁶.

Les ultrasons traversant des liquides homogènes (urine, liquide amniotique et allantoïdien, liquide folliculaire, sang) ne rencontrent aucune interface, ces zones donneront des images anéchogènes, noires ou très foncées. Par contre, dans des liquides contenant des particules en suspension (comme le pus), les ultrasons vont rencontrer de multiples petites interfaces, qui formeront à l'écran des petites taches échogènes et mobiles, résultats du phénomène de diffraction.

Les tissus mous (l'utérus par exemple) constituent des zones échogènes représentées par des nuances de gris en fonction de leur densité : les ultrasons y subissent des réflexions dites spéculaires et non spéculaires.

- Une réflexion spéculaire survient lorsque le faisceau tombe sur une surface lisse, plus large que le faisceau et parallèle à la sonde. Dans ce cas, l'amplitude de l'écho dépend non

seulement de la différence d'impédance acoustique, mais aussi de l'angle d'impact. C'est par exemple le cas des plis de la paroi du col de l'utérus (image échographique 1), et de la surface des follicules ovariens.

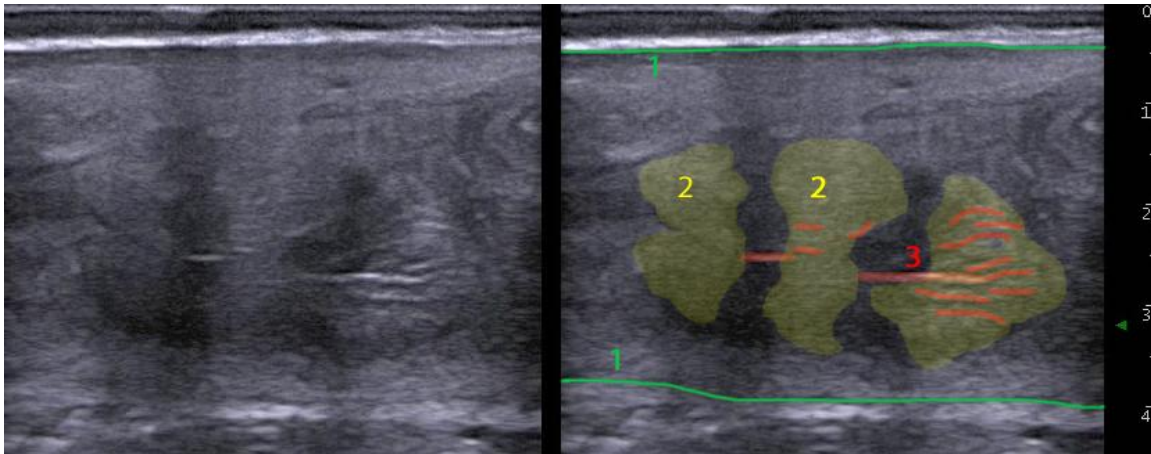


Image échographique 1 : Col de l'utérus

1 : Limites de l'utérus – 2 : Anneaux circulaires du col utérin – 3 : Réflexions spéculaires
(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

- Les réflexions non spéculaires ont pour origine des réflexions sur des surfaces rugueuses ou plus étroites que le faisceau. Dans ce cas, l'amplitude de l'écho ne dépend pas de l'angle d'incidence du faisceau. Les structures parenchymateuses, notamment le corps jaune, sont à l'origine d'échos non spéculaires, ainsi le corps jaune apparaît comme une structure grise homogène, la nuance de gris est relativement constante quelque soit l'orientation de la sonde (image échographique 2).

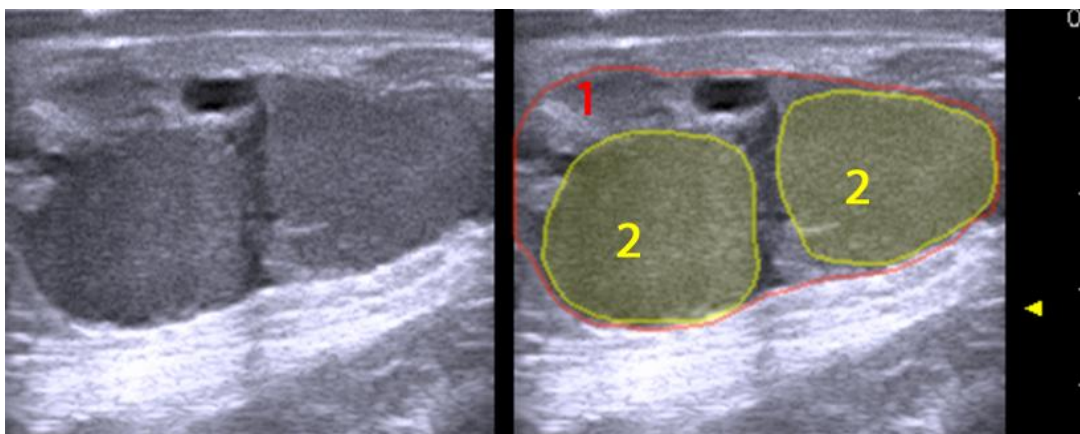


Image échographique 2 : Corps jaunes

1 : Contour de l'ovaire – 2 : Deux corps jaunes, structures grises homogènes
(Echelle : une graduation correspond à 1 cm)

Les os, les cartilages et les gaz réfléchissent la quasi-totalité des ultrasons : ils constituent ainsi des obstacles aux ultrasons, et apparaissent comme des structures hyperéchogènes sur l'écran.

3. Artefacts

Un artefact est une image ultrasonore qui ne traduit pas l'échostructure réelle des organes étudiés. Les artefacts sont fréquents dans l'inspection des organes génitaux, les plus fréquemment rencontrés sont détaillés dans ce paragraphe. Il est primordial de savoir les reconnaître pour éviter des erreurs d'interprétation des images échographiques.

Un **mauvais contact** entre la sonde et les tissus crée des zones d'ombre plus ou moins importantes sur l'image (image échographique 3). Dans le cas de l'échographie transrectale, cet artefact est souvent dû à la présence de poches d'air qui s'interposent entre la sonde et la paroi du rectum et qui constituent un obstacle à la propagation des ondes ultrasonores.

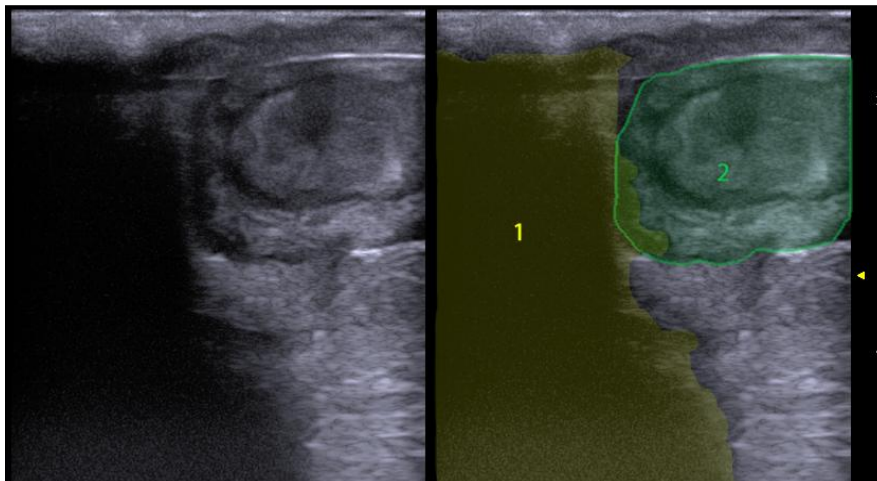


Image échographique 3 : Mauvais contact

1 : Zone d'ombre due au défaut de contact (poche d'air) – 2 : Utérus en CT
(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

Le **cône d'ombre** apparaît comme un triangle noir dont la pointe est orientée vers le haut, il correspond à une perte d'information sur une zone de l'écran. L'ombre peut résulter du blocage du faisceau par une réflexion complète des ultrasons sur une surface très dense ou d'impédance acoustique différente de celle des tissus (os, air), ou de la réfraction du faisceau ayant une incidence tangentielle sur le bord d'une structure cavitaire remplie de liquide (follicules).

Le **renforcement postérieur** est dû au fait que le faisceau n'est pas atténué lors de la traversée d'un milieu liquidien, l'échogénicité apparente des structures sous-jacentes est donc nettement supérieure à celle des tissus environnants situés à la même profondeur (image échographique 4).

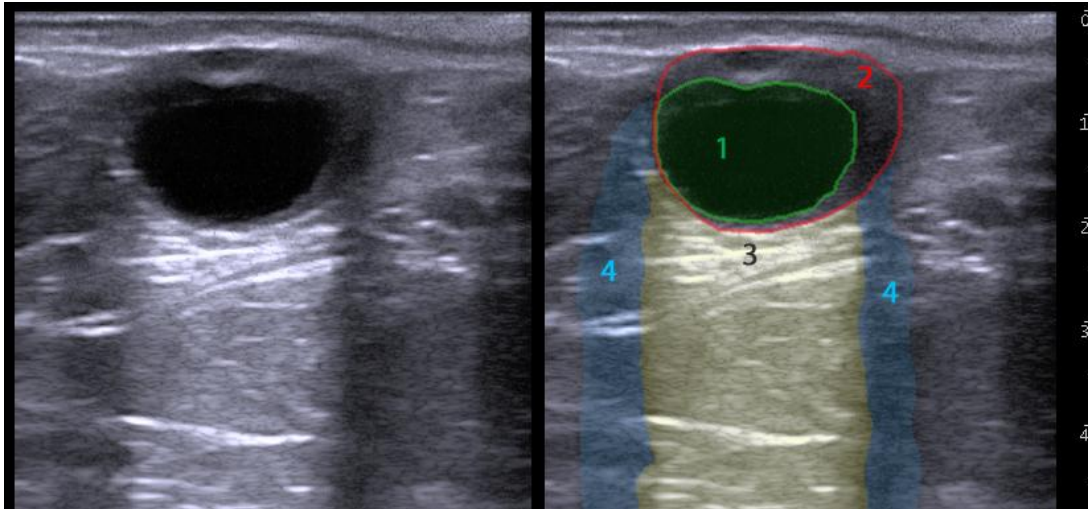


Image échographique 4 : Cônes d'ombre et renforcement postérieur

1 : Follicule – 2 : Stroma ovarien – 3 : Renforcement postérieur

4 : Aspect plus sombre des tissus environnants lié à la réfraction d'une partie du faisceau d'ultrasons

(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

Les **artefacts de réverbération** correspondent à de multiples allers et retours des ultrasons entre la sonde et une surface très réfléchissante située très proche de la sonde (os ou air). Cela crée des empilements d'échos sur l'écran (image échographique 5). Seul le premier écho est légitime, les autres sont des réverbérations apparaissant de plus en plus bas sur l'écran et s'atténuant progressivement. L'artefact en queue de comète est un cas particulier d'artefact de réverbération, lié à une structure très réfléchissante de petite taille ^{1, 21, 26}.

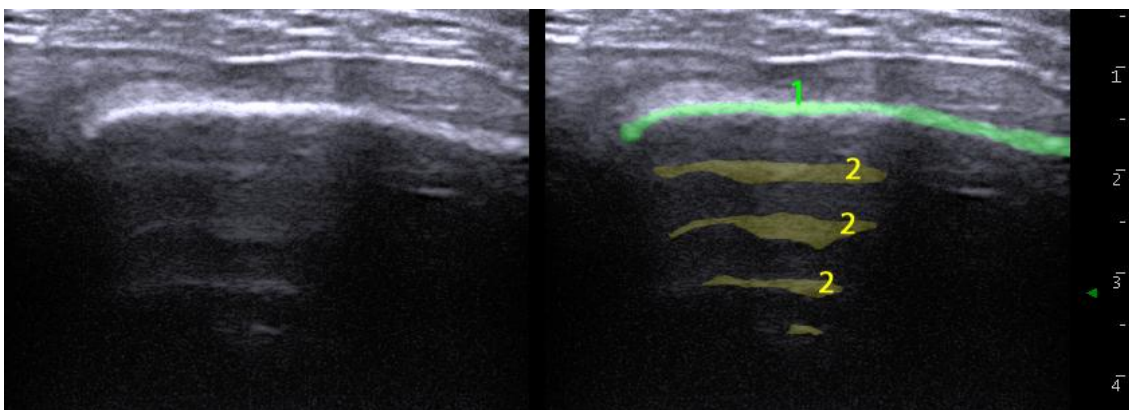


Image échographique 5 : Artefact de réverbération sur un os du bassin

1 : Structure osseuse – 2 : Réverbérations

(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

II- APPLICATIONS DE L'ECHOGRAPHIE AU SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE BOVIN

L'échographie du tractus génital de la vache représente une aide précieuse à la gestion de la reproduction et au diagnostic des pathologies de l'appareil génital de la vache. Cette partie a pour objectif de guider l'opérateur dans l'interprétation des images échographiques en présentant les possibilités actuelles d'application en gynécologie bovine, à travers des images de l'appareil génital au cours de différentes situations physiologiques et pathologiques.

1. Examen échographique de l'appareil génital non gravide

L'échographie de l'appareil génital bovin est réalisée par voie transrectale. Cette technique d'examen est indissociable de la palpation transrectale. Différents repères anatomiques permettent de s'orienter lorsqu'on fait progresser la sonde dans le rectum (figure 2).

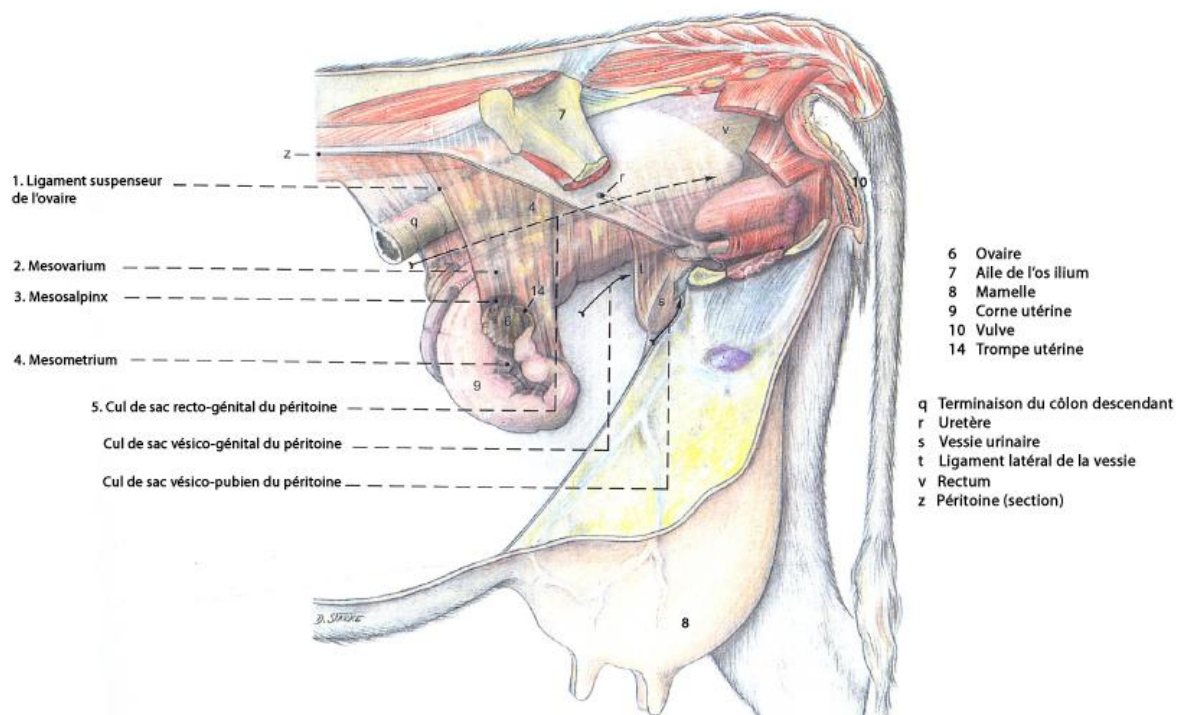


Figure 2 : Anatomie de l'appareil génital de la vache (⁶ Budras, 2003)

Après le franchissement de l'anus, la vessie est visualisée sous la forme d'un organe creux rempli de liquide anéchogène, de forme oblongue ou circulaire. Sous la vessie, les constituants osseux du bassin apparaissent comme une structure échogène de quelques millimètres d'épaisseur. Le col utérin est ensuite repéré par les plis circulaires et le canal cervical mesurant de 7 à 10 cm de long, et laissant apparaître un fort écho linéaire horizontal. En progressant crânialement, on accède à l'utérus. Pour échographier les ovaires, la sonde

échographique est placée au niveau de la bifurcation des cornes utérines puis, elle est déviée dans son axe longitudinal, latéralement en direction de la branche montante de l'ilium. Les ovaires sont généralement visualisés dans cette direction. Cependant, les ovaires chez la vache sont relativement mobiles et ne sont pas toujours visibles dans l'angle de la sonde. Dans ce cas, la technique consiste à tenir la sonde dans le creux de la main à palper et à saisir l'ovaire par l'extrémité des doigts. L'ovaire sera alors plaqué contre la branche montante de l'ilium et la sonde échographique sera disposée par-dessus.

a. L'appareil génital au cours du cycle œstral

i. Les ovaires

Les ovaires sont généralement localisés ventralement à l'os iliaque, au niveau de la bifurcation des cornes.

L'ovaire a une forme en amande, avec des dimensions de l'ordre de 3 à 5 cm de longueur sur 2 à 2,5 cm d'épaisseur. Il contient des organites périphériques (follicules et corps jaune) au sein du stroma ovarien. La médulla présente une apparence échographique homogène, tandis que le cortex ovarien a un aspect hétérogène en raison de la présence d'organites ovariens ou de vaisseaux sanguins. Avec des appareils échographiques avec une résolution moyenne, il est parfois difficile de distinguer le contour de l'ovaire des tissus mous adjacents.

o Présentation des différents organites ovariens

▪ Follicules

Les follicules se présentent sous la forme de vésicules sphériques à contenu liquidien, à paroi mince, affleurant à la surface de l'ovaire. A l'échographie, le follicule apparaît anéchogène, sous la forme d'une zone ronde (ou légèrement elliptique sous la pression de la sonde, ou en raison de l'accolement avec un follicule adjacent) (image échographique 6).

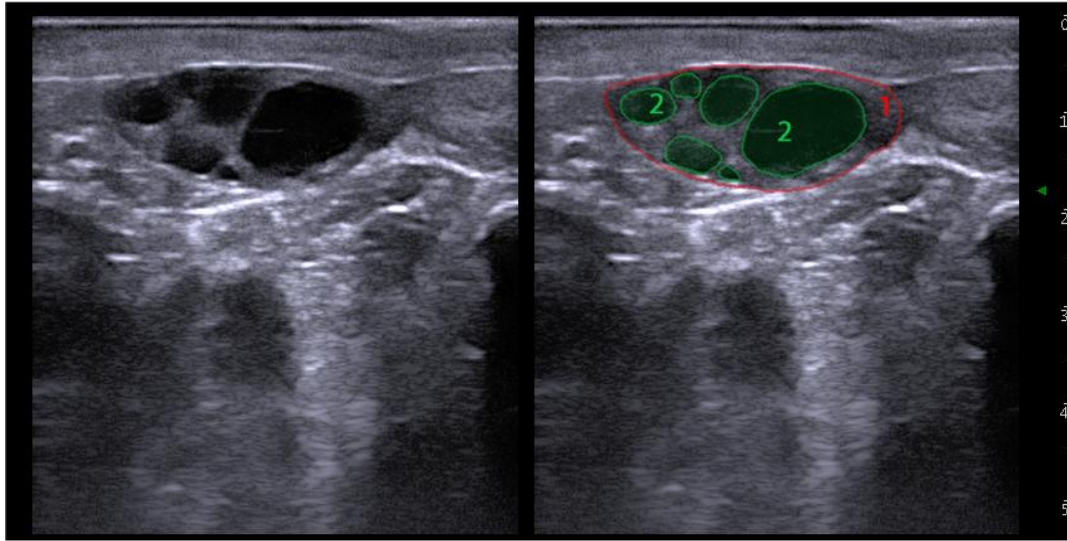


Image échographique 6 : Ovaire présentant 5 follicules de différentes tailles
 1 : Stroma ovarien – 2 : Follicules de différentes tailles
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

Sur un ovaire, il est possible d'identifier un ou plusieurs follicules, de tailles variables selon leur stade de croissance. Leur diamètre varie de 3 mm (taille minimale du follicule facilement identifiable à l'échographie avec une sonde de 10 MHz compte tenu du pouvoir de résolution), jusqu'à 20 mm (pour le follicule préovulatoire).

Le diagnostic différentiel doit être établi avec un kyste folliculaire, qui a une taille supérieure à 25 mm. Il est également important de faire la distinction entre un follicule et une coupe transversale de vaisseau sanguin : en changeant l'orientation de la sonde de façon à avoir une coupe longitudinale, l'image du vaisseau s'étirera, alors que celle du follicule restera sphérique et diminuera progressivement.

▪ *Corps jaune*

En gynécologie bovine, la présence du corps jaune est systématiquement recherchée. Elle permet de savoir si la femelle est cyclée et d'évaluer le développement du corps jaune afin de rationaliser l'utilisation des PGF2 α . Lors de diagnostic de gestation, elle permet d'orienter la recherche du conceptus dans la corne ipsilatérale au corps jaune.

Le corps jaune mature, de forme sphérique ou en « bouchon de champagne », est hypoéchogène comparativement au parenchyme ovarien en raison des réflexions non spéculaires (image échographique 7). Il apparaît comme une structure grise homogène et bien délimitée, et peut présenter en son centre une ligne plus échogène correspondant à du tissu fibreux plus dense. Le diamètre du corps jaune mature est supérieur à 2 cm. 40% environ des corps jaune matures présentent en leur centre une cavité de moins de 2 cm de diamètre,

contenant un liquide anéchogène ¹⁵. Ces corps jaunes cavitaires sont considérés comme des structures lutéales normales.

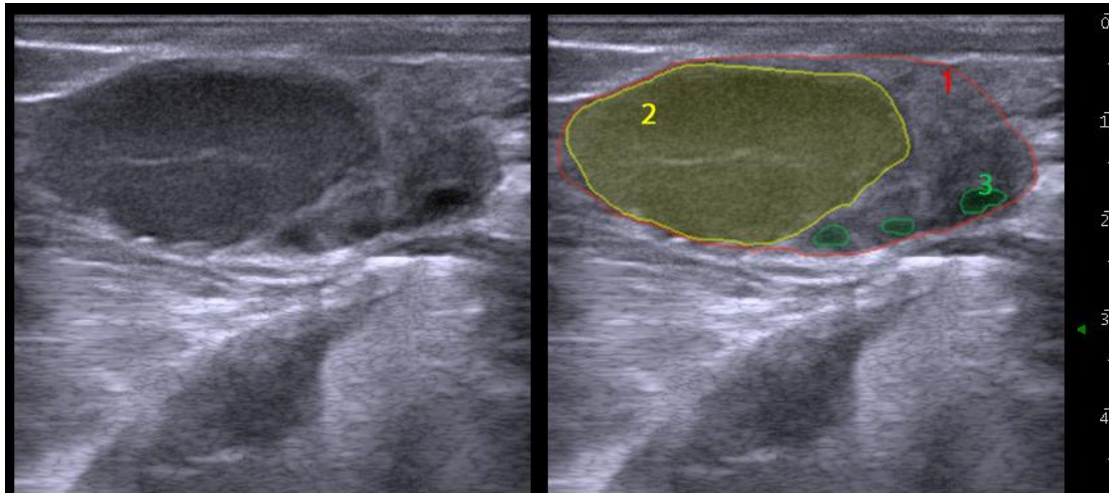


Image échographique 7 : Corps jaune mature : une ligne hyperéchogène est présente en son centre, correspondant à du tissu fibreux dense
1 : Stroma ovarien – 2 : Corps jaune mature de 2 cm sur 3,2 cm – 3 : Follicule
(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

○ Evolution des organites au cours du cycle œstral

▪ Rappels sur le cycle œstral

Le cycle œstral dure 21 jours en moyenne chez la vache (il peut durer de 18 à 25 jours), il comprend deux phases : la phase folliculaire, correspondant au développement terminal du follicule pré-ovulatoire, jusqu'à l'ovulation et à la libération de son ovocyte, suivie de la phase lutéale où le follicule qui a ovulé se transforme en corps jaune produisant de la progestérone.

Le cycle est classiquement divisé en 4 périodes (figure 3) :

- Le præstrus, qui précède l'œstrus et correspond à la croissance terminale du follicule préovulatoire, dure 3 jours.
- L'œstrus, qui dure 12 à 24h, correspond à la période d'acceptation du mâle et est suivi de l'ovulation dans les 12 à 15 heures qui suivent.
- Le métœstrus dure 2 jours et correspond à la mise en place du corps jaune à partir du follicule qui a ovulé.
- Le diœstrus, qui est la période de maturation et de maintien du corps jaune, dure 15 jours.

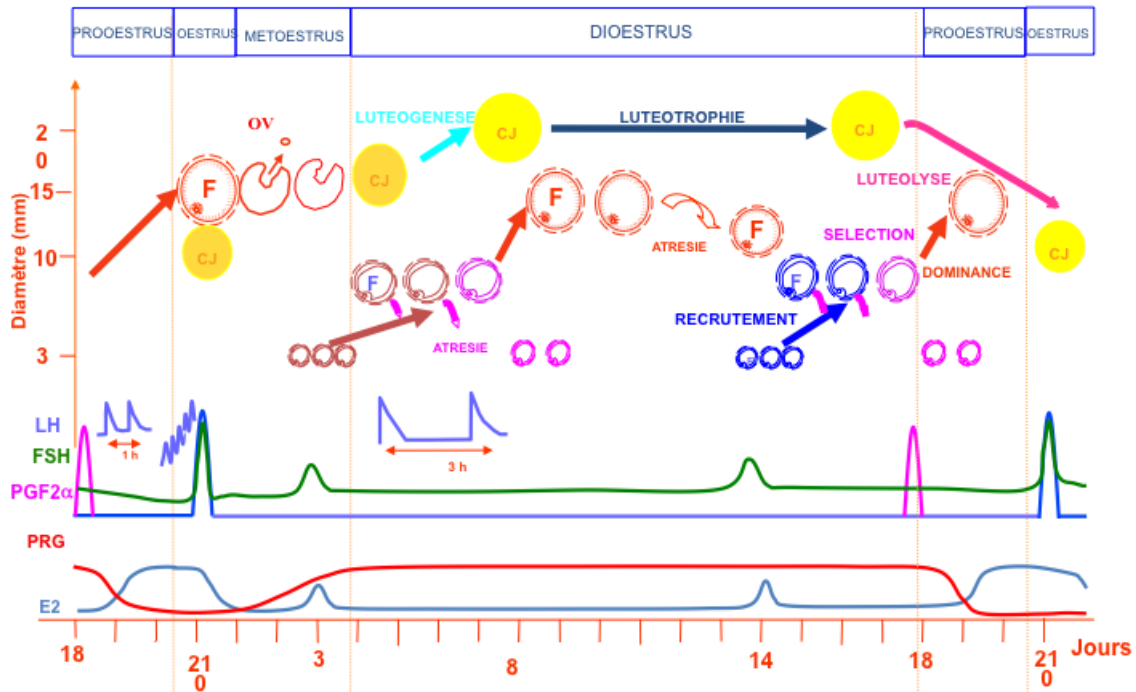


Figure 3 : Changements hormonaux et ovariens durant le cycle œstral de la vache.
D'après Gayrard V (2008). Cours de physiologie de la reproduction. ENVT.

Pendant un cycle œstral de 18 à 25 jours, il y a toujours un corps jaune présent sur les ovaires (en formation, mature ou en régression). Deux ou trois vagues folliculaires se développent au cours du cycle et un follicule dominant de 12-15mm émerge de chacune des vagues. Le follicule dominant des premières vagues est voué à l'atresie en raison de l'insuffisance de pulsativité de LH. En l'absence de gestation, l'augmentation de PGF2 α induit la lutéolyse, entraînant une diminution de la concentration en progestérone (PRG) produite par le corps jaune. Le follicule dominant de la dernière vague termine son développement pour devenir le follicule ovulatoire, synthétisant de plus en plus d'œstradiol (E2). Le pic de LH induit l'ovulation (OV) du follicule ovulatoire.

▪ Evolution de la population folliculaire

Chez la vache, les follicules se développent par vagues. On observe ainsi au cours du cycle, deux ou trois vagues de croissance folliculaire successives d'une durée de 7 à 10 jours, au cours desquelles s'effectuent les phases de recrutement, sélection, dominance.

Le recrutement d'une cohorte d'une dizaine de follicules¹⁴ est concomitant d'une augmentation des concentrations de FSH. Pour chacune de ces vagues, un follicule est sélectionné, il grossit plus rapidement que les autres follicules de la cohorte et produit de l'androstènedione et de l'inhibine qui exercent un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion de FSH, ce qui entraîne l'atresie des follicules subordonnés : c'est le follicule dominant. Son devenir dépend de la pulsativité de LH. En fin de cycle, lors de la régression du corps jaune, la pulsativité de LH augmente, le follicule dominant évolue vers l'ovulation. En revanche, en présence d'un corps jaune mature, la pulsativité de LH est faible et le follicule dominant est voué à l'atresie. La vitesse de croissance du follicule dominant jusqu'à ce qu'il atteigne sa

taille maximale est en moyenne de 1,5 à 2,5 mm par jour²². La veille de l'ovulation, le follicule pré-ovulatoire peut présenter un diamètre compris entre 8 et 20 mm de diamètre¹⁵.

La production continue de vagues folliculaires pendant tout le cycle œstral implique que de gros follicules de plus de 8 mm sont toujours présents sur les ovaires bovins (sauf durant les premiers jours du cycle), et la différence de taille entre le follicule pré-ovulatoire et un follicule dominant n'est pas discernable à l'échographie³³. Par conséquent on ne peut pas déterminer la phase du cycle, ni le devenir du plus gros follicule à partir d'une seule observation échographique des follicules, il est nécessaire de réaliser un suivi des organites ovariens (tous les 1 à 3 jours) pour définir plus précisément la phase du cycle ovarien.

▪ *Evolution du corps jaune*

Le corps jaune peut présenter plusieurs différences morphologiques selon le stade de développement.

Dans les 3 jours qui suivent l'ovulation, on peut observer un corps jaune hémorragique, qui provient de la transformation du follicule ayant ovulé, dont la cavité est remplie par un caillot sanguin. Il est assez difficile à visualiser à l'échographie compte tenu de ses limites floues et de sa consistance hétérogène, proche de celle du stroma ovarien. Sa taille varie de 1 à 1,5 cm de diamètre.

Le corps jaune mature, cavitaire ou non, est observé de 6 à 16 jours après ovulation. Pour les corps jaunes cavitaires, on note généralement une diminution de la taille de la cavité à partir du 10^{ème} jour du cycle¹. Celle-ci disparaît parfois complètement, se transformant en un corps fibreux dense qui comble la cavité, visible à l'échographie sous la forme d'un fort écho linéaire central.

La régression du corps jaune est caractérisée par une augmentation de son échogénicité, associée à une diminution brutale de sa taille 2 à 3 jours avant la nouvelle ovulation (passant de 24 mm au milieu du diœstrus à 16 mm de diamètre lors du præstrus)³². Le corps blanc (corpus albicans) correspond au stade ultime de dégénérescence du corps jaune et peut être visible jusqu'à 3 jours après ovulation. Il est ensuite difficilement discernable car relativement petit et de même échogénicité que le stroma.

▪ *Diagnostic différentiel du corps jaune*

On ne peut pas différencier un corps jaune gestatif d'un corps jaune périodique sur la base de leur échogénicité. En outre, leurs dimensions sont du même ordre²².

Différents critères permettent de différencier un corps jaune d'autres organites ovariens physiologiques ou pathologiques ou d'autres structures proches des ovaires :

- La distinction entre la cavité d'un corps jaune et un follicule se fait par la présence de la paroi lutéale de 5 à 10 millimètres d'épaisseur, observée sur les corps jaunes cavitaires.

- D'un point de vue physiopathologique, il est important de distinguer un corps jaune d'un kyste lutéinisé, qui possède une cavité liquidienne de diamètre supérieur à 25 mm et une paroi lutéale plus fine.

- Enfin, le corps jaune doit être différencié des placentomes (qui sont ovoïdes et situés au niveau de la paroi utérine), de coupe transversale des cornes utérines (pour lesquelles différentes couches concentriques sont discernables au niveau de la paroi) ou du nœud lymphatique ilio-fémoral.

ii. L'utérus

Le corps de l'utérus bovin est court (3 cm de longueur) et se prolonge par deux longues cornes (30 à 40 cm) reliées à leur bifurcation par deux ligaments intercornuaux. Le diamètre des cornes à la base varie de 2 à 4 cm et diminue progressivement jusqu'à 5-6 mm au niveau de la jonction utéro-tubaire. La façon dont elles sont recourbées peut être comparée à la forme d'un guidon de vélo de course. Les parois de l'utérus sont constituées d'une tunique muqueuse riche en glandes (endomètre), d'une tunique musculuse puissante (myomètre), et d'une séreuse.

Une sonde linéaire appliquée dorsalement sur l'utérus permet d'obtenir une coupe longitudinale de l'organe, avec sa grande courbure formant une courbe convexe. Dans la plupart des cas, il est difficile de voir la totalité de l'enroulement d'une corne utérine dans un seul plan de coupe, mais la corne est coupée en plusieurs endroits. Avec une sonde linéaire, 2 à 4 sections transversales de cornes utérines sont visibles dans un plan de coupe²².

La section de la paroi utérine apparaît en tons gris et avec une structure granuleuse variable. Sur une coupe transversale ou longitudinale, une zone hyperéchogène apparaît en périphérie de la corne utérine, correspondant au myomètre, tandis qu'une zone faiblement échogène est observée à proximité de la lumière, correspondant à l'endomètre (image échographique 8).

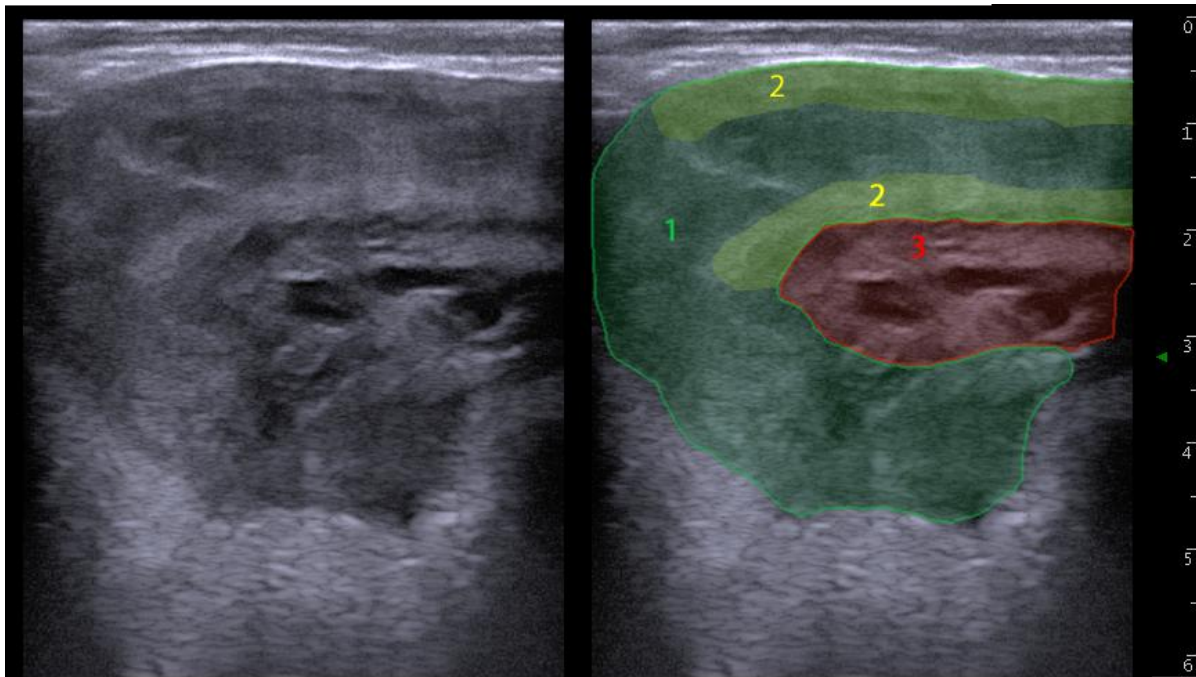


Image échographique 8 : Coupe longitudinale d'une corne utérine en période péri-œstrale
 1 : Corne utérine en coupe longitudinale – 2 : Zones hyperéchogènes (myomètre) – 3 : Ligament large
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

La quasi-totalité de l'enroulement de la corne est visible sur cette image échographique, avec sa grande courbure formant une courbe convexe. En effet, la corne est plus dépliée en période péri-œstrale. Les zones hyperéchogènes en périphérie de la corne utérine délimitent le myomètre. Le ligament large est reconnaissable par la présence de plusieurs coupes transversales de vaisseaux sanguins.

Les variations au cours du cycle des concentrations sanguines de progestérone et d'œstrogènes sont responsables des modifications de l'aspect échographique de l'utérus.

Durant la période péri-œstrale (prœstrus, œstrus, et début du métœstrus), l'utérus est plus oedématié et donc mou en début de palpation, mais il est contractile et devient plus tonique au fur et à mesure de l'examen,, ses parois sont plus épaisses et l'enroulement des cornes est moins marqué. Ces changements sont liés à une augmentation du flux sanguin vers l'utérus, une sécrétion de mucus par les glandes endométriales et un œdème utérin. Ces phénomènes physiologiques se traduiront par une plus grande hétérogénéité et un aspect boursoufflé de la paroi utérine. A cette période, on distingue les différentes couches de la paroi utérine en fonction de leur échostructure (images échographiques 8 et 9). La coupe transversale des cornes forme une image dite en cocarde, caractérisée par une lumière utérine remplie de mucus (anéchoïque, avec une délimitation en forme d'étoile ou sous forme de ligne), bordée par l'endomètre (d'échogénicité homogène, d'environ 1 cm d'épaisseur), lequel est souligné par un cercle anéchogène (vascularisation), le tout entouré par le myomètre (échogénicité homogène) (image échographique 9).

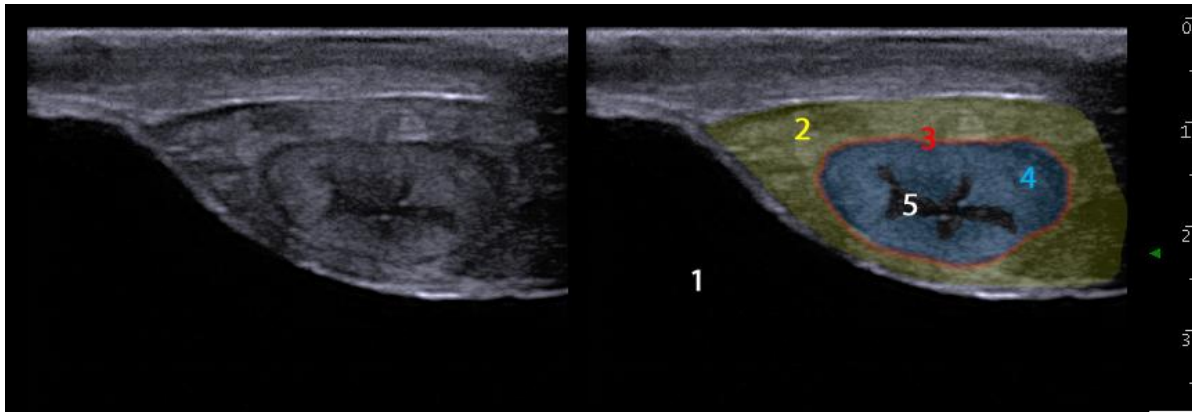


Image échographique 9 : Coupe transversale d'une corne utérine en période péri-œstrale
 1 : Vessie – 2 : Myomètre – 3 : Vascularisation – 4 : Endomètre – 5 : Lumière remplie de mucus
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

Il est important de ne pas confondre l'accumulation de mucus durant l'œstrus avec un stade de gestation précoce. Pour établir un diagnostic différentiel, d'autres critères doivent être pris en compte (présence ou absence d'un corps jaune mature, tonicité utérine, comportement de la femelle). En cas de doute, l'examen échographique doit être répété.

b. L'appareil génital pendant la période post-partum

▪ *L'utérus*

L'intérêt de l'évaluation du tractus génital en période post-partum n'a pas été clairement établi. L'évolution échographique de l'utérus au cours de son involution est présentée ici dans un but pédagogique.

Dans des conditions physiologiques, l'utérus bovin a terminé son involution entre 23 et 42 jours après la parturition. L'image échographique de l'utérus en post-partum est caractérisée par la présence de caroncules hyperéchogènes, faisant saillie dans la lumière utérine, de lochies dans la lumière utérine, et les cornes utérines épaissies, boursoufflées et d'échogénicité hétérogène^{2, 23}. Les lochies présentent une échogénicité sombre parsemée de points échogènes, correspondant à une image en flocons caractéristique de liquides riches en débris tissulaires. Puis les collections liquidiennes de la lumière utérine se réduisent, et l'utérus va involuer progressivement jusqu'à retrouver son aspect d'origine.

▪ *Les ovaires*

Au cours de la première semaine post-partum chez la vache laitière, la taille des follicules n'excède pas 4 mm. Le premier follicule dominant se développe aux alentours de 12 jours post-partum en moyenne².

La reprise de la cyclicité ovarienne (caractérisée par la présence d'un corps jaune) doit être effective dans les 50 à 60 premiers jours après la mise bas quel que soit le type de production. Au-delà de cette période, l'anœstrus post-partum est considéré comme pathologique.

c. Maîtrise du cycle œstral

i. Détermination de la phase du cycle

La présence d'un corps jaune mature sur un ovaire permet d'affirmer qu'une vache non gravide est en phase de diœstrus. Cependant, le stade du corps jaune étant difficile à déterminer par échographie, il n'est pas possible de préciser le stade exact du cycle¹⁵.

L'œstrus est caractérisé par la présence d'un follicule de taille supérieure à 12-13 mm en l'absence d'un corps jaune mature¹⁵. Mais, compte tenue de la variabilité de la taille du follicule pré-ovulatoire, il est généralement impossible de déterminer avec précision le moment de l'ovulation et donc le moment de l'insémination. L'ovulation ne peut être détectée qu'en examinant quotidiennement la vache de façon à mettre en évidence la disparition du follicule pré-ovulatoire. Ce suivi ovarien est cependant difficilement réalisable en pratique courante dans le contexte technico-économique des élevages.

La période post-ovulation (début du metœstrus) peut être confondue avec un anœstrus puisque les deux ovaires présentent des organites ovariens de petite taille (corps jaune en régression, follicules en début de croissance).

ii. Programme de synchronisation de la reproduction

L'examen échographique du tractus génital avant l'application de tout programme de synchronisation de la reproduction permet de rationaliser l'utilisation des hormones. Deux types de programme de synchronisation sont à la disposition du praticien: la synchronisation des chaleurs, et la synchronisation de l'ovulation (utilisée lors de subœstrus, pour lequel les cycles œstraux sont présents mais non détectés, ou lors d'anœstrus vrai, qui résulte d'une absence de cyclicité).

L'échographie peut aider à choisir le protocole de synchronisation le plus approprié pour une femelle ou un groupe de femelles :

- Chez les femelles cyclées, la synchronisation des chaleurs est obtenue avec l'utilisation des prostaglandines F2 alpha suivie d'une insémination sur chaleurs observées. La mise

en évidence d'un corps jaune mature à l'échographie permet de rationaliser l'utilisation du traitement prostaglandine F2 alpha pour induire la lutéolyse.

- Chez les vaches cyclées et à chaleurs frustes et chez les femelles en anœstrus vrai, la synchronisation de l'ovulation peut être induite en utilisant un dispositif de libération de la progestérone ou des programmes combinant la GnRH et la PGF2 α . Chez les femelles en anoestrus vrai, l'administration d'eCG (hormone gonadotrope chorionique équine) au moment du retrait du dispositif progestagène est nécessaire pour stimuler la croissance folliculaire.

d. Pathologies de l'appareil génital

i. Pathologies ovariennes

▪ *Anœstrus vrai*

Les ovaires de vaches en anœstrus vrai sont généralement de petite taille, de forme ovale et assez uniformément échogènes. Aucune ovulation n'ayant eu lieu, l'échographie ne met en évidence aucun corps jaune. Le plus souvent, des follicules de taille variable sont visibles et peuvent persister sur l'ovaire.

▪ *Kystes ovariens*

Les kystes ovariens se définissent comme des structures liquidiennes, d'un diamètre supérieur à 25 mm, persistant pendant plus de 10 jours en absence de corps jaune. La fréquence des kystes ovariens dans un troupeau de vaches laitières est comprise entre 7 et 12%¹⁸. Ils apparaissent préférentiellement en période post-partum, à cause d'une croissance excessive du follicule dominant liée à une sécrétion insuffisante de LH. Ces structures peuvent être polykystiques. L'échographie permet de différencier les kystes folliculaires et les kystes lutéaux.

- Les kystes folliculaires présentent les mêmes caractéristiques échographiques que les follicules, dont ils se différencient uniquement par la taille (supérieure à 25 mm). Leur conformation est sphérique, ovale ou polygonale avec une cavité anéchogène et une paroi mince (image échographique 10).

- Les kystes lutéaux (ou kystes folliculaires lutéinisés) possèdent une paroi lutéale grisée, de 3 à 9 mm d'épaisseur. La cavité peut présenter des lignes échogènes correspondant à des travées conjonctives. La taille de la cavité permet de distinguer un kyste lutéal (diamètre supérieur à 25 mm), d'un corps jaune cavitair (diamètre de 20 à 30 mm qui diminue au cours du cycle).

L'échographie permet ainsi de différencier les structures kystiques présentes sur l'ovaire, de mettre en œuvre la thérapeutique la plus appropriée (GnRH, hCG ou progestagène pour un kyste folliculaire ; PGF2 α pour un kyste lutéal), et de suivre l'évolution du kyste après la mise en œuvre du traitement.

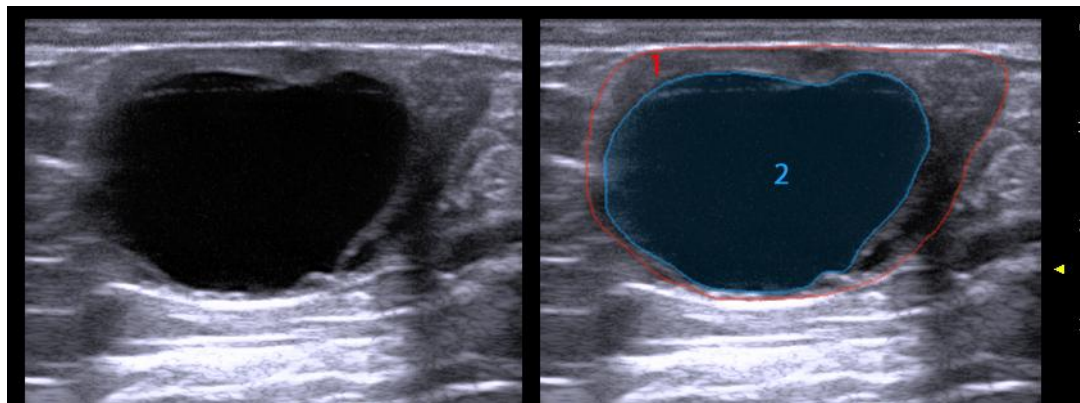


Image échographique 10 : Kyste folliculaire
1 : Contour de l'ovaire – 2 : Kyste folliculaire (30 mm)
(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

▪ *Tumeurs ovariennes*

Les tumeurs de la granulosa sont les tumeurs ovariennes les plus fréquentes. Elles sont cependant rares chez la vache, avec une incidence inférieure à 0,5%. Elles peuvent entraîner un changement de comportement (anœstrus ou nymphomanie) et doivent être suspectées lorsque la taille de l'ovaire est supérieure à 10 cm.

Leur structure et leur taille sont très variables d'un cas à un autre. A l'échographie, l'échogénicité est généralement hétérogène, avec de multiples cavités anéchogènes correspondant à des follicules ou à des vaisseaux sanguins⁴⁰.

ii. *Pathologies utérines : les endométrites ou métrites*

Les endométrites ou les métrites sont des inflammations utérines généralement d'origine infectieuse. On peut en distinguer plusieurs types :

- La métrite, qui survient au cours des 21 premiers jours du postpartum, se traduit par la présence de symptômes généraux (anorexie, hyperthermie) et de symptômes locaux (écoulements vaginaux purulents).
- L'endométrite est caractérisée par des écoulements génitaux anormaux, du mucus trouble jusqu'à du pus et par l'absence de symptômes généraux.
- Le pyomètre correspond à l'accumulation de pus dans la cavité utérine, associée à un corps jaune persistant et à la fermeture du col utérin¹³.

- L'endométrite subclinique se traduit par la présence d'un état inflammatoire de l'endomètre en l'absence de sécrétions génitales anormales observées à l'examen vaginoscopique. Elle est caractérisée par une quantité minimale d'exsudat dans la cavité utérine et la présence de polynucléaires neutrophiles dans la lumière utérine, et n'est donc pas cliniquement décelable sans examen complémentaire (cytologie).

Le pyomètre est facilement mis en évidence à l'examen échographique. L'image échographique montre un contenu utérin hétérogène et d'aspect floconneux. Des amas de pus en suspension peuvent être mobilisés en exerçant une succussion de l'utérus. On peut noter la présence simultanée d'un corps jaune ²⁰.

Le diagnostic d'endométrite subclinique n'est pas possible par échographie. En revanche, l'échographie permet dans certains cas de détecter certaines endométrites par la mise en évidence de liquides utérins avec des particules échogènes en suspension. La facilité du diagnostic dépend de la quantité de liquides présente et donc du degré de l'endométrite. Ainsi, on peut observer une zone anéchogène en partie crâniale et déclive de l'utérus qui présente le plus souvent une forme en étoile. Cependant, le diagnostic par échographie entraîne une surestimation des vaches atteintes d'endométrite, puisqu'il existe plusieurs situations autres que l'endométrite associées à la présence de liquide dans l'utérus ¹³. Selon une étude de Deguillaume, en considérant l'examen cytologique comme référence, les valeurs diagnostiques de l'échographie dans le diagnostic d'une inflammation endométriale sont relativement faibles, avec une valeur prédictive positive de 47% et une valeur prédictive négative de 64% ¹².

A l'examen échographique, il conviendra donc de faire un diagnostic différentiel avec un œstrus, une gestation précoce, ou une mortalité embryonnaire. L'échographie ne vient qu'en appui de l'anamnèse et d'autres examens (palpation transrectale, examen des sécrétions utérines par voie vaginale ou bactériologie).

iii. Hydrosalpinx

L'hydrosalpinx correspond à une collection de liquide séreux s'accumulant dans la trompe utérine. A l'échographie, il apparaît comme des images circulaires anéchogènes, souvent circonscrites proches de l'ovaire. On parle d'images en « lâcher de ballons ». Il est important de le différencier d'un début de gestation, en prenant en compte des repères topographiques.

2. Examen échographique de l'appareil génital gravide

Il existe différentes techniques de diagnostic de gestation, telles que la palpation transrectale, les dosages de témoins de la gestation (progestérone, PAG ou œstrogènes), l'échographie. Parmi elles, l'échographie présente plusieurs avantages :

- précocité : elle permet d'établir un diagnostic dès 25 – 30 jours de gestation
- fiabilité : le diagnostic de gestation par échographie a une sensibilité de 97,7% et une spécificité de 87,7% entre 26 et 33 jours de gestation ¹⁸. La sensibilité peut atteindre jusqu'à 100% à partir du 29^e jour ¹⁶.
- innocuité : les diagnostics de gestation précoces par échographie n'augmentent pas le taux de mortalité embryonnaire ²⁷.
- rapidité : le diagnostic est réalisé directement dans l'élevage, au chevet de l'animal.

Cependant, l'acquisition d'un échographe reste un investissement important, et sa manipulation nécessite un certain apprentissage afin d'améliorer la fiabilité des diagnostics.

a. Etapas du développement embryonnaire

Chez la vache, l'embryon au stade morula, arrive dans la cavité utérine 4 jours après la fécondation, et mesure alors un dixième de millimètre. Au 9^e jour, il perd sa forme sphéroïde (0,2 mm de diamètre) et sa croissance s'effectue en longueur : le diamètre de la vésicule embryonnaire reste constant, de 2 mm en moyenne, entre le 12^e et le 20^e jour. Le blastocyste de forme filamenteuse envahit totalement la corne ipsilatérale au corps jaune au 17^e jour et la corne controlatérale entre le 20^e et le 32^e jour de gestation, cette phase correspond à l'élongation. L'implantation du conceptus commence au 19^e jour de gestation. Le terme d'embryon est utilisé dans les 42 premiers jours de gestation, et de fœtus au-delà de cette date.

Le diagnostic de gestation peut être réalisé à partir du 25^e jour après insémination. Avant, la vésicule embryonnaire n'excède pas quelques millimètres, il est donc très difficile de l'observer par échographie.

b. Diagnostic de gestation précoce

Le diagnostic de gestation précoce est un examen plus ou moins aisé suivant l'âge de l'animal et la position du tractus génital, sa race, l'expérience du vétérinaire. Son exactitude est maximale lorsque l'on visualise le conceptus.

Au 25^e jour, la vésicule embryonnaire a un diamètre de 10 mm ; l'embryon de 8-9 mm de long est appliqué contre la paroi utérine. On peut alors visualiser à l'échographie la

présence de liquide dans les cornes de l'utérus, ainsi que la vésicule souvent présente dans la partie libre des cornes ².

Entre le 25^e et le 30^e jour, l'embryon est visualisé sous la forme d'une tache claire dans une poche liquidienne, souvent plaqué contre la paroi utérine (image échographique 11). Il est parfois masqué par un repli utérin et est donc difficile à visualiser.

Après 30 jours de gestation, le diamètre de la vésicule allantoïde croît rapidement (vésicule fusionnant par la suite avec le chorion pour donner l'allantochorion). Elle renferme l'amnios, membrane fœtale la plus interne délimitant la cavité amniotique dans laquelle baigne l'embryon. Parallèlement, l'embryon croît de 1 mm par jour environ entre le 25^e et le 50^e jour de gestation.

A partir du 30^e jour, il est possible de visualiser la membrane amniotique sous forme d'un trait fin échogène, puis au 40^e jour on peut identifier l'attache du cordon ombilical et les différents organes, cette fin de l'organogenèse marque le passage au stade fœtal.

A partir de 45-50^e jour, les premiers centres d'ossification sont observés sur le fœtus au niveau des côtes, des vertèbres, du bassin, du crâne...

Les placentomes, ensemble placentaire constitué du cotylédon fœtal (houppes chorales) et de la caroncule maternelle, sont visibles à proximité de l'embryon à partir du 35^e jour.

Afin de s'assurer de la viabilité du conceptus, on observe les battements de l'ébauche cardiaque dès le 25^e jour de gestation. A partir du 45^e jour, il est aussi important de porter attention aux mouvements fœtaux, à l'apparence du liquide fœtal, qui doit être homogène, anéchogène et en quantité suffisante et au développement et à l'intégrité du fœtus.

En pratique, l'examen échographique permet de réaliser un diagnostic précoce de gestation à partir du 28^e – 30^e jour post insémination. Cet examen est fondé sur 3 critères principaux :

- **la présence de liquide dans les cornes (sous forme de zones anéchogènes)**
- **la mise en évidence de l'embryon de quelques millimètres**
- **l'examen de sa viabilité en visualisant ses battements cardiaques.**

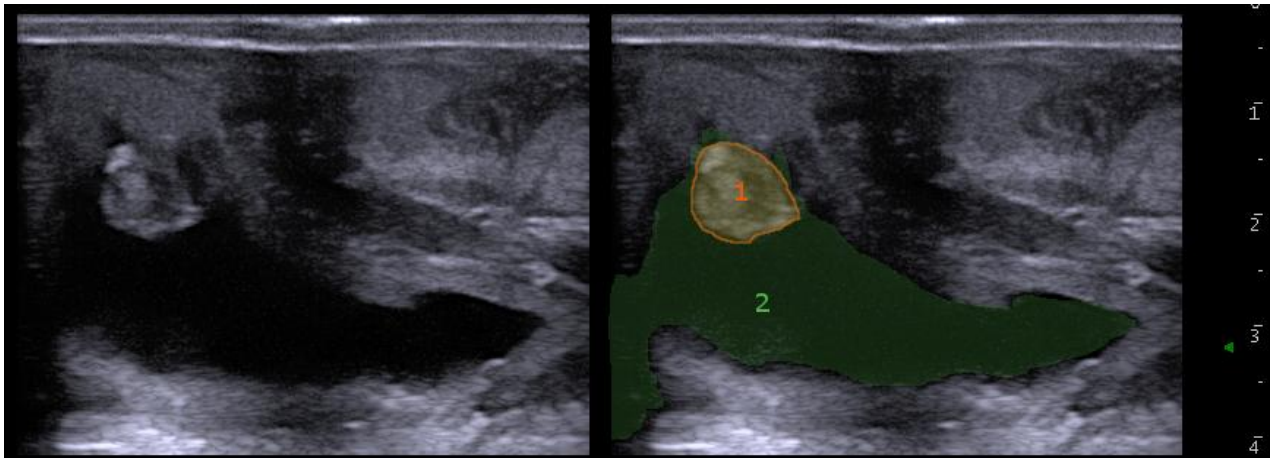


Image échographique 11 : Gestation de 29 jours
 1 : embryon - 2 : lumière utérine contenant le liquide du conceptus
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

c. Diagnostic de gestation tardif

Le diagnostic de gestation tardif est défini au-delà de 100 jours de gestation. A ce stade, l'intérêt de l'échographie transrectale est limité puisque le fœtus et les modifications de l'utérus peuvent être mis en évidence par palpation transrectale.

A partir du 4^e – 5^e mois de gestation, le poids important du fœtus l'entraîne vers le bas et il devient difficile de l'explorer par échographie transrectale. On peut alors envisager une échographie abdominale par le flanc droit, mais son intérêt reste limité en pratique.

d. Diagnostic de non gestation

Le diagnostic de non gestation nécessite le plus souvent un examen plus long. Pour établir ce diagnostic, il est important de rechercher la présence ou l'absence de corps jaune sur les ovaires. L'absence de corps jaune conforte le diagnostic de non gestation. Dans le cas contraire, il faudra examiner minutieusement l'ensemble de l'utérus, et vérifier l'absence de liquide notamment dans la corne ipsilatérale au corps jaune.

e. Diagnostic du sexe du fœtus

Ce diagnostic présente un intérêt avant tout économique, car il permet par exemple de valoriser la vente de vaches gravides porteuses de fœtus femelle, d'adapter les décisions à prendre en cas de part dystocique, ou de planifier la gestion du renouvellement du troupeau.

Le diagnostic du sexe en gynécologie bovine a été établi pour la première fois en 1986 par l'identification des organes génitaux externes (scrotum, pénis, trayons) entre le 70^e et le 120^e jour de gestation ²⁹. Cette technique, bien que fiable, est peu utilisée de nos jours, au

profit du sexage précoce, dont l'objectif est de localiser le tubercule génital entre 55 et 65 jours de gestation. Cette méthode, décrite pour la première fois en 1989 par Curran et coll.¹¹, est celle que nous avons appliquée dans notre étude.

Initialement situé à mi-distance entre la queue et le cordon ombilical (jusqu'au stade 50 jours), le tubercule génital migre en direction du cordon ombilical chez les mâles et deviendra le pénis, tandis qu'il migre en direction de la queue pour les femelles, pour évoluer en clitoris. Cette migration est considérée comme achevée à 55 jours de gestation.

Dans les 2 sexes, le tubercule génital est une structure bilobée hyperéchogène. Les principaux risques d'erreurs lors du diagnostic du sexe sont dus à la confusion du tubercule avec les structures avoisinantes (la queue lors de l'identification d'un fœtus femelle, le cordon ombilical pour le fœtus mâle), ainsi qu'à une confusion entre le corps du pénis et le raphé médian de la femelle, ou à une mauvaise orientation du fœtus qui peut entraîner une confusion entre des coupes des membres et le tubercule génital^{37,38}.

Afin de réaliser ce diagnostic, il est important de réaliser les plans de coupe adaptés en fonction des structures fœtales identifiées (tête, membres, cordon ombilical...). Le diagnostic du sexe est réalisé à partir de coupes transversales sériées (image échographique 12) ou sur une coupe horizontale (images échographiques 14 et 16) afin de bien visualiser les structures d'intérêt. Les coupes sagittales ne (image échographiques 13) ne permettent pas de réaliser le diagnostic du sexe. En pratique, cet examen requiert une bonne expérience, car on obtient souvent des coupes intermédiaires, en raison de la mobilité du fœtus.

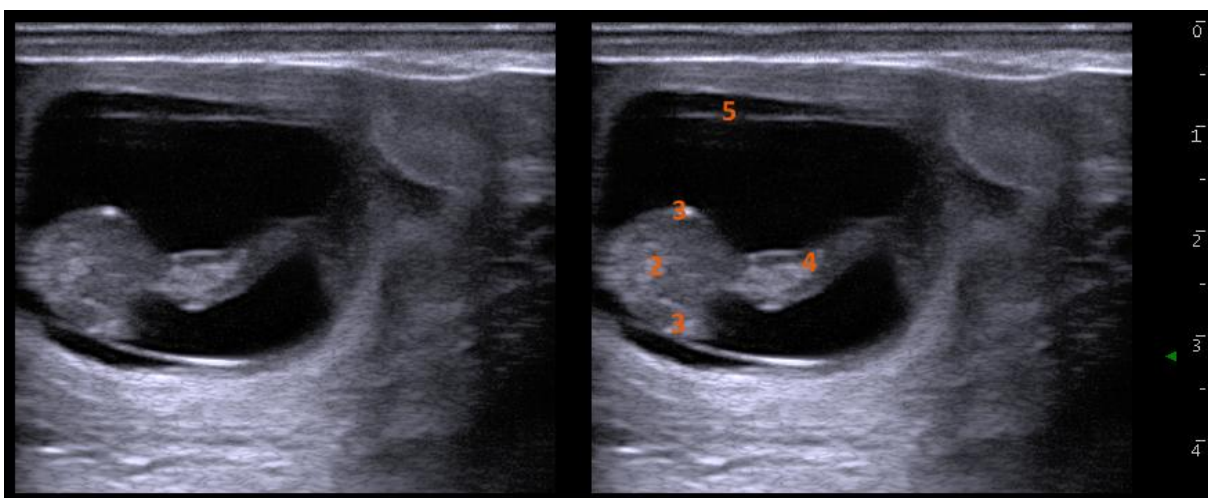


Image échographique 12 : Fœtus à 50 jours de gestation – coupe transversale
2 : corps ; 3 : ébauches de membres ; 4 : cordon ombilical ; 5 : amnios
(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

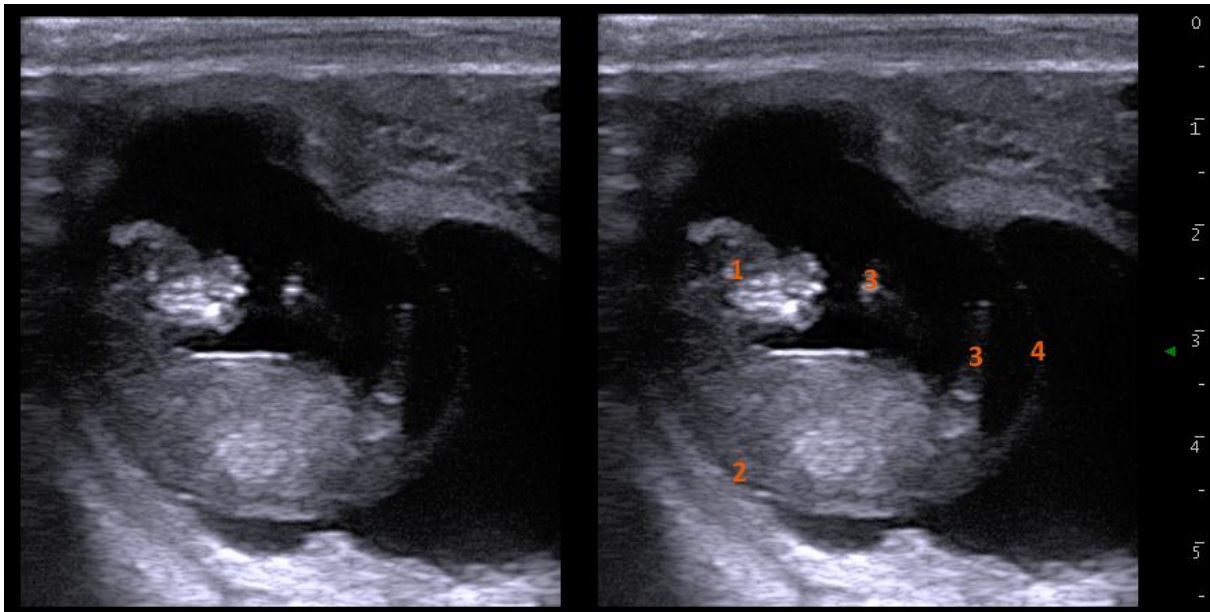


Image échographique 13 : Fœtus à 52 jours de gestation – coupe sagittale

1 : tête ; 2 : dos ; 3 : membres ; 4 : queue

(Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

En pratique, après avoir orienté le fœtus, sur des coupes transversales, le tubercule génital est recherché entre le cordon ombilical et la queue (image échographique 12). En cas d'un diagnostic femelle, il est important de vérifier l'absence de tubercule génital derrière le cordon, en complément de l'identification du tubercule génital en position postérieure, sous la queue.

Les coupes horizontales permettent de visualiser sur la même image, réalisée sur le bord ventral de l'abdomen, l'ensemble des structures d'intérêt (coupes de membres, cordon ombilical, coupe de la queue et bourgeon génital).

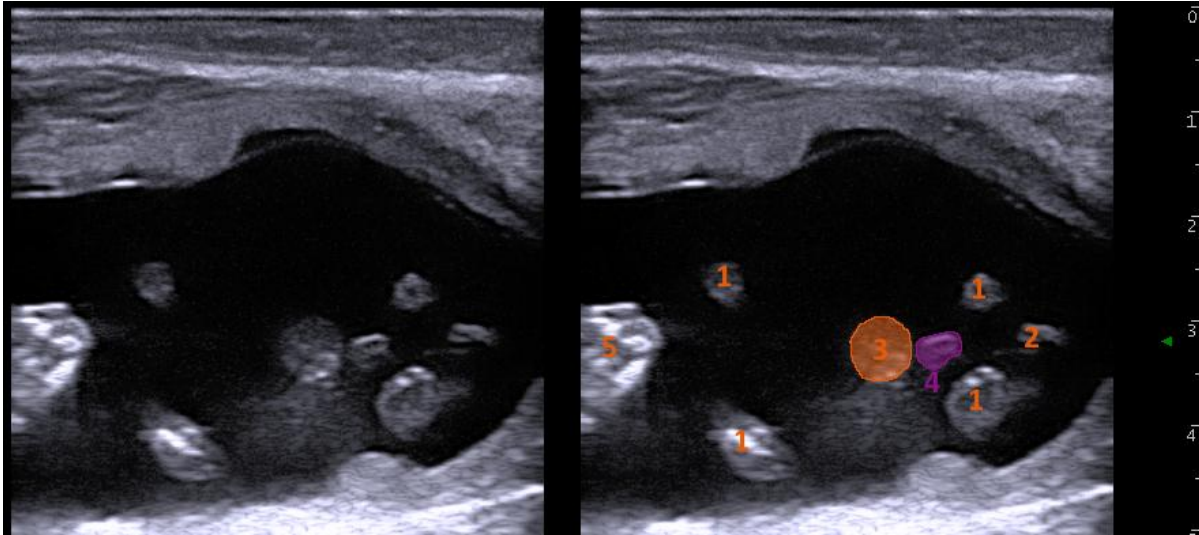


Image échographique 14 : Fœtus mâle à 58 jours de gestation – coupe horizontale
 1 : membres ; 2 : queue ; 3 : cordon ombilical ; 4 : tubercule génital ; 5 : tête
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

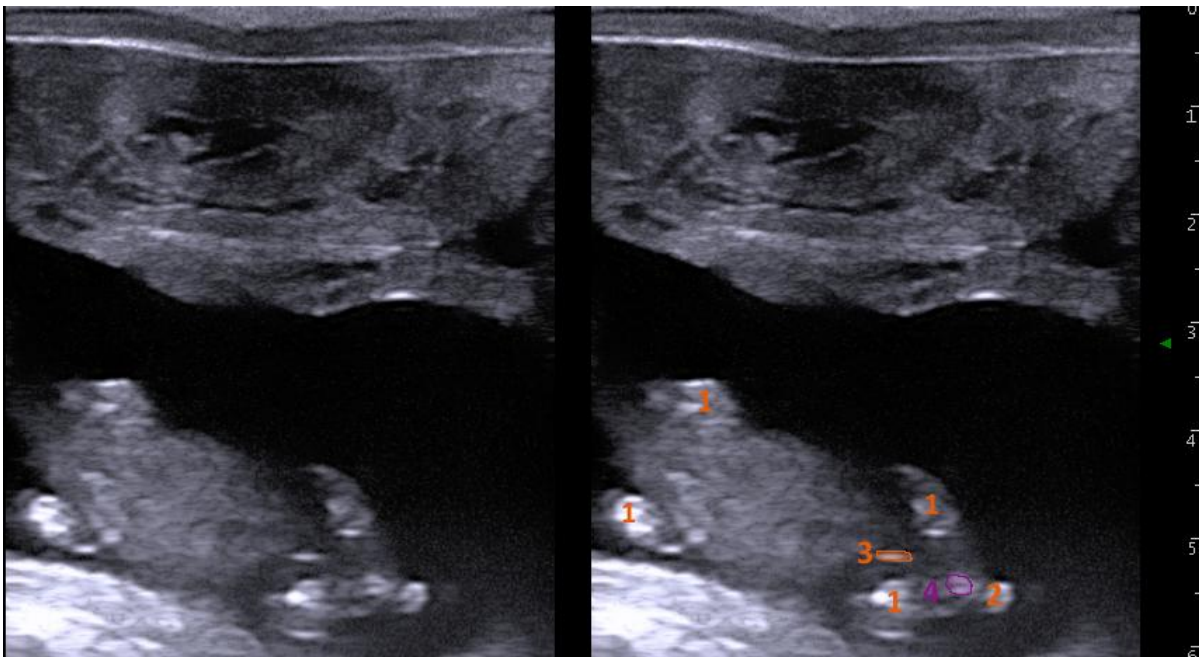


Image échographique 15 : Fœtus femelle à 58 jours de gestation – coupe horizontale
 1 : membres ; 2 : queue ; 3 : raphé médian ; 4 : tubercule génital
 (Echelle : une graduation correspond à 0,5 cm)

Après 70 jours, le tubercule génital est recouvert par les petites lèvres ou le prépuce, il perd donc son échogénicité et son aspect bilobé et devient moins visible à l'échographie. Parallèlement, les organes génitaux externes (scrotum, mamelles) deviennent visibles et serviront de base pour le diagnostic du sexe du fœtus. Chez la femelle, les trayons sont visibles dès 70 jours, et apparaissent comme quatre points hyperéchogènes, disposés en losange entre les postérieurs.

Chez le mâle, on observe le scrotum, masse bilobée en partie médiane de la région pelvienne, et du pénis, comme un renflement en arrière du cordon ombilical.

Plus le stade de gestation avance, et moins il sera aisé de réaliser un diagnostic du sexe du fœtus en raison de sa taille importante et des difficultés de repère topographique sur l'écran échographique. De plus le fœtus est de moins en moins accessible, de part sa localisation dans la cavité abdominale. Il est donc recommandé d'effectuer le diagnostic tardif du sexe entre 80 et 100 jours de gestation ³⁹.

f. Diagnostic de gémellité

Il est intéressant de détecter une gestation gémellaire en raison des possibles complications lors de la mise-bas. En effet, une étude récente ³² a montré que le taux de mortalité des veaux issus de gestation gémellaire était de 28,2% contre 7,2% pour ceux issus de gestation simple.

Ce diagnostic est difficile à établir puisqu'il nécessite d'observer les deux embryons sur une même coupe afin d'éviter toute erreur d'interprétation. Pour orienter la recherche, l'examen des deux ovaires dans un premier temps est recommandé : si on observe plus d'un corps jaune, alors l'examen attentif des deux cornes est primordial. La période la plus favorable pour détecter la gémellité se situe entre 30 et 100 jours de gestation, avec un optimum entre 40 et 75 jours ²⁴.

g. Diagnostic des pathologies de la gestation

i. Mortalité embryonnaire et fœtale

La mortalité embryonnaire est définie par l'interruption de la gestation entre la fécondation et le 42^e jour, correspondant à la fin de l'organogenèse. Au-delà de 42 jours, on parlera de mortalité fœtale.

La mortalité embryonnaire peut être divisée en deux périodes :

- mortalité embryonnaire précoce qui se déroule avant la reconnaissance maternelle de la gestation qui survient avant l'émission du signal embryonnaire (trophoblaste), les 15^e - 17^e jours de gestation. Le retour en chaleur n'est pas décalé par rapport à la durée du cycle.
- mortalité embryonnaire tardive qui survient après la reconnaissance maternelle (16 jours) et le 42^e jour de gestation, et qui est associée à un retour en chaleur décalé, au-delà de 25 jours.

La plupart des mortalités embryonnaires surviennent avant le 25^e jour de gestation ¹⁴, bien que la période entre le 25^e et le 42^e jour de gestation soit critique, car elle correspond à l'implantation.

Le diagnostic de mortalité embryonnaire et fœtale à l'échographie, est établi lors d'examens séquentiels par la mise en évidence d'un embryon à un moment et l'absence d'embryon ou de fœtus un peu plus tard (ou un retour en chaleur). En temps réel, le diagnostic de cette pathologie de la gestation est fondé sur les critères suivants :

- une taille du fœtus réduite par rapport au stade de gestation
- une mauvaise définition des structures observées
- la présence de nombreux débris échogènes dans le liquide amniotique ou allantoïdien.

Il est alors important de rechercher les signes de vitalité de l'embryon ou du fœtus (battements cardiaques, mouvements...). En cas de doute, il est nécessaire de renouveler l'examen échographique.

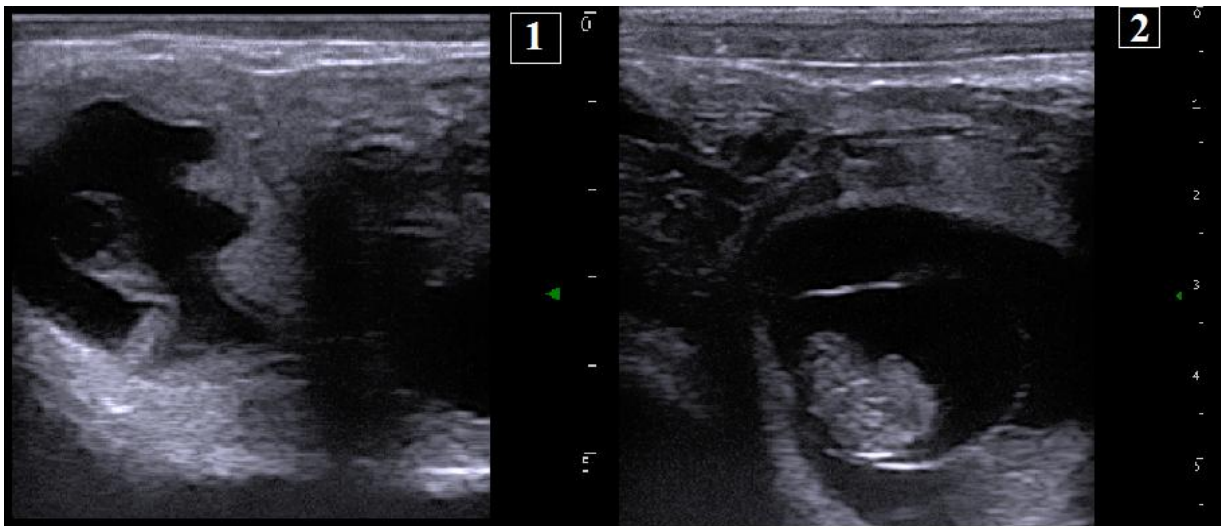


Image échographique 16 : Comparaison de deux gestations à 42 jours

1 : mortalité embryonnaire ; 2 : gestation physiologique

L'amnios et le fœtus en coupe transversale sont bien nets et visibles sur l'image 2, alors que les structures du conceptus sont plus floues sur l'image 1.

(Echelle : une graduation correspond à 1 cm sur l'image de gauche, et à 0,5 cm sur l'image de droite)

ii. Momification ou macération fœtale

A l'échographie, le diagnostic de momification fœtale est établi lorsque les images échographiques présentent une masse de tissu intra-utérin hyperéchogène sans liquide, un amas d'os hyperéchogène avec des cônes d'ombre, associés parfois à une paroi utérine épaissie ¹⁷.

B. REALISATION DE L'ATLAS ECHOGRAPHIQUE

I- OBJECTIFS

Notre atlas interactif d'images échographiques est destiné aux étudiants vétérinaires, de la première à la dernière année du cursus vétérinaire et aux praticiens. L'objectif est de mettre à disposition des images et des vidéos de l'appareil génital de la vache à des étudiants ayant déjà bénéficié d'un enseignement initial en physiologie de la reproduction, en imagerie médicale et en gynécologie bovine. L'apport de légendes est indispensable à la compréhension des images et des vidéos. Un support textuel synthétique rappelant les notions de base vient compléter les images de référence.

L'interactivité de cette ressource pédagogique est un point important à considérer. Ainsi, cet outil interactif autorise une formation en autodidacte. En outre, l'intégration des connaissances se fait plus naturellement puisqu'elle naît d'un mécanisme réflexif et non d'une mémorisation pure. Par ailleurs, les étudiants ont accès à des cas cliniques avec autocorrections et commentaires, leur permettant d'acquérir une démarche diagnostique.

Différents travaux antérieurs, dont des thèses vétérinaires, ont déjà été consacrés à la réalisation d'atlas échographiques en gynécologie bovine, sur support CD-Rom ou papier. Cependant, il n'existe pas de site internet et la ressource multimedia la plus récente date de 2004. Or, les évolutions technologiques permettent actuellement d'obtenir des images échographiques de meilleure qualité, qui facilitent l'apprentissage de l'étudiant. Ainsi, l'acquisition d'un nouvel échographe par le service de reproduction de l'ENVT en 2011 a permis de lancer ce projet d'élaboration d'un nouvel atlas d'images échographiques en gynécologie bovine.

II- MATERIELS ET METHODES

1. Réalisation des images échographiques

a. Choix de l'échographe et des réglages

Les images échographiques ont été réalisées avec l'échographe MyLab™ One VET (Hospimédi, France, Esoate, Genova, Italie), utilisé dans le cadre des enseignements de reproduction à l'ENVT. Celui-ci est équipé d'une sonde linéaire à large bande passante (fréquences de 5 à 10 MHz).

Cet échographe portable présente un large écran tactile haute résolution de 12 pouces, avec une interface intuitive, ce qui permet une prise en main rapide et une facilité d'utilisation. Les différents paramètres (fréquence, gain, luminosité...) sont facilement modifiables, et il permet d'effectuer des mesures instantanées (taille du fœtus, d'un organite...). Cependant, il reste relativement lourd (4,4 kg) et volumineux, ce qui peut parfois rendre son utilisation difficile en élevage.

La sonde utilisée est une sonde linéaire, type de sonde le plus utilisé en gynécologie bovine ¹. En effet c'est une sonde facile à manipuler, avec une ergonomie adaptée à l'examen transrectal, qui permet d'avoir une représentation spatiale aisée de l'image obtenue. Le plan de coupe est constitué de lignes d'échos réfléchis toutes parallèles entre elles, avec une résolution latérale constante sur la profondeur d'exploration. Cependant, la surface de contact est assez importante, ce qui peut parfois nuire à la qualité de l'image, du fait du mauvais contact avec une partie de la paroi du rectum, notamment en présence de poches d'air ou de fèces sous la sonde.

Le choix de la fréquence influence la résolution et la profondeur des structures à visualiser. Ainsi, les sondes de haute fréquence ont une excellente résolution mais pénètrent moins profondément.

Au cours de ce projet, nous avons principalement utilisé une fréquence de 10 MHz, qui nous a permis d'obtenir une profondeur d'exploration de 4-5cm, adaptée à l'observation des ovaires et de l'utérus non gravide ou en début de gestation. Pour suivre le développement du fœtus, nous avons dans la mesure du possible, essayé de placer la sonde à proximité de son emplacement, et lorsque son développement était plus avancé ou lors de descente de l'utérus dans la cavité abdominale, nous avons utilisé la fréquence de 5 MHz, autorisant une profondeur d'exploration de 12 cm.

b. Constitution d'une banque d'images échographiques

Les images échographiques présentées dans ce travail ont toutes été obtenues avec le même appareil, MyLab One.

Les images concernant le cycle ovarien et le suivi de gestation ont été collectées sur neuf génisses Prim'Holstein hébergées dans l'unité pédagogique de physiologie à l'ENVT.

Les images correspondant à des situations pathologiques ont été réalisées au cours des suivis de reproduction en élevages laitiers Prim'Holstein (chez M. Cabrol à Cambounet-sur-le-Sor (81), M. Eychenne à Martres-Tolosane (31) et M. Maurel à Verdalle (81)) et dans le cadre des travaux pratiques de gynécologie sur les vaches examinées aux abattoirs de Castelnaudary (31) et Puylaurens (81).

Les suivis de gestation ont été réalisés sur neuf génisses à partir du 25^e jour post IA, en moyenne tous les 2 à 10 jours et jusqu'à 82 jours, afin d'observer le développement du conceptus. Sur une des génisses, nous avons poursuivi ces échographies jusqu'au 107^e jour de gestation (figure 4).

A partir du 55^e jour, nous avons réalisé le diagnostic du sexe du fœtus, fondé sur la position relative du tubercule génital, puis sur la mise en évidence des organes génitaux externes à partir du 80^e jour.

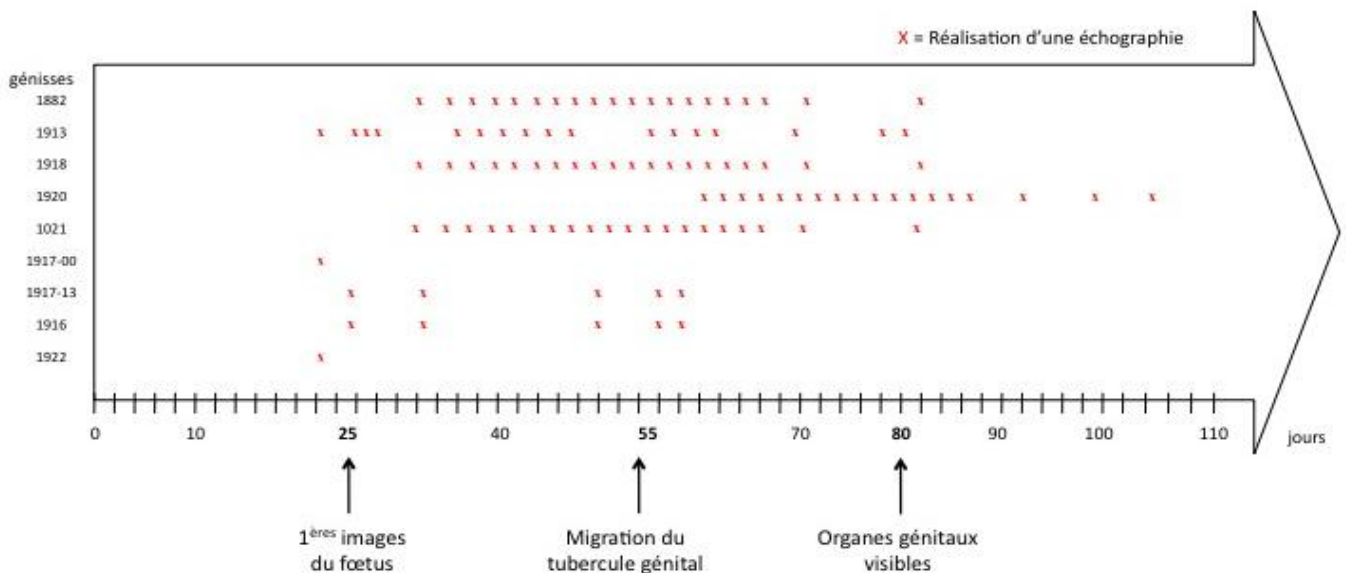


Figure 4 : Suivis de gestation

Réalisation et enregistrement d'images échographiques sur 9 génisses au cours de la gestation.

L'ensemble de cette étude a représenté un total de 130 échographies, avec 1 à 21 échographies par génisse.

Pour le suivi du cycle, nous avons réalisé des échographies à partir de 3 jours après un traitement PGF2 α (soit autour du moment de l'ovulation), tous les jours pendant 9 jours (période correspondant à l'œstrus, métœstrus, début du diœstrus) puis tous les 2 jours pendant 10 jours (période correspondant au diœstrus) puis de nouveau tous les jours pendant 4 jours (prœstrus) (figure 5).

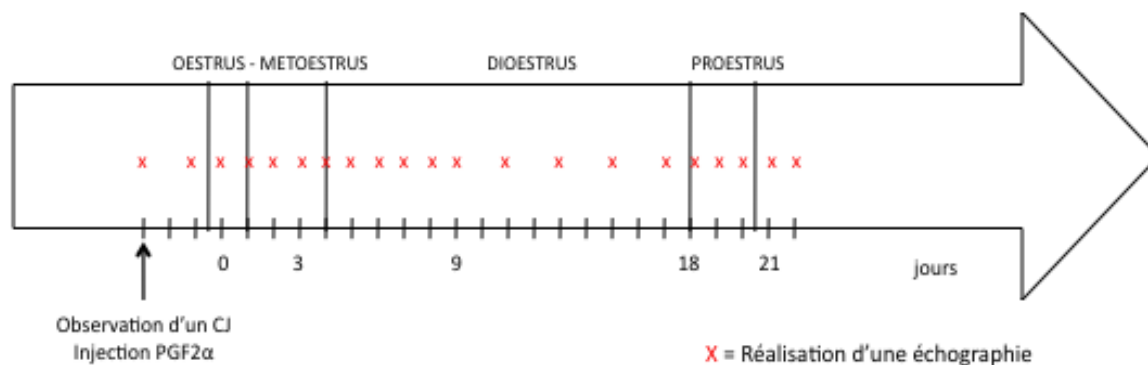


Figure 5 : Suivi du cycle ovarien
Réalisation d'images échographiques sur une génisse au cours de son cycle ovarien.

c. Traitement des images

Les images échographiques réalisées au cours de ce travail de thèse ont été enregistrées et classées selon différentes modalités afin de pouvoir les retrouver facilement : date ; origine (vaches de physiologie, suivis de reproduction, abattoir...) ; type d'organe concerné (ovaires, utérus, gestation...).

La base de données ainsi archivée représentait plus de 2000 fichiers (images et clips échographiques). Une sélection a été réalisée pour ne conserver que 180 fichiers, présentés dans l'atlas : 127 images (dont 106 avec une légende en couleur) et 53 clips vidéo.

Les images échographiques sélectionnées ont été retravaillées avec le logiciel *Adobe® Photoshop® Elements 6.0* (Adobe Systems Software Ireland Ltd.) et le logiciel *The GIMP® 2.8.0* : elles ont été recadrées et légendées à l'aide de codes couleurs de façon à mettre en évidence les éléments d'intérêt. Les images ont été enregistrées sous un format PNG (*Portable Network Graphics*), permettant de conserver la qualité de l'image tout en diminuant la taille pour éviter que le fichier ne soit trop volumineux.

Les clips vidéo ont été recoupés afin de conserver uniquement la séquence d'intérêt, et enregistrés sous un format SWF (*Shock Wave Flash*), compatible avec la lecture en ligne.

2. Réalisation du site internet

a. Choix du support

Le choix d'un support multimédia par rapport à un support papier s'est clairement imposé. En effet, la visualisation d'images échographiques est plus facile sur écran. En outre, l'intérêt du multimédia réside surtout dans la possibilité de visualiser des séquences d'images échographiques avec des clips vidéo, qui reflètent bien mieux la réalité d'un examen échographique qu'une image fixe.

L'utilisation d'Internet comme support a été choisie en raison de son accessibilité et son adaptabilité. Les informations sont ainsi disponibles partout en temps réel pour l'ensemble des étudiants de l'ENVT. Ce choix a également été motivé par la volonté des unités pédagogiques de pathologie de la reproduction et de physiologie de développer un enseignement à distance (e-learning) pour les formations tutorées ou en auto-apprentissage.

b. Création du site Internet

Les images et les clips vidéo ont tout d'abord été traités et organisés selon la structure du site choisi. Puis, la réalisation du site internet a été confiée à M. RIMBAULT Christian de la société SKYLINE COMPUTER ND qui s'est chargé de la conception (hébergement, mise en place de la trame, insertion du contenu...).

c. Présentation de l'atlas en ligne

L'atlas échographique est accessible à l'adresse suivante : **www.reproduction-envt.com**

i. Plan du site Internet

L'architecture du site suit une organisation en menus et sous-menus, avec différents enchainements possibles entre les pages (figure 6).

Structure du site Internet

Page d'accueil

COURS EN IMAGES

I. ARTEFACTS

Mauvais contact
Cône d'ombre
Réverbération
Miroir

II. ANIMAL NON GRAVIDE

1. Evolution physiologique de l'appareil génital au cours du cycle œstral

- Ovaires : - Follicules
- Corps jaunes : Corps jaune mature
Corps jaune cavitaire
Formation et régression
- Evolution au cours du cycle
- Utérus : - Col
- Peri-oestrus
- Dioestrus
- Evolution au cours du cycle

2. Evolution de l'utérus pendant la période post-partum

3. Pathologie de l'appareil génital

- Pathologies ovariennes : - Ovaire inactif
- Kystes folliculaires
- Kystes lutéaux
- Tumeur ovarienne
- Pathologies utérines : - Métrite puerpérale
- Pyomètre
- Mucomètre
- Autres pathologies : - Urovagin
- Hydrosalpinx et bursite
- Abscess du ligament large
- Tumeur de la vessie

III. ANIMAL GRAVIDE

1. Gestation

Gestation de 25 à 55 jours
Gestation après 55 jours
Evolution de la gestation

2. Sexage

Mâle
Femelle

3. Pathologie de la gestation

Avortement

IV. AUTRES IMAGES

Vessie

Vaisseaux

DIAGNOSTICS DIFFERENTIELS

Diagnostic différentiel des organites ovariens

Follicules / vaisseaux

Corps jaune cavitaire / kyste lutéal

Follicule / kyste folliculaire

Kyste lutéal / kyste folliculaire

Kyste folliculaire / gestation

Diagnostic différentiel de la gestation

Mortalité embryonnaire

Utérus en période d'œstrus

Métrite

Mucomètre

Kystes et follicules

Vessie

Diagnostic différentiel du sexe

Tubercule génital /queue

Cordon ombilical /pénis

Pénis /raphé médian

CAS CLINIQUES

Cas clinique n°1

Cas clinique n°2

Cas clinique n°3

Cas clinique n°4

Cas clinique n°5

Cas clinique n°6

Cas clinique n°7

Cas clinique n°8

Figure 6 : Plan du site Internet

Toutes les pages ont la même organisation générale (figure 7). Le menu principal est affiché sur la gauche, permettant d'accéder aux différents chapitres et sous-chapitres, il sert de barre latérale de navigation. La lecture est aussi possible à l'aide du menu en cascade présent en haut de chaque page.

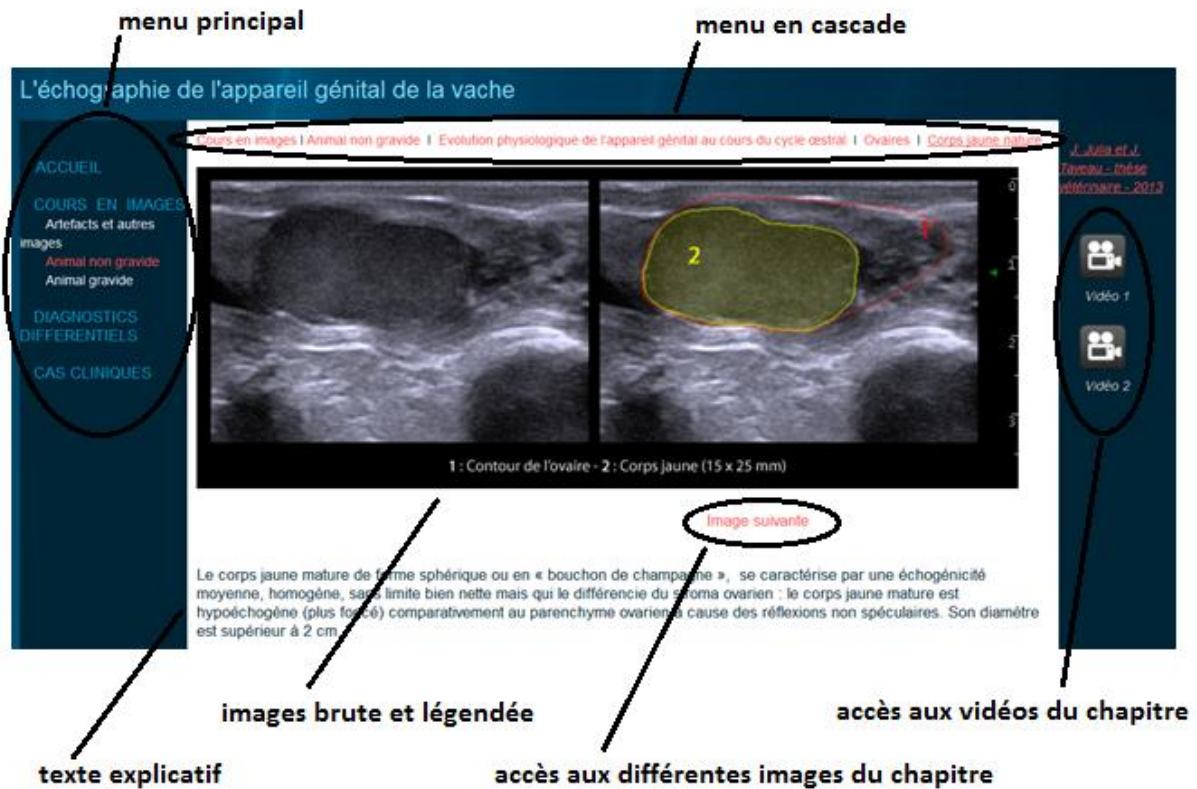


Figure 7 : Organisation générale d'une page du site internet

ii. Visualisation des échographies

La partie « Cours en images », permet de présenter les images échographiques de référence : chaque image est présentée en double, avec l'image d'origine recadrée à gauche, et l'image légendée accolée à droite. Un texte explicatif placé sous l'image décrit les points importants à observer (figure 8).

L'échographie de l'appareil génital de la vache

ACCUEIL

COURS EN IMAGES

Artefacts et autres images

Animal non gravide

Animal gravide

DIAGNOSTICS DIFFERENTIELS

CAS CLINIQUES

Cours en images | Animal non gravide | Evolution physiologique de l'appareil génital au cours du cycle oestral | Ovaires | [Corps jaune cavitaire](#)

J. Julia et J. Taveau - thèse vétérinaire - 2013



1 : Contours de l'ovaire - 2 : Corps jaune cavitaire (tissu lutéal) - 3 : Corps jaune (cavité)

Image suivante

En moyenne, 40% des corps jaune matures présentent en leur centre une cavité de moins de 2 cm de diamètre, contenant un liquide anéchogène. On parle alors de corps jaunes cavitaires. Ils sont considérés comme des structures normales.

Figure 8 : Présentation d'une page de cours en images

La partie « diagnostics différentiels » permet de confronter des structures pouvant être confondues lors de la lecture des images échographiques de l'appareil génital de la vache. Ainsi des images, ayant des structures échographiques similaires, sont présentées côte à côte avec un texte explicatif permettant de visualiser les différences et d'éviter ainsi les erreurs d'interprétation (figure 9).

L'échographie de l'appareil génital de la vache

ACCUEIL

COURS EN IMAGES

DIAGNOSTICS DIFFERENTIELS

Diagnostic différentiel des organes ovariens

Diagnostic différentiel de la gestation

Diagnostic différentiel du sexe

CAS CLINIQUES

Diagnostic différentiels | Diagnostic différentiel de la gestation | Diagnostic différentiel de la gestation Mortalité embryonnaire | [Mortalité embryonnaire](#)



A : mortalité embryonnaire tardive (42 jours)

B : gestation (42 jours)

Lors d'une gestation normale, on observe les battements de l'ibauche cardiaque et il est possible d'évaluer l'intégrité des structures embryonnaires en fonction du stade de gestation. Sur l'image A, on ne distingue aucune formation embryonnaire, la structure est atypique.

Figure 9 : Présentation d'une page de diagnostic différentiel

iii. Présentation des cas cliniques

Les cas cliniques, au nombre de huit, ont pour but de mettre en pratique les enseignements des parties précédentes, en permettant ainsi à l'étudiant de devenir acteur de son apprentissage. Ils présentent différentes situations physiologiques et pathologiques couramment rencontrées au cours des suivis d'élevage :

- trois diagnostics de gestation
- anoestrus fonctionnel
- détermination du statut physiologique d'une vache à inséminer
- sexage de 5 fœtus
- kyste folliculaire
- mortalité embryonnaire
- endométrite
- kyste lutéal

Dans un premier onglet « présentation », le cas clinique est présenté à l'aide d'images et de clips vidéo non retouchés, accompagnés d'un court texte résumant les commémoratifs. Puis sur un deuxième onglet « description », les images et des captures d'images des clips vidéo sont légendées et expliquées afin de résoudre le cas (figure 10). Il est ensuite aisé de revenir sur l'onglet « présentation » pour observer le clip vidéo dans sa totalité ou l'image échographique brute.



Figure 10 : Présentation d'un cas clinique

CONCLUSION

L'échographie est un outil diagnostique couramment utilisé par les vétérinaires praticiens, notamment lors des suivis de reproduction dans les élevages bovins. Elle permet de diagnostiquer avec précision différentes situations physiologiques (suivi ovarien et gestation) ou pathologiques en gynécologie bovine.

La mise au point d'un atlas présentant des images types permet à l'étudiant d'acquérir une expérience complémentaire à son apprentissage clinique en élevage, et au praticien de confronter les images obtenues aux images de référence. Un support pédagogique multimédia tel qu'un site Internet permet un apprentissage accessible par tous et adapté à l'échographie. Les utilisateurs peuvent en effet suivre le cours en images à leur rythme et se confronter aux diagnostics différentiels les plus courants, à travers une approche interactive.

L'originalité de cet atlas échographique tient d'une part dans l'interactivité du site Internet grâce aux cas cliniques mis à disposition de l'utilisateur, et d'autre part dans la possibilité de visionner les images en dynamique grâce à de courtes séquences vidéo.

Au bilan, un tel projet permet une appropriation de l'apprentissage théorique à travers des outils interactifs, disponibles partout et pour tous. Ce travail non exhaustif pourra être complété avec les images enregistrées au cours des séances de travaux pratiques et cliniques à l'ENVT. Il pourra être étendu au taureau et à d'autres espèces. Il pourra également être complété par des projets cliniques utilisant l'échographie doppler couleur qui permet d'évaluer le fonctionnement du tractus génital femelle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADAMS G, BOLLWEIN H, BUCZINSKI S, CARRIERE PD, CHASTANT-MAILLARD S, COLLOTON J, CRUVINEL HMR, CURRAN S, DESCÔTEAUX L, DUROCHER J, GAYRARD V, GNEMMI G, GONZALES-BULMES A, LEFEBVRE R, MARTIN GB, MATSUI M, MIYAMOTO A, PARRAGUEZ H, PICARD-HAGEN N, RAGGI LA, RATTO M, SALE S, SALES ZLATAR F, STROUD B, VINOLES-GIL C (2009). *Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants*. Paris : Med'com. 239 p. ISBN 978-2-35403-028-5.
2. ALVES DE OLIVIERA L, AUBRY P, BADINAND F, BAREILLE N, BERTHELOT X, BOUCHARD E, BOUSQUET D, BRODEUR M, BUCZINSKI S, CARRIERE PD, CHANVAILLON A, CHASTANT S, COLLOTON J, DESCÔTEAUX L, DISENHAUS C, DORE M, DUBUC C, ENJALBERT F, GAYRARD V, HANZEN C, HARVEY D, LEFEBVRE R, NOUVEL X, OPSONER G, PICARD-HAGEN N, ROY JP, SEEGER S, STOCK A, TAINTURIER D, VAILLANCOURT D (2012). *VADE-MECUM de la gestion de la reproduction des bovins laitiers*. Paris : Med'com. 240 p. ISBN : 978-2-35-403-093-3.
3. BARONE R (1990). *Anatomie comparée des mammifères domestiques : Tome 4 Splanchnologie II*. Deuxième édition. Paris : Vigot. 951 p. ISBN 2-7114-9012-2.
4. BARR F, GASCHEN L (2011). *BSAVA manual of canine and feline ultrasonography*. England : BSAVA. 222 p. ISBN 978-1-905319-30-5.
5. BOIN E (2001). *Atlas d'échographie en gynécologie bovine*. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 99 p.
6. BUDRAS KD, HABEL RE, WÜNSCHE A, BUDA S, JAHRMÄRKER G, RICHTER R, STARKE D (2003). *Bovine Anatomy: An illustrated text*. First édition. Hannover, Germany : Schlütersche. 138 p. ISBN 3-89993-000-2.
7. CALAIS E, DRENO C (2004). *L'échographie en gynécologie bovine, ovine et caprine : réalisation d'un CD-ROM didactique*. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 206 p.
8. CHASTANT-MAILLARD S (2010). Intérêt de l'échographie des kystes ovariens. *Le Point Vétérinaire*, **303**, 49-53.
9. CHEVALIER F (1988). Echographie de l'appareil génital des femelles domestiques. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, **164**, 81-100.
10. CROS N (2005). *Le sexe du fœtus par échographie chez la vache : étude de l'utilisation pratique sur le terrain*. Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon, 158 p.
11. CURRAN S, KASTELIC JP, GINTHER OJ (1989). Determination sex of the bovine fetus by ultrasonic assessment of the relative location of the genital tubercle. *Animal Reproduction Science*, **19**, (3-4), 217-227.
12. DEGUILLAUME L (2010). *L'inflammation génitale post-partum de la vache*. Thèse d'Université, AgroparisTech, 206 p.

13. DEGUILLAUME L, CHASTANT-MAILLARD S (2009). Comment bien diagnostiquer les endométrites de la vache. *Bulletin des GTV*, **49**, 101-105.
14. EDMONDSON AJ, FISSORE RA, PASHEN RL, BONDURNT RH (1986). The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract I. Normal and pathological ovarian structures. *Animal Reproduction Science*, **12**, 157-165.
15. FIENI F, TAINTURUER D, BRUYAS JF, BATTUT I (1998). Examen échotomographique des ovaires chez la vache. *Journées nationales des GTV*, Tours 27, 28 et 29 mai 1998, 411-415.
16. FILTEAU V, DESCOTEAUX L (1998). Valeur prédictive de l'utilisation de l'appareil échographique pour le diagnostic précoce de la gestation chez la vache laitière. *Med Vet Québec*, **28**, 81-85.
17. FISSORE RA, EDMONSON AJ, PASHEN RL, BONDURANT RH (1986). The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract II. Non-pregnant, pregnant and pathological conditions of the uterus. *Animal Reproduction Science*, **12**, 167-177.
18. FRICKE PM (2002). Scanning the future – Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J.Dairy Sci.*, **85**, 1918-1926.
19. HANZEN CH, BASCON F, THERON L, LOPEZ-GATIUS F (2007). Les kystes ovariens dans l'espèce bovine. *Annales de Médecine Vétérinaire*, **151**, 247-256.
20. HANZEN CH (2012). *Les infections utérines des ruminants*. Service de Thériogenologie des animaux de production, Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège. http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/70572/1/R13_Infections_uterines_2013.pdf (consulté le 06.12.12).
21. JAUDON JP, PERROT C, VIAUD F, CADORE J (1991). Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale. *Point Vétérinaire*, **23** (135), 11-18.
22. KÄHN W (1994). *Atlas de diagnostics échographiques*. Paris : Maloine. 255 p. ISBN : 2-224-02282-4.
23. KAMIMURA S, OHGI T, TAKAHASHI M, TSUKAMOTO T (1993). Postpartum resumption of ovarian activity and uterine involution monitored by ultrasonography in Holstein cows. *The Journal of Veterinary Medicine Science*, **55**, 643-647.
24. LEBASTARD D. (1997) Echographie en gynécologie bovine : utilisations possibles dans le cadre d'un exercice en clientèle rurale. *Le Point Vétérinaire*, **28**, (181), 1089-1096.
25. MAISONNEUVE H, CHABOT O (2009). L'Internet en formation médicale continue : aussi efficace que les formations dites présentielle. *La Presse Médicale*, **38**, 1434-1442.
26. MARTINAT-BOTTE F, RENAUD G, MADEC F, COSTIOU P, TERQUI M (1998). Le principe de l'échographie. In *Echographie et reproduction chez la truie : bases et applications pratiques*. Paris : INRA, p. 10-15.

27. MIALOT JP, LEVY I, GRIMARD B (1991). L'échographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins. *Revue de Médecine Vétérinaire*, **167**, (1), 21-31.
28. MULLER M, DUPERRET S, VIALE JP (2008). Le e-learning en médecine : état des lieux et perspectives. Exemple d'un site Internet d'enseignement appliqué à l'échocardiographie en anesthésie, réanimation et urgences : www.echorea.org. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, **27**, 832-839.
29. MULLER E, WITTKOWSKI G (1986). Visualization of male and female characteristics of bovine fetuses by real-time ultrasonics. *Theriogenology*, **25**, (4), 571-574.
30. QUINTON H (2004). Dans quel contexte proposer un sexage du fœtus ? *Le Point Vétérinaire*, **248**, 8-9.
31. SILVA DEL RIO N et al. (2007). An observational analysis of twin births, calf sex ratio, and calf mortality in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, **90** (3), 1255-64.
32. SINGH J, PIERSON RA, ADAMS GP (1997). Ultrasound image attributes of the bovine corpus luteum : structural and functional correlates. *Journal of Reproduction and Fertility*, **109**, 35-44.
33. SIROIS J, FORTUNE JE (1988). Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biology of reproduction*, **39**, 308-317.
34. STROUD BK (1996). Using ultrasonography to determine bovine fetal sex. *Veterinary Medicine*, **91**, (7), 663-672.
35. TAINTURIER D, ANDRE F, CHAARI M, SARDJANA KW, LE NET JL, LIJOUR L (1983) Intérêt de l'échotomographie pour le contrôle de la reproduction d'un grand troupeau de vaches laitières. *Revue de Médecine Vétérinaire*, **134**, (7), 419-424.
36. TAINTURIER D, FIENI F, BRUYAS JF, BATTUT I (1998). Diagnostic de gestation chez la vache, application au diagnostic du sexe. In : *Journées nationales des GTV*, Tours 27, 28 et 29 mai 1998, 397-404.
37. TAINTURIER B, TAINTURIER D, BENCHARIF D (2003). Le diagnostic du sexe du fœtus chez la vache : étude des risques d'erreur. *Bulletin des GTV*, **20**, 349-352.
38. TAINTURIER B, TAINTURIER D, BENCHARIF D (2003). Sexage précoce du fœtus par échographie chez la vache. *Le Point Vétérinaire*, **34** (N° spécial : « Examens paracliniques chez les bovins »), 106-110.
39. TAINTURIER B, TAINTURIER D, BENCHARIF D (2003). Sexage tardif du fœtus chez la vache. *Le Point Vétérinaire.*, **241**, 36-39.
40. STEENHOLDT CW (1997). Chapter 48 – Infertility Due to Noninflammatory Abnormalities of the Tubular Reproductive Tract. *Pages 294 – 303*. In: *Current therapy in large animal theriogenology*. 1st edition. Philadelphia : W.B. Saunders Company. p. 1033-1061.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussignée, **Nicole HAGEN**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **JULIA Joséphine** intitulée « *Physiologie et pathologie de la reproduction de la vache : élaboration de ressources pédagogiques en ligne à partir d'images échographiques de l'appareil génital.* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 3 septembre 2013
Professeur Nicole HAGEN
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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



Vu :
Le Président du jury :
P/o Professeur Jean PARINAUD
Louis BUSAN



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT



Mlle **JULIA Joséphine**
a été admis(e) sur concours en : 2008
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 21/06/2012
a validé son année d'approfondissement le : 27/06/2013
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

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

Je soussignée, **Nicole HAGEN**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **TAVEAU Jeanne** intitulée « *Physiologie et pathologie de la reproduction de la vache : élaboration de ressources pédagogiques en ligne à partir d'images échographiques de l'appareil génital* » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

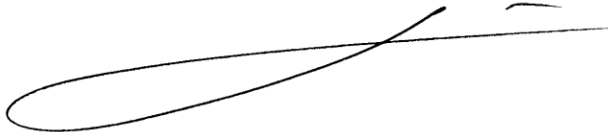
Fait à Toulouse, le 3 septembre 2013
Professeur **Nicole HAGEN**
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



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




Vu :
Le Président du jury :
P/o Professeur **Jean PARINAUD**
Louis BUSTAN



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur **Bertrand MONTHUBERT**



Mlle TAVEAU Jeanne
a été admis(e) sur concours en : 2008
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 21/06/2012
a validé son année d'approfondissement le : 27/06/2013
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**PHYSIOLOGIE ET PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA VACHE :
ELABORATION DE RESSOURCES PEDAGOGIQUES EN LIGNE
A PARTIR D'IMAGES ECHOGRAPHIQUES DE L'APPAREIL GENITAL**

Joséphine JULIA, Jeanne TAVEAU

RESUME :

L'échographie est une technique fiable et non invasive, représentant un outil précieux à la maîtrise du cycle œstral et au diagnostic des pathologies génitales chez la vache. Cette technique, utilisée en routine en médecine vétérinaire, nécessite une maîtrise à la fois de la réalisation de l'échographie, mais également de l'interprétation des images de la part du vétérinaire praticien.

Notre travail a pour but de concevoir une ressource Internet à visée didactique, constituée d'images légendées et de clips échographiques. Pour cela, les aspects théoriques et pratiques de la réalisation d'une échographie, puis les différentes applications de l'échographie lors de suivi de reproduction en élevage bovin sont abordées: détermination de l'état physiologique ou pathologique de l'appareil génital, suivi de gestation, sexage du fœtus.

Cette ressource Internet est un outil dynamique qui a pour but d'accompagner les étudiants et les praticiens dans la réalisation et l'interprétation d'images échographiques.

MOTS CLES : vache, échographie, gynécologie, cycles, gestation, sexage, e-learning

**THERIOGYNOLOGY OF COW:
DEVELOPMENT OF ONLINE EDUCATIONAL RESOURCES WITH ULTRASOUND
IMAGES OF GENITAL TRACT**

Joséphine JULIA, Jeanne TAVEAU

ABSTRACT:

Ultrasound is a reliable and non-invasive technique, used as a valuable tool for the management of the estrous cycle and diagnosis of genital diseases in cows. This technique routinely used in veterinary medicine, requires some skill for the veterinarian practitioner.

Our work aims to develop an Internet resource with educational purpose, consisting of captioned images and ultrasound clips. For this, we present the theoretical and practical aspects of conducting an ultrasound, the various applications of ultrasound in management of reproduction in cattle: monitoring of the physiological or pathological condition of the genital tract and of the pregnancy.

This Internet resource is a dynamic tool that is designed to help students and practitioners for monitoring of reproduction tract and interpretation of ultrasound images.

KEYWORDS: cow, ultrasonography, theriogenology, cycle, pregnancy, sexing, e-learning