

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 – Thèse n°095

CREATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE DE SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE DANS LE CADRE DU SUIVI DE REPRODUCTION CHEZ LES BOVINS

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON 1

(Médecine - Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 18 novembre 2022
pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

PERRET Nicolas

(Co-écrite avec PRE Annabelle)

CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2022 – Thèse n°095

CREATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE DE SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE DANS LE CADRE DU SUIVI DE REPRODUCTION CHEZ LES BOVINS

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON 1

(Médecine - Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 18 novembre 2022
pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

PERRET Nicolas

(Co-écrite avec PRE Annabelle)

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (14-09-2022)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Dr	BECKER	Claire	Maître de conférences
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Dr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur
Dr	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	RÉMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGEANTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Pr	VIGUIER	Eric	Professeur
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur

REMERCIEMENTS DU JURY

A Monsieur le Professeur CALENDER Alain,

De l'université Claude Bernard Lyon 1 et de la Faculté de Médecine,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Tous mes hommages les plus respectueux.

A Monsieur le Docteur Pierre BRUYERE,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,
Pour m'avoir aidé et soutenu tout au long de ce projet,
Sincères remerciements.

A Madame la Docteure Sara BELLUCO,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,
Pour avoir accepté de juger mon travail et de faire partie de ce jury de thèse,
Sincères remerciements.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ANNEXES	13
TABLE DES FIGURES	15
LISTE DES ABREVIATIONS	17
INTRODUCTION	19
PREMIERE PARTIE : BASES DE L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE GENITALE CHEZ LA VACHE	21
I. BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA VACHE.....	22
A. <i>Rappels anatomiques de l'appareil génital de la vache (1) (Partie réalisée en commun avec A. PRE)....</i>	22
1. La vulve.....	24
2. Le vestibule du vagin	24
3. Le vagin	24
4. L'utérus	25
5. Les trompes utérines	28
6. Les ovaires.....	28
7. Les organites ovariens	30
B. <i>Rappels de physiologie de la reproduction chez la vache (2) (Partie réalisée en commun avec A. PRE) .</i>	33
1. Les régulations hormonales accompagnant le cycle sexuel	33
2. L'œstrus : période des chaleurs	34
3. Le metœstrus : période de formation du corps jaune	35
4. Le diœstrus : période de domination du corps jaune	35
5. Le proœstrus : période de régression du corps jaune	36
6. La gestation.....	37
7. La période post-partum.....	37
C. <i>Affections de la reproduction chez la vache.....</i>	38
1. Affections des ovaires.....	38
a. L'inactivité ovarienne	39
b. Les kystes ovariens.....	39
c. Le corps jaune persistant	40
d. Les adhérences ovariennes.....	40
e. L'ovarite	41
f. Les tumeurs ovariennes.....	41
2. Affections de l'utérus	41
a. Les infections utérines	42
b. Mucomètre.....	43
c. Hydrosalpinx et pyosalpinx	43
d. Tumeurs utérines	43
II. L'ECHOGRAPHIE DANS LE CADRE DE LA REPRODUCTION BOVINE (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC A. PRE)	44
A. <i>Principes physique de l'échographie.....</i>	44
1. La production des ultrasons	44
2. La formation de l'image échographique.....	44
3. Les modes échographiques	45
4. Les principaux artéfacts.....	47
B. <i>Le choix de l'appareil et de la sonde.....</i>	49
1. Les différents types de sondes	49
a. La sonde sectorielle.....	50
b. La sonde linéaire	50
2. Le choix de la fréquence.....	51
3. Le choix de l'appareil	51
III. EXAMEN ECHOGRAPHIQUE DE L'APPAREIL GENITAL NON GRAVIDE LORS DU SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE BOVIN	53
A. <i>Examen échographique de l'utérus non gravide.....</i>	53
1. Utérus physiologique.....	53
a. Utérus hors période d'œstrus.....	53
b. Utérus en période péri-œstrale.....	55
c. Utérus en involution.....	57
2. Utérus pathologique.....	58
a. Retard d'involution.....	58
b. Métrite.....	59
c. Endométrite	59

d. Pyomètre	60
e. Mucomètre et hydromètre	61
B. Examen échographique des ovaires	62
1. Follicule	63
2. Corps jaune	64
3. Inactivité ovarienne	65
4. Kyste folliculaire.....	65
5. Kyste lutéal.....	66
6. Tumeurs ovariennes	66
DEUXIEME PARTIE : L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCHOGRAPHIE GÉNITALE BOVINE	69
I. PROBLEMES POSES PAR L'ENSEIGNEMENT DE L'ECHOGRAPHIE GENITALE BOVINE EN ECOLE VETERINAIRE	70
A. Les modalités de l'enseignement actuel.....	70
1. Dans les écoles vétérinaires françaises.....	70
2. Dans d'autres pays du monde.....	71
3. Importance des stages et modules complémentaires	72
B. Les difficultés pratiques et pédagogiques lors de l'enseignement	73
1. Les difficultés pratiques.....	73
2. Problématiques pédagogiques.....	74
C. Le problème éthique du bien-être animal	75
1. Stress	75
2. Lacération rectale et interruption de gestation	75
II. LES ATELIERS DE SIMULATION COMME COMPLEMENT A L'ENSEIGNEMENT EXISTANT	77
A. L'intérêt de la simulation en médecine vétérinaire	77
1. Respect de l'éthique	77
2. Intérêt pédagogique et bien être étudiant.....	77
a. Réduction du stress.....	77
b. Apprentissage des gestes techniques	78
B. Tour d'horizon des salles de simulations dans le monde	79
1. Les salles de simulation dans le monde.....	79
2. Les ateliers d'échographie génitale bovine déjà existants	79
C. Les limites de l'utilisation des modèles de simulation	80
1. Les coûts des salles de simulation.....	80
a. Coût de la salle	80
b. Coûts de la fabrication des modèles de simulation	80
2. L'usure du matériel.....	81
3. L'écart entre les ateliers de simulation et la réalité.....	81
D. Les autres compléments à l'enseignement actuel d'échographie génitale bovine	82
1. La coéloscopie.....	82
2. La technologie « Phantom ».....	82
TROISIEME PARTIE : CREATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE DE SIMULATION	85
I. MATERIEL ET METHODE (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC A. PRE)	86
A. Le matériel nécessaire	86
B. Mise au point de la technique de fixation	86
1. Les différentes méthodes de fixation	86
2. Les premiers essais de fixation.....	88
3. Méthode de fixation retenue.....	90
C. Conservation de la position physiologique utérine durant la fixation	90
1. Flottabilité de l'utérus	90
2. Mise en place de crochets au fond des boîtes de fixation.....	91
3. Attache de l'utérus au fond de la boîte de fixation.....	91
D. Transfert des utérus dans les poches d'éthanol à 70°	92
1. Transfert de l'utérus et soudure thermique de la poche.....	93
2. Importance de la qualité du plastique de la poche de perfusion.....	93
3. Remplissage de la poche avec l'éthanol à 70°	94
4. Identification des poches	94
E. Récolte et sélection des utérus en plus grand nombre	95
F. Rédaction des fiches explicatives et réalisation d'une vidéo explicative	96
1. Fiche de présentation globale de l'atelier	97
2. Fiche explicative de chaque utérus.....	97
3. Vidéo explicative de l'atelier	98
II. RESULTATS.....	99

<i>A. La banque d'utérus obtenue et les images échographiques associées</i>	99
1. Utérus n°1	99
2. Utérus n°2	102
3. Utérus n°3	105
4. Utérus n°4	108
5. Utérus n°5	112
6. Utérus n°6	114
7. Utérus n°7	116
8. Utérus n°8	118
9. Utérus n°9	121
<i>B. Fiches explicatives de l'atelier</i>	122
1. Fiche de présentation globale (Annexe 1)	122
2. Fiches spécifiques de chaque utérus (Annexes 2 à 10)	122
3. Vidéo explicative de l'atelier	123
III. DISCUSSION (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC A. PRE)	124
<i>A. Évaluation de la méthode de création de l'atelier</i>	124
<i>B. Comparaison de l'atelier avec une réelle échographie bovine</i>	124
1. Perte de la sensation de palpation	124
2. Réalisation de l'échographie	125
3. Qualité des images obtenues	125
<i>C. Intérêt pédagogique de l'atelier</i>	126
1. Visualisation d'un utérus en position physiologique	126
2. Possibilité d'apprentissage.....	126
3. Auto-évaluation des étudiants.....	127
4. Possibilités d'évaluation des étudiants.....	127
<i>D. Perspectives d'évolution et d'amélioration de l'atelier</i>	127
1. Amélioration des images échographiques	128
2. Élargissement de la gamme de cas cliniques.....	128
3. Échographie à l'aveugle grâce au mannequin de vache	129
4. Étude sur le ressenti étudiant envers cet atelier	129
CONCLUSION	131
BIBLIOGRAPHIE	133
ANNEXES	139
ANNEXE 1 : FICHE DE PRESENTATION GLOBALE	139
ANNEXE 2 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°1	144
ANNEXE 3 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°2	147
ANNEXE 4 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°3	150
ANNEXE 5 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°4	153
ANNEXE 6 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°5	155
ANNEXE 7 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°6	158
ANNEXE 8 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°7	161
ANNEXE 9 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°8	163
ANNEXE 10 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT POUR L'UTERUS N°9.....	165

TABLE DES ANNEXES

- Annexe 1 : fiche de présentation globale
- Annexe 2 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°1
- Annexe 3 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°2
- Annexe 4 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°3
- Annexe 5 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°4
- Annexe 6 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°5
- Annexe 7 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°6
- Annexe 8 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°7
- Annexe 9 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°8
- Annexe 10 : fiche d'accompagnement pour l'utérus n°9

TABLE DES FIGURES

- Figure 1 : Conformation intérieure de l'appareil génital d'une vache (BARONE, 2020)
- Figure 2 : Coupe médiane du bassin d'une vache (BARONE, 2020)
- Figure 3 : Organes pelviens d'une vache, vue crâniale (BARONE, 2020)
- Figure 4 : Conformation et structure de l'ovaire chez la vache (BARONE, 2020)
- Figure 5 : Régulation hormonale du cycle œstral (CHASTANT-MAILLARD, 2010)
- Figure 6 : Réflexion et réfraction d'une onde ultrasonore au niveau d'une interface acoustique
- Figure 7 : L'échographie en mode A et B (DAUZAT M)
- Figure 8 : L'échographie bidimensionnelle ou échotomographie (DAUZAT)
- Figure 9 : Artéfact de réverbération causé par la présence de gaz entre la sonde et la muqueuse rectale (DESCOTEAUX)
- Figure 10 : Cônes d'ombres sous les follicules ovariens (DESCOTEAUX)
- Figure 11 : Image échographique obtenue par les différentes sondes (linéaire à gauche et sectorielle à droite) (DESCOTEAUX)
- Figure 12 : Image échographique d'une corne utérine de vache en coupe transversale. (DESCOTEAUX)
- Figure 13 : Image échographique d'une corne utérine de vache en coupe longitudinale. (DESCOTEAUX)
- Figure 14 : Image échographique de deux sections de corne utérine en coupe transversale sur une vache en œstrus. (DESCOTEAUX)
- Figure 15 : Image échographique de l'utérus normal en involution au 10^{ème} jour post-partum. (DESCOTEAUX)
- Figure 16 : Image d'une métrite aiguë chez une vache au 8^{ème} jour post-partum. (DESCOTEAUX)
- Figure 17 : Image d'une endométrite chez une vache au 25^{ème} jour post-partum. (DESCOTEAUX)
- Figure 18 : Image d'un pyomètre chez une vache en lactation. (DESCOTEAUX)
- Figure 19 : Image d'un mucomètre chez une vache. (DESCOTEAUX)
- Figure 20 : Image d'un ovaire présentant un follicule de 16 mm. (DESCOTEAUX)
- Figure 21 : Image d'un ovaire présentant un corps jaune compact et un corps jaune cavitaire. (DESCOTEAUX)
- Figure 22 : Image d'un ovaire quiescent présentant plusieurs follicules de moins de 4 mm. (DESCOTEAUX)
- Figure 23 : Image d'un ovaire présentant plusieurs kystes folliculaires. (DESCOTEAUX)
- Figure 24 : Image d'un ovaire présentant un kyste lutéal. (JULIA et TAVEAU)
- Figure 25 : Images de deux tumeurs des cellules de la granulosa d'apparence différente. (GNEMMI et T.A.E)
- Figure 26 : Première fixation d'un utérus de vache dans l'alcool à 70° (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 27 : Crochet permettant de fixer l'utérus dans la boîte de fixation (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 28 : fixation d'un utérus en position physiologique (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 29 : Photo d'une sertisseuse (à gauche) et de son utilisation pour fermer une poche (à droite). (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 30 : Remplissage d'une poche contenant un utérus avec de l'éthanol à 70°. (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 31 : Poche contenant un utérus identifié grâce à une étiquette. (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 32 : Utérus n°1 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 33 : Image échographique du col de l'utérus n°1. (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 34 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°1. (Source : N. PERRET et A. PRE)
- Figure 35 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°1. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 36 : Image échographique de l'ovaire gauche de l'utérus n°1 (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 37 : Utérus n°2 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 38 : Corne utérine gauche en coupe transversale de l'utérus n°2. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 39 : Ovaire gauche de l'utérus n°2 présentant un corps jaune et deux follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 40 : Ovaire droit de l'utérus n°2 présentant des follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 41 : Utérus n°3 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 42 : Ovaire gauche de l'utérus n°3. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 43 : Ovaire gauche de l'utérus n°3. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 44 : Ovaire droit de l'utérus n°3 présentant un follicule (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 45 : Utérus n°4 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 46 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°4. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 47 : Ovaire droit de l'utérus n°4. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 48 : Ovaire droit de l'utérus n°4. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 49 : Ovaire droit de l'utérus n°4. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 50 : Utérus n°5 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 51 : Ovaire droit et corne utérine droite de l'utérus n°5. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 52 : Ovaire gauche de l'utérus n°5. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 53 : Utérus n°6 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 54 : Corne gauche de l'utérus n°6 en coupe longitudinale (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 55 : Ovaire gauche de l'utérus n°6. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 56 : Utérus n°7 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 57 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°7. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 58 : Ovaire droit de l'utérus n°7 présentant plusieurs follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 59 : Ovaire gauche de l'utérus n°7 présentant un corps jaune. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 60 : Utérus n°8 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 61 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°8. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 62 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°8. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 63 : Image échographique de l'ovaire gauche de l'utérus n°8. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 64 : Utérus n°9 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

Figure 65 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°9. (Source : N. PERRET et A. PRE)

LISTE DES ABREVIATIONS

cm : centimètres

µm : micromètres

ENV : École(s) Nationale(s) Vétérinaire(s)

ENVA : École Nationale Vétérinaire d'Alfort

ENVT : École Nationale Vétérinaire de Toulouse

g : grammes

G : Gauges

GTVjr : Groupement Technique Vétérinaire junior

Hz : Hertz

j : jours

Kg : kilogrammes

MHz : Méga Hertz

mm : millimètres

PGF2α : Prostaglandines F2α

TP : Travaux pratiques

INTRODUCTION

L'échographie de l'appareil génital de la vache par voie transrectale est un geste technique essentiel dans la pratique vétérinaire bovine. En effet, cette technique est à présent utilisée en routine, en particulier dans le cadre des suivis de reproduction des élevages bovins. Elle permet à l'éleveur de gérer précisément la reproduction et ainsi d'améliorer les performances de son troupeau (délai de mise à la reproduction, intervalles vêlage-vêlage, détection précoce des animaux non gravides...).

L'apprentissage de l'échographie est difficile. Il nécessite des connaissances sur l'échographie, l'anatomie, la physiologie et la pathologie de l'appareil génital femelle bovin, ainsi qu'une maîtrise de l'examen gynécologique afin de réaliser des images de bonne qualité.

L'enseignement de cet acte rencontre également des problèmes. Les problématiques éthiques autour du bien-être animal remettent souvent en question les travaux pratiques d'enseignements de l'échographie. De plus, la nécessité d'être en petits groupes d'étudiants engendre un raccourcissement des séances ce qui rend compliquée l'organisation de l'enseignement.

L'objectif de cette thèse était donc de concevoir et de réaliser un atelier, situé dans la salle de simulation de l'école vétérinaire de Lyon, permettant aux étudiants de s'entraîner autant qu'ils le souhaitent à l'échographie génitale bovine, et aux enseignants de pouvoir enseigner et évaluer cet acte plus facilement. L'idée était de constituer une banque d'utérus à partir de d'utérus formolisés, pouvant être échographiés à tout moment par les étudiants.

Dans un premier temps, nous verrons les bases théoriques de la biologie de la reproduction chez la vache, de la physique de l'échographie, et les images réalisées lors d'un suivi de reproduction en élevage bovin. Nous aborderons ensuite les difficultés rencontrées dans l'enseignement de l'échographie génitale bovine et les solutions qui peuvent être apportées. Enfin nous traiterons de la création du support pédagogique de simulation pour l'apprentissage de l'échographie génitale bovine.

PREMIERE PARTIE : BASES DE L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE GENITALE CHEZ LA VACHE

Dans le cadre de l'échographie génitale de la vache, les connaissances en anatomie, physiologie et pathologie de la reproduction ainsi qu'en physique de l'échographie sont essentielles. Nous commencerons donc par en faire quelques rappels.

Nous verrons ensuite comment se déroule un examen échographique de l'appareil génital non gravide lors du suivi de reproduction en élevage bovin, et quelles images peuvent être obtenues.

I. Biologie de la reproduction de la vache

A. Rappels anatomiques de l'appareil génital de la vache (1) (Partie réalisée en commun avec A. PRE)

L'appareil génital femelle est constitué des voies génitales, de deux gonades et de la mamelle. Les voies génitales comprennent le vagin et la vulve « organe d'accouplement », l'utérus « organe de gestation » et l'oviducte « organe de fécondation ». Les gonades, ou ovaires ont une double fonction, la fonction exocrine de gamétogénèse, et la fonction endocrine de synthèse d'hormones (Figure 1).

Nous décrirons l'appareil génital de la partie la plus caudale à la plus crâniale et nous laisserons de côté l'anatomie de la mamelle qui n'est pas essentielle dans le cadre de notre étude.

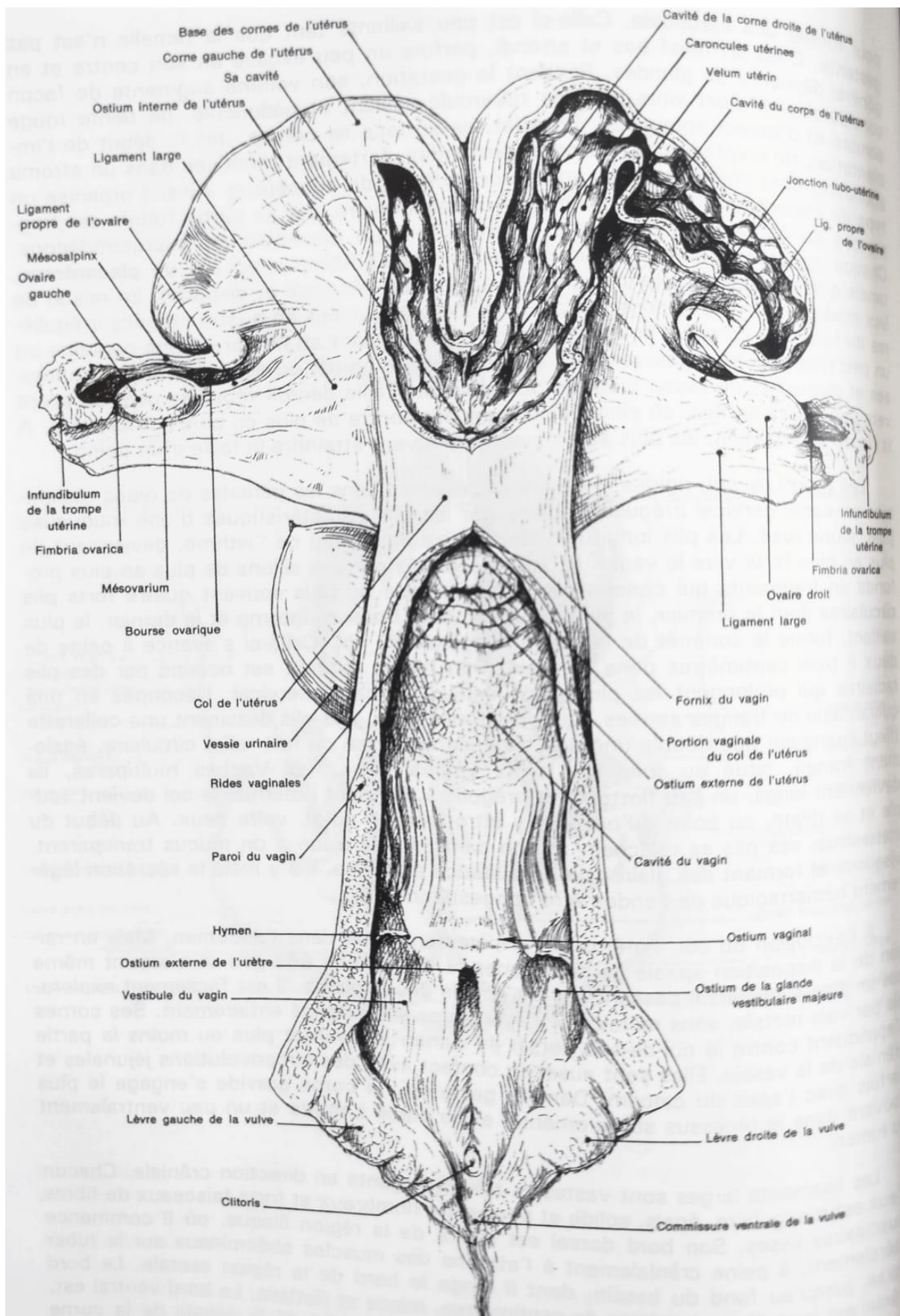


Figure 1 : Conformation intérieure de l'appareil génital d'une vache (BARONE, 2020)

1. La vulve

La vulve présente des lèvres épaisses, revêtues d'une peau ridée pourvue d'une pilosité fine et courte et de nombreuses et fortes glandes sébacées. La commissure dorsale est étroite et proche de l'anus. La commissure ventrale est aiguë et portée par une éminence cutanée longue de quatre à cinq centimètres, saillante en direction ventrale et pourvue d'une touffe de poils longs et raides.

Le clitoris est visible dans une fosse du clitoris peu profonde. Il mesure 10 à 12 cm de long, 0,5 cm de diamètre et présente une inflexion marquée. Il est terminé par un renflement ovoïde (Figure 1).

2. Le vestibule du vagin

Sa longueur est comprise entre huit et dix centimètres et il est incliné ventro-caudalement entre les os ischiurs. Ces caractéristiques le rendent facilement explorable. Les vaisseaux et nœuds lymphatiques forment sous la muqueuse un réseau qui donne au vestibule un aspect légèrement granuleux.

L'ostium externe de l'urètre forme chez la vache une fente large de deux centimètres environ et très dilatable. Un pli muqueux surmonte l'ostium et se prolonge de part et d'autre en plis longitudinaux. Cela forme une gouttière dans laquelle s'abouchent de nombreuses glandes vestibulaires. Ventralement l'ostium est doublé par un diverticule suburétral profond de deux cm qu'il faut éviter lors du cathétérisme de la vessie.

3. Le vagin

Le vagin s'étend de la vulve au col de l'utérus. C'est un conduit de 30 cm de longueur, aplati dorso-ventralement. Cet organe est très dilatable, de tel que sa cavité, virtuelle à l'état de repos, peut occuper toute la filière pelvienne lors de la parturition.

La muqueuse présente en partie caudale des plis longitudinaux peu prononcés et en partie crâniale trois à cinq rides vaginales annulaires épaisses, dont la plus épaisse est située au fond du fornix. L'hymen est peu saillant, représenté par une étroite zone de petits plis longitudinaux, plus marqués ventralement (Figure 1).

Le péritoine tapisse le quart crânial de l'organe, avec des culs de sac péritonéaux placés pratiquement sur une même verticale. Sa face dorsale est en rapport avec le rectum, par l'intermédiaire du fascia recto-vaginal. Sa face ventrale est en contact avec la vessie et l'urètre.

4. L'utérus

L'utérus, souvent appelé « matrice » est l'organe de la gestation. Sa taille, son poids et sa consistance varient énormément au cours du cycle sexuel et surtout au moment de la gestation. Sa conformation permet de distinguer un col ou cervix, un corps et deux cornes utérines.

Le col est la barrière entre le vagin et l'utérus. Il est peu distinguishable extérieurement et est isolé du corps par un léger rétrécissement. Il mesure environ dix centimètres de long et quatre à cinq centimètres de diamètre chez le sujet adulte, l'épaisseur variant de 20 à 25 mm. Sa consistance est relativement dure, ce qui le rend facilement palpable par voie transrectale.

Intérieurement son canal cervical est irrégulier et à parois rigides. On note la présence de plis longitudinaux, de plus en plus forts vers le vagin, découpés par des sillons en quatre forts plis circulaires. Le premier, plus faible, entoure l'ostium interne de l'utérus et le dernier, le plus saillant, forme le sommet de la partie vaginale du col et délimite l'ostium externe de l'utérus. Ces plis circulaires sont découpés par des plis longitudinaux. L'ensemble dessine une collerette ou « fleur épanouie » délimitée par le fornix du vagin et doublé par une ride vaginale.

Le corps de l'utérus, assez court, mesure trois à quatre cm de long. Il est peu distinct de la partie accolée des deux cornes.

Les cornes sont la partie la plus imposante de l'utérus. Elles mesurent 35 à 45 cm sur leur grande longueur, ont un diamètre allant de quatre centimètre côté col utérin à 0,5 cm côté trompe, et une épaisseur allant de 0,2 à 1,2 cm. Les cornes sont accolées sur environ dix centimètres à leur base, maintenues par une séreuse commune, avant de se séparer. Cette séparation est souvent appelée « bifurcation ». Chaque corne est enroulée sur elle-même et est légèrement incurvée en spirale. Le bord libre fortement convexe occupe la concavité de la spirale et devient latéral au

voisinage du corps. L'apex de chaque corne se définit par une partie très divergente, latérale et présentant comme seule démarcation avec la trompe correspondante une inflexion en « S » très serrée.

Intérieurement, l'endomètre de l'utérus est plissé en quatre plis longitudinaux eux-mêmes subdivisés par des sillons transversaux en une douzaines de caroncules. Le volume de celles-ci est plus important dans le corps et la base des cornes que près de l'apex. Ces reliefs sont bas, arrondis et peu saillants tant que la femelle n'est pas gestante. Lors de la gestation ils forment de gros tubercules saillants et nettement pédonculés. Leur surface est creusée de cryptes utérines dont chacune reçoit un myrocotylédon du conceptus (totalité de l'embryon et de ses annexes). L'ensemble cotylédon et caroncule forme un placentome.

Histologiquement, l'utérus est composé de trois tuniques : une séreuse, une musculuse et une muqueuse, respectivement nommées périmétrium, myomètre et endomètre. Le périmétrium est composé d'un tissu conjonctivo-élastique riche en vaisseaux et nerfs, et est très adhérent à la musculuse. Le myomètre est épais composé de trois couches inégales, le stratum longitudinale externum, le stratum vasculaire et le stratum circulare internum. Son ensemble est sensible aux actions hormonales, en effet son épaisseur augmente sous l'action des œstrogènes. L'endomètre présente une organisation particulièrement complexe en cinq couches. Son épaisseur varie grandement au cours du cycle sexuel du fait de sa sensibilité aux hormones. Nous retiendrons que son épaisseur est maximale lors de la période péri-œstrale.

A l'exclusion du col, l'utérus est entièrement situé dans l'abdomen mais en raison de l'enroulement des cornes il s'y avance très peu. L'utérus reste facilement explorable par palpation transrectale, sans même que l'avant-bras ne soit engagé entièrement. Ses cornes s'appliquent contre le cul-de-sac dorsal du rumen et coiffent plus ou moins la partie crâniale de la vessie. Elles sont aussi en contact avec des circonvolutions jéjunales et parfois l'apex du cæcum (Figure 2).

L'utérus est solidement fixé à sa partie caudale par sa continuité avec le vagin. D'autre part il est relié à la paroi dorsale de l'abdomen et du bassin par le ligament large. Dorsalement, ce ligament s'insère de la région sous-lombaire jusqu'au fond du bassin alors que ventralement, il occupe la concavité des cornes puis les bords latéro-ventraux du corps et du col, prolongeant leur insertion jusqu'au vagin. Il couvre ainsi

latéralement la plus grande partie de l'utérus. De la face latérale du ligament large se détache le ligament rond, peu développé et peu visible chez la vache (Figure 2).

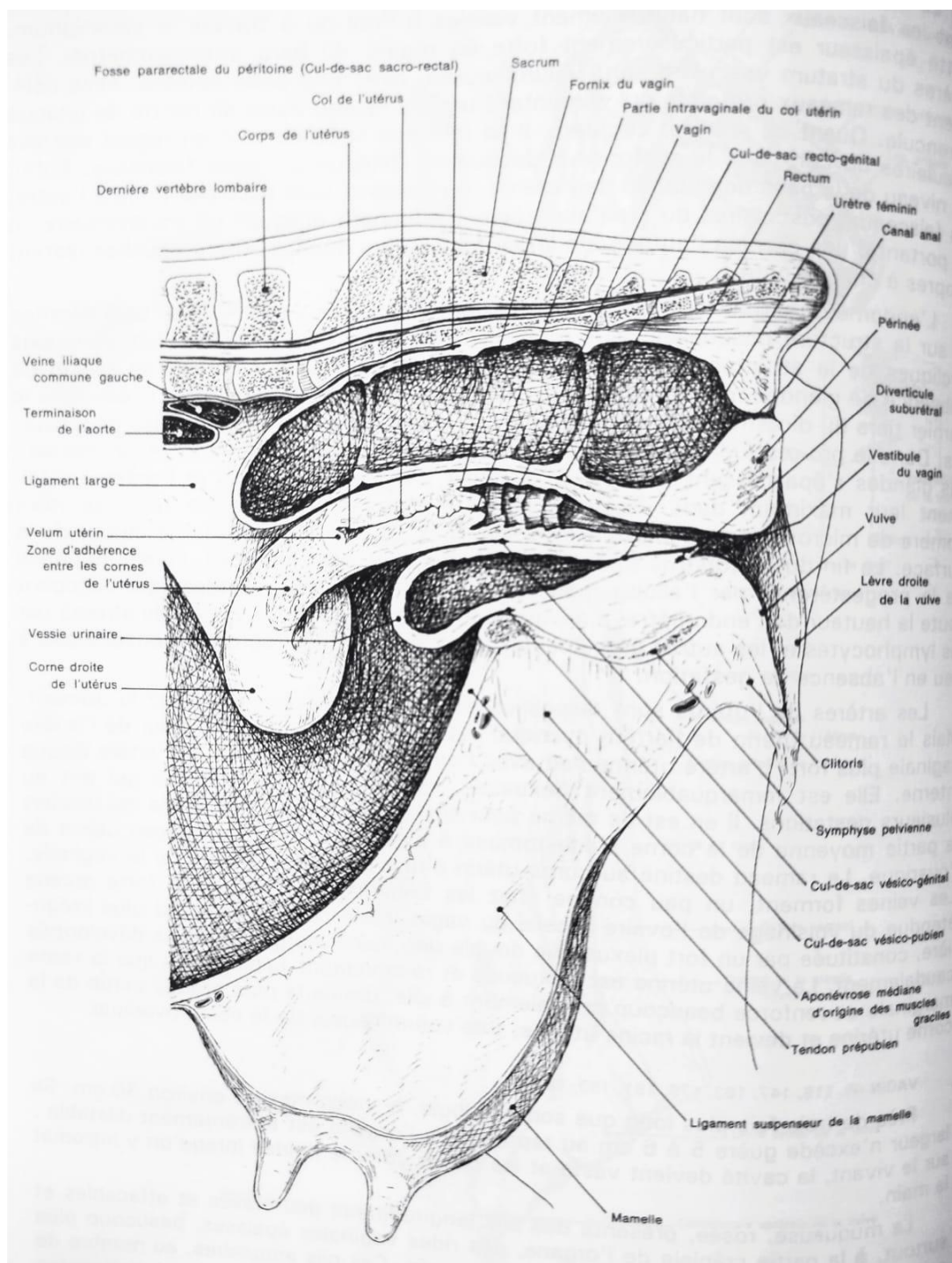


Figure 2 : Coupe médiane du bassin d'une vache (BARONE, 2020)

5. Les trompes utérines

Les trompes utérines ont pour rôle la captation de l'ovule lors de l'ovulation, le transport de l'ovule ou de l'œuf vers l'utérus et la capacitation des spermatozoïdes afin qu'ils soient aptes à fertiliser.

Ce sont des conduits tubulaires flexueux dont la longueur totale est comprise entre 20 et 30 cm. Les trompes se divisent en plusieurs parties : l'isthme, l'ampoule et l'infundibulum. L'isthme est une partie étroite s'ouvrant sur la cavité utérine. La jonction tubo-utérine ne se fait pas nettement, seul une brusque inflexion suivie d'une augmentation de diamètre de la corne marque la limite approximative des deux organes. L'ampoule est la partie la plus longue d'une trompe, elle est à peine plus large que l'isthme et présente des flexuosités très amples. L'infundibulum est étroit, mobile, frangé et s'ouvre en ostium abdominal au niveau de l'ovaire.

Les trompes utérines contournent l'ovaire crânialement puis dorsalement. Elles sont fixées par un mésovarium ample et très mobile.

6. Les ovaires

Chez la vache les ovaires sont ovoïdes, aplatie d'un côté à l'autre, leur forme est souvent comparée à celle d'une grosse amande. Leur taille varie fortement en fonction du développement des organites. En moyenne ils mesurent 35 à 40 mm de long, 20 à 25 mm de haut et 15 à 20 mm d'épaisseur. De consistance ferme, leur forme est irrégulièrement bosselée par les structures de l'organe, tels que les follicules à divers degrés de développement et les corps jaunes.

La coupe de l'ovaire permet de distinguer une zone vasculaire centrale (*médulla*) contenant de forts vaisseaux et une zone parenchymateuse périphérique (*cortex*) épaisse dans laquelle sont dispersés les différents organites. Les follicules mûrs atteignent 1,5 à 2 cm de diamètre et font alors saillie très nette à la surface de l'ovaire. Les corps jaunes peuvent être en fin d'évolution (Corpus albicans) ou en début d'évolution (Corps jaune). Ce dernier est particulièrement volumineux (trois centimètres de long), et son extrémité portant le stigma d'ovulation forme une saillie ombiliquée haute d'un centimètre, facilement palpable.

Suite à sa migration dans la première moitié de la vie fœtale, l'ovaire se trouve placé sur le côté du détroit crânial du bassin, non loin de la partie acétabulaire de l'os coxal, un peu plus dorsalement chez les jeunes que chez les femelles multipares. Chaque ovaire, placé en regard de la jonction des cornes, est à l'aplomb de la deuxième vertèbre sacrale, à 40 centimètres environ de l'anus. Il est situé dans l'axe de l'enroulement des cornes utérines. L'ovaire droit est en rapport avec l'apex du cæcum et l'intestin grêle, et le gauche avec le cul-de-sac caudal du rumen.

Les moyens de fixité des ovaires sont les suivants (Figure 3) :

- Le mésovarium qui suspend l'ovaire. Il constitue la partie la plus crâniale du ligament large qui porte l'ensemble du tractus génital. On distingue le mésovarium distal, propre à l'ovaire et formant la bourse ovarique, et le mésovarium proximal qui va de cette dernière à la région lombaire ;
- Le ligament suspenseur de l'ovaire, qui occupe le bord crânial du mésovarium. Il est très allongé et s'étend de la paroi lombaire jusqu'à l'extrémité tubaire de l'ovaire ;
- Le ligament propre de l'ovaire, partie libre du bord distal du mésovarium est épais et puissant ;
- Le mésosalpinx porte la trompe utérine latéralement à l'ovaire. Il est mince, translucide et ample ;
- La bourse ovarique, vaste et largement ouverte ;
- La *fimbria ovarica*

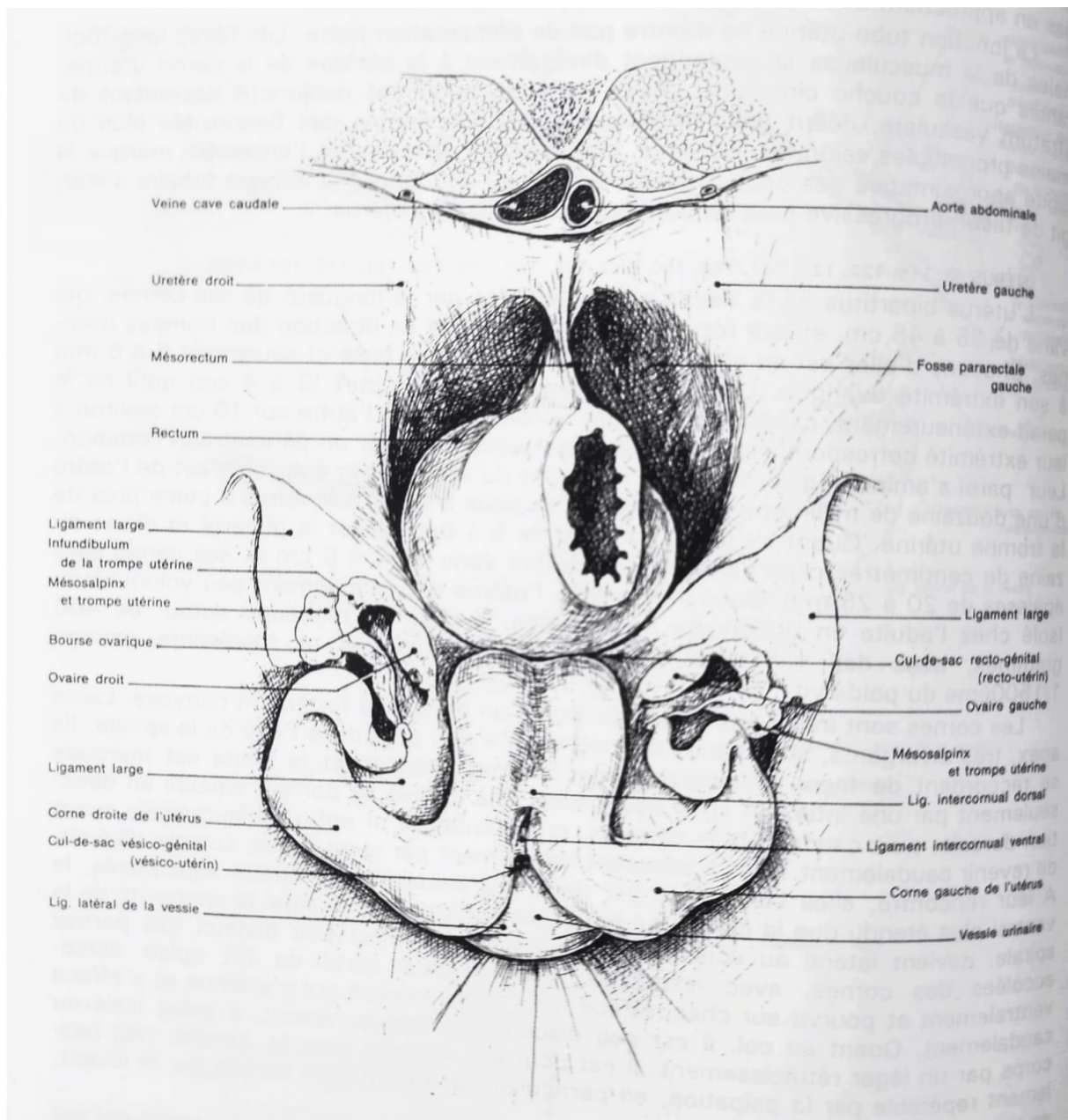


Figure 3 : Organes pelviens d'une vache, vue crâniale (BARONE 2020)

7. Les organites ovariens

Dans le stroma ovarien se logent de nombreux organites que sont les follicules et les corps jaunes (Figure 4). L'un n'est en fait que l'évolution de l'autre, en effet seuls les follicules sont présents au à la naissance, ils évoluent ensuite jusqu'à maturation et déhiscence, puis donnent naissance à un corps jaune.

Les follicules passent par différents stades avant l'ovulation. Lors de la période néonatale il y a présence de nombreux follicules primordiaux. Ces follicules sont constitués d'un ovocyte primaire, ce sont donc des cellules de 20 μm de diamètre invisible à l'œil nu. Beaucoup d'entre eux dégénèrent ensuite et disparaissent.

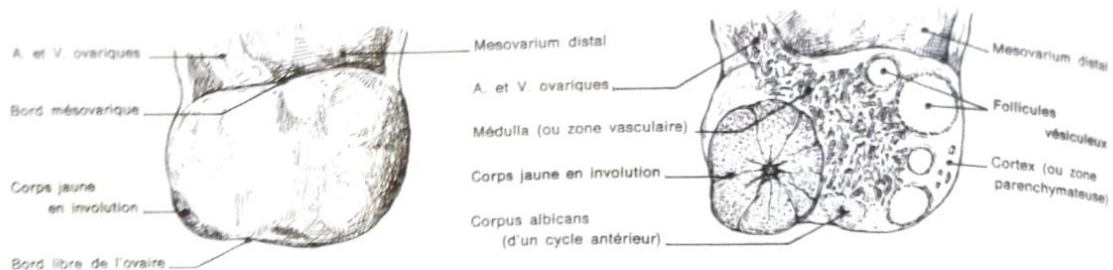
Ceux restant évolueront en follicules primaires, on notera une augmentation légère du volume et l'apparition d'une ébauche de zone pellucide. Ces follicules sont voisins de la surface de l'ovaire, isolés et disséminés.

Au stade suivant, les follicules accroissent beaucoup leur taille (50 à 80 μm) pour donner des follicules secondaires. La zone pellucide est alors bien visible et une étroite zone de transition entre elle et l'ovocyte apparaît.

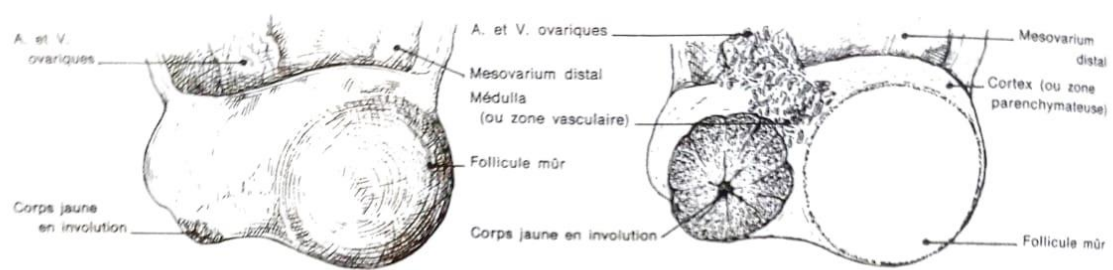
Ensuite on observera la dissociation de l'amas des cellules folliculaires sous l'effet d'une exsudation de liquide intercellulaire. Il en résulte la formation d'une cavité (antrum) qui grossit peu à peu. Ainsi le follicule devient visible à l'œil nu et prend l'aspect d'une vésicule sphérique remplie de liquide, que l'on appelle follicule tertiaire ou vésiculeux.

Le corps jaune naît de l'ovulation d'un follicule. Après ovulation, la paroi restante du follicule se plisse, tandis que la cavité se remplit d'un exsudat séro-fibrineux. Une néoformation de capillaires envahit la structure et du sang se mélange à l'exsudat. Le sang justifie alors le nom de « corps rouge ». La paroi va ensuite s'épaissir et envahir progressivement le centre de la cavité, puis se charger d'un pigment caroténoïde, la lutéine, qui donne une teinte ocrée ou orangée. On observe alors une structure pleine, où une couche glandulaire a remplacé l'exsudat qui se réduit à quelques travées brunâtres. Le corps jaune est dans sa phase d'état, complètement constitué.

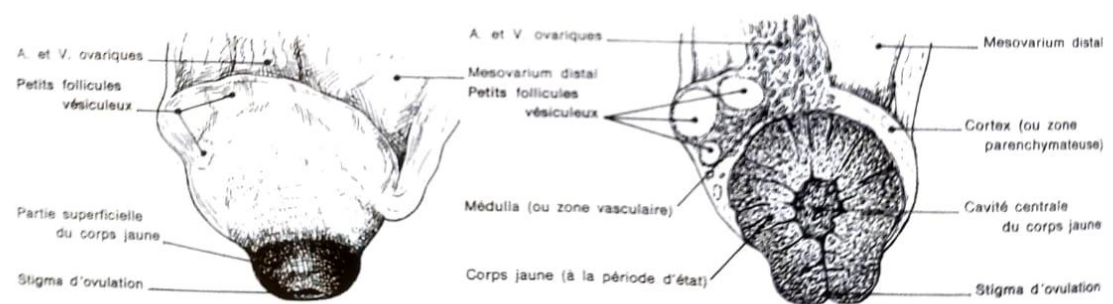
Par la suite, en absence de gestation, le corps jaune va dégénérer. Le tissu glandulaire va peu à peu disparaître et devenir fibreux. La structure réduit en volume et se retire vers la profondeur de l'ovaire. Il sera alors nommé corps blanc ou corpus albicans.



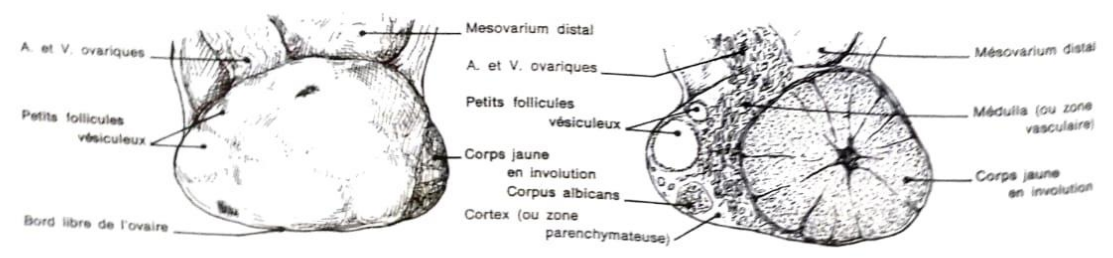
PRO-CETRUS



CETRUS



METCESTRUS
(Sept jours après l'ovulation)



FIN DU METCESTRUS

Figure 4 : Conformation et structure de l'ovaire chez la vache (BARONE, 2020)

B. Rappels de physiologie de la reproduction chez la vache (2) (Partie réalisée en commun avec A. PRE)

La vache est une espèce polyoestrienne à cycle continu (non saisonnée). La durée de son cycle sexuel est comprise entre 19 et 24 jours mais la valeur servant de référence est généralement de 21 jours. On peut diviser le cycle en quatre périodes : le metœstrus et le dioœstrus, appartenant à la phase lutéale, ainsi que le proœstrus et l'œstrus, appartenant à la phase folliculaire. Durant ces différentes périodes, les variations hormonales dictent les modifications anatomiques et physiologiques des gonades et de l'appareil génital, et influencent le comportement de la vache, l'ensemble permettant la reproduction.

1. Les régulations hormonales accompagnant le cycle sexuel

Lors du cycle sexuel, quatre organes sécrètent six hormones, et chaque hormone interagit avec les autres ou provoque un événement (Figure 5).

L'hypothalamus sécrète la Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) qui stimule la sécrétion de FSH et de LH.

L'hypophyse sécrète l'hormone folliculo-stimulante (FSH) ainsi que l'hormone lutéinisante (LH). La FSH stimule le début de la croissance folliculaire alors que la LH stimule la fin de la croissance folliculaire, provoque l'ovulation et stimule la croissance du corps jaune.

Les ovaires sécrètent via leurs follicules les œstrogènes et via leur corps jaunes la progestérone. Les œstrogènes en faible concentration et en présence de progestérone inhibent la sécrétion de FSH alors qu'en concentration élevée et absence de progestérone ils stimulent la sécrétion de LH. La progestérone inhibe la sécrétion de GnRH.

L'endomètre de l'utérus sécrète des prostaglandines (PGF₂α). Cette hormone induit la lyse du corps jaune.

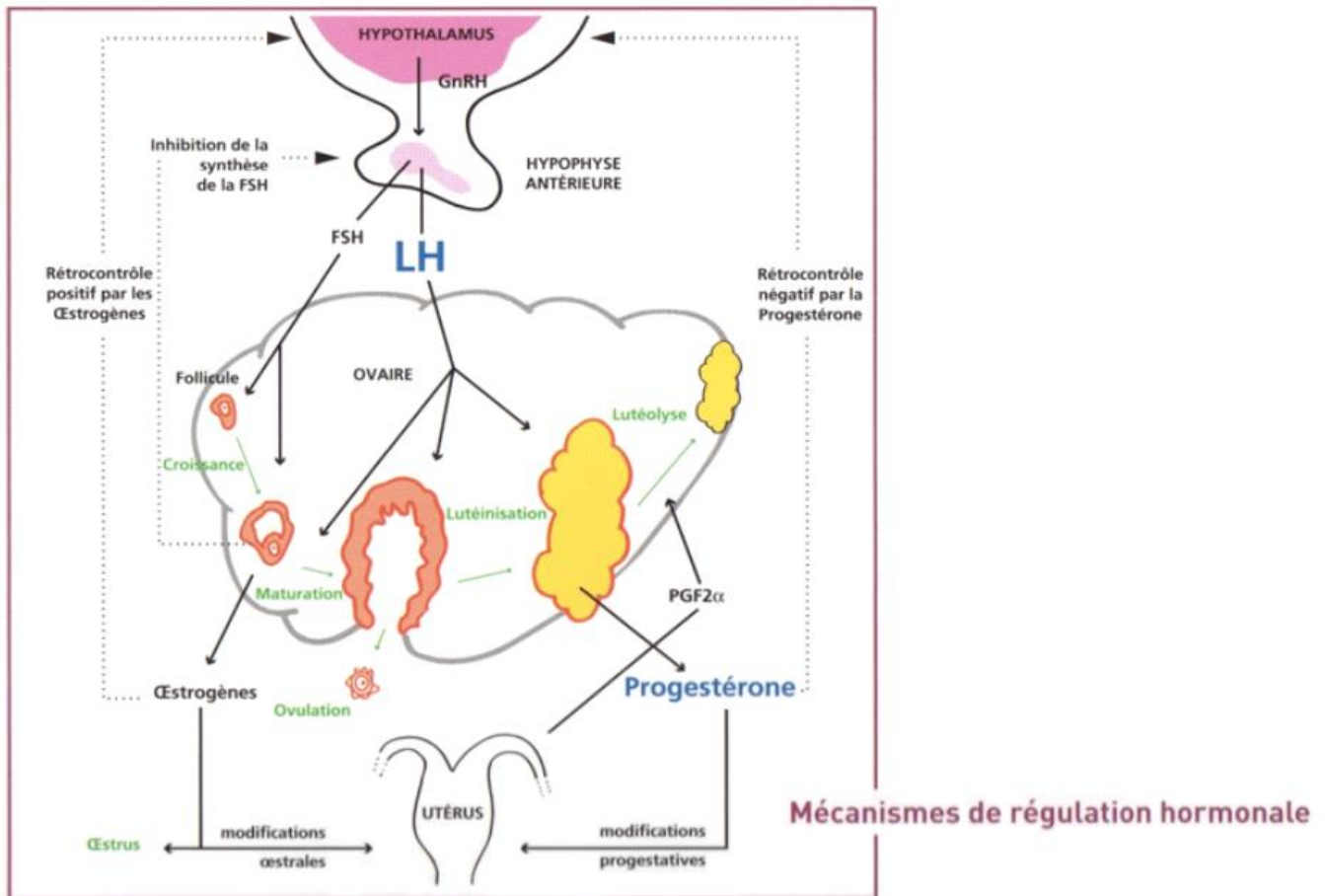


Figure 5 : Régulation hormonale du cycle œstral (CHASTANT-MAILLARD, 2010)

2. L'œstrus : période des chaleurs

L'œstrus correspond à la période où il n'y a plus de corps jaune sur les ovaires. En effet cette période débute juste après la lutéolyse. Cette lutéolyse provoque logiquement une chute brutale de progestérone. Le follicule dominant produit une grande quantité d'œstrogènes, et en absence de progestérone, cela provoque un pic de GnRH qui provoquera à son tour un pic de LH. Ce pic de LH va alors induire l'ovulation du follicule dominant, qui mesure à ce moment-là environ 20 mm de diamètre.

La grande quantité d'œstrogènes produit par le follicule dominant avant l'ovulation est responsable du comportement particulier de la vache durant les chaleurs. La vache va alors accepter le chevauchement, tenter de chevaucher d'autres individus, augmenter significativement son activité, présenter des glaires de chaleurs

en dessous de la vulve...etc. Les chaleurs durent en moyenne entre 12 et 18h chez la vache, et l'ovulation a lieu entre 24 et 30h après le début des chaleurs.

Deux cas de figures sont alors possibles après ovulation. Soit il y a eu accouplement puis fécondation : il y aura alors mise en place d'une gestation qui bloquera toute autre ovulation du fait de la présence d'un corps jaune. Soit il n'y a pas eu de fécondation, le cycle continuera alors jusqu'à une prochaine ovulation.

Après ovulation, il y a effondrement de la paroi du follicule dans la cavité. Cela marque le début de la lutéinisation et donc du metœstrus.

3. Le metœstrus : période de formation du corps jaune

Le metœstrus correspond à la période de formation du corps jaune. Après ovulation, il y a effondrement de la paroi du follicule dans la cavité. Les cellules de la granulosa et de la thèque se lutéinisent alors, puis s'étendent au-delà de la cavité. S'en suit la mise en place de la vascularisation du corps jaune. On peut alors observer le corps jaune en « bouchon de champagne » qui fait saillie à la surface de l'ovaire.

Une fois le corps jaune en place et pleinement actif, on entre en phase de diœstrus.

En parallèle, une vague folliculaire recommence. En effet, plusieurs follicules tertiaires (une dizaine à plusieurs dizaines) commencent leur croissance en même temps.

4. Le diœstrus : période de domination du corps jaune

Le diœstrus correspond à la période où le corps jaune est en place et actif. C'est également pendant cette période que les vagues folliculaires se déroulent.

Les vagues folliculaires sont présentes quel que soit le statut physiologique de l'animal. Une vague dure en moyenne sept jours, il y en a donc en moyenne trois par cycle chez la vache. On décompose les vagues folliculaires en trois phases successives : la phase de recrutement, la phase de sélection et la phase de dominance.

Nous avons vu que pendant le metœstrus des follicules tertiaires commencent leur croissance. Cela correspond à la phase de recrutement. Leur croissance est dépendante de la FSH. Les follicules atteignent une taille d'environ six millimètres. Durant cette phase les follicules sécrètent des œstrogènes en faible concentration. Étant également en présence de progestérone (corps jaune en place), les œstrogènes exercent donc une inhibition de la synthèse de FSH.

La croissance des follicules dépend de la FSH mais les œstrogènes limitant sa sécrétion, les besoins des follicules deviennent supérieurs à la FSH sécrétée par l'hypophyse. Cela provoque donc l'atrésie de tous follicules, sauf un qui acquiert des récepteurs à la LH et qui va continuer sa croissance : c'est la phase de sélection. Ce follicule dit dominant mesure huit à dix millimètres au moment de la sélection.

Durant la phase de dominance, le follicule dominant continue sa croissance, jusqu'à 15mm, toujours sous contrôle de la LH. La FSH continue de diminuer jusqu'à atteindre un seuil minimal. Deux scénarios sont alors possibles :

- En présence d'un corps jaune, et donc de progestérone, le rétrocontrôle négatif sur la GnRH fait qu'il y a peu de sécrétion de LH. Ainsi le follicule dominant ralentie sa croissance pour rester au stade préovulatoire, et va alors s'atrésier. Il s'en suit une baisse de la concentration d'œstrogène, donc une augmentation de la FSH ce qui relance une vague folliculaire.
- S'il y a eu lutéolyse, il n'y a alors plus de progestérone. Le follicule dominant termine sa croissance jusqu'à environ 20 mm. Ainsi les mécanismes hormonaux de l'ovulation déclenchent l'ovulation de follicule.

5. Le proœstrus : période de régression du corps jaune

Le proœstrus correspond au moment où se déroule la lutéolyse (lyse du corps jaune). Chez la vache, la lutéolyse se produit aux alentours entre le 16^{ème} et le 19^{ème} jour du cycle (17^{ème} en moyenne).

Durant le diœstrus, le follicule dominant sécrète des œstrogènes qui vont induire la synthèse de récepteurs à l'ocytocine dans les cellules de l'endomètre utérin. Les lutéocytes, sécrètent de l'ocytocine qui va se fixer sur ces récepteurs, ce qui va induire la sécrétion de prostaglandines par l'endomètre. Ainsi les PGF2 α permettront

la lyse du corps jaune. Il est également à noter que le corps n'est pas sensible aux PGF2 α pendant les cinq premiers jours de sa formation, c'est la période réfractaire.

6. La gestation

Lorsqu'il y a eu fécondation, la gestation débute. Le corps jaune cyclique assure la synthèse de progestérone, puis ce dernier va devenir le corps jaune gestationnelle par le biais de deux mécanismes.

Tout d'abord, le fœtus va sécréter des œstrogènes, qui vont stimuler la synthèse de FSH et de LH par l'hypophyse maternel. Ces deux hormones vont avoir une action lutéotrophique, ce qui va stimuler la synthèse de progestérone et donc permettre le maintien de la gestation. De plus le fœtus produit des trophoblastines, qui inhibent la synthèse de prostaglandines et donc empêchent la lutéolyse.

Le deuxième mécanisme est la synthèse de prolactine placentaire par le fœtus. Cette hormone a une action directe lutéotrophique sur le corps jaune. Cela permet d'autant plus le maintien du corps jaune nécessaire à la gestation.

Durant la gestation, les vagues folliculaires continuent. Mais la présence du corps jaunes est ininterrompue et la concentration en progestérone est croissante. Cela a pour effet de rendre le follicule dominant de plus en plus petit, et l'intervalle entre les vagues folliculaires de plus en plus court.

7. La période post-partum

Après le part, certains facteurs limitent le retour en cyclicité de la vache :

- De faibles stocks en LH : l'œstradiol placentaire inhibent la synthèse de LH en fin de gestation.
- Un déficit énergétique post-partum est le facteur le plus important limitant la reproduction. Il est dû à une augmentation du besoin énergétique du fait de la production lactée, associé à une diminution de l'ingestion par la vache, car le rumen a grandement diminué de taille lors de la gestation.
- La tétée inhibe la sécrétion de GnRH.

- D'autres affections éventuelles telles que les infections utérines, les mammites ou encore les fièvres de lait influencent négativement la reproduction.

Ainsi le premier follicule dominant est détecté en moyenne 11 jours après la mise bas, et on considère que le stock de LH est rétabli en deux à trois semaines après le part. On observe donc en règle générale une première ovulation dans les trois semaines post-partum. Mais des variations existent, en effet chez les vaches allaitantes la tétée est prolongée du fait que le veau reste sous sa mère ce qui retarde la première ovulation. On observe également chez les primipares une reprise plus tardive du cycle, expliquée par le fait que les primipares sont encore en croissance ce qui creuse d'autant plus le déficit énergétique.

C. Affections de la reproduction chez la vache

Les affections de la reproduction engendrent divers problèmes comme la diminution de la manifestation des chaleurs, la baisse de production ou encore une baisse de fécondité et de fertilité (3). C'est pourquoi il est indispensable de prévenir et de détecter précocement ces affections afin d'en minimiser les impacts.

On peut diviser ces affections en trois sous catégories : les anomalies congénitales, les infections et les affections fonctionnelles (3). Dans chacune de ces catégories, certaines affections sont objectivables par examen échographique de l'appareil génital et ce sont seulement celles-ci que nous aborderons dans cette partie. En effet, ce sont ces affections auxquelles le vétérinaire est le plus confronté lors d'un suivi de reproduction, et qui pourraient donc être intéressantes dans le cadre un atelier de simulation d'échographie.

1. Affections des ovaires

Beaucoup d'affections peuvent toucher les ovaires. On oppose en général les affections congénitales aux affections acquises. Les affections congénitales sont rares et peu nombreuses. On y retrouve l'agénésie (absence d'ovaire), et l'hypoplasie ovarienne (ovaire petit et non fonctionnel), ainsi que le kyste para ovarien situé dans le mésosalpinx.

Ici on abordera les affections acquises qui sont fréquentes et qui ont un impact important sur l'élevage.

a. L'inactivité ovarienne

Après le part on observe une pause dans le cycle sexuel de la vache. Cette pause est physiologique mais ne doit pas excéder une certaine durée auquel cas elle devient pathologique. On considère que la vache présente une inactivité ovarienne pathologique s'il n'y a pas eu d'ovulation après le 50^{ème} jour post-partum (3). A l'échographie, on observera une absence de corps jaune sur les deux ovaires, preuve de l'absence de reprise de cyclicité.

Plusieurs facteurs peuvent causer un retard de reprise de cyclicité, les plus importants étant : un déficit énergétique, le stress (4) et les infections utérines (5).

b. Les kystes ovariens

Les kystes ovariens peuvent être définis comme toute structure folliculaire de diamètre supérieur à 24 mm, identifiée sur un ou deux ovaires en l'absence de corps jaune (6). La fréquence de cette affection en élevage est assez discutée, mais en croisant différentes sources on peut dire qu'une fréquence de cette affection à 10% peut être considérée comme anormale dans un troupeau (6).

Les kystes ovariens dégradent fortement les performances de reproduction en augmentant les intervalles vêlage – première insémination et vêlage – insémination fécondante et en augmentant le nombre d'insémination nécessaire. Cela représente donc des pertes économiques pour l'éleveur (7).

Il existe deux types de kystes, les kystes folliculaires et les kystes lutéaux qui sont une évolution des premiers. On les différencie par l'épaisseur de leur paroi, les kystes folliculaires ont une paroi fine inférieure à trois millimètres d'épaisseur, alors que les kystes lutéaux ont une paroi épaisse supérieure à trois millimètres d'épaisseur.

Le kyste folliculaire est dû à une évolution anormale de la croissance folliculaire. En effet, la formation d'un kyste a lieu lors de l'absence d'ovulation du follicule dominant, ou d'une absence de régression des follicules sélectionnés. Les mécanismes hormonaux provoquant l'apparition de kyste ne sont pas entièrement expliqués. On suspecte néanmoins un déficit du rétrocontrôle positif des œstrogènes sur l'hypothalamus ce qui empêcherait le pic pré-ovulatoire de LH. Un défaut dans la

mise en place des récepteurs aux œstrogènes sous l'influence de la progestérone est suspecté en particulier. On peut également retenir plusieurs facteurs de risques liés à l'animal (numéro de lactation élevé, période post-partum, production laitière élevée...) et à son environnement (saison hivernale, stress, alimentation...) qui semblent perturber l'axe hypothalamo-hypophysaire ou encore la paroi folliculaire ce qui mènerait à la formation de kystes ovariens (3, 6).

Le kyste lutéal serait quant à lui issu de la lutéinisation d'un kyste folliculaire mais, encore une fois, son origine est incertaine.

c. Le corps jaune persistant

Lors du cycle ovarien, le corps jaune régresse classiquement autour du 17^{ème} jour lors de la mise en place de la lutéolyse. Mais il peut arriver, malgré l'absence de gestation, que le corps jaune persiste plus longtemps et c'est ce que l'on appelle un corps jaune persistant (3). Ce phénomène est problématique car il empêche le déroulement normal de cycle et donc l'ovulation.

La perturbation du mécanisme de lutéolyse est mal connue mais le rôle des infections utérines est suspecté (3). Il a également été montré que les vaches dont le cycle recommence avant le 25^{ème} jour post partum avaient plus de chance de développer un corps jaune persistant lors du cycle suivant la première ovulation (8).

d. Les adhérences ovariennes

Des adhérences fibreuses sont possibles entre l'ovaire et les structures environnantes : paroi abdominale, bourse ovarique, utérus...etc. Ces adhérences sont causées par une inflammation péri-ovarienne pouvant être due à une inflammation du péritoine lors de laparotomie ou d'une infection, par une manipulation traumatique de l'ovaire ou une infection ascendante de l'utérus. C'est affection est rare mais elle peut avoir des conséquences importantes car les adhérences peuvent mener à l'occlusion des trompes utérines et donc à l'impossibilité pour l'ovocyte de rejoindre l'utérus (3).

e. L'ovarite

Une ovarite est une infection de l'ovaire. Cette affection est assez rare. Elle est en générale causée par une contamination ascendante de l'ovaire dans le cas d'une métrite. Mais elle peut aussi être causée par une contamination d'origine hématogène. Les agents responsables d'ovarites sont souvent bactériens mais certains virus comme celui de la Diarrhée Virale Bovine (BVD) peuvent aussi être en cause.

f. Les tumeurs ovariennes

Les tumeurs ovariennes sont assez rares chez la vache. Elles représentent 4% des tumeurs totales (9).

Les plus fréquentes sont les tumeurs de la granulosa qui sont souvent bénignes et touchent principalement des jeunes bovins. Ce sont des tumeurs sécrétantes, qui selon l'hormone produite, entraînent différentes modifications comportementales chez la vache. La tumeur est souvent unilatérale et peut mesurer jusqu'à 50 cm de diamètre.

D'autres tumeurs existent (tératome, hémangiome, carcinome, angiosarcome...), certaines sont malignes et peuvent donc métastaser au péritoine et au ligament large.

2. Affections de l'utérus

Les affections de l'utérus sont, comme pour les ovaires, congénitales ou acquises. Les affections congénitales sont relativement rares et résultent en une malformation du tractus génital empêchant la reproduction. Ici nous développerons seulement les affections acquises qui sont bien plus fréquentes, qui posent problèmes dans de nombreux élevages et qui sont la plupart du temps diagnostiquées par échographie dans le cadre des suivis de reproduction.

a. Les infections utérines

Les infections utérines peuvent se découper en quatre affections dont la terminologie et les définitions ont été établies dans l'étude de Sheldon et al. en 2006 (10) :

- La métrite : infection utérine ayant lieu dans les 21 premiers jours post-partum associée à un contenu utérin nauséabond et à une atteinte de l'état général au moins passagère(10, 11). L'inflammation touche la totalité de la paroi utérine (endomètre, la sous-muqueuse, la musculuse et la séreuse).
- L'endométrite clinique : infection de l'utérus après 21 jours post-partum, sans atteinte de l'état général associée à des sécrétions vaginales purulentes ou muco-purulentes. Cette inflammation ne concerne que la muqueuse utérine.
- L'endométrite subclinique : c'est aussi une infection de l'utérus après 21 jours post-partum sans atteinte de l'état général mais cette fois ci sans sécrétions vaginales modifiées (10). Elle est mise en évidence par l'augmentation de la proportion de neutrophile à la cytologie de la muqueuse utérine (11).
- Le pyomètre : accumulation importante de pus et de muco-pus dans la cavité utérine, associée à une distension de l'utérus. La présence d'un corps jaune fonctionnel et persistant est généralement mise en évidence ainsi qu'une fermeture plus ou moins complète du col utérin (10).

Ces affections sont expliquées par le fait qu'il y a une contamination quasi systématique et physiologique de l'utérus des bovins après la mise bas. En effet, à cette période les barrières anatomiques sont perméables et permettent une colonisation du tractus génital par des micro-organismes venant de l'environnement, de la peau et des matières fécales (12). Une réponse immunitaire rapide ainsi que les mécanismes de l'involution utérine permettent normalement un retour vers un milieu utérin stérile dans les trois à six semaines après le part. Mais dans 10 à 15% des cas l'infection perdure (5). Si la contamination prend le dessus sur les mécanismes de défense, alors une situation pathologique telle qu'une métrite, une endométrite clinique ou le pyomètre apparaîtra. A l'inverse, si la réaction immunitaire est exacerbée et persistante malgré la résolution de la contamination, on risquera une atteinte de l'endomètre et donc une endométrite subclinique (13).

b. Mucomètre

Le mucomètre est une accumulation de mucus non infecté et non purulent dans la cavité utérine. Celui-ci est souvent associé à un kyste folliculaire sur un des ovaires.

c. Hydrosalpinx et pyosalpinx

Ces affections correspondent à l'accumulation de liquide dans la lumière de la trompe utérine. Si le liquide est clair on parlera d'hydrosalpinx, alors que l'on parlera de pyosalpinx si le liquide est purulent. Cette affection peut être la conséquence d'une malformation congénitale de l'oviducte ou alors d'une inflammation à la suite d'une infection utérine ou d'une césarienne (14). Ces affections causeront une infertilité qui justifiera la réforme de l'animal.

d. Tumeurs utérines

Les tumeurs utérines ont une incidence de 0,4% et apparaissent le plus souvent chez des vaches de plus de 11 ans (15). Les deux tumeurs les plus fréquentes sont l'adénocarcinome, formant une masse unique et ferme dans une corne utérine, et le lymphosarcome formant des masses fermes et pédiculées dans la paroi utérine. On peut retrouver plus rarement des fibromes, des léiomyomes ou des fibroléiomyomes (16).

L'anatomie de l'appareil génital, la physiologie et la pathologie de la reproduction des bovins sont des notions importantes à maîtriser pour réaliser un suivi de reproduction en élevage. Ces notions sont essentielles pour associer les images échographiques et les divers symptômes aux stades physiologiques et aux affections afin de conseiller l'éleveur au mieux sur sa conduite de troupeau.

II. L'échographie dans le cadre de la reproduction bovine (Partie réalisée en commun avec A. PRE)

A. Principes physique de l'échographie

Le principe de l'échographie repose sur la transmission et la réception d'ondes ultrasonores par une sonde échographique.

1. La production des ultrasons

Les ultrasons sont des ondes mécaniques vibratoires, de la même nature que les ondes sonores, mais avec une fréquence beaucoup plus élevée (supérieure à 20 000 Hz), inaudible pour l'oreille humaine (dont le spectre va de 3 000 à 15 000 Hz). En échographie, on va utiliser des ondes allant de un à dix millions de Hertz (17). L'intensité des ondes ultrasonores restant faible, il n'y a aucun risque pour l'animal. Les ultrasons sont produits par des cristaux piézo-électriques intégrés dans la sonde, et vibrant grâce à un courant électrique alternatif, ce qui crée le signal acoustique. Les ondes sont ainsi émises par courtes séries de vibrations appelées salves et se propagent partout dans la zone à échographier.

2. La formation de l'image échographique

Les ondes ultrasonores interagissent avec le milieu qu'elles traversent. Les images échographiques sont obtenues grâce à la réflexion de ces ondes. Cette dernière se produit lorsque l'onde ultrasonore va rencontrer une interface acoustique, c'est à dire une interface entre deux milieux d'impédance acoustique différente. L'impédance acoustique correspond à la résistance d'un milieu à la pénétration des ultrasons. Elle sera par exemple faible pour l'air et très élevée pour l'os. Ainsi, si l'on rencontre une interface avec une différence faible d'impédance acoustique, les ultrasons pourront aller plus en profondeur (18). L'interface acoustique peut être comparée à un dioptre optique, et ainsi les Lois de Descartes, concernant la réflexion et la réfraction de la lumière au niveau d'un dioptre optique, peuvent totalement être appliquées aux ondes ultrasonores. L'onde se propage en ligne droite lorsqu'elle est dans un milieu homogène. A son arrivée à une interface acoustique, une partie de l'onde est réfractée, et une autre est réfléchié formant ainsi un écho (20, figure 6).

L'onde réfléchie revient vers les cristaux piézo-électriques de la sonde et génère un courant permettant, grâce au délai entre l'émission et la réception de l'écho par la sonde, de déterminer la profondeur de l'interface acoustique. L'énergie de l'onde va s'atténuer lors de sa progression dans les tissus, et donc son intensité sera moins forte pour une profondeur plus élevée. Cette atténuation est moins forte lorsque la fréquence de la sonde diminue. Ainsi, diminuer la fréquence d'émission des ultrasons permet de pénétrer plus profondément dans un tissu. De plus, la modification de la fréquence des ultrasons permet d'améliorer la résolution spatiale. Ainsi, plus la fréquence d'émission est élevée et meilleure est sa résolution spatiale, mais en contrepartie, la profondeur d'exploration des tissus diminue.

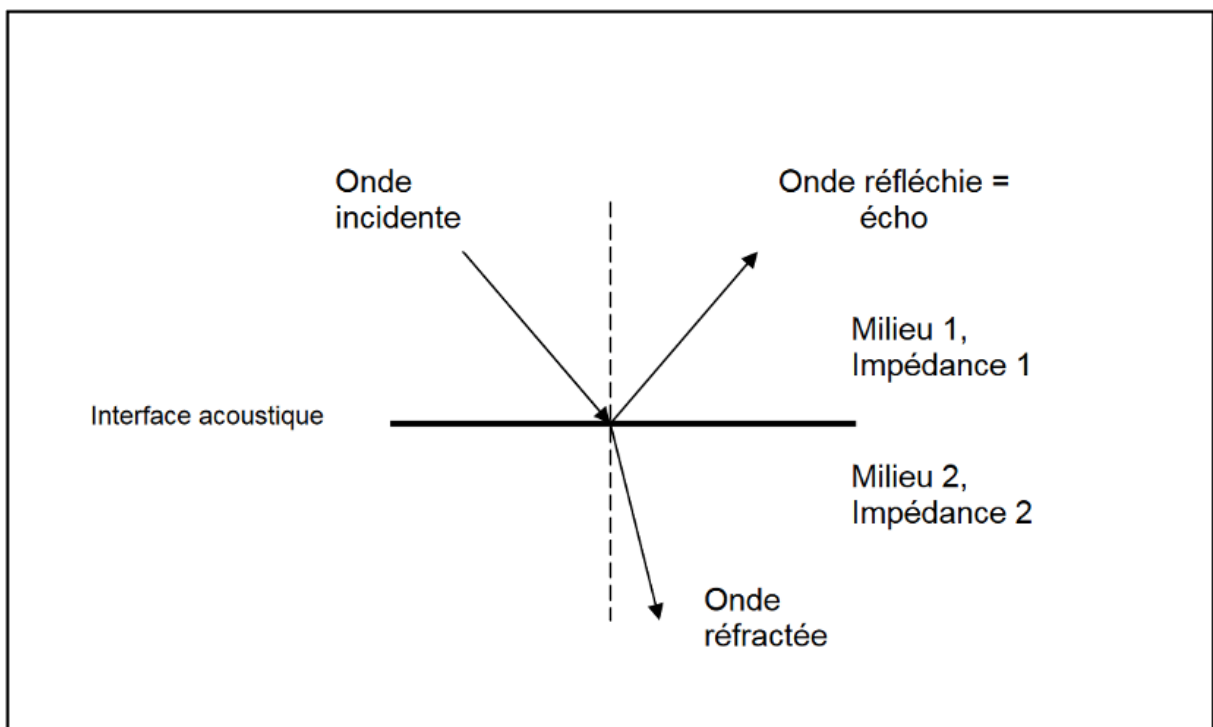


Figure 6 : Réflexion et réfraction d'une onde ultrasonore au niveau d'une interface acoustique

3. Les modes échographiques

En pratique, il existe deux modes échographiques (Figure 7). Le plus ancien est le mode A (pour Amplitude). C'est le premier à avoir été utilisé en médecine, mais il est désormais surtout utilisé en ophtalmologie ou pour l'inspection des viandes afin d'en connaître l'épaisseur par exemple (17). Pour ce mode A, l'amplitude des échos sur l'oscilloscope représente la réflexion des interfaces acoustiques, et la profondeur correspond à la distance entre chaque « pic ». Dans le mode B (pour Brillance), la réflexion des interfaces n'est plus représentée par une déflexion verticale comme sur

l'oscilloscope mais par un point d'intensité lumineuse proportionnelle à l'amplitude du signal échographique. Ainsi un écho de faible intensité sera représenté par un point sombre, tandis qu'un écho de forte intensité sera représenté par un point blanc (presque brillant) selon une échelle de gris (20). Ce deuxième mode (mode B) est dorénavant utilisé en médecine vétérinaire.

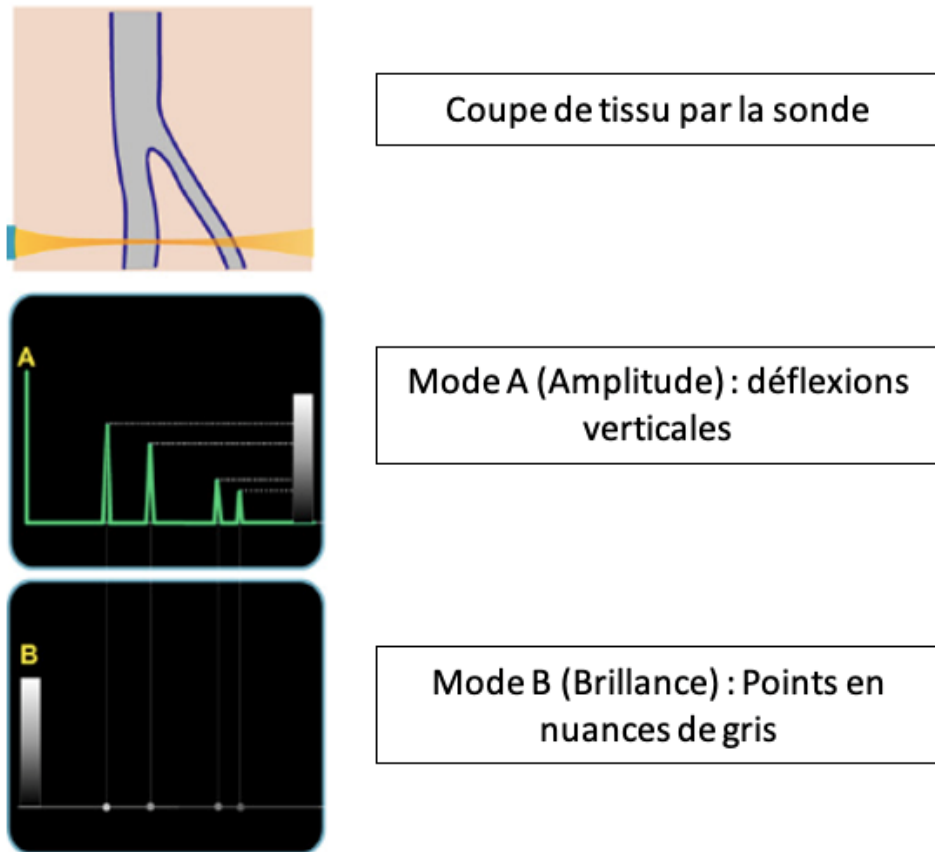


Figure 7 : L'échographie en mode A et B (DAUZAT M)

Pour illustrer le mode B, les structures anéchogènes comme le liquide folliculaire, le liquide amniotique ou l'urine apparaîtront en noir tandis que les structures très échogènes comme l'os ou le gaz apparaîtront en blanc. Toutes les structures intermédiaires apparaîtront dans des nuances de gris.

L'exploration échographique ne se limite pas à une ligne de l'espace. Les sondes actuelles permettent ainsi d'obtenir une image bidimensionnelle en coupe. Ainsi, sur chaque ligne de l'image, la position des interfaces acoustiques rencontrées par le faisceau d'ultrasons sera représentée selon le mode B, c'est-à-dire en niveaux de gris (Figure 8)

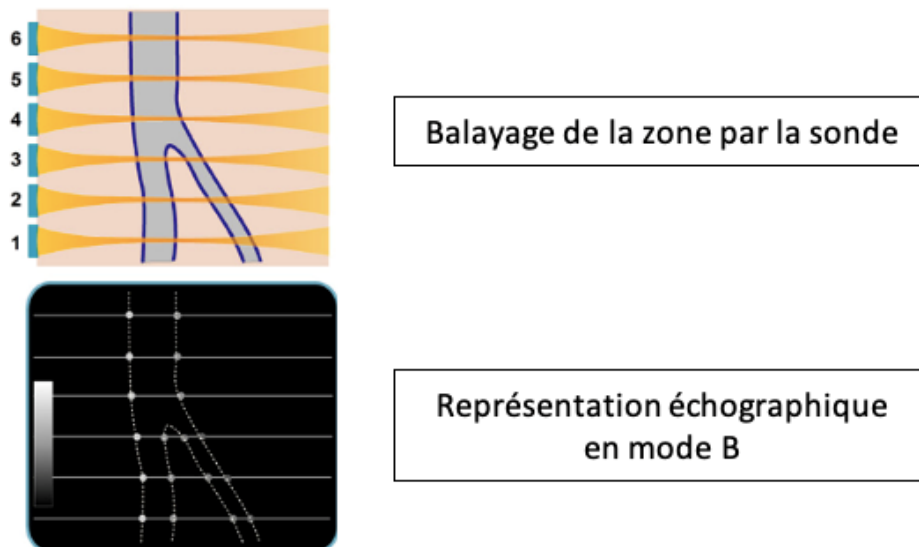


Figure 8 : L'échographie bidimensionnelle ou échotomographie (DAUZAT)

4. Les principaux artéfacts

Un artéfact est une image ultrasonore apparaissant à l'écran de l'échographe, mais qui ne correspond pas à la structure réelle de l'organe que l'on souhaite observer. Il est important pour le praticien de pouvoir les reconnaître afin d'éviter de mauvais diagnostics échographiques. Nous ne détaillerons ici que les principaux artéfacts obtenus dans le cas de l'échographie transrectale du tractus génital de la vache.

Lors de la mise en pratique de l'échographie pour le suivi de reproduction, des artéfacts peuvent être engendrés par des erreurs du manipulateur. Les principales erreurs observées sont :

- La présence de fèces au niveau du rectum qui engendre un mauvais contact de la sonde avec la paroi et ainsi une moins bonne résolution d'image (zones assombries sur l'image échographique) ;
- La présence de gaz entre la sonde et la muqueuse rectale, ce qui va produire des artéfacts de réverbération (Figure 9). Ces artéfacts, causés par le rebondissement de l'écho entre la sonde et une surface très proche de la sonde qui est très réfléchissante, jusqu'à l'épuisement de l'écho par atténuation. Cela crée une sorte d'empilement d'échos de plus en plus petit (artéfacts en « demi-lune »), et seul le premier doit être pris en compte (les suivants étant les artéfacts).

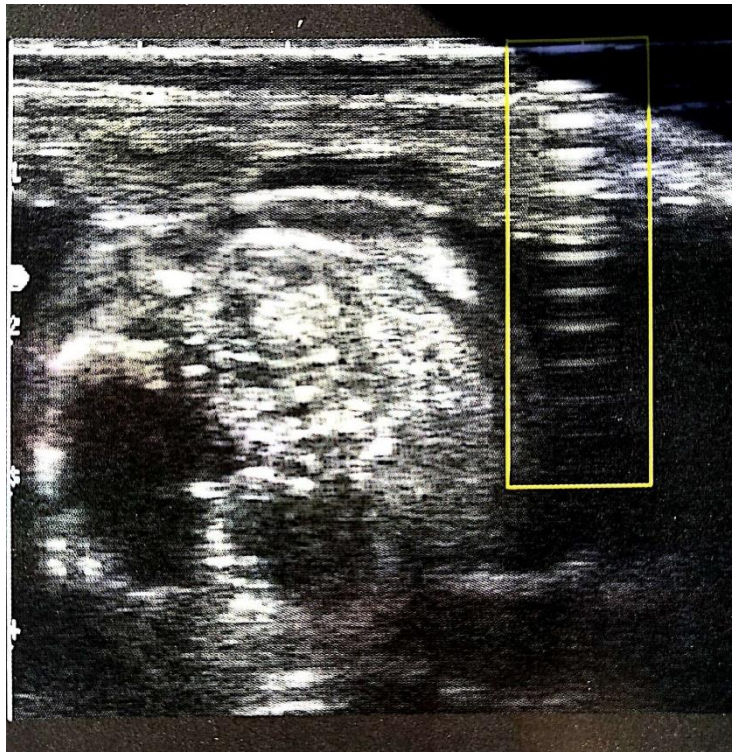


Figure 9 : Artéfact de réverbération causé par la présence de gaz entre la sonde et la muqueuse rectale (DESCOTEAUX)

- Un environnement trop éclairé ou un mauvais réglage de l'appareil, ce qui réduira la capacité du praticien d'interpréter les images (21) ;
- Des ombres artéfactuelles (Figure 10), causées par exemple par une importante réflexion à la surface du bassin, ou des cônes d'ombre causés par des faisceaux qui arrivent de façon tangentielle sur les follicules (18). Ces cônes d'ombre apparaissent car la structure au-dessus atténue fortement les ultrasons, notamment lors des interfaces avec des impédances acoustiques très différentes (par exemple tissu/air ou tissus/os).

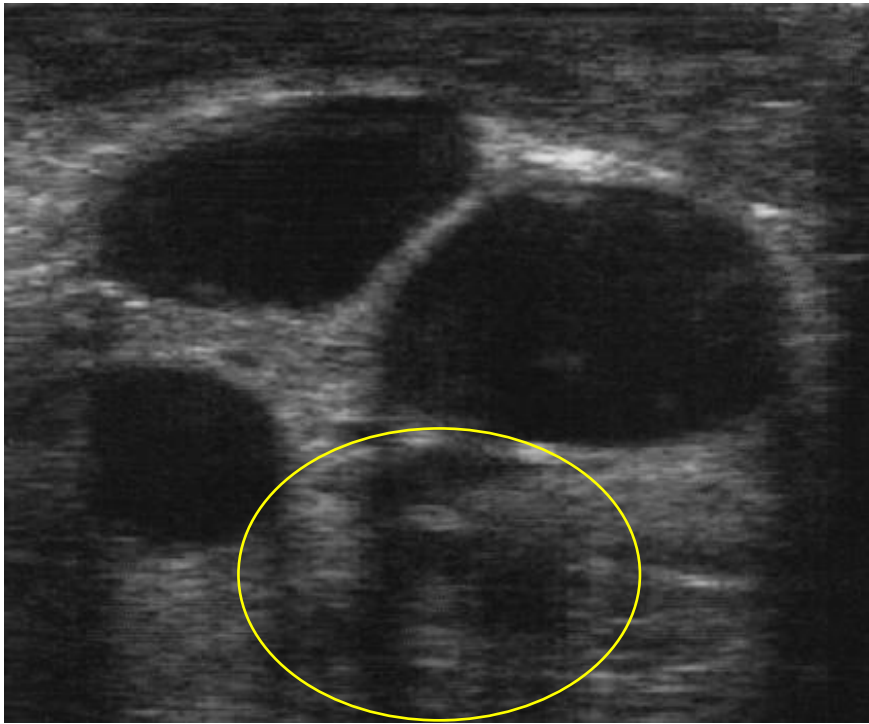


Figure 10 : Cônes d'ombres sous les follicules ovariens (DESCOTEAUX)

- L'écho de renforcement postérieur est, à l'inverse des cônes d'ombre, un faisceau qui apparaîtra plus intense en dessous d'une structure peu échogène. C'est souvent le cas avec un follicule dans l'ovaire, car le faisceau est peu atténué par le follicule.

B. Le choix de l'appareil et de la sonde

1. Les différents types de sondes

Comme dit précédemment, la sonde est constituée de cristaux piézo-électriques qui vont émettre des ultrasons par salves, mais aussi recevoir les échos. Deux types de sonde sont principalement utilisés en gynécologie bovine. Ce sont des sondes en mode B, utilisant le balayage électronique du mode bidimensionnel. Il s'agit de la sonde sectorielle et de la sonde linéaire. D'autres sondes existent mais ne seront pas détaillées ici car non utilisées dans ce domaine.

a. La sonde sectorielle

La sonde sectorielle est composée soit d'un seul cristal avec mouvement oscillant, soit de plusieurs cristaux avec un mouvement rotatif. On obtiendra avec cette sonde une image en demi-cercle ou « part de tarte » à l'écran, c'est-à-dire une image étroite en surface et évasée en profondeur. L'utilisation de cette sonde est assez délicate à maîtriser, par la forme de l'image obtenue qui est en « part de tarte » (Figure 11), car les lignes ne sont pas parallèles et donc plus difficilement interprétables. Elle est ainsi moins utilisée en gynécologie bovine que la sonde linéaire.

b. La sonde linéaire

La sonde linéaire va exciter les cristaux piézo-électriques de proche en proche selon un axe, par balayage, et va permettre d'obtenir à l'écran une image rectangulaire. L'utilisation de cette sonde est plus aisée que la sonde vectorielle, car la représentation de la coupe dans l'espace est plus facile à maîtriser. Il est également possible, contrairement à l'utilisation d'une sonde vectorielle, de visualiser des organes de grandes dimensions qui seraient situés juste sous la sonde. (Figure 11)

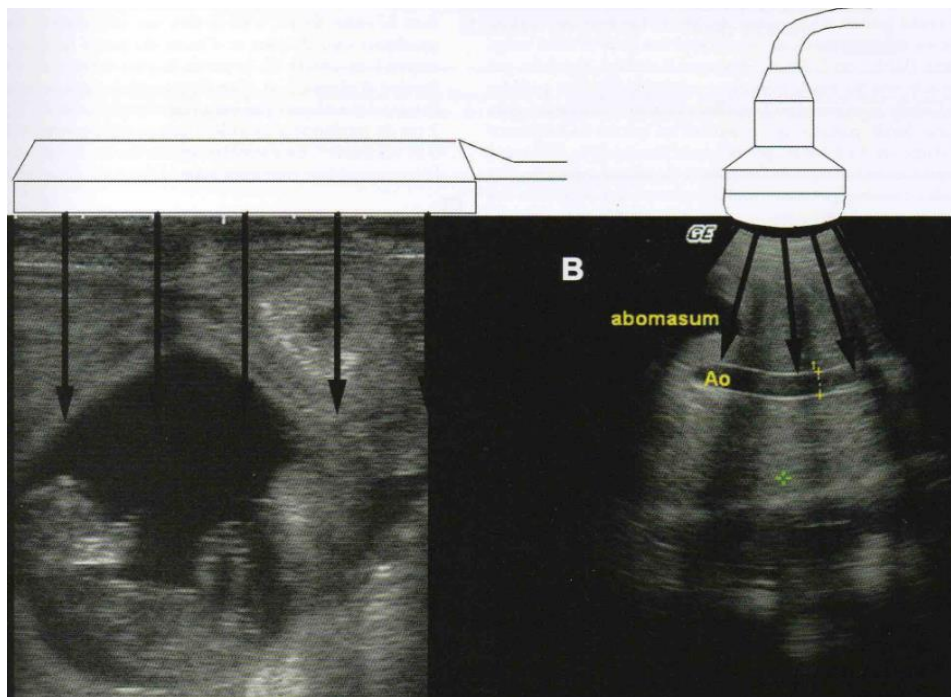


Figure 11 : Image échographique obtenue par les différentes sondes (linéaire à gauche et sectorielle à droite) (DESCOTEAUX)

2. Le choix de la fréquence

Nous avons vu précédemment que plus la fréquence est élevée et meilleure sera la résolution de l'image. Cependant, la profondeur atteinte sera moins importante. Il est donc nécessaire de faire un compromis entre les deux. En gynécologie bovine, on préférera utiliser une sonde de 5-6 MHz (notamment pour le diagnostic de gestation et le sexage des embryons), ou de 7,5MHz (18). Les sondes avec une fréquence plus faible (3,5MHz) sont plutôt utilisées lors d'échographies trans-abdominales (par exemple pour le diagnostic de gestation des petits ruminants).

3. Le choix de l'appareil

Le choix de l'échographe est important et se fait selon plusieurs critères.

Il doit tout d'abord être facilement transportable, car les échographies se déroulent à la ferme directement. Dans le même sens, on préférera un échographe sur batterie plutôt qu'un échographe qui se branche sur secteur, car il est parfois difficile de trouver un branchement électrique dans les élevages (ou alors il sera assez éloigné des bêtes et nécessitera une/des rallonge(s), et les bovins pourraient marcher sur le fil. La présence du fil entraîne aussi un risque de blessure et un nettoyage plus important. Pour les grands élevages, il faut bien penser à emmener avec soi une batterie de secours, car elle peut vite se décharger, surtout en hiver avec le froid.

Il faut aussi faire attention au poids de l'appareil. En effet, le praticien devra le porter tout au long de l'examen, et ce poids est d'autant plus important à prendre en compte lorsqu'il y a beaucoup d'animaux à échographier. Ainsi il existe des appareils en bandoulière, portatifs en bracelet, ou même maintenant une paire de lunettes connectées à la sonde qui permet de ne plus rien porter du tout.

La longueur du câble reliant la sonde à l'écran est aussi à prendre en compte. Il faut qu'il soit assez long pour que l'échographe soit maintenu à distance de la vache, mais pas trop non plus pour qu'il ne touche pas par terre et ne puisse ainsi pas être écrasé.

On privilégiera des appareils étanches et avec le moins de boutons en reliefs possibles, permettant un nettoyage facile après chaque utilisation.

Un dernier critère pouvant être pris en compte est la capacité de l'échographe à enregistrer des images/vidéos de l'échographie. En effet, cela peut être utile pour le praticien de conserver ces images, par exemple lors d'un cas clinique intéressant dont on voudrait garder une trace, ou pour demander l'avis de collègue lors de doute.

Les principes de base de l'échographie sont plutôt importants à comprendre pour le praticien vétérinaire rural car ils vont lui permettre de choisir et de régler de manière adéquate l'échographe et la sonde échographique. De plus, la connaissance des principaux artéfacts rencontrés en pratique lui permettra de limiter les mauvaises interprétations et de réaliser des images échographiques de meilleure qualité.

III. Examen échographique de l'appareil génital non gravide lors du suivi de reproduction en élevage bovin

Dans cette partie, nous présenterons les observations réalisées et les images obtenues lors de l'examen échographique de l'appareil génital non gravide bovin. Cette partie est très utile car le but de la création du support pédagogique est de se rapprocher le plus possible des images obtenues lors d'un examen échographique sur animal vivant, mais dans un atelier en salle de simulation.

A. Examen échographique de l'utérus non gravide

A la palpation, on trouvera l'utérus au niveau du plancher du bassin, entièrement pelvien chez les génisses et s'étendant au-delà du bord crânial du bassin chez les vaches. On sentira avec la face palmaire de la main une structure tubulaire se divisant en deux autres structures tubulaires plus petites. Il s'agit là du col et du corps utérin puis des deux cornes utérines. Pour faciliter l'examen de l'utérus, on pourra saisir les cornes utérines et les ramener légèrement vers nous, cela a pour effet de rapprocher et de regrouper l'utérus, ainsi sa palpation est facilitée. La consistance de l'utérus est variable au cours du cycle, on peut simplifier cela en disant que l'utérus est plus tonique et ferme aux alentours de la période œstrale. Il est indispensable de connaître les sensations de palpation des organes avant de réaliser l'échographie, car la palpation est nécessaire pour identifier les structures présentes sous notre main afin de réaliser des images de bonne qualité lors de l'échographie.

1. Utérus physiologique

a. Utérus hors période d'œstrus

En période dioestrale et hors gestation, l'utérus sera assez flasque, mince et ne présentera pas de liquide endométrial (22). On observera à l'échographie, sur une coupe transversale (Figure 12), au centre une lumière presque inexistante anéchogène entourée d'une muqueuse représentée par un cercle gris d'échogénicité homogène (0,5 à 1 cm d'épaisseur) et elle-même entourée d'une sous muqueuse moins échogène (quelques millimètres d'épaisseur). Toutes ces structures seront globalement entourées du myomètre d'aspect échogène uniforme (Figure 12 et 13)

(23). En diœstrus on notera une démarcation moins évidente entre l'endomètre et le myomètre (22).

Cette image de trois couches concentriques successives de zones noir-gris-noir (lumière-muqueuse-sous muqueuse) est caractéristique et dite « en cocarde » (22).

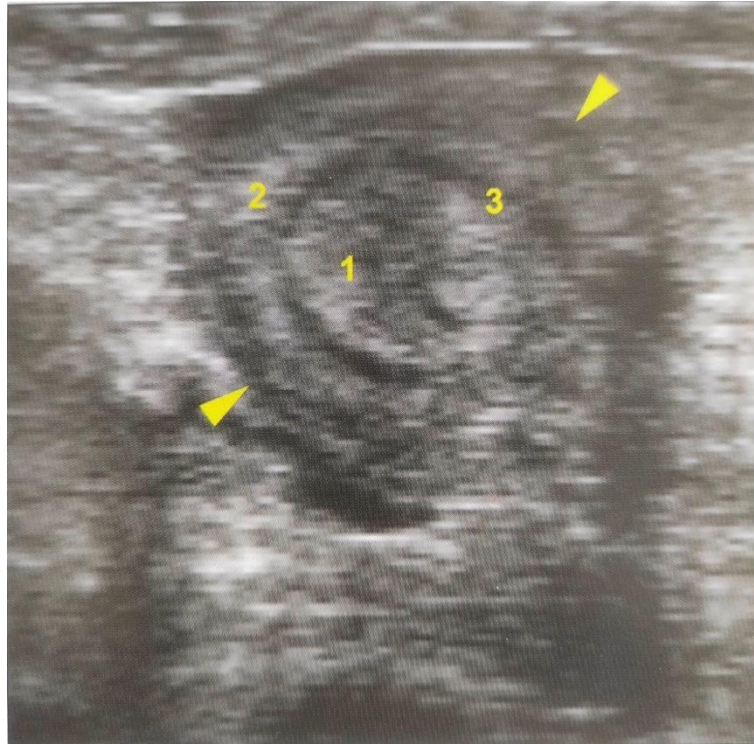


Figure 12 : Image échographique d'une corne utérine de vache en coupe transversale.
1 : endomètre ; 2 : myomètre ; 3 : partie vasculaire de l'utérus ; > : limite de l'utérus
(DESCOTEAUX)

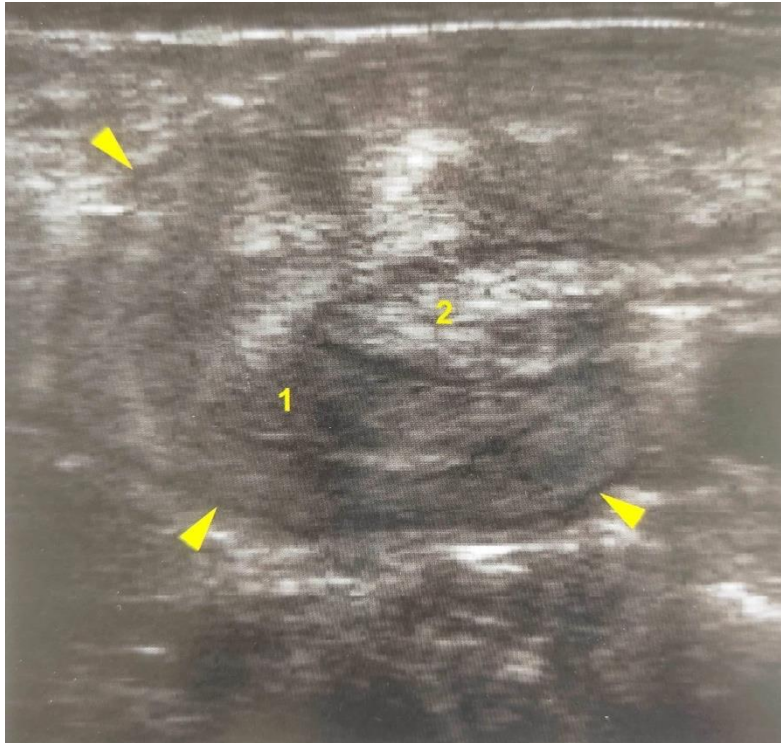


Figure 13 : Image échographique d'une corne utérine de vache en coupe longitudinale.
1 : endomètre ; 2 : myomètre ; > : limite de l'utérus (DESCOTEAUX)

b. Utérus en période péri-œstrale

Cette période (3 jours avant à 4 jours après les chaleurs) est caractérisée par un niveau élevé en œstrogènes ce qui provoque une augmentation du flux sanguin vers l'utérus, une sécrétion de mucus dans la lumière utérine par les glandes endométriales et un œdème utérin (22). Cela donne une image d'échogénicité moindre et une grande hétérogénéité des tons de gris à la paroi utérine (24). La muqueuse de l'endomètre devient particulièrement échogène, la limite entre l'endomètre et le myomètre est alors plus évidente (22). Ceci a pour effet de renforcer le contraste de la forme « en cocarde ».

La lumière utérine étant envahie par le mucus, elle devient nettement visible à l'échographie (Figure 14). On observera une forme d'étoile anéchogène de quelques millimètres d'épaisseur. On veillera à ne pas confondre cette image avec celle d'un liquide infectieux lors d'une infection utérine de faible importance. On pourra utiliser ces caractéristiques de l'œstrus pour les différencier (25) :

- La lumière a une forme d'étoile et est moins dilatée
- Le liquide est anéchogène
- La paroi utérine est épaissie mais présente une face interne régulière

- Les différentes coupes de cornes sont homogènes
- Il y aura présence d'un follicule pré-ovulatoire sur un ovaire (si l'échographie est réalisée avant ovulation).

On peut également confondre cette accumulation de liquide avec une gestation précoce (22), on vérifiera alors l'anamnèse, la présence ou non d'un corps jaune sur un des ovaires et on validera ou non les signes échographiques typiques d'une gestation.

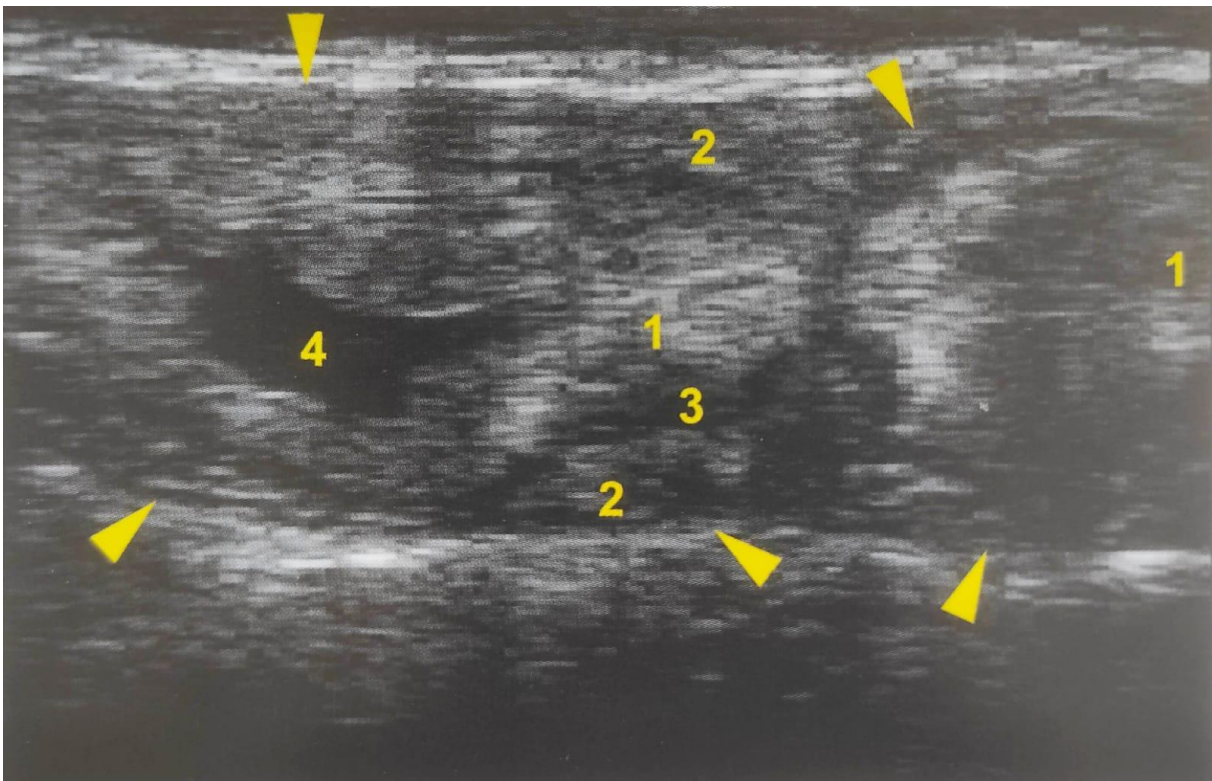


Figure 14 : Image échographique de deux sections de corne utérine en coupe transversale sur une vache en œstrus. 1 : endomètre ; 2 : myomètre ; 3 : portion vasculaire de l'utérus ; 4 : lumière utérine contenant du liquide ; > : limite de l'utérus (DESCOTEAUX)

c. Utérus en involution

L'intérêt de l'évaluation échographique de l'involution utérine post-partum réside dans le fait qu'elle permet un diagnostic précoce des affections utérines telles que les infections utérines. Cette évaluation est assez rarement réalisée en routine mais elle peut être particulièrement justifiée chez des animaux ayant des antécédents de dystocies, de rétention placentaire, de métrite ou encore de problèmes métaboliques.

L'involution utérine est terminée à 30 jours post-partum (50-60 jours post-partum pour le col utérin). On pourra vérifier, à travers une palpation transrectale, si l'utérus est complètement involué avec quatre critères (26) :

- Une consistance non pâteuse
- Un diamètre des cornes inférieur à quatre centimètres (trois centimètres chez les primipares)
- L'absence de lumière utérine
- L'absence de caroncules palpables.

Cependant, la palpation n'est pas suffisamment informative pour l'évaluation de l'involution utérine car elle ne permet pas un diagnostic fiable des affections utérines pouvant être présentes, elle devra donc être complétée par l'échographie (22).

A l'échographie, lors d'une involution physiologique de l'utérus on pourra observer (Figure 15) :

- Des cotylédons en involution, avec une périphérie très échogène (début du post-partum)
- Un utérus œdématié et dilaté par des lochis contenant un mélange de liquide, de restes d'enveloppes fœtales, d'endomètre, de sang et de bactéries (15 premiers jours post-partum)
- Une paroi utérine devenant de plus en plus échogène à mesure que l'involution s'effectue.

On notera que les images d'involutions sont à mettre en correspondance avec le nombre de jours post-partum. En effet, des images physiologiques à 15 jours post-partum seront considérées comme pathologiques et assimilées à un retard d'involution à 28 jours post-partum. Il est donc absolument nécessaire de connaître la date du vêlage.



Figure 15 : Image échographique de l'utérus normal en involution au 10^{ème} jour post-partum. 1 : endomètre épaissi ; 2 : myomètre épaissi et très échogène ; 3 : présence de lochies ; > : limite de l'utérus (DESCOTEAUX)

2. Utérus pathologique

a. Retard d'involution

Nous avons vu que l'involution utérine se terminait vers 30 jours post-partum du point de vue anatomique. Ainsi, tout dépassement de ce délai sera considéré comme un retard d'involution pathologique. Mais l'observation d'images échographiques correspondant à une période antérieure à celle à laquelle on réalise l'examen mènera également au diagnostic de retard d'involution. Ces retards d'involutions peuvent être expliqués par différentes affections comme les infections utérines.

Réaliser un examen échographique avant dix jours post partum ne permettra pas d'identifier un retard d'involution car l'apparence échographique de l'utérus normal et pathologique ne présente pas de différences significatives à cette période (22).

b. Métrite

Lors d'une métrite, il y a inflammation de l'endomètre et du myomètre et présence d'un contenu utérin infecté. A l'échographie cela se traduira par un contenu utérin gris, d'une échogénicité hétérogène, dans lequel flottent des particules hyperéchogènes, cette image donne l'apparence d'une « tempête de neige » à l'intérieur de l'utérus (Figure 16) (22). On observe également une augmentation de l'épaisseur de l'endomètre ainsi que du myomètre. Si l'expulsion des annexes fœtales n'a pas eu lieu, la taille de l'utérus paraît très grande, et traduit le retard d'involution (22).



Figure 16 : Image d'une métrite aiguë chez une vache au 8^{ème} jour post-partum. 1 : endomètre épaissi ; 2 : vascularisation ; 3 : myomètre épaissi et hyperéchogène ; 4 : contenu utérin avec particules échogènes (DESCOTEAUX)

c. Endométrite

Lors d'une endométrite clinique l'inflammation est généralement limitée à l'endomètre. Les images observées à l'échographie seront donc semblables à celles décrites dans le cas d'une métrite, la seule différence étant que seul l'endomètre apparaît épaissi (Figure 17). Dans le cas d'une endométrite de faible gravité, l'accumulation de liquide infecté n'est généralement visible que dans une petite portion de corne utérine, on veillera donc à être particulièrement attentif lors de l'examen échographique (22).

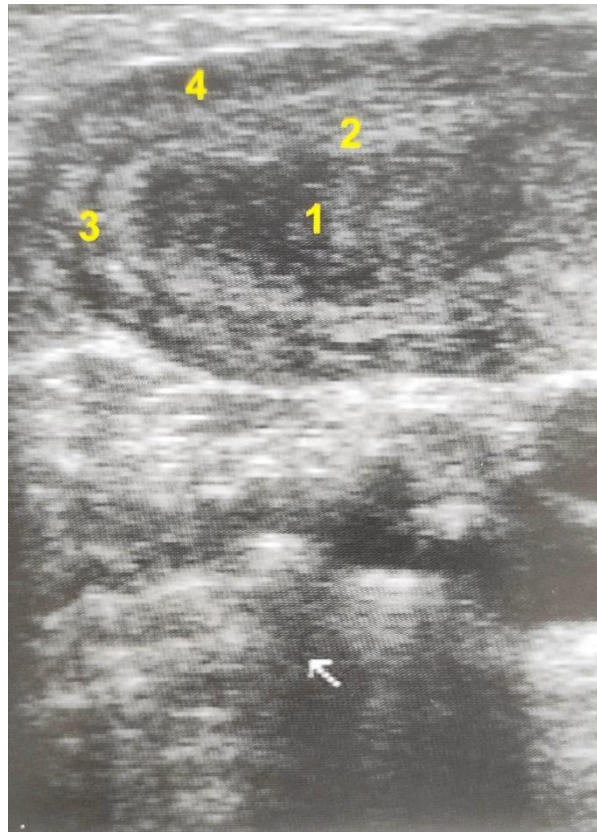


Figure 17 : Image d'une endométrite chez une vache au 25^{ème} jour post-partum. 1 : contenu utérin purulent ; 2 : endomètre épaissi ; 3 : vascularisation ; 4 : myomètre (DESCOTEAUX)

d. Pyomètre

Dans le cas du pyomètre on observera à l'échographie une paroi utérine épaissie et une grande quantité de liquide d'échogénicité variable dans la cavité utérine. Le liquide est visible dans toute la lumière utérine (Figure 18). Si l'on exerce des pressions successives sur l'utérus avec la sonde, cela aura pour effet de mettre le liquide en mouvement et on pourra observer des particules hyperéchogènes (aspect en flocon de neige) en mouvement dans le liquide. Le diamètre de la cavité utérine varie en général entre 5 cm et 20 cm mais il est possible d'observer des pyomètres de la taille d'un utérus en fin de gestation (22).

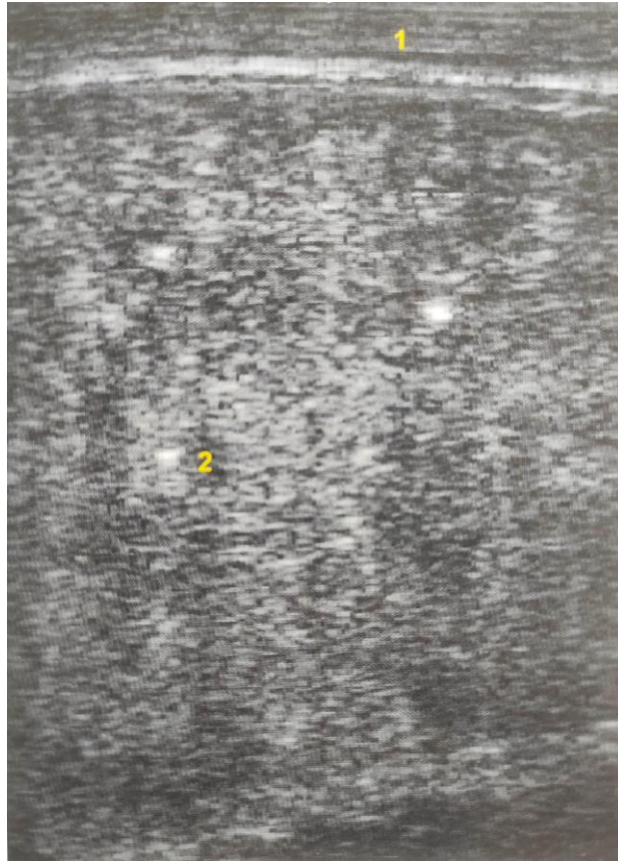


Figure 18 : Image d'un pyomètre chez une vache en lactation. 1 : paroi utérine ; 2 : contenu utérin purulent en grande quantité avec la présence de particules hyperéchogènes (DESCOTEAUX)

e. Mucomètre et hydromètre

Dans le cas d'un mucomètre ou d'un hydromètre le contenu utérin est complètement anéchogène ou peut contenir quelques particules hyperéchogènes (Figure 19). La paroi utérine est généralement de taille augmentée. On observe souvent la présence d'un kyste folliculaire sur l'un des ovaires. (22)

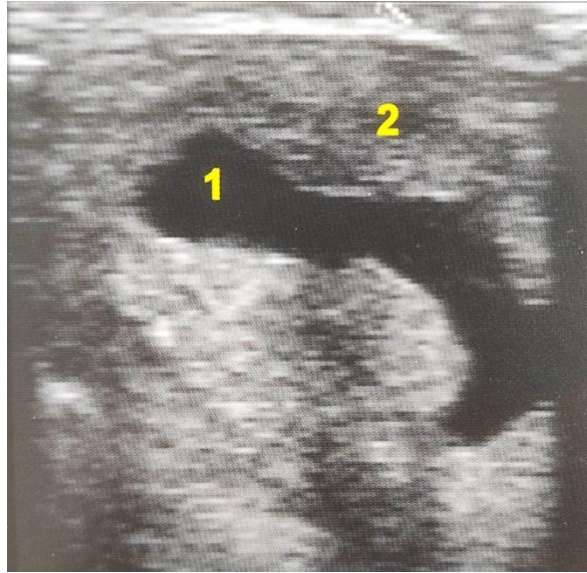


Figure 19 : Image d'un mucomètre chez une vache. 1 : accumulation de liquide anéchogène ; 2 : paroi de l'utérus (DESCOTEAUX)

B. Examen échographique des ovaires

La palpation des ovaires est un geste technique qui nécessite un apprentissage et de la pratique. On commencera par repérer l'utérus, puis on se dirigera vers le bout des cornes en passant par la grande courbure, on doit normalement arriver sur le côté du corps de l'utérus et c'est à cet endroit que l'on repère l'ovaire. On l'identifie assez facilement comme une structure ovoïde et ferme, de la consistance d'un ganglion. On pourra ensuite, en caressant avec un doigt la surface de l'ovaire, noter la présence ou l'absence d'organites et identifier leur nature. L'exactitude du diagnostic différentiel entre un follicule et un corps jaune varie beaucoup avec l'expérience de l'opérateur (27). On peut retenir quatre éléments à évaluer qui servent à faire la distinction entre les deux organites (28) :

- La présence ou l'absence entre l'ovaire et l'organite d'un sillon disjoncteur. Il sera présent dans le cas d'un corps jaune.
- La surface lisse dans le cas d'un follicule et rugueuse dans le cas d'un corps jaune.
- La présence d'une cicatrice d'ovulation dans le cas d'un corps jaune.
- La texture souple du follicule et dure du corps jaune.

L'évaluation de la présence d'organites internes est plus compliquée et se base sur l'évaluation de la taille de l'ovaire. Ainsi les erreurs à la palpation sont assez fréquentes. De plus la palpation ne permet pas l'identification précise des kystes ovariens (29). C'est pour cela que l'échographie est indispensable, car elle permet une amélioration de l'identification des organites ovariens ainsi qu'une identification précise des kystes.

1. Follicule

Les follicules peuvent être facilement identifiés à l'écran car ils apparaissent en noir du fait de l'hypoéchogénéité du fluide folliculaire (Figure 20). La cavité a une taille inférieure à 25 mm de diamètre, au-delà on parlera de kyste folliculaire. La paroi du follicule est fine (un à deux mm d'épaisseur) et le sépare du stroma ovarien qui apparaît grisâtre et homogène. Il est important de faire la distinction entre un follicule et un vaisseau sanguin. En effet, un vaisseau sanguin en coupe transversale apparaîtra également comme une sphère hypoéchogène mais, contrairement à un follicule, lorsque que l'on passe à une coupe longitudinale en déplaçant la sonde, le vaisseau sanguin s'étire pour donner une forme longue (30).

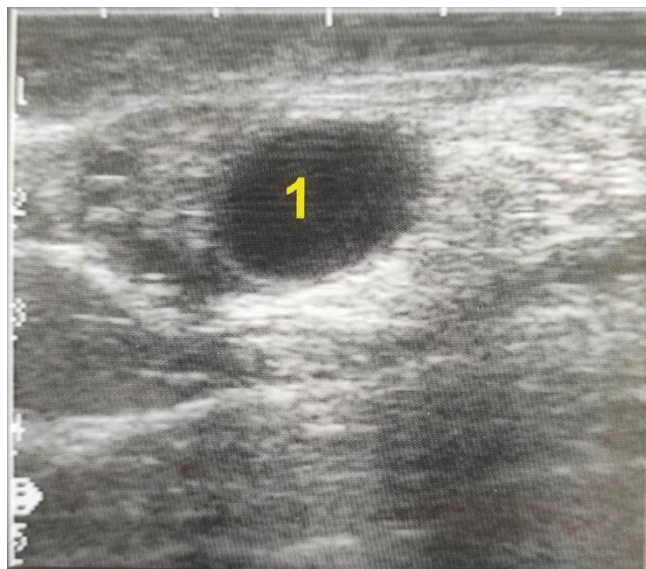


Figure 20 : Image d'un ovaire présentant un follicule de 16 mm. 1 : follicule (DESCOTEAUX)

2. Corps jaune

Il est très important de savoir reconnaître un corps jaune à l'échographie. En effet, il renseigne sur la cyclicité d'un animal, et permet par exemple d'affirmer qu'une génisse a atteint la puberté, qu'un animal est cyclé, ou encore dans quelle corne rechercher la présence d'un embryon pour confirmer une gestation. Le corps jaune est individualisé par une bordure nette seulement après quatre jours de formation (30). Il apparaît comme une structure ronde/ovale, grise, granuleuse et délimitée du tissu ovarien (Figure 21). Il est hypoéchogène comparativement au stroma ovarien du fait d'une vascularisation importante (30). On peut parfois observer un trait hyperéchogène au centre du corps jaune correspondant à du tissu conjonctif ramifié (23).

Il est à noter que, durant les dix premiers jours du cycle ovarien, 30 à 50% des corps jaunes présentent une cavité et seront alors nommés corps jaunes cavitaires. Il est rare d'observer un corps jaune cavitaire après 30 jours de gestation même si ceux-ci sécrètent des niveaux normaux de progestérone et n'affectent en aucun cas le cycle ou la gestation (31). On observera à l'échographie une cavité anéchogène, mesurant de deux millimètres à deux centimètres de diamètre, entourée d'une paroi épaisse qui est le tissu lutéinique.

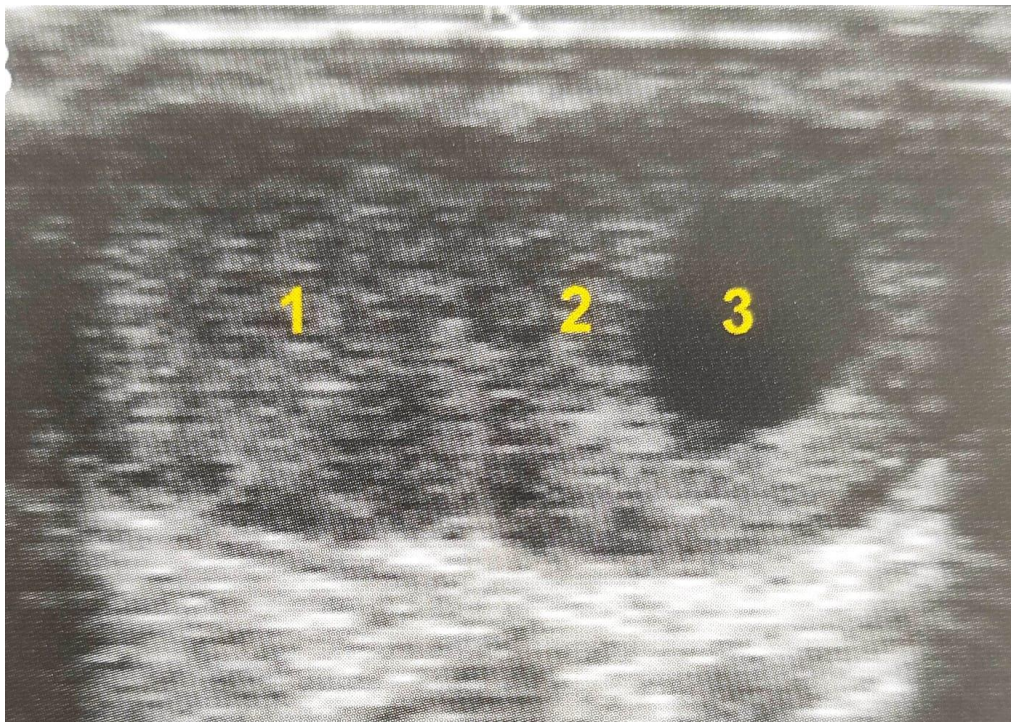


Figure 21 : Image d'un ovaire présentant un corps jaune compact et un corps jaune cavitaire. 1 : Corps jaune compact ; 2 : Tissu lutéal du corps jaune cavitaire ; 3 : Cavité du corps jaune cavitaire (DESCOTEAUX)

3. Inactivité ovarienne

Les ovaires quiescents sont associés à l'ancœstrus. On observe la présence de petits follicules de moins de quatre millimètres de diamètre, et il y a absence de gros follicules et de corps jaune (Figure 22) (30).

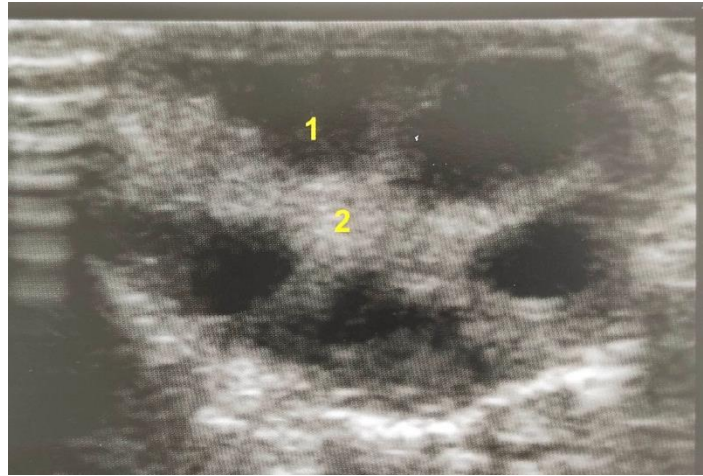


Figure 22 : Image d'un ovaire quiescent présentant plusieurs follicules de moins de 4 mm. 1 : follicule ; 2 : stroma ovarien (DESCOTEAUX)

4. Kyste folliculaire

A l'échographie les kystes folliculaires ressemblent en tout point à un follicule. Ce sont des structures anéchogènes à paroi mince, mais leur diamètre dépasse 25 mm (Figure 23). Leur forme est sphérique, mais elle devient ovale sous la pression de la sonde. Si le kyste commence à se lutéïniser, on pourra observer des particules grisâtres et des travées conjonctives dans la cavité (31).

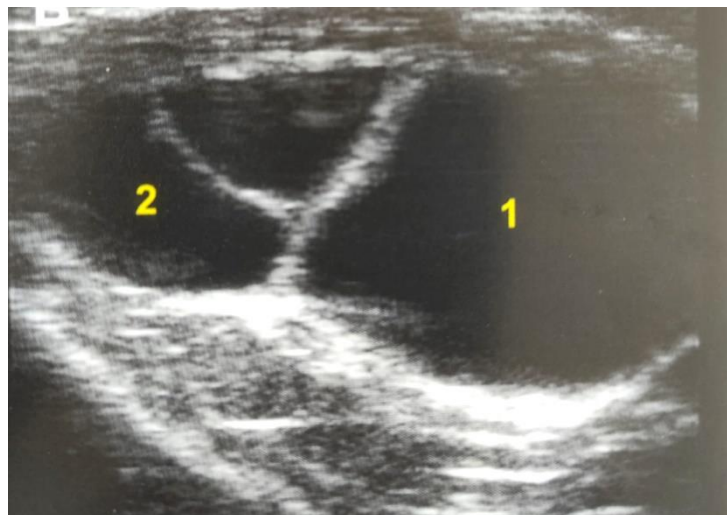


Figure 23 : Image d'un ovaire présentant plusieurs kystes folliculaires. 1 et 2 : kystes folliculaires (DESCOTEAUX)

5. Kyste lutéal

Ce kyste présente également une cavité anéchogène dont le diamètre dépasse 25 mm, mais sa paroi épaisse mesure plus de trois millimètres d'épaisseur (Figure 24). On peut observer dans la cavité des travées conjonctives échogènes (31). La distinction entre un kyste lutéal et un corps jaune cavitaire repose classiquement sur la taille de la cavité, supérieure à 25 mm de diamètre pour un kyste. Néanmoins, d'autres critères doivent être pris en compte et le diagnostic de certitude n'est pas particulièrement facile à réaliser (30).

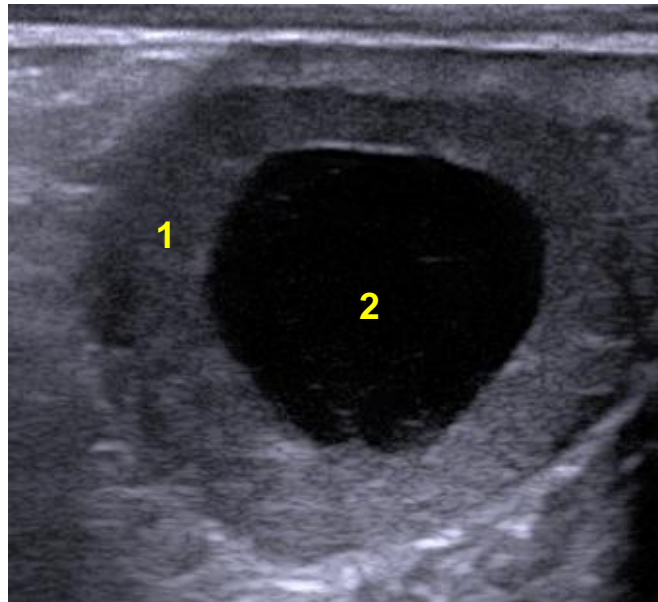


Figure 24 : Image d'un ovaire présentant un kyste lutéal. 1 : tissu lutéal du kyste ; 2 : cavité du kyste (JULIA et TAVEAU)

6. Tumeurs ovariennes

La principale tumeur ovarienne chez la vache est la tumeur des cellules de la granulosa. Elle se présente à l'échographie par une hypertrophie ovarienne de plus de dix centimètres de diamètre. La surface de l'ovaire est lisse à grossièrement lobulée. En coupe on observera un mélange de structures kystiques et de tissus denses, résultant en un mélange de parties très échogènes et d'autres anéchogènes (Figure 25). On parle parfois de structure en nid d'abeille. Quelques tumeurs peuvent présenter des zones calcifiées ou de nécrose de très forte échogénicité ou de très grands espaces cavitaires remplis de liquide anéchogènes. (30)

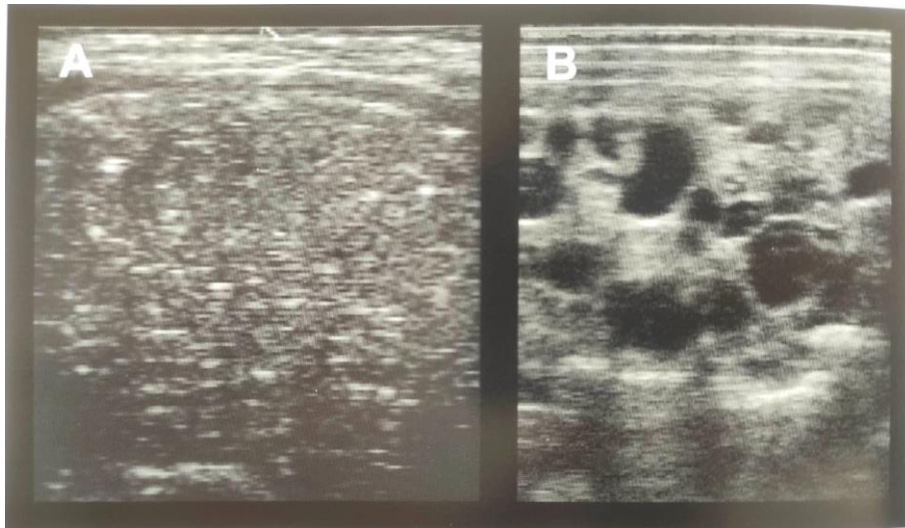


Figure 25 : Images de deux tumeurs des cellules de la granulosa d'apparence différente. A : nombreuses zones de calcification ou de nécrose fortement échogènes ; B : plusieurs cavités remplies de liquide hypoéchogène (GNEMMI et T.A.E)

Un suivi de reproduction est un acte global dans lequel on cherche à connaître le stade du cycle sexuel de chaque vache d'un élevage. Cela permet à l'éleveur de récolter les indicateurs de performances de son élevage et de planifier avec l'aide de son vétérinaire le futur de chaque animal. Pour réaliser cela, le vétérinaire échographie chaque animal. Il est donc très important pour le vétérinaire de maîtriser la réalisation et l'interprétation des images échographiques afin de donner les meilleurs conseils à l'éleveur.

DEUXIEME PARTIE : L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCHOGRAPHIE GÉNITALE BOVINE

(Partie réalisée en commun avec A. PRE)

L'apprentissage de l'échographie génitale bovine requiert un apprentissage théorique et un apprentissage pratique. La partie théorique regroupe des connaissances en imagerie médicale, en anatomie et en physiologie des bovins. La partie pratique consiste en l'apprentissage de la palpation transrectale de la vache et de la manipulation d'un échographe, en mettant en lien les sensations et les images obtenues.

L'apprentissage théorique pourra être facilement dispensé lors de cours magistraux. La pratique est quant à elle plus difficile à enseigner, car l'élève doit pouvoir réaliser et répéter les gestes plusieurs fois, ce qui nécessite des contraintes matérielles et logistiques qui sont parfois difficiles à mettre en place en école vétérinaire.

Dans cette partie, nous aborderons les problématiques liées à l'apprentissage pratique de l'échographie génitale bovine et nous présenterons les ateliers de simulation qui sont de potentiels compléments à l'enseignement actuel.

I. Problèmes posés par l'enseignement de l'échographie génitale bovine en école vétérinaire

A. Les modalités de l'enseignement actuel

1. Dans les écoles vétérinaires françaises

L'apprentissage de la palpation transrectale et de l'échographie génitale est enseigné de manière relativement similaire dans les quatre écoles vétérinaires françaises (32). L'anatomie de l'appareil reproducteur et la physiologie de la reproduction sont enseignées durant les deux premières années d'étude. L'apprentissage pratique est abordé en troisième année lors de travaux pratiques, en commençant par l'apprentissage de la palpation transrectale puis de l'échographie (32).

Durant ces travaux pratiques les élèves sont présents en nombres restreint (en moyenne une dizaine d'étudiants) car les promotions sont divisées en plusieurs groupes qui assisteront successivement à la séance au cours de l'année. Les enseignants de reproduction encadrent ce TP, et fournissent le matériel nécessaire (appartenant à l'école vétérinaire), en particulier les échographes qui sont en nombre limités du fait du coût important qu'ils représentent.

La séance se déroule autour d'un troupeau pédagogique de bovins, soit appartenant à l'école vétérinaire, soit appartenant à un agriculteur ayant accepté de recevoir les étudiants. Dans certaines écoles, les élèves peuvent également être emmenés dans un abattoir local.

Chaque élève réalisera tout d'abord une palpation transrectale afin de repérer les différentes structures. Lorsque celui-ci aura réussi à palper l'utérus et les ovaires il pourra alors essayer l'échographie. L'enseignant encadre les élèves en leur prodiguant des conseils sur les gestes à réaliser et les sensations à rechercher lors de la palpation. Si l'élève ne parvient pas à palper une structure, l'enseignant pourra le guider grâce aux images échographiques jusqu'à la structure recherchée. En effet, lorsque l'élève réalise l'échographie l'enseignant peut facilement observer, grâce à l'écran de l'échographe, ce que l'élève ressent. Il peut alors le conseiller sur les déplacements à réaliser avec sa main, et commenter les images obtenues afin que

l'élève associe les sensations aux images qu'il effectue. Sur certains échographe un deuxième écran portatif peut être relié à l'échographe, ainsi l'enseignant peut conserver cet écran et montrer aux autres élèves les images que l'on peut obtenir.

Afin de respecter le bien-être animal, et même si aucun texte de loi ne régit l'utilisation des vaches lors de ces séances, les enseignants limitent le nombre de manipulation par animal. Au maximum, deux palpations seront réalisées par vache. De plus les animaux présentant des lésions rectales seront immédiatement retirés de la séance et mis au repos.

2. Dans d'autres pays du monde

A l'étranger les modalités d'enseignement sont proches de celles des écoles françaises. Seule la sphère légale est différente et souvent mieux précisée.

A Liège, les étudiants ne sont autorisés à palper et échographier seulement les vaches en cours d'involution utérine ou en anœstrus pathologique. De plus, une seule palpation par vache et par séance est autorisée.

Au Canada, les règles dictées par les organismes suivants, Animal Research Review Panel et NSW Department of Primary Industries Animal Welfare Branch, sont très strictes (33) :

- Les vétérinaires encadrants les séances doivent être habilités et au nombre d'un pour dix élèves au minimum
- Les étudiants doivent avoir reçu les cours d'anatomie et de physiologie et doivent s'être entraînés sur des pièces d'abattoir avant la séance
- Les vaches doivent avoir plus de 15mois, être identifiées et être vaccinées contre la leptospirose. Leur statut physiologique doit être connu. Et le jour de la séance seules les vaches présentant une température normale et sans écoulement vaginale peuvent être examinées.
- Au maximum cinq examens transrectaux sont réalisés par vache et par séance. Les séances ont lieu tous les deux jours. De plus, les vaches présentant des lésions rectales doivent être retirées des séances pendant au moins 1 mois.

- Le matériel à usage unique est utilisé pour chaque animal. Les échographes sont désinfectés entre chaque animal.
- Un rapport doit être rédigé chaque année par le responsable de l'unité de reproduction et soumis aux organismes cités plus haut.

Aux États-Unis, les activités utilisant des animaux sont gradées de 1 à 5 par un comité d'éthique selon le risque pour l'animal (34). La palpation transrectale et l'échographie génitale sont de grade 4, c'est-à-dire étant décrit comme des techniques invasives pouvant induire de la douleur chez l'animal et ayant un impact important sur celui-ci. Pour ces actes les étudiants doivent avoir reçu une autorisation par le comité d'éthique.

3. Importance des stages et modules complémentaires

La formation pratique des élèves vétérinaires est complétée durant les stages en clinique vétérinaire ou encore lors de modules complémentaires proposés par divers organismes.

En effet en ce qui concerne l'apprentissage de la palpation transrectale et de l'échographie génitale bovine, lorsque qu'un élève réalise un stage en clinique vétérinaire rurale et assiste par exemple à un suivi de reproduction, il aura l'occasion de réaliser la palpation de plusieurs dizaines voire d'une centaine de vaches en quelques heures ce qui représente une acquisition rapide d'expérience. Certaines cliniques possèdent plusieurs échographes, ce qui permet au stagiaire de réaliser lui-même autant d'échographie qu'il le souhaite sans gêner l'exercice du vétérinaire, ce qui représente encore un fois une acquisition rapide d'expérience et d'autonomie.

Dans les écoles vétérinaires françaises la présence de club est très importante car elle permet pour beaucoup l'acquisition d'expérience par les élèves en parallèles des études officielles proposées par l'école. Dans le cas de Lyon par exemple, les GTV junior de Lyon (Groupement Technique Vétérinaire Junior) proposent de nombreux travaux pratiques aux élèves adhérents, dont un consiste à se rendre en abattoir afin de réaliser les palpations transrectales et les échographies génitales sur de nombreuses vaches. Le TP a lieu sur une après-midi, avec un groupe d'environ dix étudiants et un enseignant, ce qui permet à chaque élève de répéter de nombreuses fois les gestes techniques et donc d'acquérir de l'expérience (35).

B. Les difficultés pratiques et pédagogiques lors de l'enseignement

1. Les difficultés pratiques

L'organisation des travaux pratiques d'apprentissage de la palpation transrectale et de l'échographie génitale est assez compliquée pour les écoles vétérinaires. Selon une étude de Bossaert et al., la palpation transrectales de 200 vaches serait nécessaire pour qu'un étudiant soit capable d'identifier et de repérer correctement les structures d'intérêt et un nombre encore plus important serait nécessaire afin de réaliser des interprétations et des diagnostic corrects (36). Ce seuil n'est certainement jamais atteint si l'on s'en tient aux enseignements et aux rotations cliniques en école vétérinaire, du fait des diverses difficultés pratiques présentées dans la suite de notre propos.

Tout d'abord il faut se procurer des animaux ce qui n'est pas forcément évident. Certaines écoles, comme celle de Lyon, font le choix d'obtenir des vaches de réformes pour constituer un troupeau pédagogique. Cela nécessite d'avoir sur le campus universitaire les infrastructures nécessaires à l'accueil de bovins, et des personnels salariés pour s'en occuper. De plus, le nombre d'étudiant étant important, le nombre de vaches nécessaires pour réaliser les TP doit être élevé, pour assurer une diversité suffisante de cas clinique et respecter le bien-être animal. Cela est évidemment très compliqué à mettre en place, le troupeau pédagogique le plus important est présent à l'école de Lyon et comprend environ 15 vaches. Un autre moyen pour les écoles de mettre à disposition des vaches pour les étudiants est de réaliser un partenariat avec un éleveur et de proposer la gratuité pédagogique. Mais il faut trouver un éleveur à proximité de l'école, acceptant la durée relativement longue des sessions. De plus certains éleveurs craignent que l'inexpérience des élèves vétérinaires induise des interruptions de gestations lors de la palpation transrectale, ce qui semble être une crainte justifiée car, selon certaines études, une pression excessive réalisée sur une vésicule amniotique augmenterait le risque de mortalité embryonnaire (37).

Une autre problématique est le nombre de matériels proportionnellement au nombre d'étudiant. En effet, un échographe coûte en moyenne 7000€, ce qui représente un investissement important. Il est donc impossible de fournir un échographe par élève lors des TP. Lors des travaux pratiques à l'école de Lyon, deux

échographes sont mis à disposition des élèves, ce qui représente en général un échographe pour cinq élèves lors des séances. Cela réduit donc le nombre d'échographies réalisables pour chaque élève et impose souvent des temps morts importants lors des séances.

Toutes ces problématiques sont renforcées par le fait que le nombre d'étudiants en école vétérinaire est croissant : 436 places au concours d'entrée en école vétérinaire française en 2006, 554 en 2017, 636 en 2019, 646 en 2020 et 2021 (38). Cela a pour effet logique d'augmenter le nombre d'élèves dans les sous-groupes de travaux dirigés et donc nécessite plus de moyens pour conserver le même niveau d'enseignement.

2. Problématiques pédagogiques

La palpation transrectale et l'échographie génitale est avant tout un acte basé sur des sensations tactiles, et c'est bien souvent ce qui pose le plus problème aux étudiants vétérinaires lors de leur formation. On peut par exemple citer comme autres actes difficiles à apprendre la palpation abdominale des carnivores ou encore la visualisation et le touché de la veine jugulaire lors d'une prise de sang sur un chat. Ce genre d'acte est difficile à enseigner car il est très compliqué pour un enseignant de conseiller un étudiant quant aux sensations qu'il doit avoir, l'élève apprend donc en quasi-autonomie.

Ces actes sont d'ailleurs difficiles même pour des praticiens expérimentés qui peinent parfois à estimer le diamètre du col (39) ou à évaluer les structures ovariennes (40). Il est donc compréhensible que les étudiants éprouvent des difficultés lors de l'apprentissages de ces gestes techniques.

Aux États-Unis, lors d'une étude, des vétérinaires ont évalué à 3,5/5 leur degré de compétence en palpation transrectale et à 1,8/5 leur degré de compétence en échographie génitale, à la fin de leurs études (41). Les vétérinaires ne semblent donc pas maîtriser correctement ces actes à la fin de leurs études et ils admettent que l'amélioration de la formation serait difficile du fait que ce savoir-faire s'acquiert avec la pratique.

C. Le problème éthique du bien-être animal

Le bien-être animal est de nos jours au cœur des discussions, comme on peut le voir avec les nombreuses publications de l'association L-214 dénonçant des faits de maltraitance (42). D'après l'Organisation Mondiale de la Santé Animale, le bien-être animal est défini comme satisfaisant si tous les critères suivants sont respectés : « *bon état de santé, confort suffisant, bon état nutritionnel et sécurité. L'animal ne doit pas se trouver dans un état générateur de douleur, de peur ou de détresse, et doit pouvoir exprimer les comportements naturels essentiels pour son état physique et mental.* » (43). Il est ainsi important de prendre tout cela en compte dans l'enseignement de la médecine vétérinaire, qui est un pilier dans ce domaine, et ce n'est pas toujours évident lorsqu'il s'agit d'apprendre certains gestes techniques.

1. Stress

L'échographie des voies génitales de la vache peut être considéré comme un acte invasif, car il nécessite une palpation transrectale, qui engendre forcément du stress chez l'animal. Le stress est difficilement mis en évidence chez les bovins car ils sont peu expressifs. Malgré tout, des études ont montré durant la palpation transrectale une augmentation de la fréquence cardiaque et de leur cortisolémie (hormone du stress par excellence) ce qui traduit bien un stress chez les bovins (44, 45). De plus un étudiant non expérimenté va impliquer un temps d'examen beaucoup plus long qu'un vétérinaire expérimenté, et induira donc un stress d'autant plus important à l'animal.

2. Lacération rectale et interruption de gestation

En plus du stress causé à l'animal, l'apprentissage de l'échographie par voie transrectale peut causer des lésions, comme la lacération rectale ou encore une mort embryonnaire ou fœtale si l'animal était gravide (46).

Les lacérations rectales sont des lésions qui peuvent arriver lors de palpations rectales, avec l'observation de sang sur le gant lors de son retrait du rectum de la vache. Très peu d'études ont été réalisées sur l'importance des lésions que causeraient un étudiant par rapport à un praticien expérimenté, mais il est facile de penser qu'un étudiant qui apprend va passer plus de temps lors de son examen

(palpation transrectale ou échographie des voies génitales) et ainsi induire des lésions rectales de manière plus fréquente.

Comme expliqué précédemment, la période située entre 25 et 42 jours de gestation est critique et représente une part importante des interruptions de gestation. Or cette période correspond aussi en général à la période d'échographie pour un diagnostic de gestation précoce. Une étude a ainsi montré que l'échographie des voies génitales par une personne inexpérimentée (un étudiant en apprentissage par exemple) induirait 2,07% de pertes embryonnaires contre 1,06% pour un praticien expérimenté (47). Il faut donc faire attention à ne pas confondre perte embryonnaire de façon naturelle ou à cause d'une intervention humaine.

En conclusion, on peut dire que l'enseignement de la palpation transrectale ainsi que de l'échographie des voies génitales dans les écoles vétérinaires devient de plus en plus compliqué lorsque l'on prend en compte les questions d'éthique avec l'impact sur le bien-être de l'animal et l'augmentation constante des étudiants dans les écoles. Cela a permis une remise en question de l'enseignement et le développement d'enseignements autres que sur animaux vivants, comme les modèles pédagogiques de simulation dont nous allons discuter par la suite.

II. Les ateliers de simulation comme complément à l'enseignement existant

A. L'intérêt de la simulation en médecine vétérinaire

1. Respect de l'éthique

Dans le cadre de l'article 515-14 du code civil, disant que les animaux sont « des êtres vivants doués de sensibilité » (48), le bien-être et la protection animale sont de plus en plus pris en compte aujourd'hui. Les écoles vétérinaires deviennent ainsi des ambassadeurs concernant ce sujet et les étudiants y sont d'autant plus sensibilisés avec la création de cours spécifiques. La création de modèles de simulation permet de prendre en compte cette demande sociétale, car ils permettent aux étudiants de ne plus exercer pour la première fois sur un animal vivant, évitant ainsi les « souffrances », engendrées par une personne inexpérimentée, évoquées dans la partie précédente. Ces modèles de simulation permettent donc la limitation de l'utilisation d'animaux vivants, ou de l'euthanasie d'animaux comme pour l'apprentissage de l'anatomie par exemple, et répondent ainsi à la « règle des 3R : réduction du nombre d'animaux, raffinement des méthodes expérimentales et remplacement des animaux par des techniques non animales » qui peut se traduire par « jamais la première fois sur un animal vivant », analogue de la médecine humaine « Never First Time on the Patient » (43).

2. Intérêt pédagogique et bien être étudiant

a. Réduction du stress

L'environnement médical et chirurgical est présenté comme un environnement stressant pour les étudiants vétérinaires comme pour des vétérinaires plus expérimentés. En effet, plusieurs études ont démontré qu'il était stressant pour les étudiants d'avoir un animal vivant « entre les mains », d'autant plus lorsque le geste technique n'est pas totalement maîtrisé. Il est aussi reconnu que le stress et le manque de confiance en soi sont des sentiments nocifs pour le travail des étudiants (49, 50).

L'utilisation de modèles de simulation permet ainsi de réduire le stress des étudiants lors de leur apprentissage des gestes techniques, avec un « poids » en moins qu'est l'animal en vie sur lequel ils pourraient réaliser ces gestes (49, 50).

De plus, nous avons déjà eu des « retours » d'étudiants sur des modèles déjà mis en place dans les écoles. Par exemple, un modèle d'ovariectomie de chatte a été créé lors d'un travail de thèse en 2017 pour la salle de simulation de l'école vétérinaire de Lyon. Cet atelier a mis en évidence, grâce à des questionnaires posés aux étudiants après utilisation, une augmentation de la confiance en soi et une amélioration des connaissances théoriques et techniques. Il a aussi été mis en évidence une réduction du temps de chirurgie lors de leur première intervention sur animaux vivants pour les étudiants ayant réalisé cet atelier au préalable (51).

b. Apprentissage des gestes techniques

Tout apprentissage jusqu'à la maîtrise d'un acte repose sur la répétition de celui-ci (52). En effet, on ne peut pas (ou très rarement) maîtriser quelque chose que l'on ne réalise qu'une seule fois. La salle de simulation apparaît donc aujourd'hui comme un lieu sécurisant permettant l'apprentissage encadré de nombreux gestes techniques. C'est un lieu regroupant de nombreux ateliers, où l'étudiant peut venir quand il le souhaite sur son temps libre, en dehors de ses heures de cours ou de clinique, et en plus des quelques plages horaires maintenant prévues de manière obligatoire à l'emploi du temps.

Il peut ainsi, sans le stress de mettre en danger l'animal ou la personne qui effectue la contention, commettre des erreurs lors de la première réalisation de l'atelier, s'en rendre compte et reprendre l'exercice autant de fois qu'il en aura besoin pour se sentir à l'aise au moment où il sera face à un animal vivant. Il peut ainsi étaler son apprentissage dans le temps et évoluer à son rythme (53). En effet, certains des ateliers de simulation fonctionnent par étapes et ainsi l'étudiant peut décider selon son envie et son assurance de tout réaliser d'un coup ou de prendre son temps et réaliser les étapes plus difficiles à un autre moment.

Cet accès à la salle de simulation permet ainsi aux étudiants d'être plus à l'aise en situations réelles, il réduit leur appréhension et peut même les aider à améliorer leur communication face aux propriétaires en étant « libérés » de la pression technique de réalisation de l'acte.

B. Tour d'horizon des salles de simulations dans le monde

1. Les salles de simulation dans le monde

Les salles de simulation existent depuis de nombreuses années dans le monde entier. En médecine humaine, les simulateurs sont utilisés depuis la fin des années 1960, mais c'est beaucoup plus tard (fin des années 1980 / début des années 1990) que des ateliers de simulations se sont développés en médecine vétérinaire (54). De nombreuses salles de simulation ont été ouvertes dans les universités Nord-Américaines tout d'abord (55), puis en Europe, notamment au Royaume-Uni (Londres en 2004 et Nottingham en 2009), en Irlande (Dublin en 2013), aux Pays-Bas, en Autriche et en France (56, 57).

En France, c'est l'école vétérinaire Oniris à Nantes qui a ouvert en premier une salle de simulation en 2012, appelée Virtual Critical Care, avec un mannequin haute-fidélité SimDog, permettant de simuler des situations d'urgence-réanimation. Dans une salle adjacente au mannequin, un enseignant peut modifier les réactions de l'animal et observer comment l'étudiant réagit dans différentes situations (58). Les trois autres écoles vétérinaires de France, VetAgro Sup, l'ENVT et l'ENVA ont ensuite suivi le même chemin et ouvert leurs propres salles de simulation par la suite.

2. Les ateliers d'échographie génitale bovine déjà existants

Il existe déjà de nombreux modèles de simulation bovine dans le monde et en France, même s'il s'agit d'une proportion moindre par rapport aux modèles existants pour les animaux de compagnie. On trouve notamment de nombreux ateliers de contention, de palpation transrectale bovine, de pratique d'injection épidurale ou de prises de sang (59). Dans le cadre de la reproduction bovine, on peut trouver aux Etats-Unis des modèles de palpation de bovins gravides (55), et en France une banque d'ovaires artificiels à l'ENVA (une partie plastinée pour observer l'aspect extérieur et intérieur de l'organe dans différentes situations physiopathologiques et une partie d'ovaires en silicone pour s'exercer à leur palpation), mais aucun simulateur d'échographie génitale bovine n'est recensé à notre connaissance à ce jour. On trouve cependant de nombreuses banques d'images échographiques de reproduction et en particulier de gestation, que ce soit à l'étranger ou en France, permettant d'exercer l'œil de l'étudiant aux différentes images qu'il pourra voir en pratique.

C. Les limites de l'utilisation des modèles de simulation

1. Les coûts des salles de simulation

a. Coût de la salle

Sans compter le coût de fabrication de chaque modèle, la salle de simulation engendre elle-même des frais. Il faut déjà aménager un endroit spécial pouvant accueillir la multitude de simulateurs, ou construire une salle si aucun endroit déjà existant n'est aménageable. Il faut ensuite entretenir cette salle et dégager un salaire pour le personnel qui s'en occupe (60). En effet, il est important qu'une personne soit présente dans la salle aux horaires d'ouverture, pour tout d'abord veiller à la bonne utilisation et le respect du matériel, mais aussi pour expliquer les ateliers et guider les étudiants dans leur réalisation. Le personnel sera formé sur tous les ateliers présents dans la salle pour les expliquer, mais aussi pour les remettre en état en cas de casse ou d'usure.

b. Coûts de la fabrication des modèles de simulation

Après les frais globaux engendrés par la salle, il faut s'occuper des modèles de la salle de simulation. Les simulateurs déjà conçus sont très chers à l'achat, et la plupart des écoles vétérinaires françaises préfèrent fabriquer elles-mêmes leurs modèles. Leur fabrication peut notamment faire l'objet d'un sujet de thèse d'étudiant en fin de cursus, qui sera en charge de la création d'un modèle du début à la fin, sous la surveillance et les conseils d'un enseignant, et cela réduit fortement le coût du simulateur. Mais même en créant un modèle de zéro, il y a des frais qui apparaissent, notamment pour le matériel utilisé une fois le modèle fini, mais aussi pour toutes les phases de tests avant d'arriver à un modèle fonctionnel. De plus, il existe de grandes disparités de frais en fonction des ateliers, certains étant beaucoup plus petits ou ne nécessitant que très peu de matériel. Enfin, certains ateliers nécessitent des « consommables » comme des fils pour les ateliers de suture ou les testicules pour l'atelier de castration de chat ... etc, il y aura donc toujours un coût minimum pour ces ateliers pour les renouveler, sans oublier l'usure du matériel qui pourra aussi engendrer des frais lors du renouvellement de l'atelier.

Ainsi les écoles peuvent minimiser les coûts de fabrication en les réalisant eux-mêmes, mais cela représente cependant un investissement conséquent en termes de temps.

2. L'usure du matériel

L'usure du modèle de simulation dans le temps est un paramètre important à prendre en compte lors de sa création. En effet, l'atelier sera utilisé de très nombreuses fois par les étudiants, il faut donc qu'il soit assez résistant pour supporter toutes ces manipulations. Le problème peut se poser par exemple pour les ateliers permettant l'apprentissage de prise de sang ou de pose de cathéters, car les tubulures doivent subir de nombreuses ponctions sans fuir et ne pas devoir être changées trop rapidement. De plus, certains ateliers sont assez fragiles, et doivent être utilisés avec précaution pour ne pas être abîmés. Il faut donc penser lors de la création d'un atelier à utiliser du matériel facilement renouvelable dans la mesure du possible pour faciliter le travail du personnel qui sera en charge de l'entretien des modèles pédagogiques.

3. L'écart entre les ateliers de simulation et la réalité

Les modèles pédagogiques de simulation sont créés en essayant de reproduire ce qui se passe en réalité, mais jamais il ne sera possible d'avoir exactement la même chose qu'avec un animal vivant. En effet, il peut être difficile de trouver des matériaux « mimant » les tissus ou organes des animaux et il manquera toujours la composante vivante qui fera de l'acte (qu'il s'agisse de prise de sang, de palpation d'organes, de chirurgie...etc) quelque chose de différent et de simplifié par rapport à la réalité. Il a même été montré que la confiance en soi gagnée lors de l'utilisation de ces simulateurs pouvait être parfois néfaste lors de la réelle mise en situation car l'étudiant peut se sentir pris au dépourvu et sera moins à l'aise que dans la salle de simulation lorsque s'ajoutera le contact avec l'animal ou le propriétaire (52).

C'est entre autres pour cette raison que les ateliers de simulation doivent être utilisés comme des compléments d'apprentissage et ne doivent pas venir remplacer l'enseignement clinique déjà existant (61).

D. Les autres compléments à l'enseignement actuel d'échographie génitale bovine

1. La cœlioscopie

La cœlioscopie est une technique chirurgicale qui permet d'observer l'intérieur de la cavité abdominale ou pelvienne par une petite ouverture de la paroi abdominale. On peut ainsi étudier l'appareil reproducteur à l'aide d'un endoscope introduit dans cette incision, le plus souvent réalisée à droite car l'observation est facilitée par l'absence du rumen (62).

Cette technique peut permettre à un enseignant de guider un étudiant qui effectuerait une palpation transrectale simultanément, et à l'étudiant de voir les organes qu'il palpe. Mais cette pratique comporte malheureusement plus d'inconvénients que d'avantages. Il s'agit tout d'abord d'un acte qui est invasif, long à mettre en place (l'animal est en général mis à jeun 24 heures avant l'examen) avec un matériel conséquent du fait qu'il s'agit d'une chirurgie. L'intervention sur l'animal sera longue et donc la contention de l'animal moins confortable pour lui, nécessitant la plupart du temps une sédation, au minimum locale. De plus, cette technique peut difficilement être mise en place au sein des élevages, et elle ne permet pas de répondre au nombre grandissant d'étudiants dans les écoles puisqu'elle nécessite un enseignant par étudiant lors de la pratique. Elle ne permet pas non plus à répondre à la devise « jamais la première fois sur un animal vivant ».

2. La technologie « Phantom »

La technologie Phantom correspond à l'obtention de modèles destinés à l'enseignement pédagogique basés sur le sens du toucher. Ainsi, le but sera d'obtenir un modèle le plus fidèle possible à la réalité, comme c'est le cas pour les modèles de simulation de palpation transrectale bovine qui ont déjà été créés. Ils peuvent même parfois être reliés à des logiciels informatiques qui rendent l'expérience encore plus réelle et permettent à l'élève de rencontrer encore plus de situations physiopathologiques diverses (59). On aura ici tous les avantages et inconvénients d'un atelier de simulation cités précédemment par rapport à l'utilisation d'animaux vivants.

Dans le cadre de l'échographie génitale, un modèle existe déjà pour la reproduction des carnivores domestiques, permettant grâce à la technologie Phantom pour les étudiants de s'entraîner à l'échographie dans différentes situations : le diagnostic de gestation et le pyomètre (63). Aux Etats-Unis, un modèle a été créé pour l'apprentissage de l'échographie de gestation chez le porc (64). Mais comme dit précédemment, il n'existe aucun modèle de ce genre permettant l'apprentissage de l'échographie génitale en reproduction bovine.

Les modèles de simulation sont de plus en plus intégrés dans le cursus vétérinaire, que ce soit en France ou à l'étranger, car ils apparaissent comme de bons compléments à la formation théorique et pratique déjà enseignée. En effet, ces simulateurs vont répondre à plusieurs problèmes éthiques ou pédagogiques comme la réduction du stress des étudiants lors de leur première application pratique. Certains aspects restent tout de même limitants, comme le coût de la salle et de la fabrication/entretien des modèles de simulation ; ou encore les différences qui persistent entre ces modèles et la réalité.

TROISIEME PARTIE : CREATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE DE SIMULATION

Après avoir vu les avantages que pourrait apporter un atelier de simulation d'échographie génitale bovine, nous allons à présent détailler la conception de ce modèle.

L'idée initiale était de créer, à partir de réels utérus bovins conservés grâce à une fixation, une banque d'utérus à différents stades physiologiques pouvant être échographiés librement par les étudiants. En effet, une fois fixés les utérus peuvent être conservés dans des poches d'éthanol et ainsi être mis à disposition des étudiants.

Les étudiants pourraient alors échographier autant qu'ils le souhaitent les différents utérus et ainsi apprendre à manipuler un échographe, s'habituer à l'analyse d'images échographiques, associer leurs gestes et leurs sensations aux images obtenues etc. Cet atelier serait accessible aux étudiants seuls mais pourrait également être utilisé par les enseignants lors de travaux pratiques pour illustrer des propos théoriques ou enseigner le geste technique d'échographie génitale bovine. Cet atelier pourrait également donner lieu à une évaluation de la maîtrise pratique du geste d'échographie génitale bovine (à ce jour peu évalué en école vétérinaire) et des connaissances associées.

I. Matériel et méthode (Partie réalisée en commun avec A. PRE)

A. Le matériel nécessaire

Afin de créer cet atelier une certaine quantité de matériel a été nécessaire. Cette liste a été mise au point au fur et à mesure de la création de l'atelier :

- Ensemble des organes génitaux bovins, du col de l'utérus aux ovaires. Lors du prélèvement, une portion de vagin est souvent présente. Les tissus environnant l'appareil génital, comme le tissu adipeux doivent si possible être conservés.
- Couteaux d'autopsie et lame de scalpel.
- Bac en plastiques avec couvercle devant être étanche. Ces bacs servaient à la fixation des utérus.
- Petits crochets pouvant être collés au fond des bacs en plastiques.
- Fil de suture avec aiguille sertie.
- Solution de formol à 10%.
- Hotte aspirante de laboratoire.
- Poches de perfusion de Ringer Lactate de cinq litres.
- Scelleuse de sachets plastique.
- Aiguille roses 18G.
- Seringue de 50 ml.
- Éthanol à 70°.
- Blouse de laboratoire.
- Gants à usage unique en nitrile.

B. Mise au point de la technique de fixation

1. Les différentes méthodes de fixation

Pour effectuer une fixation correcte de tissus, certains critères sont à respecter (65) :

- La fixation doit être immédiate ou aussi précoce que possible après le prélèvement de l'organe pour éviter la dessiccation des cellules ;

- Le liquide fixateur doit être en quantité suffisante pour immerger entièrement l'organe, en général un volume correspondant à 10 ou 20 fois le volume de l'organe à fixer est conseillé ;
- Le liquide fixateur doit être de bonne qualité pour dégrader le moins possible les tissus et conserver leur structure de base ;
- Le temps de fixation doit être suffisant pour que la totalité des tissus soient fixés. Pour le formol on considère que sa vitesse de pénétration est d'un millimètre par heure.

Dans la littérature, il est possible de trouver différents fixateurs : les fixateurs aqueux et alcooliques (avec respectivement des solvants qui sont l'eau et l'alcool). Le fixateur le plus utilisé actuellement en anatomie pathologique est le formol (ou d'autres solutions fixatrices comprenant du formaldéhyde dans leur composition), mais ce n'est pas un fixateur idéal car il a été classé comme cancérigène pour l'Homme en 2004 par le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer). Il est depuis obligatoire de lui trouver un substituant si cela est possible techniquement (66). Nous avons donc cherché d'autres moyens de fixer nos utérus.

Il existe tout d'abord de nombreux fixateurs pour lesquels le formol entre dans la composition, comme le liquide de Bouin qui est assez souvent utilisé mais ne convient que pour la microscopie optique. Nous avons préféré les éviter puisqu'ils ne sont pas une réelle alternative au formol. Il existe ensuite assez peu de fixateurs ne comprenant pas de formol :

- Le liquide de Carnoy est composé d'alcool, d'acide acétique et de chloroforme, donc conforme en composition à ce que nous recherchons, mais ce fixateur n'est efficace que pour les très petits prélèvements histologiques
- L'acide osmique, ou tétraoxyde d'osmium, est bon fixateur pour de la microscopie électronique, il est surtout utilisé pour les tissus nerveux
- Le glyoxal, ou éthanedial, est le plus petit aldéhyde existant. C'est un bon fixateur pour les petits prélèvements mais de qualité très inférieure au formol pour des fixations plus polyvalentes (66).
- Le RCL2®, est vendu comme le meilleur fixateur remplaçant le formol, et n'étant pas du tout toxique. Il est cependant impossible de connaître sa composition car la recette est protégée par un brevet, le prix est aussi

très élevé et il est difficile de s'en procurer. Il n'était ainsi pas possible d'utiliser ce produit pour nos modèles (67).

- L'éthanol, fixe correctement mais durcit beaucoup les tissus. Il est peu utilisé pour fixer des pièces histologiques. Mais ce dernier étant très facilement accessible à l'école vétérinaire, nous l'avons tout de même essayé.

2. Les premiers essais de fixation

Après nos recherches, nous avons essayé les premières fixations d'utérus dans l'éthanol à 70° :

- Un utérus de vache a été récupéré en salle d'autopsie et plongé dans cinq litres d'éthanol à 70° pendant une semaine complète : cela a eu pour conséquences un aspect très durci et un utérus totalement aplati par la déshydratation. Les images échographiques offraient une très mauvaise visibilité des structures. Cette fixation s'est donc avérée non concluante et non utilisable pour les modèles finaux. (Figure 26)
- Un autre utérus, de chèvre, a été récupéré en salle d'autopsie et plongé dans l'éthanol à 70° en injectant dans chaque corne 10mL d'éthanol 70°. La fixation a été effectuée pendant une semaine complète. Encore une fois, l'utérus a durci, mais était beaucoup moins aplati et la structure de l'utérus était un peu plus visible à l'échographie. Néanmoins, les ovaires étaient beaucoup moins bien conservés au niveau des images échographiques.

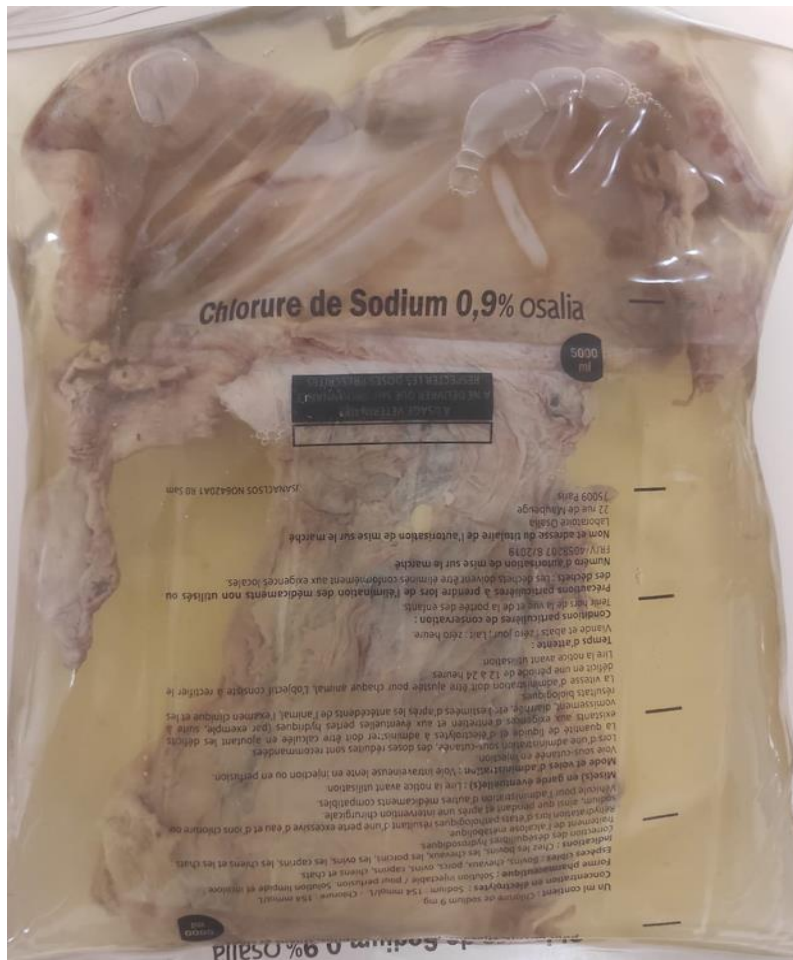


Figure 26 : Première fixation d'un utérus de vache dans l'alcool à 70° (Source : N. PERRET et A. PRE)

Ces essais dans l'alcool n'étant pas très concluant, nous avons ensuite essayé d'autres fixations, cette fois-ci dans le formol avec :

- Un utérus de chèvre dans du formol 4% pendant dix jours. Après fixation l'utérus est moins ferme qu'après une fixation dans l'alcool. Cependant il est tout de même légèrement aplati. Les images échographiques utérines sont d'assez bonne qualité et les images des ovaires sont de bonne qualité.
- Utérus de chèvre dans du formol 4% en injectant les cornes avec 10mL de formol 4% pendant dix jours. Après fixation les images échographiques de l'utérus et des ovaires sont de très bonnes qualités. Les structures sont très bien reconnaissables. Ce sont les meilleures images obtenues pour le col, les cornes et la bifurcation des cornes. Nous observons cependant une lumière dans les cornes utérines dû à l'injection de formol dans les cornes mais cela peut être évité en diminuant la quantité de formol injecté.

3. Méthode de fixation retenue

Après les différents essais de fixation réalisés et selon les images échographiques obtenues nous avons décidé d'adopter la technique de fixation dans le formol 4% avec injection de formol dans les cornes utérines. Les utérus ont été immergés dans un volume de formol suffisant pour recouvrir largement l'organe. Avant l'immersion, une petite quantité de formol a été injecté dans le corps et dans chaque corne. L'injection de formol a été stoppée juste avant qu'une distension de la corne ne soit visible. Le temps de fixation est classiquement à définir selon la taille de l'organe, mais la durée d'une semaine semblait être amplement suffisante et a été choisie.

C. Conservation de la position physiologique utérine durant la fixation

Une fois la méthode de fixation validée, il a fallu réfléchir à un moyen de fixer l'utérus en position physiologique tout en conservant l'immersion dans le liquide fixateur. Pour rappel, la position physiologique d'un utérus se présente comme ceci : les cornes utérines sont enroulées sous le corps utérin, et les ovaires sont situés à leur extrémité, en regard de la bifurcation des cornes utérines (voir figures 1, 2 et 3 dans la première partie).

1. Flottabilité de l'utérus

Lorsque l'utérus était mis dans la boîte de fixation avec le liquide fixateur (formol), il flottait. Deux problèmes étaient alors rencontrés : l'utérus n'était pas totalement immergé dans le fixateur car une partie dépassait de la surface, et les cornes utérines ainsi que les ovaires n'étaient plus dans leur position physiologique, elles se déplaçaient de chaque côté du corps utérin, remontant aussi à la surface. Nous avons donc mis en place un système permettant d'immerger correctement l'utérus et de le maintenir dans sa position physiologique.

2. Mise en place de crochets au fond des boîtes de fixation

Pour maintenir l'utérus immergé et dans sa position physiologique, nous avons utilisé des crochets en métal que nous avons fabriqués nous-même puis les avons collés à l'aide d'un pistolet à colle au fond de nos boîtes de fixation (Figure 27). Cela a permis de fixer le corps de l'utérus sur le crochet du bas et les deux cornes sur les deux crochets du haut. L'utérus a été retenu par les crochets sans pouvoir flotter et ainsi la position physiologique a été respectée.



Figure 27 : Crochet permettant de fixer l'utérus dans la boîte de fixation
(Source : N. PERRET et A. PRE)

3. Attache de l'utérus au fond de la boîte de fixation

Une fois les crochets fixés, l'utérus y a été relié grâce à du fil de suture (Figure 28). Le premier a été fixé au niveau du col de l'utérus (le fil a été placé tout autour de celui-ci et a été passé par le crochet) et les deux autres à la partie crâniale des cornes utérines (le fil a été passé dans la corne utérine avant de faire le nœud et de le relier au crochet).

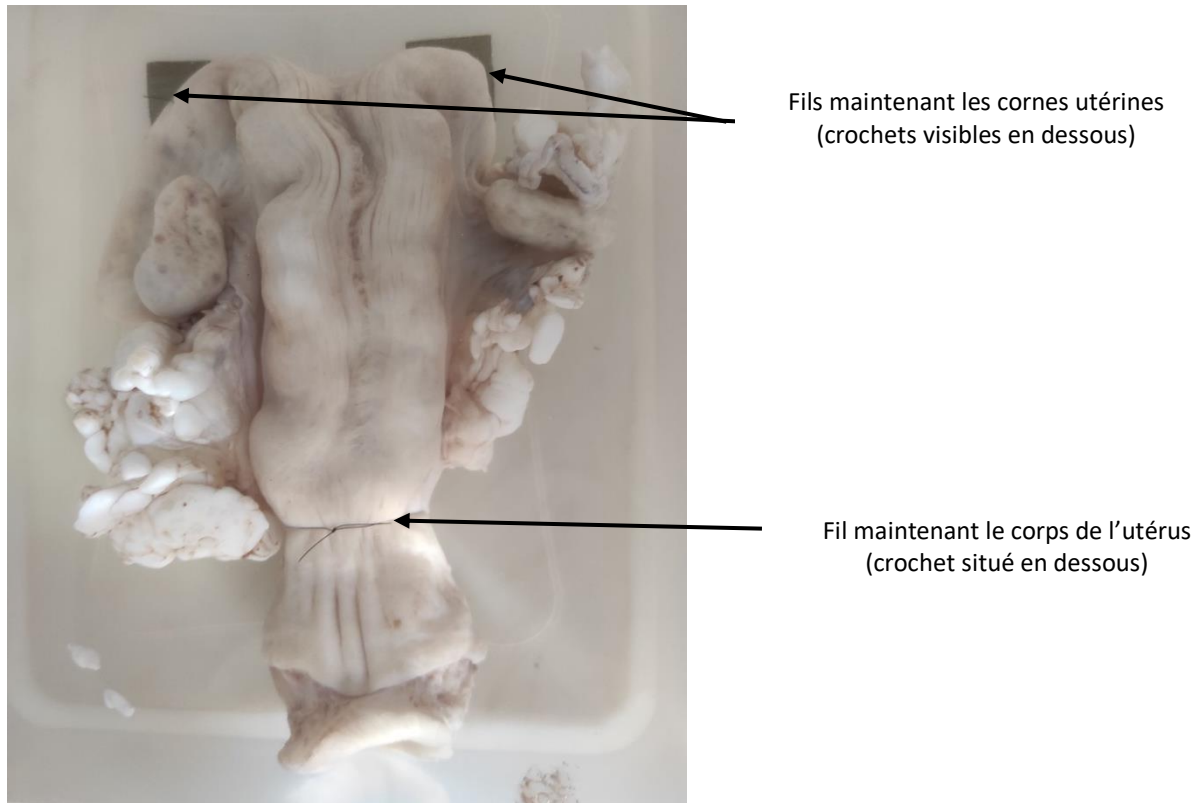


Figure 28 : fixation d'un utérus en position physiologique (Source : N. PERRET et A. PRE)

Une fois l'utérus attaché au fond de la boîte de fixation, 10 à 15mL de formol 4% ont été injectés dans chaque corne utérine, puis nous avons versé du formol dans la boîte jusqu'à recouvrement de la totalité de l'utérus. Toutes les manipulations du formol ont été réalisées en laboratoire d'anatomie pathologique, sous une hotte aspirante.

D. Transfert des utérus dans les poches d'éthanol à 70°

Après une semaine dans le formol, la fixation de l'utérus était terminée. Les utérus ont ensuite été placés dans les poches de perfusion finales qui ont été fermées hermétiquement. Du liquide a alors été ajouté dans les poches pour maintenir les utérus.

1. Transfert de l'utérus et soudure thermique de la poche

L'utérus a été retiré de sa boîte de fixation sous la hotte aspirante puis placé dans une poche de perfusion de cinq litres, préalablement découpée sur la partie supérieure et vidée de son contenu. Nous avons utilisé ensuite une sertisseuse pour fermer la poche de perfusion (Figure 29). Plusieurs soudures ont été réalisées afin de sécuriser le modèle.



Figure 29 : Photo d'une sertisseuse (à gauche) et de son utilisation pour fermer une poche (à droite). (Source : N. PERRET et A. PRE)

2. Importance de la qualité du plastique de la poche de perfusion

Il est important de prêter attention à la composition de la poche de perfusion utilisée. En effet, il ne faut pas que le plastique qui la compose soit trop épais, ni trop élastique, au risque que les soudures ne tiennent pas. Nous avons utilisé pour nos modèles des poches de cinq litres de Ringer Lactate.

3. Remplissage de la poche avec l'éthanol à 70°

Lorsque la poche a été fermée hermétiquement, elle a été remplie avec de l'éthanol à 70° par l'embout injectable (Figure 30). Nous avons utilisé pour cela des seringues de 50mL avec des aiguilles 18 Gauges (roses). Il est nécessaire de bien maintenir la garde de l'aiguille lors du remplissage pour éviter les projections.

A la fin du remplissage de la poche, l'air restant a été aspiré afin de limiter les artéfacts à l'échographie.



Figure 30 : Remplissage d'une poche contenant un utérus avec de l'éthanol à 70°. (Source : N. PERRET et A. PRE)

4. Identification des poches

Chaque poche contenant un utérus a été identifiée par un numéro, afin de faciliter la réalisation de l'atelier par les étudiants (Figure 31). En effet, le numéro va se référer à la fiche explicative correspondant à l'utérus.



Figure 31 : Poche contenant un utérus identifié grâce à une étiquette.
(Source : N. PERRET et A. PRE)

E. Récolte et sélection des utérus en plus grand nombre

Après la mise au point de l'ensemble de la technique pour conserver correctement les utérus, nous devons récolter un plus grand nombre d'utérus afin d'avoir dans la banque d'utérus divers stades physiologiques et/ou pathologiques. Nous avons donc contacté le vétérinaire sanitaire d'un abattoir de la région Lyonnaise afin de se rendre directement sur place et ainsi récolter les utérus sur la chaîne d'abattage. Nous nous étions fixés comme exigence pour l'atelier de récolter de utérus qui nous permettraient d'observer :

- Un ovaire inactif avec seulement quelques petits follicules
- Un ovaire avec un follicule assez gros pré-ovulatoire
- Un ovaire avec un corps jaune
- Un utérus gravide

Tout autre stade physiologique ou pathologique aurait été sélectionné également en « bonus », par exemple un utérus en chaleur, un utérus en métrite ou encore plusieurs stades de gestation.

Nous avons réalisé deux visites à l'abattoir, ce qui nous a permis de récolter environ une cinquantaine d'utérus. La méthode pour récolter les utérus était assez

simple. Sur la chaîne d'abattage une des étapes consiste à retirer l'ensemble des tractus digestif, urinaire et génital de l'animal. Le tout tombe sur un tapis roulant et est amené progressivement dans une salle séparée de la chaîne d'abattage afin d'isoler certains organes. Nous recherchions alors l'utérus au milieu des autres organes. Après l'avoir identifié, nous palpions le col de l'utérus qui est facilement identifiable du fait de sa dureté et nous réalisons une section au couteau environ 10 cm caudalement à celui-ci (coté vulve). En réalisant une traction sur le corps de l'utérus nous pouvions identifier les différents points d'attache de l'utérus aux autres organes et ainsi sectionner chacun d'entre eux afin d'isoler totalement l'utérus. Il fallait seulement prêter attention à sectionner ces points d'attache en prenant assez de marge afin de ne pas détériorer les cornes utérines ou les ovaires.

Après récolte nous avons emmené les utérus sur le campus vétérinaire afin de les observer et de les échographier pour pouvoir ainsi faire un tri et choisir les cas cliniques les plus intéressants. Le nombre de boîtes dans lesquelles nous réalisons les fixations au formol étant limité, nous ne pouvions sélectionner qu'un nombre réduit d'utérus. Le tri et la sélection des utérus se sont faits par observations visuelles et échographiques de chaque utérus et de chaque ovaire. L'observation visuelle a permis d'évaluer la taille de l'utérus, d'observer la présence de glaires de chaleur, de détecter les utérus gravides assez avancés et de voir les plus gros organites présents sur les ovaires. L'observation échographique, quant à elle, a permis d'observer l'intérieur de la cavité utérine et ainsi d'objectiver les chaleurs, une infection utérine ou encore une gestation. Avec l'échographie, nous avons également pu observer les organites internes et de petites tailles présents sur les ovaires. Nous avons au final conservé 12 utérus dont 3 gravides.

F. Rédaction des fiches explicatives et réalisation d'une vidéo explicative

Les étudiants sont la plupart du temps seuls lorsqu'ils réalisent les ateliers en salle de simulation. Il était donc important de fournir avec l'atelier un certain nombre de fiches ainsi qu'une vidéo pour expliquer l'atelier afin que les étudiants le réalisent au mieux et optimisent leur apprentissage.

1. Fiche de présentation globale de l'atelier

Cette première fiche explicative avait pour but de présenter l'atelier dans sa globalité afin que les étudiants comprennent en quoi il consistait, ce qu'il pouvait y apprendre et comprennent toutes les étapes nécessaires à la réalisation de l'atelier. Cette fiche devait ainsi contenir plusieurs parties :

- La justification du poste de travail : dans cette partie, le but était de contextualiser l'atelier, de rappeler l'importance de l'échographie génitale bovine en pratique rurale et aussi d'évoquer les bénéfices en rapport au bien-être animal qu'apporte cet atelier.
- L'objectif d'apprentissage : dans cette partie devaient être présentées les compétences que l'étudiant peut acquérir en réalisant cet atelier.
- Les pré requis : dans cette partie étaient présentées les connaissances que l'étudiant doit déjà maîtriser pour profiter au mieux de l'atelier.
- La méthodologie : cette partie devait présenter les préparatifs nécessaires à l'atelier, c'est-à-dire les instruments à disposition et comment s'en servir. Ensuite, elle devait également présenter de manière précise la réalisation pratique de l'atelier.
- Les consignes après réalisation : cette partie présentait le rangement nécessaire à l'atelier afin qu'un autre étudiant puisse le réaliser par la suite dans de bonnes conditions.

2. Fiche explicative de chaque utérus

Afin de rendre plus compréhensible et plus pédagogique l'atelier, nous avons pensé à rédiger une fiche propre à chaque utérus de la banque. Le but de ces fiches était de présenter à l'étudiant les images qu'il pouvait espérer obtenir lors de l'échographie du cas qu'il aurait choisi. Ainsi l'étudiant sait vers quoi aller, ce qui lui donne un objectif et renforce sa motivation.

Nous avons également pensé à mettre dans ces fiches un petit « quizz » en rapport avec le cas clinique. Le quizz sera présenté sous la forme de quelques questions auxquelles l'étudiant pourra répondre pendant ou après l'échographie de l'utérus. Cela lui permettra de réaliser s'il a bien mis en évidence les points clés durant l'échographie. Les réponses aux questions seront marquées en dessous des questions, mais à l'envers.

3. Vidéo explicative de l'atelier

Une vidéo explicative est souvent plus compréhensible et plus appréciée par les étudiants qu'une fiche explicative, c'est pour cela que nous avons choisi d'en réaliser une, ainsi chaque étudiant pourra choisir le support qu'il souhaite pour recevoir les explications nécessaires à la réalisation de l'atelier.

Nous nous sommes donc filmés en train de mettre en place l'atelier, pendant la réalisation puis pendant le rangement de l'atelier. La vidéo globale a été montée avec le logiciel iMovie et une voix off a été ajoutée afin de donner les explications en parallèle de la vidéo.

La conception de cet atelier a nécessité tout d'abord quelques tests de fixation d'organe avant d'arriver à la bonne technique, ainsi que des modifications techniques du matériel afin de garantir la fixation de l'utérus dans sa position physiologique. Une fois la technique mise au point, la banque d'utérus a pu enfin être complétée avec des cas cliniques différents, intéressant pour l'atelier.

II. Résultats

A. La banque d'utérus obtenue et les images échographiques associées

Plusieurs utérus présents dans la banque présentent des structures ovariennes similaires. Cependant, il est important de présenter aux étudiants plusieurs utérus, même similaires, car si les structures observées peuvent être comparables, leurs positions et leurs tailles ne sont jamais les mêmes ce qui rend l'échographie unique pour chaque utérus.

De plus, un échantillon assez important d'utérus peut permettre de réserver certains utérus aux évaluations afin que les étudiants réalisent l'échographie sur un utérus qu'ils ne connaissent pas.

1. Utérus n°1

Après fixation, la position de cet utérus ne reflète pas exactement la position physiologique car les cornes utérines se sont légèrement écartées sur les côtés (Figure 32). Cependant, la fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence d'un gros follicule sur l'ovaire droit et d'un corps jaune sur l'ovaire gauche.

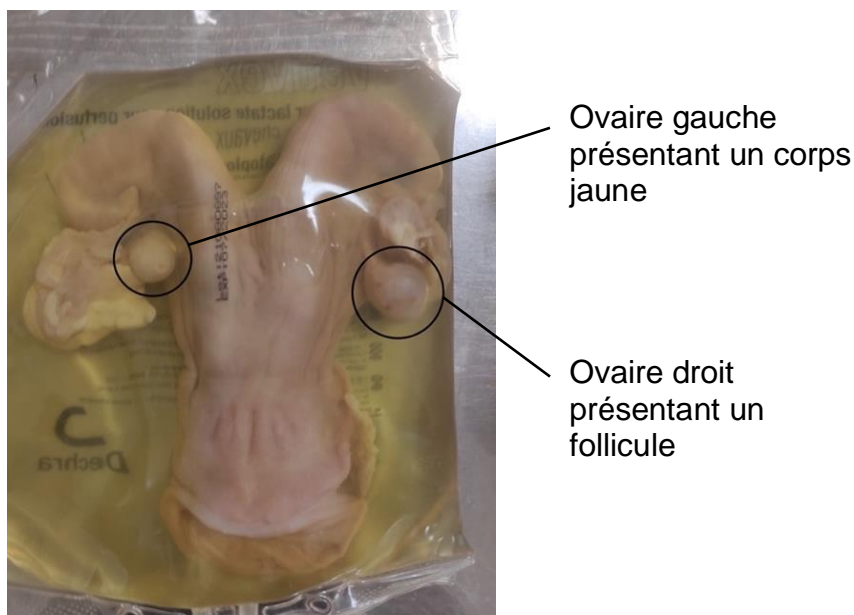


Figure 32 : Utérus n°1 dans sa poche de perfusion
(Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin et ses plis, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale (Figures 33 et 34). Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 35 et 36) et retrouver le corps jaune sur l'ovaire gauche et plusieurs follicules dont le plus gros est visible à l'œil nu sur l'ovaire droit. Le corps jaune mesure environ 12mm de diamètre. Le plus gros follicule mesure 15mm de diamètre, les deux plus petits mesurent environ huit millimètres de diamètre.

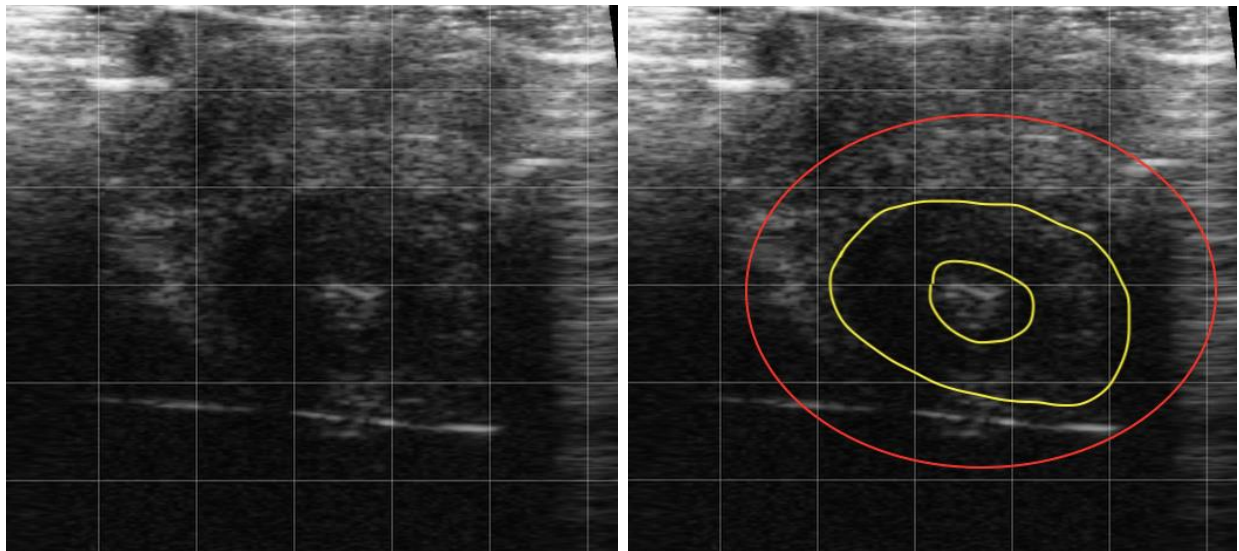


Figure 33 : Image échographique du col de l'utérus n°1. Cercle rouge : col de l'utérus ; Cercles jaunes : plis de col de l'utérus (Source : N. PERRET et A. PRE)

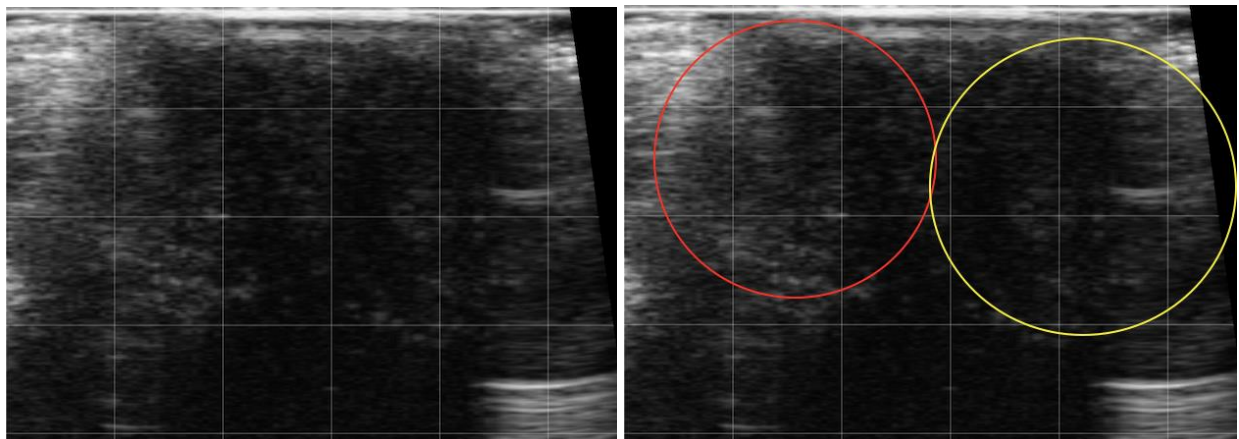


Figure 34 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°1. Cercle rouge : corne gauche ; Cercle jaune : corne droite (Source : N. PERRET et A. PRE)

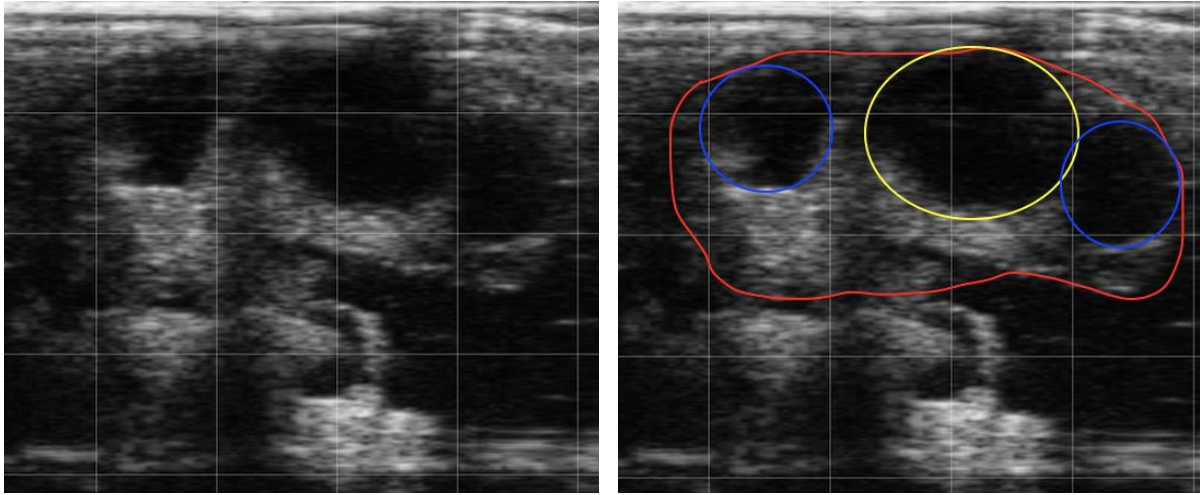


Figure 35 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°1. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercle jaune : follicule de 15mm ; Cercles bleu : follicules de 8mm
(Source : N. PERRET et A. PRE)

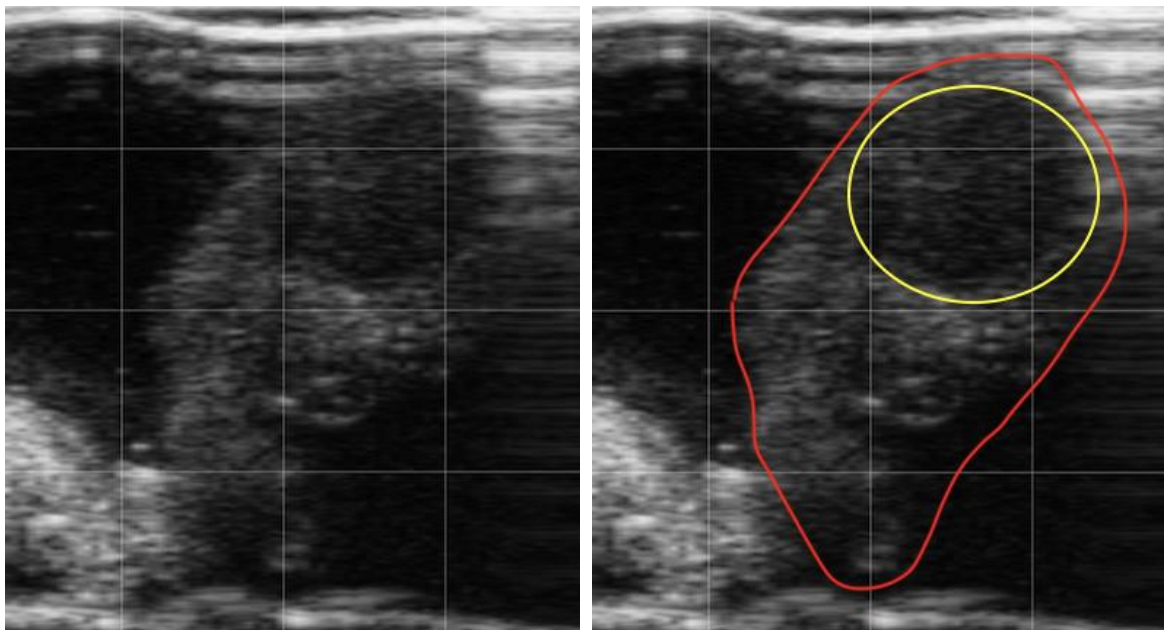


Figure 36 : Image échographique de l'ovaire gauche de l'utérus n°1. Cercle rouge : ovaire gauche ; Cercle jaune : corps jaune de 12mm
(Source : N. PERRET et A. PRE)

Cet utérus permet aux étudiants d'observer macroscopiquement un utérus bovin, d'identifier les différentes structures anatomiques, ainsi que leurs tailles et leurs positions. Cela peut aider les étudiants à se repérer lors de futures palpations transrectales.

A l'échographie, les étudiants pourront observer des structures utérines physiologiques ainsi que les différents organites ovariens présents sur une vache cyclée.

2. Utérus n°2

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 37). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence de plusieurs petits follicules sur l'ovaire droit et d'un corps jaune en plus de plusieurs petits follicules sur l'ovaire gauche.

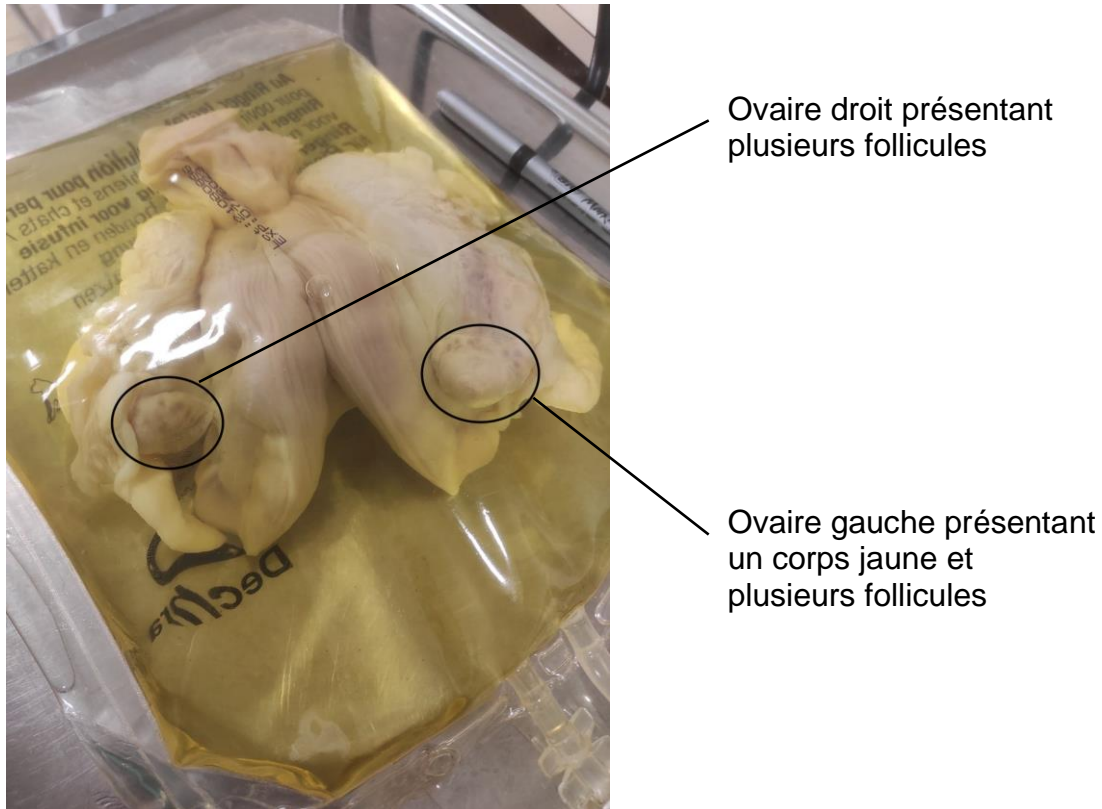


Figure 37 : Utérus n°2 dans sa poche de perfusion
(Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines (Figure 38) en coupe transversale ou longitudinale mais la visualisation du col utérin est difficile. Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 39 et 40) et retrouver le corps jaune et les follicules sur l'ovaire gauche et plusieurs follicules sur l'ovaire droit. Le corps jaune mesure environ 20mm de diamètre. Les follicules sur l'ovaire gauche mesurent environ quatre millimètres. Les follicules sur l'ovaire droit mesurent dix millimètres, huit millimètres et trois millimètres.

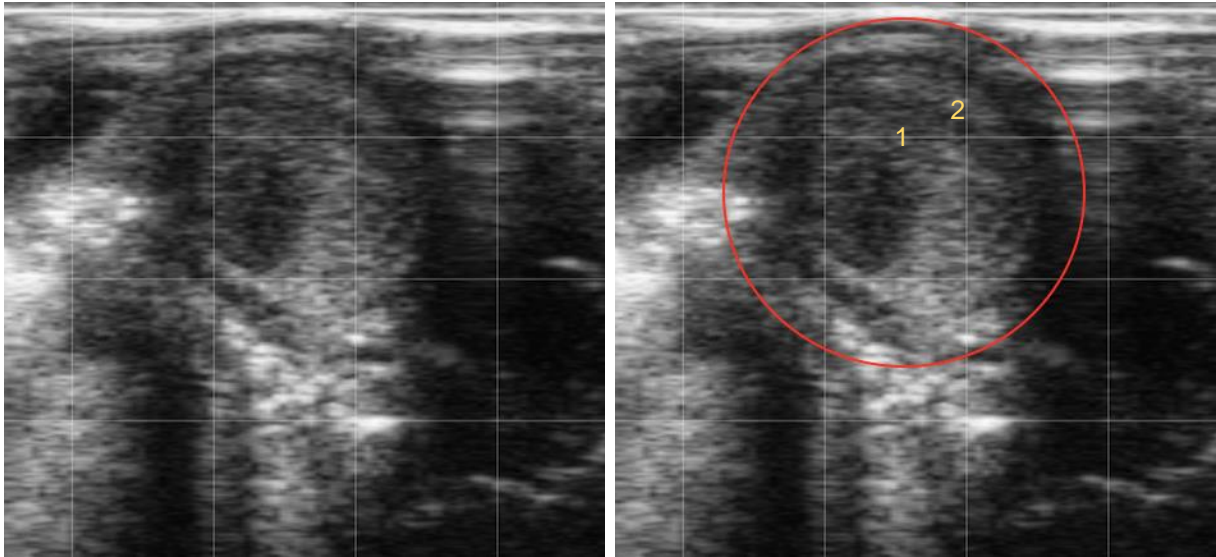


Figure 38 : Corne utérine gauche en coupe transversale de l'utérus n°2. Cercle rouge : corne utérine ; 1 : endomètre ; 2 : myomètre (Source : N. PERRET et A. PRE)

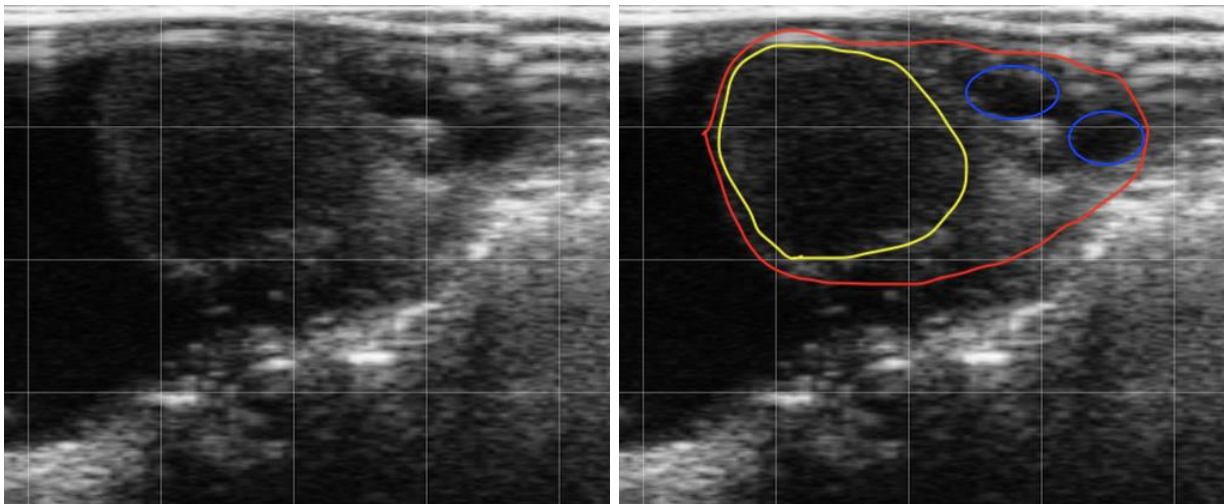


Figure 39 : Ovaire gauche de l'utérus n°2 présentant un corps jaune et deux follicules. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune ; cercles bleus : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)



Figure 40 : Ovaire droit de l'utérus n°2 présentant des follicules. Cercle rouge : ovaire droit ; cercles jaunes : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

La position physiologique utérine a été bien conservée sur cet utérus. Ainsi la visualisation de cet utérus par les étudiants peut les aider lors de leurs futures palpations transrectales, car ils sauront exactement quelles structures rechercher.

A l'échographie, les étudiants pourront observer des structures utérines physiologiques ainsi que les différents organites ovariens présents sur une vache cyclée.

3. Utérus n°3

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 41). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence d'un follicule sur l'ovaire droit et d'un corps jaune en plus d'un follicule sur l'ovaire gauche.

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale. Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 42, 43 et 44) et retrouver le corps jaune et le follicule sur l'ovaire gauche et le follicule sur l'ovaire droit. Le corps jaune mesure environ 20mm de diamètre. Les follicules sur l'ovaire gauche et droit mesurent environ dix millimètres.

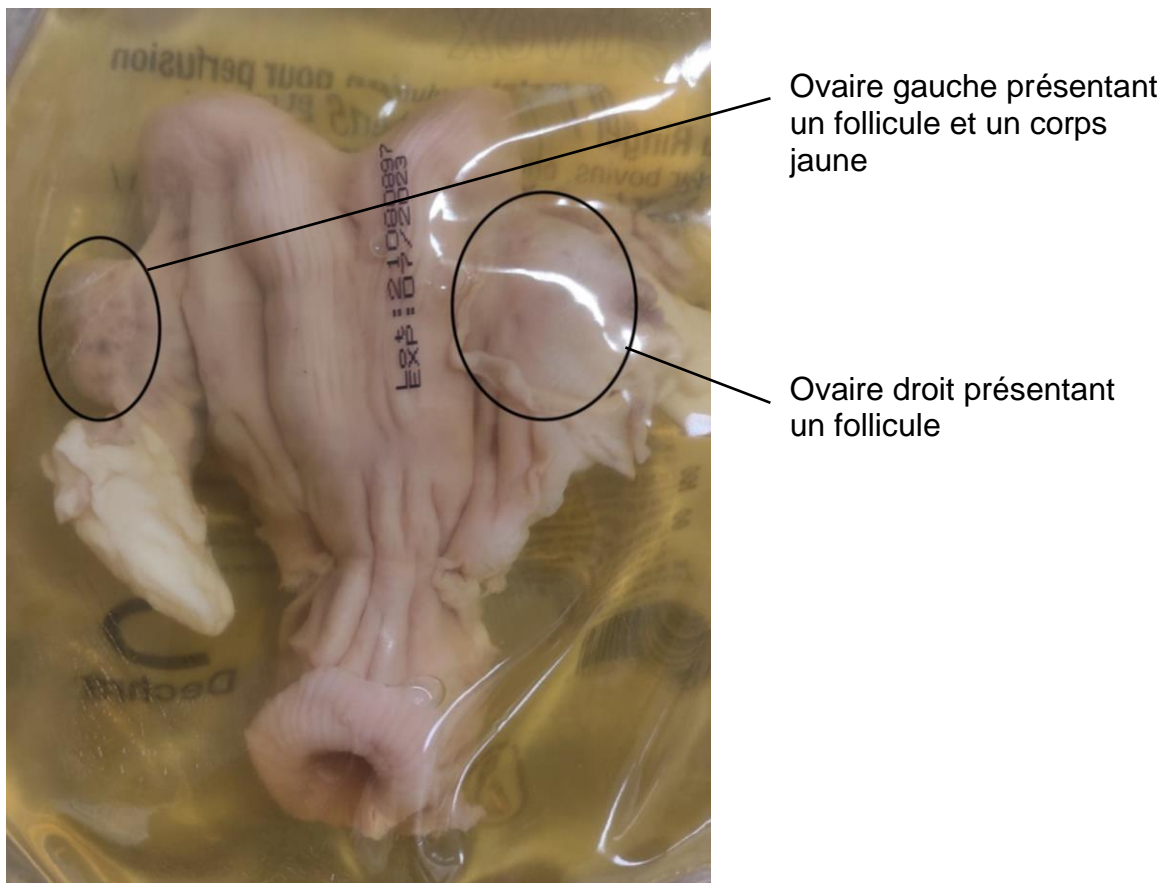


Figure 41 : Utérus n°3 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

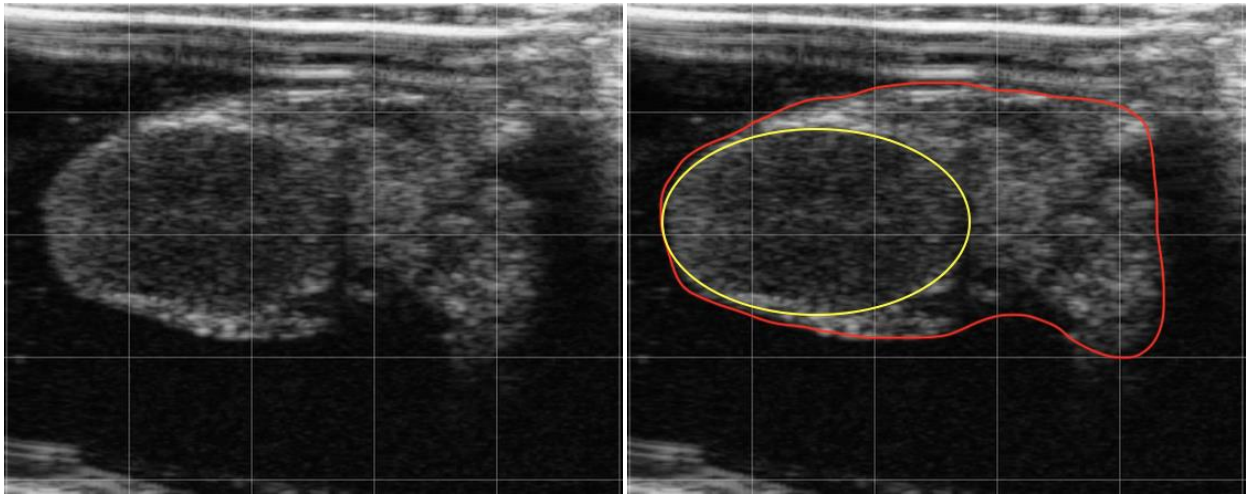


Figure 42 : Ovaire gauche de l'utérus n°3. Sur cette coupe seul le corps jaune est observable. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune
(Source : N. PERRET et A. PRE)

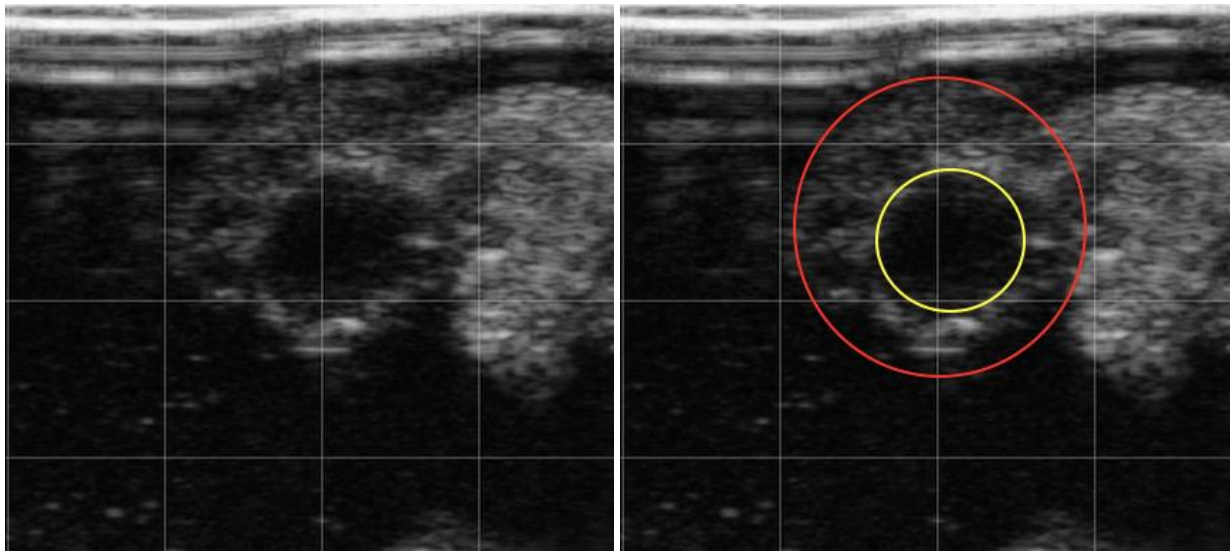


Figure 43 : Ovaire gauche de l'utérus n°3. Sur cette coupe seul le follicule est observable. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule
(Source : N. PERRET et A. PRE)

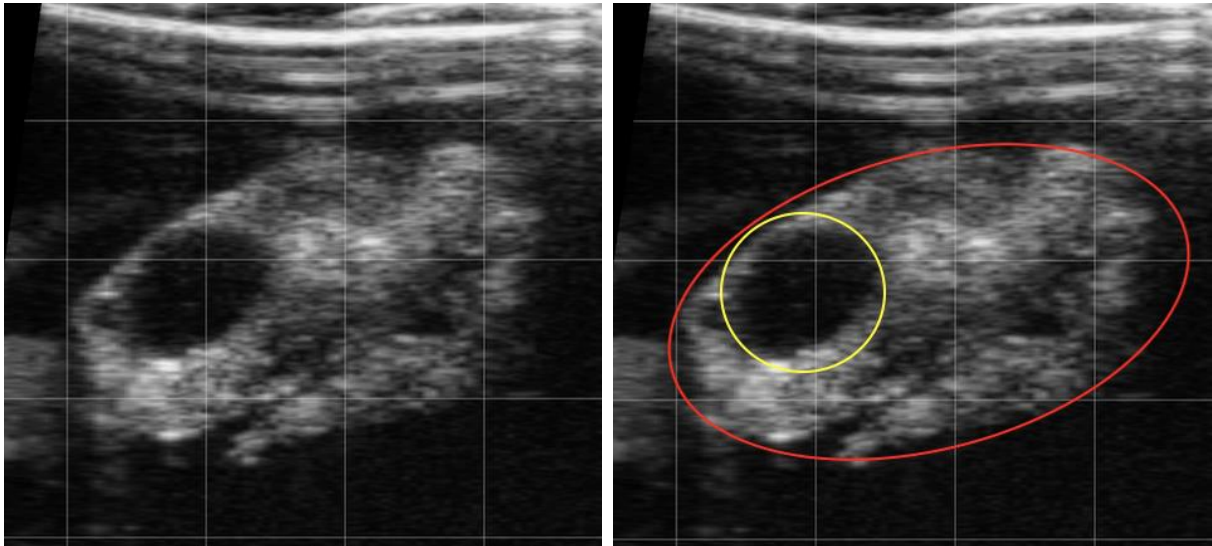


Figure 44 : Ovaire droit de l'utérus n°3 présentant un follicule. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule (Source : N. PERRET et A. PRE)

Cet utérus présente, comme les deux premiers, un intérêt pour les étudiants de par son aspect macroscopique ainsi que par la présence d'organites ovariens présents chez une vache cyclée.

L'ovaire gauche est particulièrement intéressant car on peut y observer deux structures en réalisant deux coupes différentes de l'ovaire à l'échographie. Cela nécessitera donc de la part de l'étudiant d'être assidu pour repérer que deux structures sont présentes ainsi qu'une gestuelle précise pour pouvoir bien observer les deux organites.

4. Utérus n°4

La position de cet utérus après fixation est très éloignée de la position physiologique (Figure 45). Une rotation a eu lieu pendant la fixation sans que l'on puisse l'expliquer, ainsi l'utérus est légèrement couché sur son côté gauche et la corne utérine gauche est engagée sous la corne droite. La fixation des tissus est de très bonne qualité mais nous ne pouvons observer que l'ovaire droit car le gauche est caché sous la corne droite. Ceci est malgré tout intéressant car il arrive qu'un ovaire soit situé *in vivo* sous une corne utérine. Un travail avec les réglages de profondeur de sonde pourra être envisagé lors des enseignements. L'ovaire droit présente un corps jaune et plusieurs follicules.



Corne gauche
disparaissant sous la
corne droite

Ovaire droit présentant
plusieurs follicules et
un corps jaune

Figure 45 : Utérus n°4 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines habituelles (Figure 46) cependant la corne gauche ne peut pas être visualisée sur toute sa longueur étant donné qu'elle plonge sous la corne droite. Nous n'avons pas non plus réussi à observer l'ovaire gauche pour la même raison. Nous retrouvons sur l'ovaire droit (Figures 47, 48 et 49) un corps jaune de 20 mm, un follicule de 12 mm et un follicule de 5 mm.

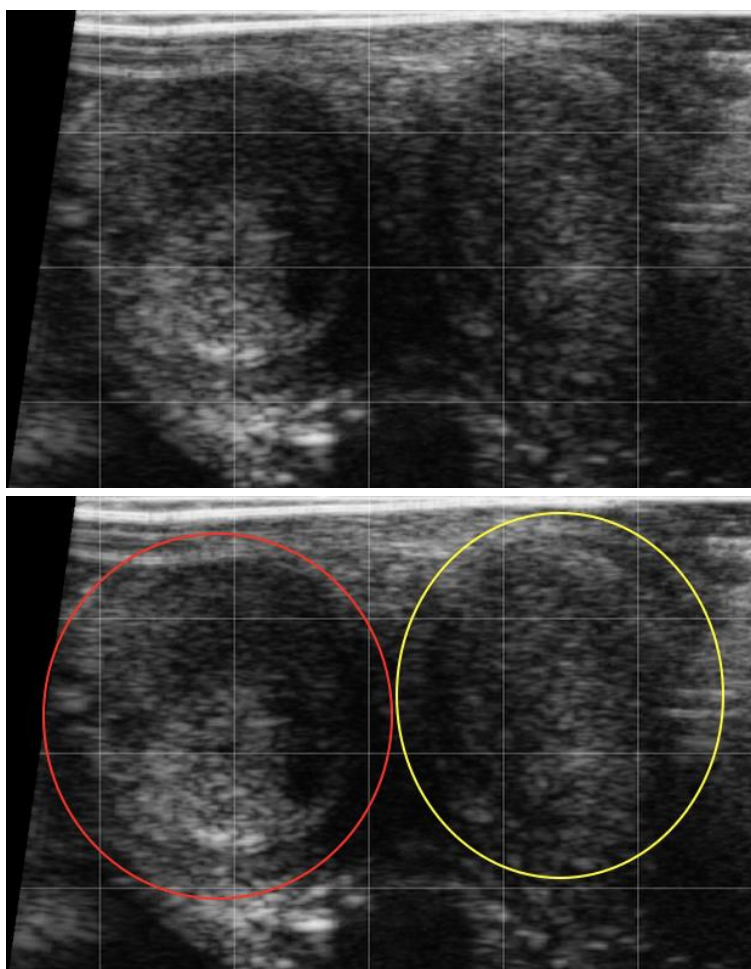


Figure 46 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°4. Cercle rouge : corne gauche ; Cercle jaune : corne droite
(Source : N. PERRET et A. PRE)

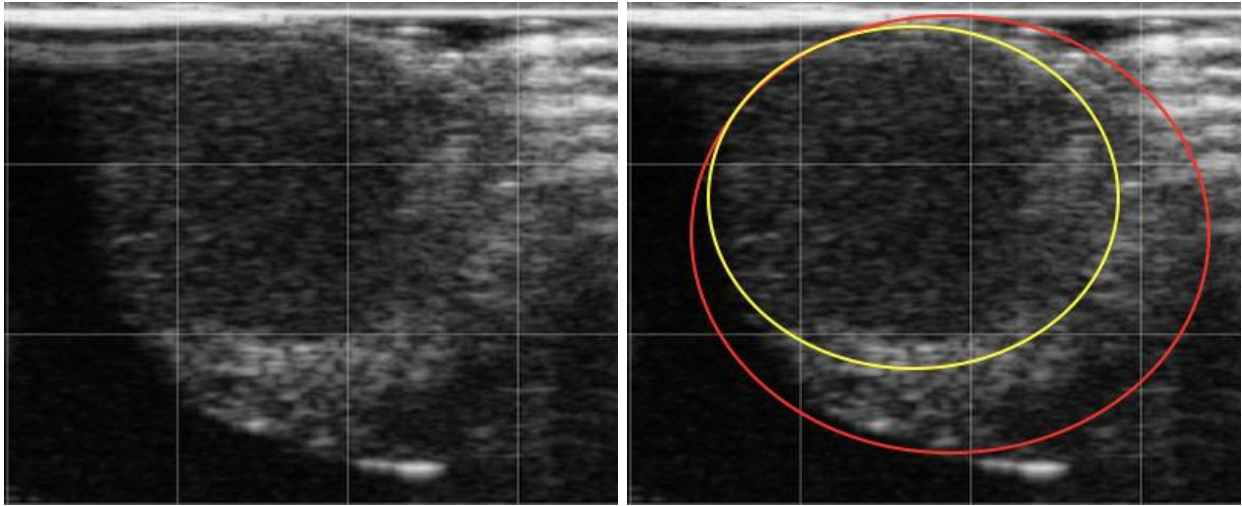


Figure 47 : Ovaire droit de l'utérus n°4. Sur cette coupe seul le corps jaune est visible. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune (Source : N. PERRET et A. PRE)

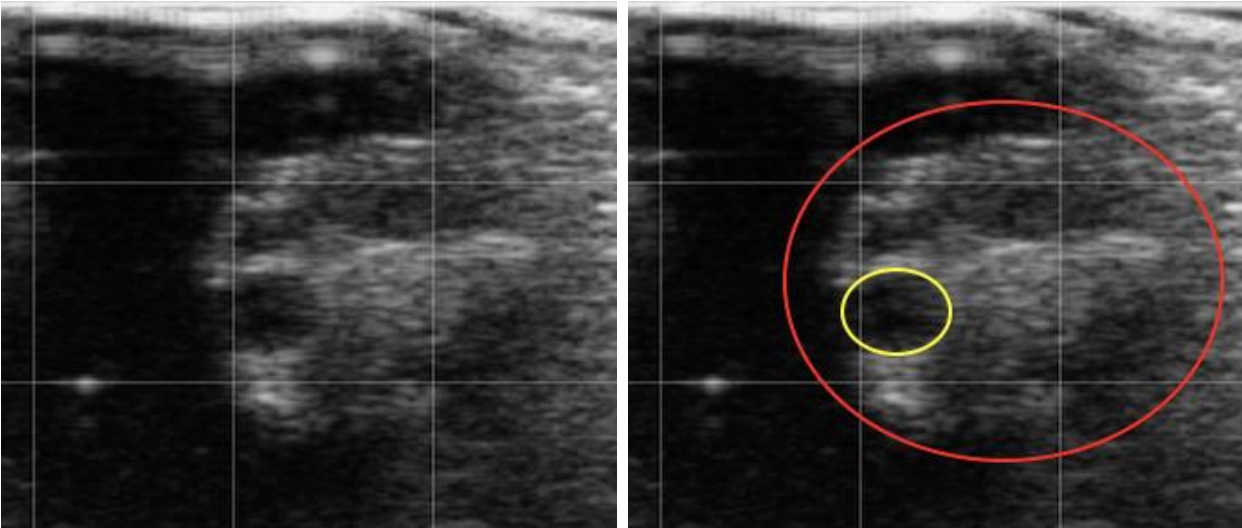


Figure 48 : Ovaire droit de l'utérus n°4. Sur cette coupe seul un follicule est visible. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule de 5 mm (Source : N. PERRET et A. PRE)

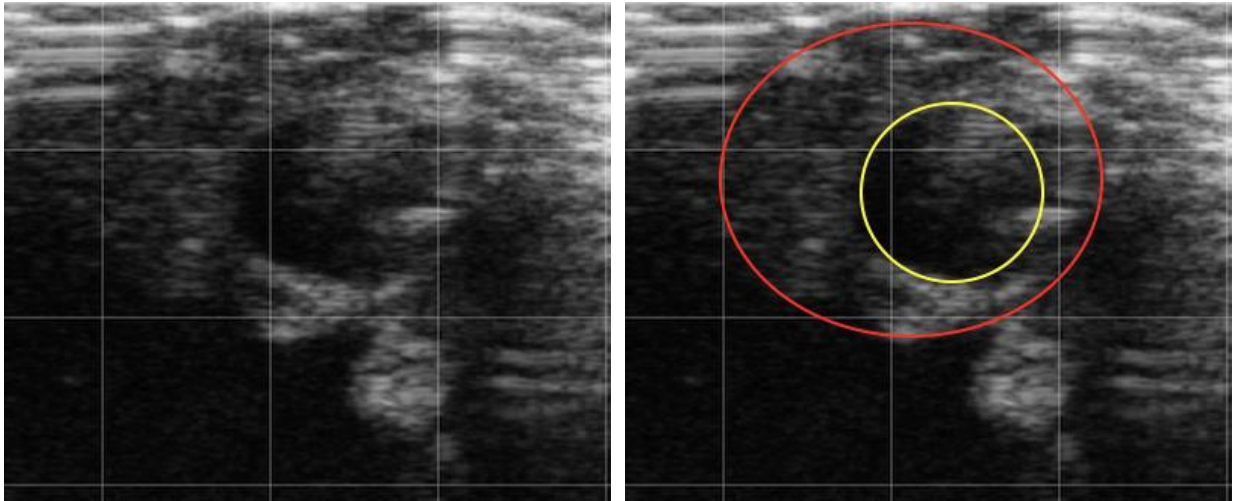


Figure 49 : Ovaire droit de l'utérus n°4. Sur cette coupe seul un follicule est visible. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule de 12 mm
(Source : N. PERRET et A. PRE)

L'ovaire droit de cet utérus est particulièrement intéressant car on peut observer beaucoup de structures en réalisant différentes coupes à l'échographie. Les étudiants pourront travailler les mouvements de faibles amplitudes à réaliser pour « dérouler » l'image échographique de l'ovaire et repérer les différentes structures.

La position spéciale de l'utérus peut être l'occasion de présenter aux étudiants les variations de fréquences sur les échographes ainsi que les différentes sondes pour espérer observer l'ovaire gauche. Cela est assez difficile mais peut être intéressant.

5. Utérus n°5

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 50). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence d'un follicule sur l'ovaire gauche et de deux corps jaunes sur l'ovaire droit.

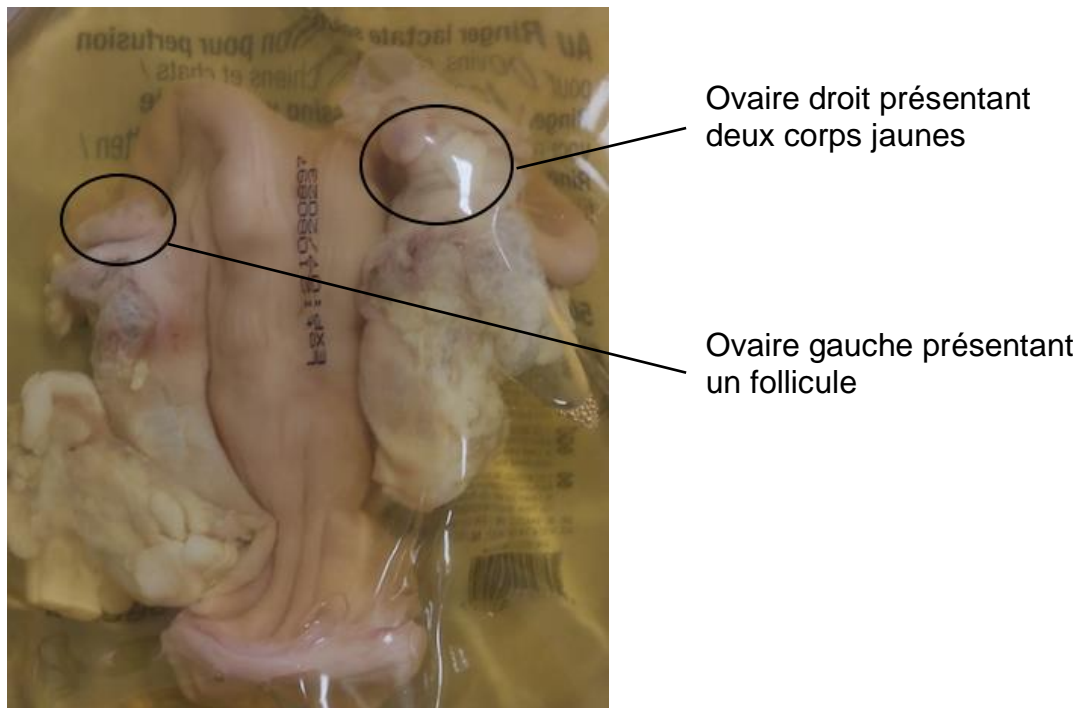


Figure 50 : Utérus n°5 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale (Figure 51). Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 51 et 52) et retrouver les corps jaunes de l'ovaire droit, dont un est cavitaire et le follicule sur l'ovaire gauche. Le corps jaune cavitaire mesure environ 25mm de diamètre et sa cavité mesure 5mm de diamètre. Le deuxième corps jaune mesure environ 15mm de diamètre. Le follicule sur l'ovaire gauche mesure huit millimètres de diamètre.

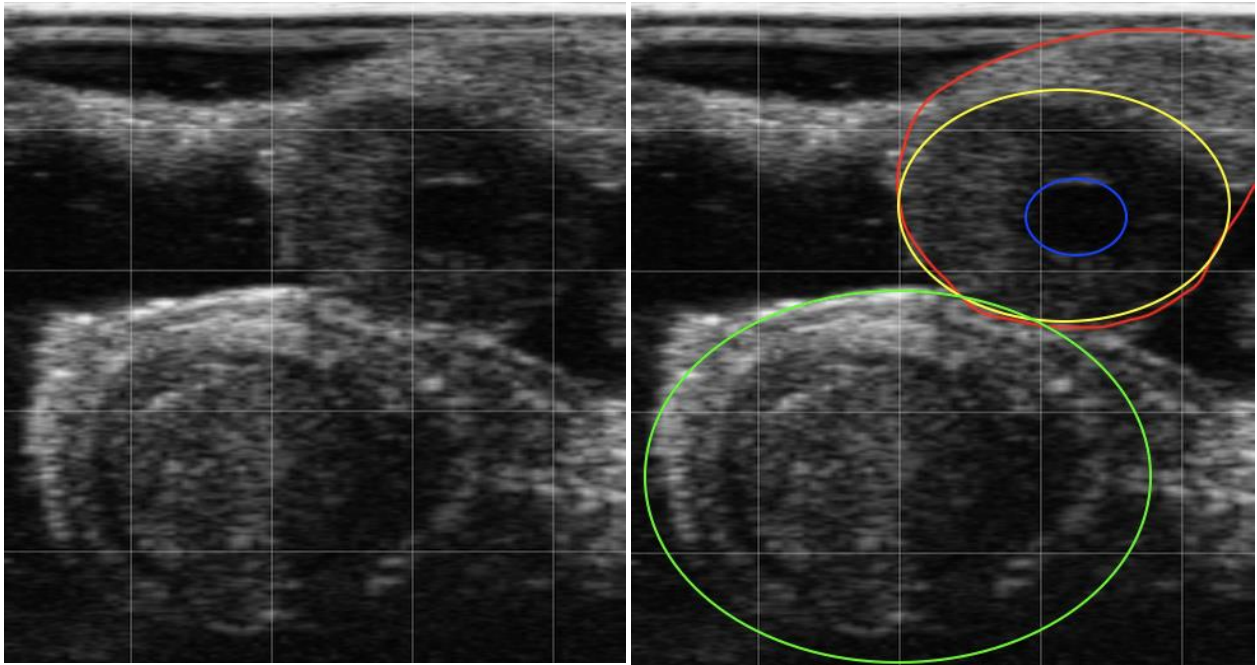


Figure 51 : Ovaire droit et corne utérine droite de l'utérus n°5. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : corps jaune cavitaire ; cercle bleu : cavité du corps jaune cavitaire ; cercle vert : corne utérine droite en coupe transversale
(Source : N. PERRET et A. PRE)

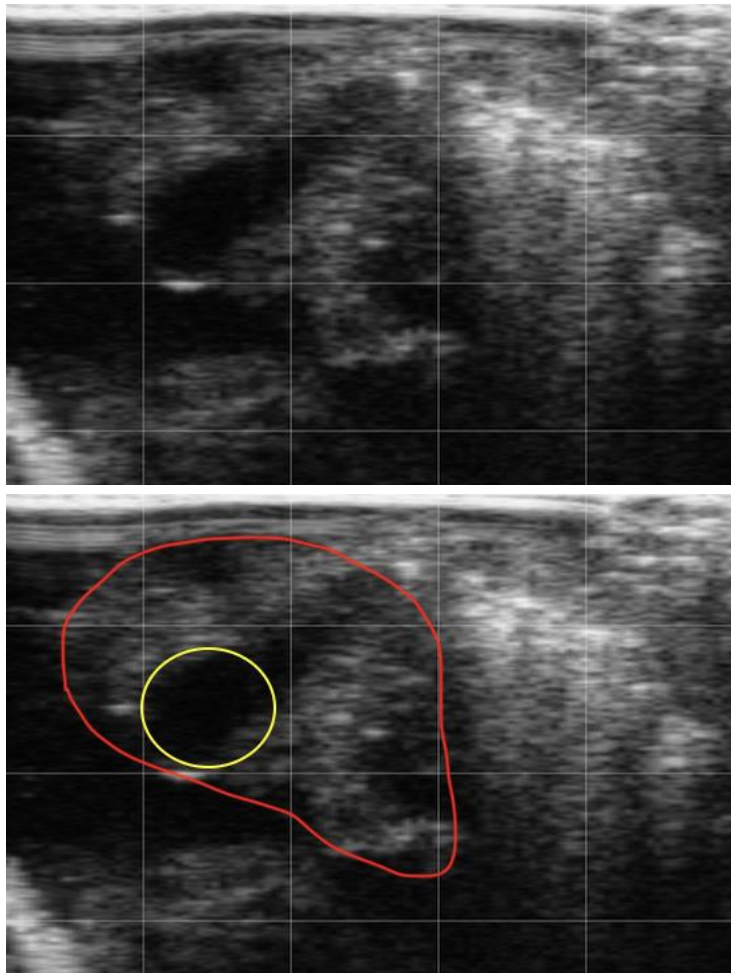


Figure 52 : Ovaire gauche de l'utérus n°5. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule (Source : N. PERRET et A. PRE)

L'ovaire droit de cet utérus présente un corps jaune cavitaire. Cette structure est intéressante à observer car elle est relativement fréquente chez les bovins. De plus, cette structure peut permettre aux étudiants de s'entraîner à mesurer la cavité et l'épaisseur de la paroi du corps jaune, cette démarche étant à réaliser pour le différencier d'un kyste lutéal.

6. Utérus n°6

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 53). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence de plusieurs follicules sur l'ovaire gauche et sur l'ovaire droit.



Figure 53 : Utérus n°6 dans sa poche de perfusion
(Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale (Figure 54). Nous pouvons également observer les ovaires (Figure 55) et retrouver les follicules sur l'ovaire droit et gauche. Sur l'ovaire gauche un follicule mesure huit millimètres et deux autres

mesurent trois millimètres. Sur l'ovaire droit deux follicules mesurent chacun cinq millimètres.

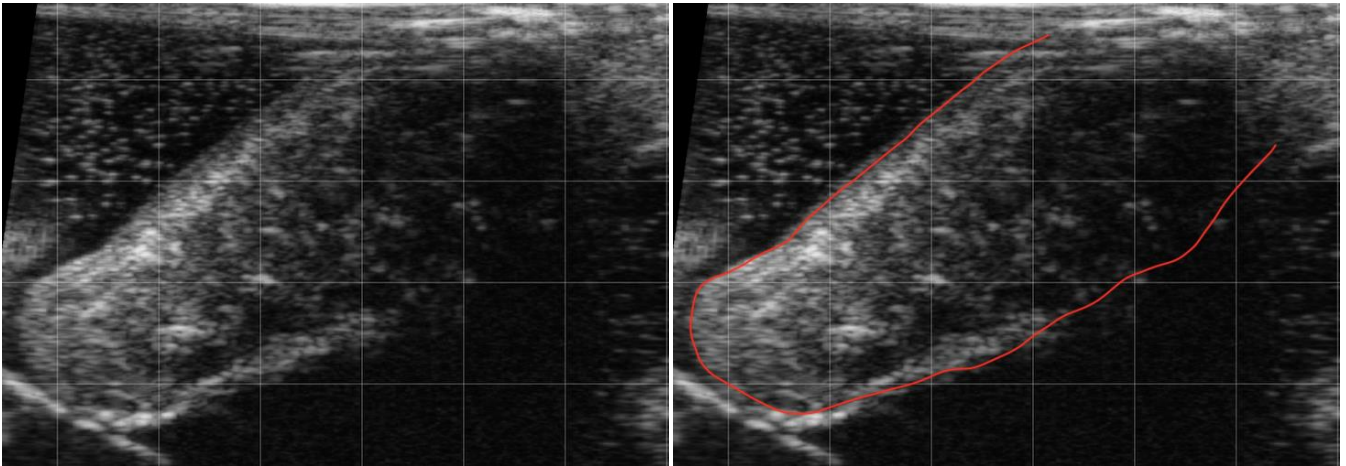


Figure 54 : Corne gauche de l'utérus n°6 en coupe longitudinale. Délimitation rouge : corne gauche (Source : N. PERRET et A. PRE)

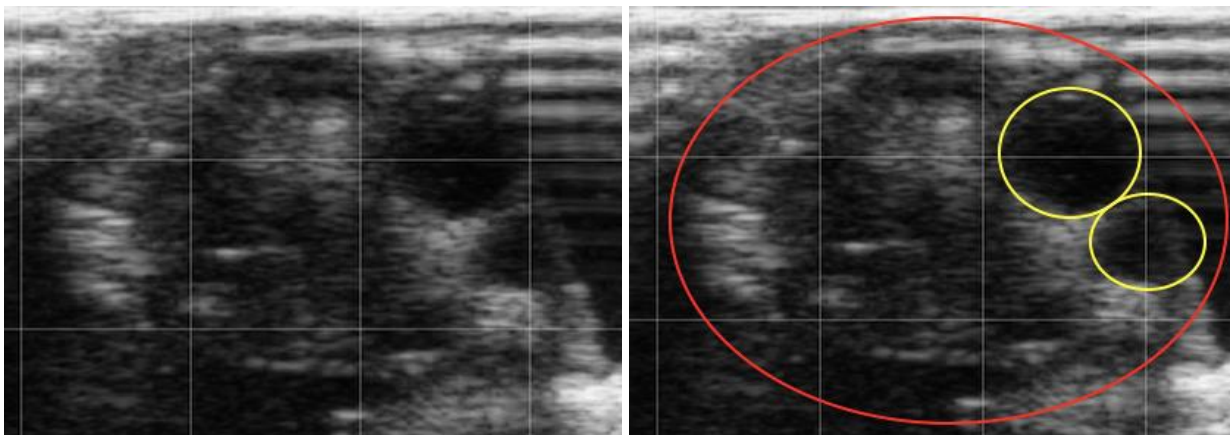


Figure 55 : Ovaire gauche de l'utérus n°6. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercles jaunes : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

Les ovaires de cet utérus ne présentent que des follicules et pas de corps jaunes. Ainsi aucune trace d'ovulation récente n'est présente, ce qui signifie que cette vache n'était pas cyclée et donc en anœstrus. Ce cas est très intéressant car on cherche toujours à identifier les vaches en anœstrus lors des suivis de reproduction.

7. Utérus n°7

Après fixation, l'utérus est légèrement aplati ventro-dorsalement et les cornes légèrement écartées sur les côtés, la position n'est donc pas idéale (Figure 56). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence de plusieurs follicules sur l'ovaire droit et d'un corps jaune sur l'ovaire gauche.

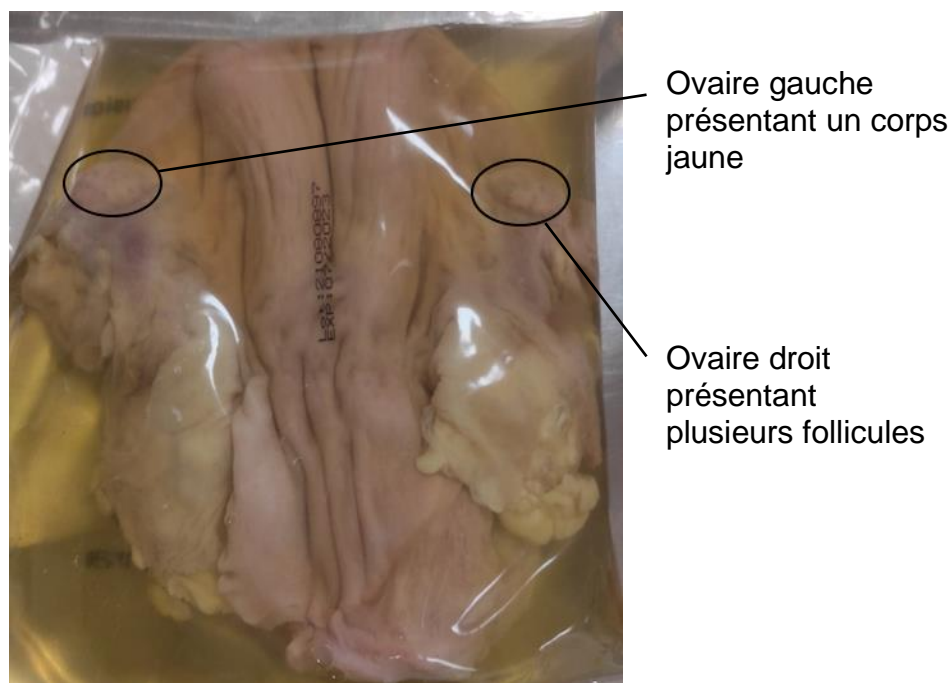


Figure 56 : Utérus n°7 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale. Sur les coupes transversales des cornes utérines nous pouvons observer une lumière légèrement dilatée en forme d'étoile ainsi qu'une paroi utérine épaissie (Figure 57). Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 58 et 59) et retrouver les follicules sur l'ovaire droit et le corps jaune sur l'ovaire gauche. Les follicules mesurent 18mm et 3mm. Le corps jaune mesure 23mm. Les modifications utérines ainsi que la présence d'un gros follicule de 18mm de diamètre pourraient faire penser que cet utérus correspond à un utérus en période péri-œstrale. Mais la présence d'un corps jaune semble plutôt indiquer que la présence de liquide est anormale, sans que l'origine de ce liquide puisse être expliquée.

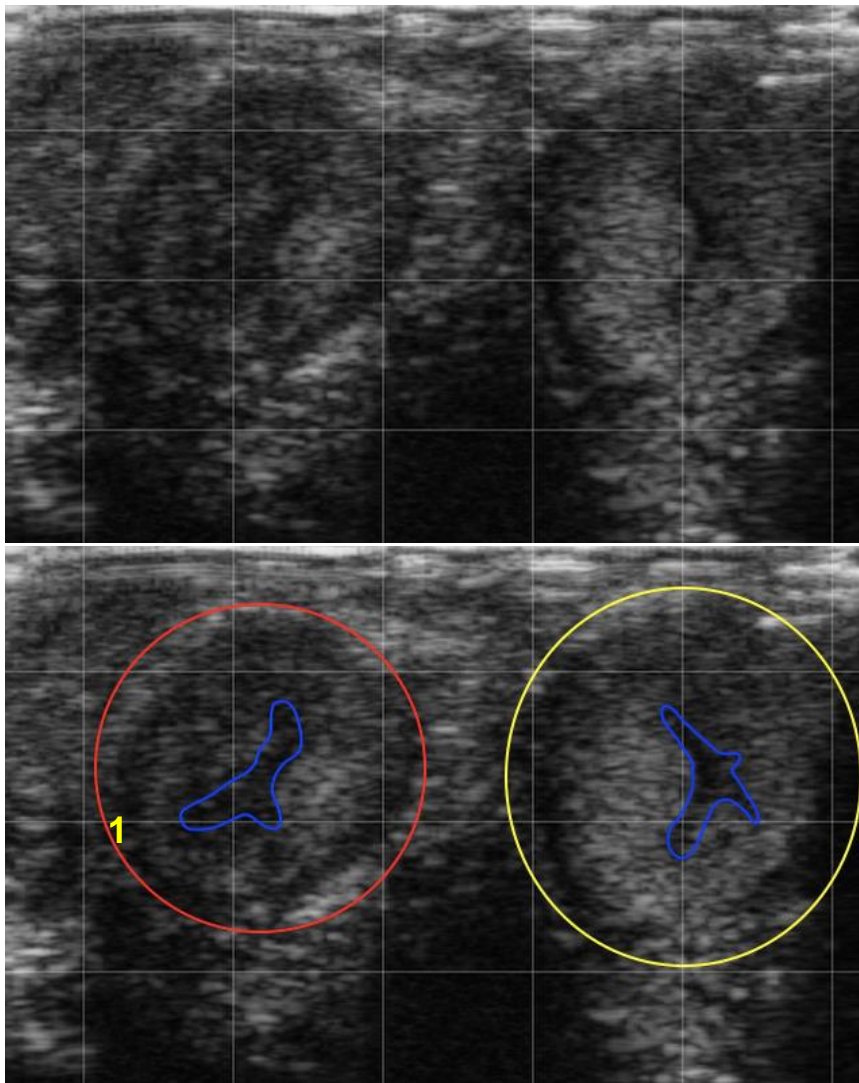


Figure 57 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°7. Cercle rouge : corne gauche ; Cercle jaune : corne droite ; Délimitations bleues : lumière utérine dilatée ; 1 : paroi utérine épaissie (Source : N. PERRET et A. PRE)

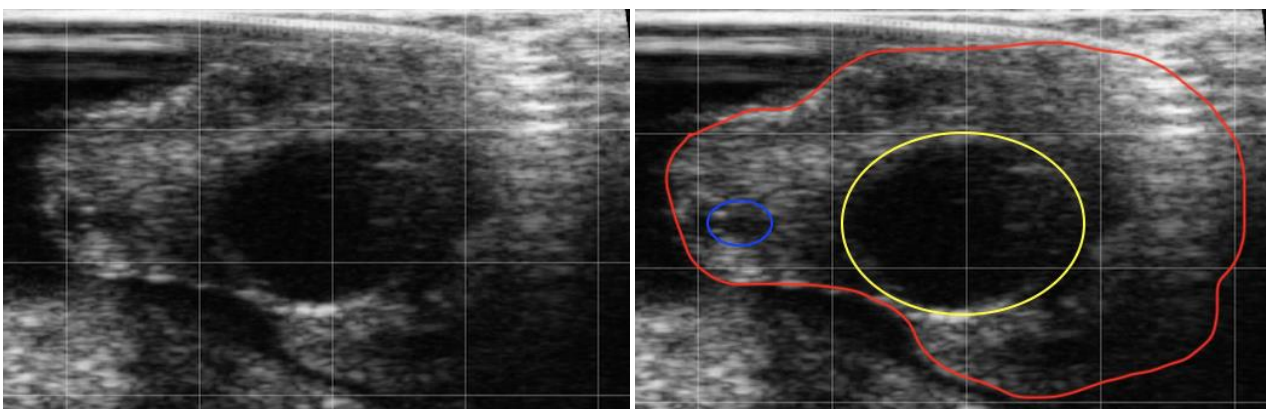


Figure 58 : Ovaire droit de l'utérus n°7 présentant plusieurs follicules. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : follicule pré-ovulatoire de 18mm ; cercle bleu : aperçu du deuxième follicule de 3mm. (Source : N. PERRET et A. PRE)

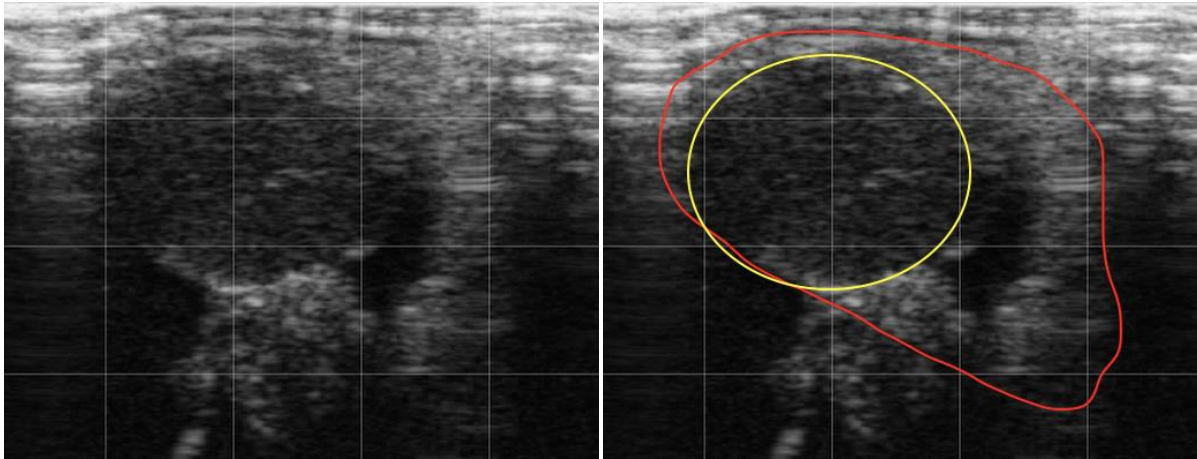


Figure 59 : Ovaire gauche de l'utérus n°7 présentant un corps jaune. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Cet utérus est très intéressant de par la présence de liquide dans les cornes utérines. Cela permet aux étudiants d'observer des images similaires à celles d'un utérus d'une vache en chaleur ou en période péri-œstrale.

8. Utérus n°8

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 60). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence de plusieurs follicules sur l'ovaire droit et d'un corps jaune en plus de plusieurs petits follicules sur l'ovaire gauche.

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale (Figure 61). Nous pouvons également observer les ovaires (Figures 62 et 63) et retrouver le corps jaune et les follicules sur l'ovaire gauche et les follicules sur l'ovaire droit. Le corps jaune mesure environ 20mm de diamètre et les follicules de l'ovaire gauche mesurent deux millimètres. Les follicules sur l'ovaire droit mesurent 15mm et deux millimètres.



Ovaire droit présentant plusieurs follicules

Ovaire gauche présentant plusieurs follicules et un corps jaune

Figure 60 : Utérus n°8 dans sa poche de perfusion (Source : N. PERRET et A. PRE)

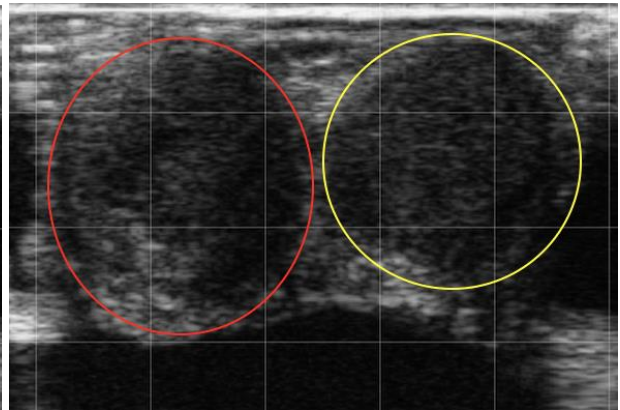
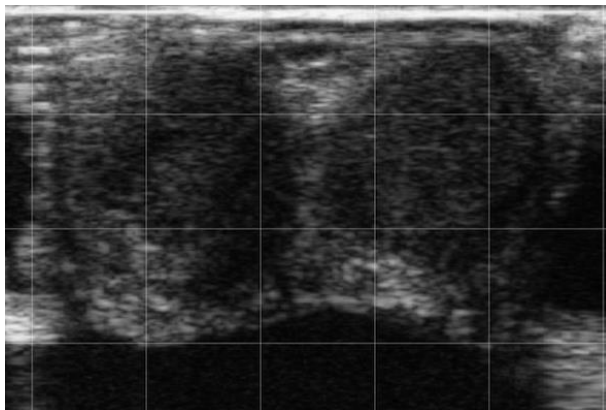


Figure 61 : Image échographique de la bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°8. Cercle rouge : corne gauche ; Cercle jaune : corne droite (Source : N. PERRET et A. PRE)

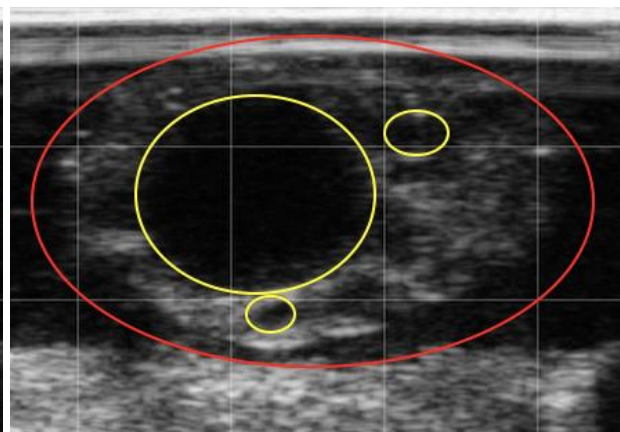
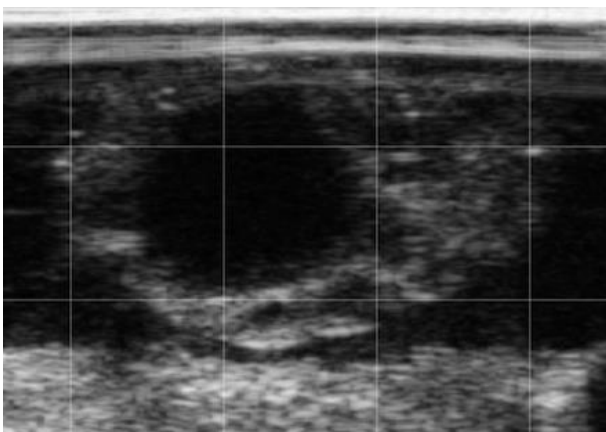


Figure 62 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°8. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercles jaunes : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

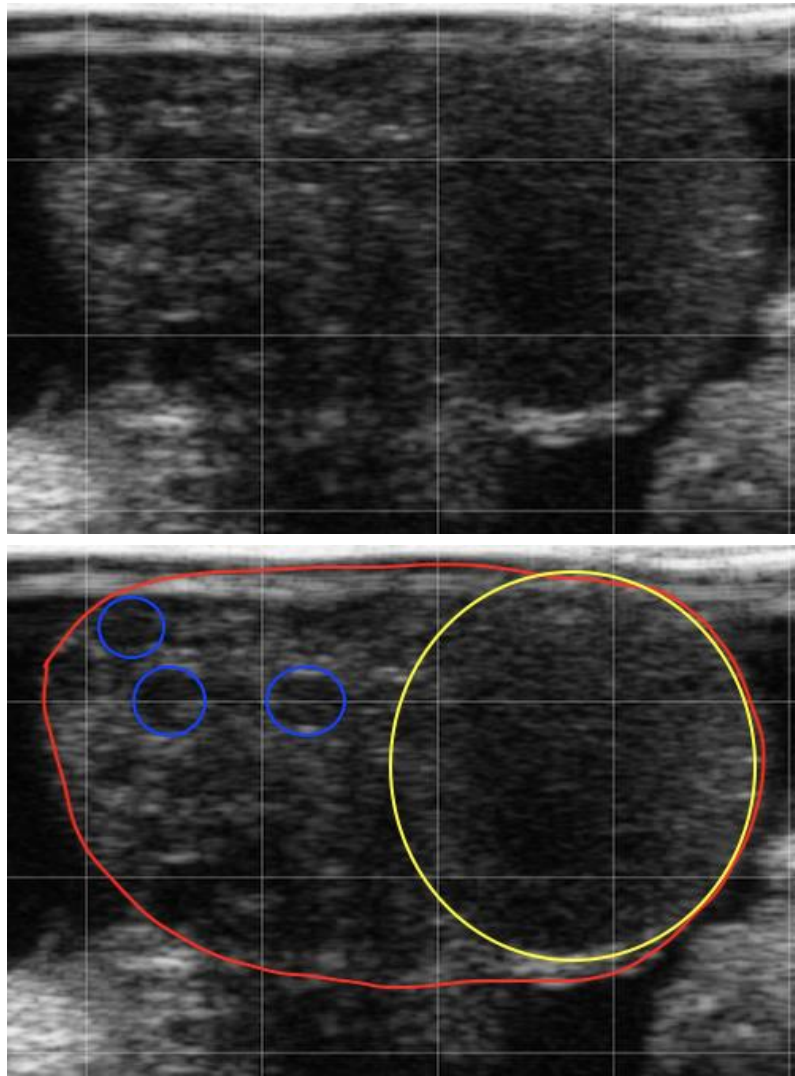


Figure 63 : Image échographique de l'ovaire gauche de l'utérus n°8. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune ; cercles bleus : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

La position physiologique utérine a été bien conservée sur cet utérus. Ainsi, la visualisation de cet utérus par les étudiants peut les aider lors de leurs futures palpations transrectales, car ils sauront exactement quelles structures rechercher.

A l'échographie, les étudiants pourront observer des structures utérines physiologiques ainsi que les différents organites ovariens présents sur une vache cyclée.

9. Utérus n°9

Après fixation, la position de cet utérus reflète bien la position physiologique car les cornes utérines sont correctement enroulées (Figure 64). La fixation des tissus est de très bonne qualité et nous pouvons observer à l'œil nu la présence d'un follicule sur l'ovaire gauche et d'un corps jaune ainsi que deux follicules sur l'ovaire droit.

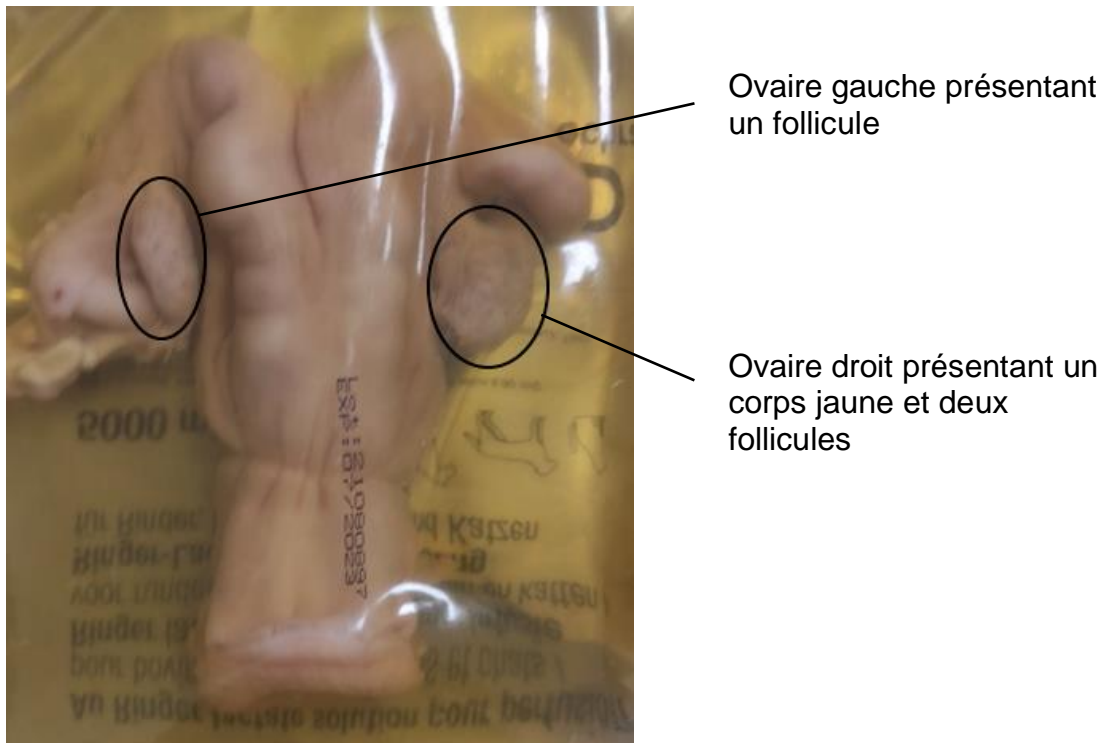


Figure 64 : Utérus n°9 dans sa poche de perfusion
(Source : N. PERRET et A. PRE)

A l'échographie, les images obtenues sont de bonne qualité. Nous pouvons observer les structures utérines comme le col utérin, la bifurcation des cornes utérines et suivre les cornes utérines en coupe transversale ou longitudinale. Nous pouvons également observer les ovaires (Figure 65) et retrouver le corps jaune de 23mm sur l'ovaire droit ainsi qu'un follicule deux follicules de 10mm et un follicule de 12 mm sur l'ovaire gauche.

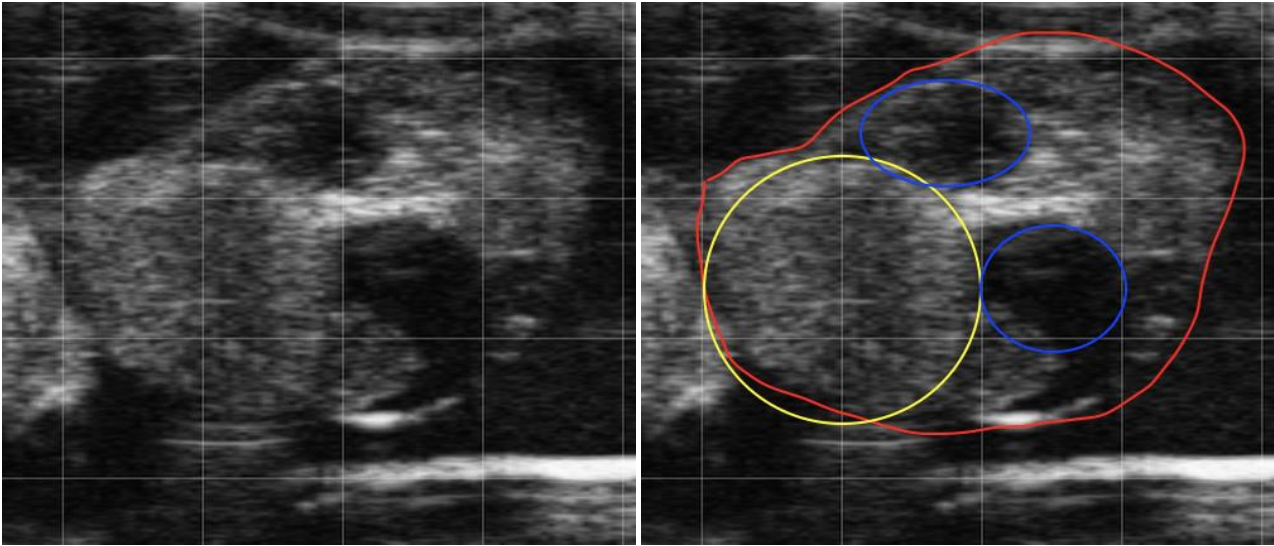


Figure 65 : Image échographique de l'ovaire droit de l'utérus n°9. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercle jaune : corps jaune ; cercles bleus : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

La position physiologique utérine a été bien conservée sur cet utérus. Ainsi, la visualisation de cet utérus par les étudiants peut les aider lors de leurs futures palpations transrectales, car ils sauront exactement quelles structures rechercher.

A l'échographie, les étudiants pourront observer des structures utérines physiologiques ainsi que les différents organites ovariens présents sur une vache cyclée.

B. Fiches explicatives de l'atelier

1. Fiche de présentation globale (Annexe 1)

Cette fiche permet de guider l'étudiant lors des échographies des utérus 1 à 9 dans le cadre d'un suivi de reproduction. Elle explique à l'étudiant comment préparer l'atelier et le réaliser au mieux en précisant la gestuelle à adopter et en présentant les images pouvant être obtenues.

2. Fiches spécifiques de chaque utérus (Annexes 2 à 10)

Ces fiches permettent de guider l'étudiant spécifiquement lors de l'échographie de chaque utérus en lui montrant quelles images il peut espérer obtenir. De plus ces fiches contiennent chacune un questionnaire de quelques questions qui permettent de

contextualiser l'échographie dans le cadre du suivi de reproduction, et incitent l'étudiant à réfléchir et à mobiliser ses connaissances théoriques en parallèle de la réalisation de l'acte pratique.

3. Vidéo explicative de l'atelier

La vidéo réalisée dure deux minutes et trente-trois secondes. Elle commence par présenter les objectifs de l'atelier ainsi que les différents utérus disponibles. Le film commence ensuite et présente comment mettre en place l'atelier avec l'utérus que l'étudiant aura choisi. Puis la vidéo présente la réalisation de l'atelier où l'on voit en direct la réalisation de l'image échographique. Pour finir le nettoyage de la sonde et de la poche est présenté.

La vidéo est déposée sur la plateforme YouTube en « non répertoriée » (seuls les utilisateurs disposant du lien peuvent avoir accès à la vidéo). Un QR code a été généré et inséré sur les fiches explicatives afin que les étudiants aient accès à la vidéo facilement grâce à leur smartphone.

La vidéo est disponible avec ce lien :

<https://www.youtube.com/watch?v=Fj0vsQeoNoQ>

Il a été retenu pour cet atelier neufs utérus présentant tous leurs particularités et permettant ainsi la réalisation d'images échographiques variées. Cette banque permet de réaliser les images échographiques diverses d'utérus, d'ovaires et d'organites ovariens. Ainsi les étudiants pourront apprendre à interpréter les images échographiques sur divers cas cliniques.

Des fiches explicatives accompagnent l'atelier et chaque utérus, pour guider l'étudiant dans son échographie, et le mettre dans un contexte réel grâce à des questions que l'éleveur pourrait poser.

III. Discussion (Partie réalisée en commun avec A. PRE)

A. Évaluation de la méthode de création de l'atelier

La méthode que nous avons utilisée afin de créer les modèles pour l'atelier est finalement assez simple bien qu'il ait fallu de nombreux essais avant de la mettre en place. Tout le matériel nécessaire est facilement trouvable pour une école vétérinaire. Les manipulateurs devront prêter attention à l'utilisation du formol qui doit toujours être manipulé sous hotte aspirante de laboratoire. Aucun matériel ne représente de coût excessif, les seuls consommables étant l'éthanol à 70°, le formol et les poches de perfusion de Ringer Lactate.

Cette méthode simple a pour principal avantage d'être facilement reproductible. Ainsi d'autres personnes pourront ajouter de nouveaux utérus dans la banque déjà présente et ainsi élargir la gamme de cas clinique.

B. Comparaison de l'atelier avec une réelle échographie bovine

1. Perte de la sensation de palpation

Dans la réalité l'échographie génitale est pratiquée simultanément à la palpation transrectale de l'utérus. En effet, la sonde échographique est placée dans le creux de la main et la palpation reste possible avec le bout des doigts. Il est aussi possible de saisir un ovaire entre ses doigts pour placer ensuite la sonde au-dessus pour l'échographier plus facilement. La palpation est quelque chose de très important car il est impossible de visualiser où se situe notre sonde par rapport à l'organe, ainsi tous les mouvements sont réalisés selon les sensations du bout des doigts et selon les images obtenues sur l'échographe.

Toutes ces manipulations ne sont malheureusement pas possibles avec l'atelier du fait de la poche de perfusion et de l'éthanol qui empêchent le contact avec l'utérus. Elles seront donc abordées par l'étudiant seulement lors de sa pratique sur le mannequin de palpation ou sur animaux vivants. Une utilisation conjointe du mannequin de palpation et des modèles d'échographie pourrait d'ailleurs être envisagée afin de rendre l'examen échographique encore plus proche de la réalité.

2. Réalisation de l'échographie

La réalisation pratique de l'échographie est différente de la réalité. En effet, lors de l'atelier l'étudiant échographie l'utérus qui est positionné sur une table. La position adoptée par l'étudiant n'est donc pas la bonne car en réalité le vétérinaire se positionne avec le bras assez haut pour atteindre le rectum de la vache. De plus l'étudiant a le bras totalement libre durant l'atelier alors qu'en réalité la striction réalisée par le rectum de la vache est assez importante ce qui entrave les mouvements du bras de l'opérateur.

L'étudiant lorsqu'il réalise l'échographie peut également visualiser où se situe la sonde par rapport à l'organe, car la poche de perfusion est transparente. Ceci n'est évidemment pas possible dans la réalité et simplifie grandement la réalisation de l'échographie. Pour les 2 aspects présentés précédemment, coupler les modèles d'échographie avec le mannequin de palpation transrectale de la salle de simulation pourrait renforcer les similitudes avec la réalité.

L'environnement est également totalement différent entre l'atelier et la pratique réelle. En effet, dans la réalité le praticien réalise les échographies derrière plusieurs animaux vivants, et ceux-ci représente un risque pour le praticien. Il faut savoir se placer par rapport à eux et être en permanence vigilant à ce qu'il se passe autour de soi. Ceci n'est évidemment pas présent dans l'atelier ce qui représente un avantage car l'étudiant peut ainsi se focaliser sur l'échographie sans prendre de risque mais aussi un inconvénient car cela rend le contexte beaucoup plus simple qu'en réalité.

3. Qualité des images obtenues

Les images obtenues avec la banque d'utérus sont globalement de bonne qualité. En effet, la fixation au formol a très bien fonctionné et a permis une très bonne conservation des tissus en modifiant très peu leur aspect échographique. Ainsi les images de l'appareil génital obtenues sont assez proches de la réalité.

Cependant les images échographiques globales sont tout de même assez différentes. En effet, dans la réalité, on l'appareil génital mais aussi beaucoup d'autres organes comme des anses intestinales, des vaisseaux sanguins, l'appareil urinaire...etc. La présence de fèces dans le rectum de la vache induit également souvent des artéfacts importants. Tout cela n'est pas présent dans les poches de l'atelier donc n'apparaît pas sur les images échographiques. Cela rend encore une fois

l'atelier plus simple qu'en réalité car on obtient des images « idéales » non brouillées par les autres organes environnants. L'étudiant n'apprend donc pas à faire le tri dans les images obtenues ce qui est une limite importante de l'atelier.

C. Intérêt pédagogique de l'atelier

1. Visualisation d'un utérus en position physiologique

Le premier intérêt de cet atelier est assez simple et pourtant nous ne l'avions pas imaginé. Il réside dans le simple fait que l'étudiant puisse observer un utérus en position physiologique grâce à la transparence des poches de perfusion. Le fait de pouvoir réaliser cette observation permet à l'étudiant de se rendre compte de la taille et de la forme de l'organe, du trajet des cornes, de la position des ovaires par rapport à l'utérus...etc. Ceci permet, grâce à la mémoire visuelle, de retransposer ce qui a été vu lors d'une vraie échographie génitale bovine et ainsi de mieux se repérer lors de la palpation et de l'échographie.

2. Possibilité d'apprentissage

L'atelier tel qu'il est aujourd'hui ne reflète pas exactement ce qu'est une échographie génitale bovine et pourtant il offre déjà de nombreuses possibilités d'apprentissage et d'enseignement.

Tout d'abord les étudiants pourront apprendre la prise en main d'un échographe et réaliser leur première manipulation de la sonde échographique. Ils pourront ensuite apprendre le geste de l'échographie bovine et découvrir les premières sensations associées.

Les étudiants pourront également analyser les images échographiques qu'ils obtiennent et ainsi apprendre à reconnaître les différentes structures sur l'échographe. Cela est fortement aidé par le fait que les étudiants peuvent placer la sonde exactement en regard de la zone qui les intéresse et ainsi observer et mémoriser l'image obtenue.

Cet atelier pourra également être utilisé par les enseignants lors de travaux dirigés, en servant de support direct pour illustrer leur propos, ce qui peut rendre la théorie plus claire et interactive.

3. Auto-évaluation des étudiants

Un des autres avantages de cet atelier est la possibilité pour les étudiants de s'auto-évaluer. En effet, grâce aux fiches spécifiques à chaque utérus, l'étudiant peut connaître ce qu'il est possible d'échographier dans le cas qu'il aura choisi, et ainsi savoir s'il a réussi à obtenir les images souhaitées ou non. De plus, avec le quizz associé à chaque utérus, l'étudiant pourra mobiliser ses connaissances théoriques et les appliquer à un cas pratique, ce qui se rapproche grandement de ce que réalise un vétérinaire dans la réalité.

4. Possibilités d'évaluation des étudiants

En plus de l'apprentissage de l'échographie, cet atelier pourra aussi être utilisé pour évaluer les étudiants. En effet, depuis que la salle de simulation Vetskills de VetAgro Sup a ouvert en 2018, les étudiants ont des plages horaires réservées en salle de simulation et ont ensuite une évaluation comme pour chaque matière enseignée à l'école. Notre modèle d'échographie pourra ainsi entrer dans ce programme et être mis à disposition de l'enseignement.

Nous pouvons imaginer divers moyens de différents niveaux pour évaluer les étudiants. Un premier niveau pourrait être de faire réaliser l'échographie par l'étudiant, de lui montrer des structures sur l'écran et de lui demander de les identifier. Un second niveau pourrait être de demander à l'étudiant de réaliser l'échographie, de la commenter en indiquant les structures visibles. Le troisième niveau serait de faire réaliser l'échographie commentée à l'étudiant et de lui demander de déduire le stade physiologique de l'utérus présent en justifiant ses propos grâce aux structures objectivées lors de l'échographie. Le niveau le plus compliqué pourrait associer le troisième niveau à des propositions de diagnostics et de traitements en fonction d'un contexte épidémiologiques et anamnestiques donné par l'enseignant.

D. Perspectives d'évolution et d'amélioration de l'atelier

L'atelier tel qu'il a été conçu permet aux étudiants de s'entraîner à l'échographie génitale bovine mais certaines améliorations pourraient être mises en place afin d'optimiser son utilisation.

1. Amélioration des images échographiques

Une des améliorations majeures qui pourrait être apportée concerne la qualité des images échographiques. En effet, la salle de simulation n'est jusqu'à présent équipée que d'un échographe de canine assez ancien et ne comportant que des sondes convexes. L'achat d'un échographe de rural avec une sonde linéaire permettrait d'augmenter considérablement la qualité des images obtenues, et rendrait aussi plus réaliste la tenue de la sonde pour l'étudiant puisqu'il s'agit de la sonde la plus utilisée en pratique.

D'autre part, la conservation dans l'alcool fait apparaître sur les images échographiques du liquide anéchogène autour de l'utérus, que l'on ne retrouve pas dans la réalité. Une des améliorations envisageables serait d'essayer un autre milieu de conservation dans les poches, qui aurait un aspect tissulaire à l'échographie. Par exemple un mélange plus épais contenant de l'agar agar et de l'éthanol à 70°. Dans la même idée, il pourrait être intéressant d'obtenir des images avec les organes réellement visibles lors d'une échographie génitale, notamment la vessie, qui est l'organe le plus visualisé et qui peut être l'objet de confusion avec une gestation pour des étudiants inexpérimentés.

2. Élargissement de la gamme de cas cliniques

Pour une première création le nombre d'utérus dans la banque est très satisfaisant. Cependant certains cas cliniques intéressants à échographier manquent encore. Il pourrait donc être très intéressant que d'autres personnes participent à l'élargissement de la gamme de cas cliniques en ajoutant par exemple dans la banque d'utérus :

- Des utérus en réels œstrus
- Des utérus pathologiques avec infections utérines
- Des cas d'ovaires pathologiques avec présence de kystes
- Des cas d'ovaires pathologiques avec présence de tumeurs.

3. Échographie à l'aveugle grâce au mannequin de vache

Dans un second temps, il serait intéressant de pouvoir placer nos modèles dans le bassin d'un mannequin de vache, afin de pouvoir effectuer l'échographie à l'aveugle une fois que l'étudiant serait à l'aise sur l'échographie avec accès à l'utérus de visu. La poche pourrait être placée sur le plancher du bassin, juste sous le rectum, et l'étudiant pourrait ainsi échographier à travers la paroi de celui-ci. En plus de pouvoir échographier à l'aveugle, cela permettrait aussi à l'étudiant de se placer dans une position d'échographie encore plus proche de la réalité, debout à l'arrière de la vache.

4. Étude sur le ressenti étudiant envers cet atelier

Enfin, lorsque l'atelier aura bien été mis en place et utilisé par les étudiants, il pourrait être intéressant d'avoir un retour sur son utilité auprès des étudiants et des enseignants, par exemple par le biais d'un questionnaire auquel les étudiants pourraient répondre en fin d'atelier ou après y être passé à plusieurs reprises. Cela pourrait permettre de valider ou non son intérêt et de mettre en lumière d'autres pistes d'améliorations de l'atelier que les étudiants et enseignants pourraient proposer.

L'atelier de simulation final permet ainsi aux étudiants d'appréhender la position physiologique des utérus, d'apprendre la manipulation d'un échographe et la réalisation d'images échographiques. Les images obtenues sont plutôt fidèles à la réalité, même si l'environnement entourant les utérus n'est pas présent et manque donc sur les images échographiques. Des améliorations pourraient encore être apportées telles que la qualité de l'échographie, l'élargissement de la gamme de cas cliniques ou encore l'association de l'atelier avec un mannequin de vache pour rendre l'expérience plus réelle.

CONCLUSION

Nous avons pu voir que l'échographie génitale est un acte très important et réalisé très fréquemment en médecine bovine, en particulier lors des suivis de reproduction et des diagnostics de gestation. Cet acte permet de déceler certaines affections de la reproduction mais permet surtout au vétérinaire de suivre les performances de l'élevage du point de vue de la reproduction ce qui est un élément majeur dans la gestion d'un élevage.

Cet acte est, comme nous avons pu le voir, difficile à enseigner pour divers raisons pratiques. De plus, des problématiques éthiques existent. A ce jour, aucun modèle de simulation d'échographie génitale bovine ne semble exister d'après nos recherches.

La création de ce support pédagogique était donc particulièrement intéressante. L'atelier tel qu'il existe aujourd'hui permet aux étudiants de découvrir cet acte, de réaliser de premières images échographiques et d'apprendre à les interpréter. Le nombre de cas cliniques présents permet de multiplier l'expérience et d'appréhender la diversité d'images échographiques possible. Cet outil semble donc très intéressant pour les étudiants mais aussi pour les enseignants qui pourront illustrer facilement leurs propos théoriques ou encore évaluer les étudiants sur cet acte, ce qui n'était jusqu'à présent pas réalisé sur le campus vétérinaire de VetAgro Sup.

Plusieurs améliorations pourraient encore être apportées à cet atelier afin d'augmenter le réalisme de l'acte d'échographie. En particulier, il serait très intéressant de placer l'atelier existant dans un mannequin afin de réaliser l'échographie à l'aveugle et de retrouver les sensations d'une réelle échographie. De plus, l'augmentation du réalisme des images échographiques en modifiant le milieu de conservation des utérus pourrait être intéressant bien que cela semble plus compliqué.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARONE, R. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome quatrième, splanchnologie II : appareil uro-génital, fœtus et ses annexes, péritoine et topographie abdominale*. 3eme édition. Paris, France : Edition ACV, 2020.
2. CHASTANT-MAILLARD, S. *Maîtriser la reproduction bovine, guide pratique*. . Intervet Beaucouzé, 2010.
3. BALL, P.J.H et PETERS, A.R. Reproductive Problems. In : *Reproduction in Cattle*. Third Edition. John Wiley & Sons, Ltd, 2004. pp. 154-190. ISBN 978-0-470-75109-1.
4. DOBSON, Hilary et SMITH, R. F. *Animal Reproduction Science*. 2 juillet 2000. Vol. 60-61, pp. 743-752. DOI 10.1016/S0378-4320(00)00080-4.
5. SHELDON, I. M., NOAKES, D. E., RYCROFT, A. N., PFEIFFER, D. U. et DOBSON, H. Influence of uterine bacterial contamination after parturition on ovarian dominant follicle selection and follicle growth and function in cattle. *Reproduction (Cambridge, England)*. juin 2002. Vol. 123, n° 6, pp. 837-845.
6. HANZEN, Ch, BASCON, F, THERON, L et LOPEZ-GATIUS, F. *Les kystes ovariens dans l'espèce bovine 2. Rappels physiologiques et étio-pathogénie*. [en ligne]. 2008. [Consulté le 20 avril 2022]. Disponible à l'adresse: http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2008_152_1_02.pdf
7. BARTLETT, P, NGATEGIZE, P, KANEENE, J, KIRK, J, ANDERSON, S et MATHER, E. Cystic follicular disease in Michigan Holstein-Friesian cattle: Incidence, descriptive epidemiology and economic impact. *Preventive Veterinary Medicine*. 1 juin 1986. Vol. 4, n° 1, pp. 15-33. DOI 10.1016/0167-5877(86)90004-8.
8. BALL, P.J.H et PETERS, A.R. *Reproduction in cattle*. 3eme édition, Edition Wiley Blackwell, 2008, pp. 195-208.
9. DESCÔTEAUX, L., HARVEY, D. et GIRARD, C. Tumeur des cellules de la granulosa chez une taure: observations cliniques, endocrinologiques et post-mortem. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*. juin 1989. Vol. 30, n° 6, pp. 501-503.
10. SHELDON, I, LEWIS, G, LEBLANC, S et GILBERT, R. Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*. mai 2006. Vol. 65, n° 8, pp. 1516-1530. DOI 10.1016/j.theriogenology.2005.08.021.
11. CHASTANT-MAILLARD, S et FOURNIER, R. Virage diagnostique et thérapeutique sur les endométrites. *Point Vétérinaire* n°318. 2011. pp. 56-60.
12. AZAWI, O. I. Postpartum uterine infection in cattle. *Animal Reproduction Science*. mai 2008. Vol. 105, n° 3-4, pp. 187-208. DOI 10.1016/j.anireprosci.2008.01.010.

13. DEGUILLAUME, L. *L'inflammation génitale post-partum de la vache*. 2010. AgroParisTech. NNT : 2010AGPT0081 pastel-00591104v2
14. HANZEN, Ch. *Pathologies du tractus génital femelle des ruminants*. [en ligne]. 2009. [Consulté le 20 avril 2022]. Disponible à l'adresse: http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R15_Pathologies_TG_femelle_2009.pdf
15. GARCIA-IGLESIAS, M. J., BRAVO-MORAL, A. M., PEREZ-MARTINEZ, C., FERRERAS-ESTRADA, M. C., MARTINEZ-RODRIGUEZ, J. M. et ESCUDERO-DIEZ, A. Incidence and pathomorphology of uterine tumours in the cow. *Zentralblatt Fur Veterinarmedizin. Reihe A*. septembre 1995. Vol. 42, n° 7, pp. 421-429. DOI 10.1111/j.1439-0442.1995.tb00395.x.
16. DUMOULIN, D. *Pathologie utérine de la vache, depuis les oviductes jusqu'au col*. Thèse Médecine Vétérinaire. Lyon, 2004.
17. JAUDON, JP, PERROT, C, VIAUD, F et CADORE, J-L. *Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale*. 1991.
18. DESCOTEAUX, L, CHASTANT-MAILLARD, S, GAYRARD, V, PICARD-HAGEN, N, GNEMMI, G et COLLOTON, J. *GUIDE PRATIQUE D'ÉCHOGRAPHIE POUR LA REPRODUCTION DES RUMINANTS, Chapitre 1*. Med'Com. 2009. ISBN 978-2-35403-028-5.
19. POLLET, T. *Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et foetale chez les bovins*. . Thèse Médecine Vétérinaire. Lyon, 1993.
20. DAUZAT, M. *Bases des Techniques Échographiques. Ultrasonographie - Echographie - Doppler*. [en ligne]. [Consulté le 20 avril 2022]. Disponible à l'adresse: <https://ultrasonographie-vasculaire.edu.umontpellier.fr/les-bases/bases-techniques-et-dinterpretation/>
21. COLLOTON, J, GNEMMI, G et DESCOTEAUX, L. *Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants*. . MED'COM. Paris, France, 2009. pp. 26-30. X.04.0560002
22. DESCOTEAUX, L, CHASTANT-MAILLARD, S, GAYRARD, V, PICARD-HAGEN, N, GNEMMI, G et COLLOTON, J. *GUIDE PRATIQUE D'ÉCHOGRAPHIE POUR LA REPRODUCTION DES RUMINANTS, Chapitre 5*. Med'Com. 2009. ISBN 978-2-35403-028-5.
23. KAHN, V. *Atlas de diagnostics échographiques. Examen gynécologique et reproduction, équin, bovin, ovin, caprin, porcin, chien, chat*. Maloine. 1994. ISBN 2-224-02282-4.
24. HANZEN, C, LAURENT, Y et JAKOVLJEVIC, S. Applications de l'échographie en reproduction bovine. 1. L'utérus gestant et non-gestant. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 1993. Vol. 137, pp. 93-101.

25. LEBASTARD, D. *Echographie en gynécologie bovine : utilisations possibles dans le cadre d'un exercice en clientèle rurale*. Le point vétérinaire. 1997. 181. pp. 61-68
26. CHASTANT-MAILLARD, S, MIALOT, JP et REMY, D. *Reproduction bovine. Infertilité femelle*. 2001. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie de la Reproduction.
27. FRICKE, P. M. Scanning the future--ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. août 2002. Vol. 85, n° 8, pp. 1918-1926. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(02)74268-9.
28. ESCOUFLAIRE, P. Détection des corps jaunes par palpation des ovaires. . Le point vétérinaire n°238. 2003.
29. FARIN, P. W., YOUNGQUIST, R. S., PARFET, J. R. et GARVERICK, H. A. Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 avril 1992. Vol. 200, n° 8, pp. 1085-1089.
30. DESCOTEAUX, L, CHASTANT-MAILLARD, S, GAYRARD, V, PICARD-HAGEN, N, GNEMMI, G et COLLOTON, J. *GUIDE PRATIQUE D'ÉCHOGRAPHIE POUR LA REPRODUCTION DES RUMINANTS, Chapitre 4*. . Med'Com. 2009. ISBN 978-2-35403-028-5.
31. CHASTANT-MAILLARD, S, BOIN, E, GRIMARD, B et MIALOT, JP. Echographie ovarienne chez la vache. Point Vétérinaire numéro spécial « Examens paracliniques chez les bovins ». 2003. pp. 152. ISBN : NSR200312 Référence : 28186
32. BOURCET, M. *Aide à l'apprentissage de la palpation transrectale chez la vache: création d'une banque d'ovaires artificiels*. Thèse Médecine Vétérinaire. Université Paris-Est Créteil Val de Marne, 2007.
33. Animal Research Review Panel and NSW Department of Primary Industries Animal Welfare Branch. Animal Ethics Infolink. [en ligne]. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.animalethics.org.au/home>
34. SACEC. Schools Animal Care and Ethics Committee. Animals in Schools. [en ligne]. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://nswschoolanimals.com/compliance/schools-animal-care-and-ethics-committee/>
35. SNGTV. Atelier fouille des GTV junior de Lyon. [en ligne]. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://gtvjuniordelyon.wixsite.com/sngtv/atelier-fouille>
36. BOSSAERT, P, LETERME, L, CALUWAERTS, T, COOLS, S, HOSTENS, M, KOLKMAN, I et DE KRUIF, A. Teaching transrectal palpation of the internal genital organs in cattle. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2009. Vol. 36, n° 4, pp. 451-460. DOI 10.3138/jvme.36.4.451.

37. BALL, L. et CARROLL, E. J. Induction of fetal death in cattle by manual rupture of the amniotic vesicle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 février 1963. Vol. 142, pp. 373-374.
38. LA DÉPÊCHE VÉTÉRINAIRE [EN LIGNE]. 668 places proposées au concours vétérinaire 2022, dont 160 pour la voie post-bac. [en ligne]. 2018. [Consulté le 5 mai 2022]. Disponible à l'adresse: https://www.depecheveterinaire.com/668-places-proposees-au-concours-veterinaire-2022-dont-160-pour-la-voie-post-bac_679D51873869A667.html
39. LEUTERT, C, SUTHAR, V et HEUWIESER, W. Evaluation of transrectal examination of cervical diameter by palpation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. Volume 96, Issue 2, pp. 1063-1070.
40. HANZEN, C., PIETERSE, M., SCENCZI, O. et DROST, M. Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. mars 2000. Vol. 159, n° 2, pp. 161-170. DOI 10.1053/tvjl.1999.0398.
41. ROOT KUSTRITZ, M, CHENOWETH, P et TIBARY, A. Efficacy of training in theriogenology as determined by a survey of veterinarians. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 août 2006. Vol. 229, n° 4, pp. 514-521. DOI 10.2460/javma.229.4.514.
42. ASSOCIATION L214. L214 Éthique & Animaux | Ouvrons les yeux sur l'élevage et les abattoirs. [en ligne]. [Consulté le 1 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.l214.com/>
43. OIE - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ANIMALE. [EN LIGNE]. Code sanitaire pour les animaux terrestres. Chapitre 7.1 Introduction aux recommandations relatives au bien-être animal. [en ligne]. [Consulté le 16 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.oie.int/fr/ce-que-nous-faisons/normes/codes-et-manuels/acces-en-ligne-au-code-terrestre/>
44. GIESE, H, DILLY, M, GUNDELACH, Y, HOFFMANN, G et SCHMICKE, M. Influence of transrectal palpation training on cortisol levels and heart rate variability in cows. *Theriogenology*. 1 octobre 2018. Vol. 119, pp. 238-244. DOI 10.1016/j.theriogenology.2018.07.016.
45. KOVÁCS, L., KÉZÉR, F.L., KULCSÁR-HUSZENICZA, M., RUFF, F., SZENCI, O. et JURKOVICH, V. Hypothalamic-pituitary-adrenal and cardiac autonomic responses to transrectal examination differ with behavioral reactivity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. septembre 2016. Vol. 99, n° 9, pp. 7444-7457. DOI 10.3168/jds.2015-10454.
46. YÁNIZ, J., SANTOLARIA, P. et LÓPEZ-GATIUS, F. Surface alterations in the bovine pelvic peritoneum following rectal examination of reproductive organs: a scanning electron microscopy study. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. décembre 2002. Vol. 31, n° 6, pp. 372-374. DOI 10.1046/j.1439-0264.2002.00422.x.

47. RICHARDSON, R. D., MORTIMER, R. G. et WHITTIER, J. C. Comparison of fetal losses from diagnosis of pregnancy using ultrasonography or rectal palpation in beef heifers by novice or experienced technicians. *Professional animal scientist*. 2010. AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY INFORMATION
48. Article 515-14 - Code civil - Légifrance. [en ligne]. [Consulté le 1 juin 2022]. Disponible à l'adresse: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000030250342/2015-02-18
49. LANGEBÆK, R, EIKA, B, JENSEN, A, TANGGAARD, L, TOFT, N et BERENDT, M. Anxiety in veterinary surgical students: a quantitative study. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2012. Vol. 39, n° 4, pp. 331-340. DOI 10.3138/jvme.1111-111R1.
50. BADMAN, M, TULLBERG, M, HÖGLUND, O et HAGMAN, R. Veterinary Student Confidence after Practicing with a New Surgical Training Model for Feline Ovariohysterectomy. *Journal of Veterinary Medical Education*. Winter 2016. Vol. 43, n° 4, pp. 427-433. DOI 10.3138/jvme.1015-165R2.
51. CHAUMEIL, L. *CRÉATION D'UN SUPPORT PÉDAGOGIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DE L'OVARIECTOMIE CHEZ LA CHATTE: ÉLABORATION D'UN SIMULATEUR PROCÉDURAL. ÉTUDE DE SON EFFICACITÉ AUPRÈS D'ÉTUDIANTS VÉTÉRINAIRES DE VETAGRO SUP*. Thèse Médecine Vétérinaire. Lyon : Lyon 1 Claude Bernard, 2018.
52. KNEEBONE, R et BAILLIE, S. Contextualized Simulation and Procedural Skills: A View from Medical Education. *Journal of Veterinary Medical Education*. décembre 2008. Vol. 35, n° 4, pp. 595-598. DOI 10.3138/jvme.35.4.595.
53. PATRONEK, G et RAUCH, A. Systematic review of comparative studies examining alternatives to the harmful use of animals in biomedical education. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1 janvier 2007. Vol. 230, n° 1, pp. 37-43. DOI 10.2460/javma.230.1.37.
54. FLETCHER, D, MILITELLO, R, SCHOEFFLER, G et ROGERS, C. Development and evaluation of a high-fidelity canine patient simulator for veterinary clinical training. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2012. Vol. 39, n° 1, pp. 7-12. DOI 10.3138/jvme.0711.073R.
55. Clinical Skills Learning Center. *Veterinary Medicine at Illinois*. [en ligne]. [Consulté le 1 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <https://vetmed.illinois.edu/education/dvm-program/clinical-skills/>
56. DILLY, Marc, READ, Emma K. et BAILLIE, Sarah. A Survey of Established Veterinary Clinical Skills Laboratories from Europe and North America: Present Practices and Recent Developments. *Journal of Veterinary Medical Education*. Winter 2017. Vol. 44, n° 4, pp. 580-589. DOI 10.3138/jvme.0216-030R1.
57. DILLY, Marc, TIPOLD, A, SCHAPER, E et EHLERS, J. Etablierung eines Skills Labs in der Tiermedizin in Deutschland. *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*. 16 mai 2014. Vol. 31, pp. 20.

58. SAÏ, P. L'expérience pionnière Virtual Vet entreprise en 2012 à Oniris pour compléter la formation clinique grâce à des apprentissages par simulation. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2016. Vol. 169, n° 2, pp. 155-165. DOI 10.4267/2042/60680.
59. BAILLIE, S, MELLOR, D, BREWSTER, S et REID, S. Integrating a bovine rectal palpation simulator into an undergraduate veterinary curriculum. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2005. Vol. 32, n° 1, pp. 79-85. DOI 10.3138/jvme.32.1.79.
60. SMEAK, D. Teaching Surgery to the Veterinary Novice: The Ohio State University Experience. *Journal of Veterinary Medical Education*. décembre 2007. Vol. 34, n° 5, pp. 620-627. DOI 10.3138/jvme.34.5.620.
61. KNEEBONE, R. L., SCOTT, W., DARZI, A. et HORROCKS, M. Simulation and clinical practice: strengthening the relationship. *Medical Education*. octobre 2004. Vol. 38, n° 10, pp. 1095-1102. DOI 10.1111/j.1365-2929.2004.01959.x.
62. RAVIER, S. *Topographie laparoscopique des organes abdomino-pelviens de la vache*. Thèse Médecine Vétérinaire. Nantes, 2003.
63. COPET, A. *Création d'un support pédagogique axé sur la simulation pour l'apprentissage des gestes techniques en reproduction des carnivores domestiques*. Thèse Médecine Vétérinaire. Lyon : Claude Bernard Lyon 1, 2020.
64. AKOMA, U, SHUMARD, K, STREET, L, BROST, B et NITSCHKE, J. Impact of an Inexpensive Anatomy-Based Fetal Pig Simulator on Obstetric Ultrasound Training. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. octobre 2015. Vol. 34, n° 10, pp. 1793-1799. DOI 10.7863/ultra.15.14.12004.
65. ANAPET SPRL. ANAPET : Préparation des échantillons. [en ligne]. [Consulté le 4 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.anapet.be/preparation.html>
66. MASSON et ELSEVIER. Le glyoxal : un possible substitut polyvalent du formaldéhyde en anatomie pathologique ? *EM-Consulte*. [en ligne]. [Consulté le 4 juin 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.em-consulte.com/article/236846/le-glyoxal-un-possible-substitut-polyvalent-du-formol>
67. ALPHELYS. Fixateur sans formol RCL2. [en ligne]. [Consulté le 4 juin 2022]. Disponible à l'adresse: http://www.alphelys.com/alph01/prod/rcl2/fr/rcl2_histo.php

ANNEXES

Annexe 1 : fiche de présentation globale

Date de version : 16/08/2022



Fiche méthodologique

Réalisation d'une échographie génitale bovine dans le cadre d'un suivi de reproduction

Pierre Bruyère



Justification du poste de travail

Le suivi de reproduction par échographie chez le bovin est un acte réalisé très couramment en médecine vétérinaire rurale. Il est d'une grande importance car il permet à l'éleveur de savoir où se situe chaque animal dans son cycle sexuel et donc de pouvoir prédire une partie des performances de son élevage.

En réalisant vos premières échographies sur cet atelier vous pourrez répéter les gestes autant que vous le souhaitez sans nuire à aucun animal ce qui est particulièrement intéressant en termes de gestion du bien-être animal.

Objectif d'apprentissage

Être capable d'utiliser un échographe pour évaluer un appareil génital bovin non gravide

Être capable d'identifier le col de l'utérus et la bifurcation des cornes utérines

Identifier les cornes utérines en coupes transversales et longitudinales.

Suivre chaque corne jusqu'à l'ovaire et identifier ce dernier.

Être capable d'identifier les différents organites présents sur les ovaires.

Être capable d'identifier un utérus en cours d'œstrus.

Pré-requis :

- Anatomie et histologie de l'appareil génitale bovin femelle.
- Théorie du cycle de reproduction chez la vache
- Bases d'imagerie médicale en échographie
- Théorie de la palpation transrectale chez la vache

Méthodologie

Préparatifs

Cet atelier se réalise sur les poches de fantômes (utérus dans poche de perfusion) N° 1 à 9.

Choix du fantôme :

Neuf fantômes sont utilisables pour cet atelier. Vous pouvez les échographier aléatoirement pour vous entraîner à l'aveugle comme en pratique, ou regarder au préalable les descriptions des utérus pour voir quelles images sont réalisables et ainsi choisir l'utérus qui vous intéresse.

Matériel à utiliser en plus des fantômes :

- Échographe : un échographe de canine est à demeure en salle de simulation, vous pouvez donc l'utiliser à tout moment. Si un professeur de reproduction rurale est présent vous aurez peut-être la chance d'utiliser un échographe de rurale avec une sonde linéaire, ce qui est optimale pour cet atelier.
- Gel échographique
- Papier absorbant pour le nettoyage

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Réalisation pratique

Allumer et régler l'échographe (Cf image ci-dessous) :

Pour allumer l'échographe appuyer sur l'interrupteur (numéro 1)

La sonde connectée à l'échographe est la petite sonde convexe (numéro 2), merci de ne pas en changer.

Pour réaliser une augmentation ou une diminution de la taille de l'image utiliser le curseur numéro 3.

Pour réaliser un arrêt sur image (freeze) utiliser ce bouton numéro 4 (rappuyer sur ce bouton pour en sortir).

Pour modifier le contraste de l'image (rarement nécessaire) utiliser le curseur 5.

Un petit point sur la sonde est le repère avant de la sonde. Il est reporté sur l'écran et vous permet de vous repérer pour orienter la sonde et savoir dans quelle direction la déplacer.



Clavier de l'échographe présent en salle de simulation. 1 : interrupteur marche/arrêt ; 2 : sonde convexe ; 3 : curseur de zoom ; 4 : bouton freeze ; 5 : curseur de contraste.

(Photo personnelle)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Réalisation de l'échographie :

Remarque : Si des bulles d'air sont présentes dans la poche de perfusion il est conseillé de les retirer en les aspirant à l'aide d'une seringue et d'une aiguille rose par l'embout injectable de la poche. La présence d'air induit des artéfacts sur les images échographiques.

Appliquer du gel échographique sur la poche de perfusion en regard de l'utérus et des ovaires.
Placer la sonde échographique sur la poche de perfusion, caudalement, au niveau du col de l'utérus. Placer la sonde perpendiculairement à l'axe de l'utérus afin de réaliser des coupes transversales. Essayez d'obtenir une image de col similaire à celle-ci.

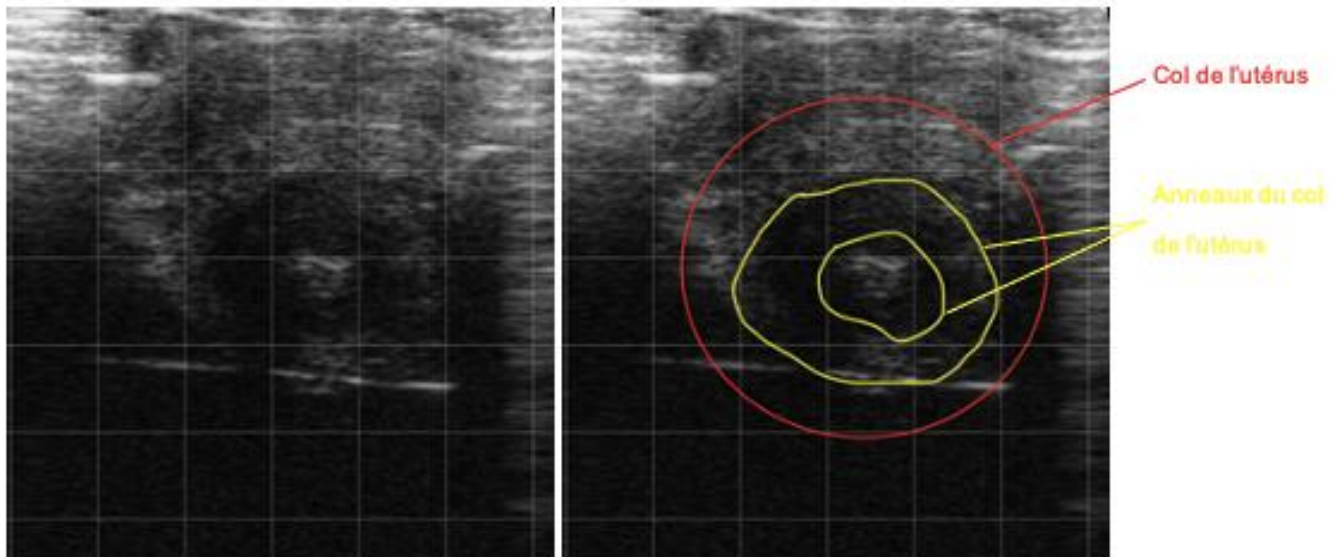


Image échographique du col de l'utérus (Source : N. PERRET et A. PRE)

Faites ensuite progresser la sonde crânialement pour arriver jusqu'à la bifurcation des cornes utérines.

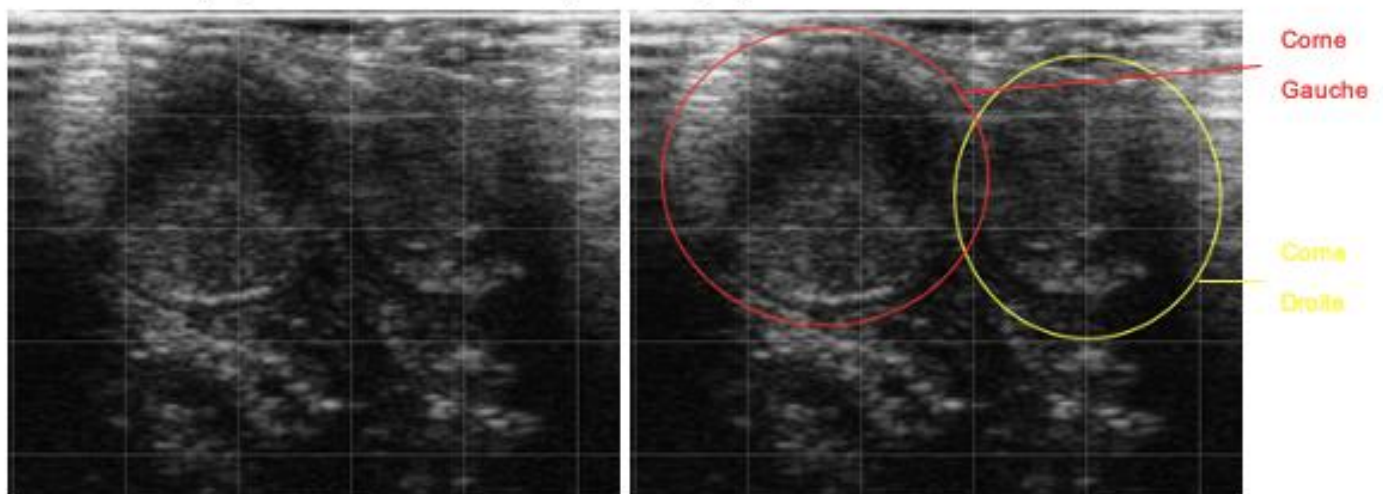


Image échographique de la bifurcation des cornes utérines (Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Choisissez ensuite une corne puis progressez tout le long en la suivant, pour arriver jusqu'à l'ovaire.

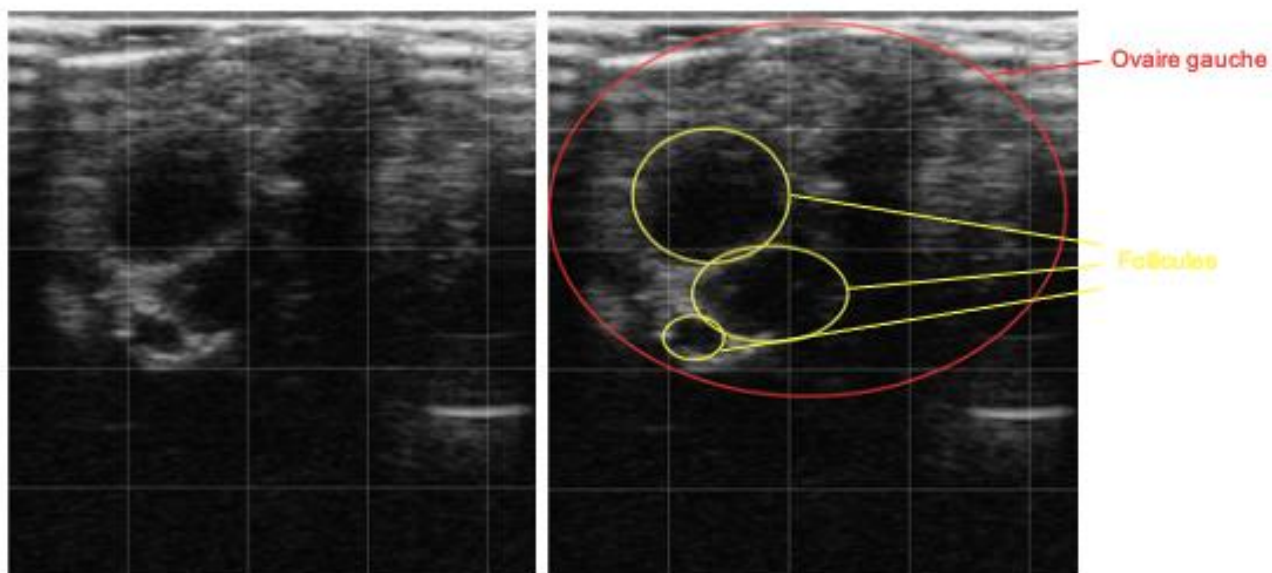


Image échographique d'un ovaire contenant trois follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

En suivant la corne vous pouvez tourner la sonde à 45° pour effectuer des coupes longitudinales de la corne.

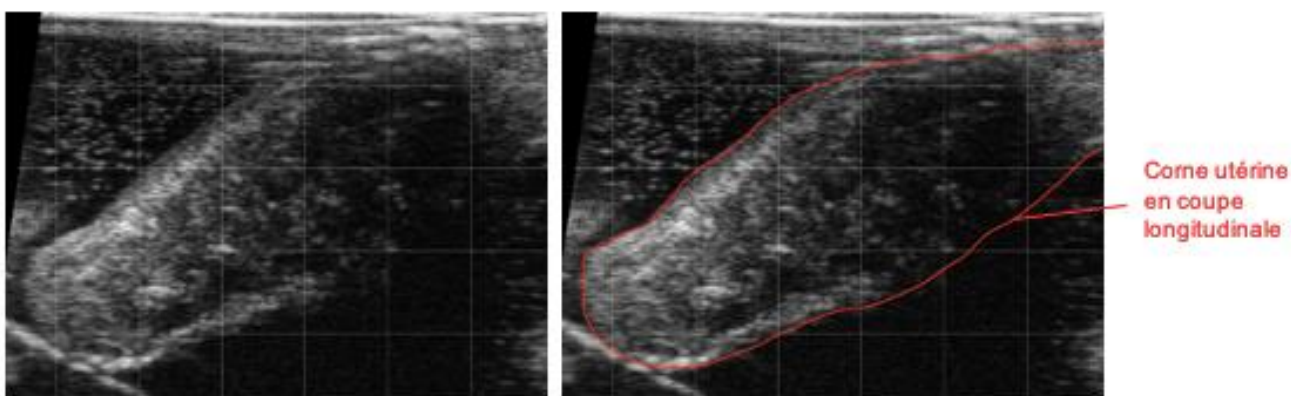


Image échographique d'une corne utérine en coupe longitudinale (Source : N. PERRET et A. PRE)

Réitérez la même opération dans la deuxième corne utérine en repartant de la bifurcation des deux cornes.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Aspect échographique des ovaires :

Prenez un des fantômes et réalisez l'échographie comme expliquée précédemment. L'ovaire est une structure de forme globalement ovale de couleur grise à l'échographie, dans lequel vous pourrez observer différentes structures (pas obligatoirement toutes présentes sur chaque fantôme) :

- Des follicules : structures rondes ou ovales contenant un liquide anéchogène. Vous en trouverez de différentes tailles. (Cf. photo ci-dessus)
- Un corps jaune : structure d'échogénicité moyenne, ovale et bien délimitée à l'intérieur de l'ovaire, on y trouve au centre normalement un petit trait hyperéchogène correspondant à des traces de fibrine suivant l'ovulation. Le corps jaune physiologique peut être plein ou cavitaire (40% des cas). On observera dans ce dernier cas un peu de liquide anéchogène au centre, mais avec tout de même une proportion plus importante de paroi composée de tissu lutéal (ce qui fait la différence avec un kyste lutéal).

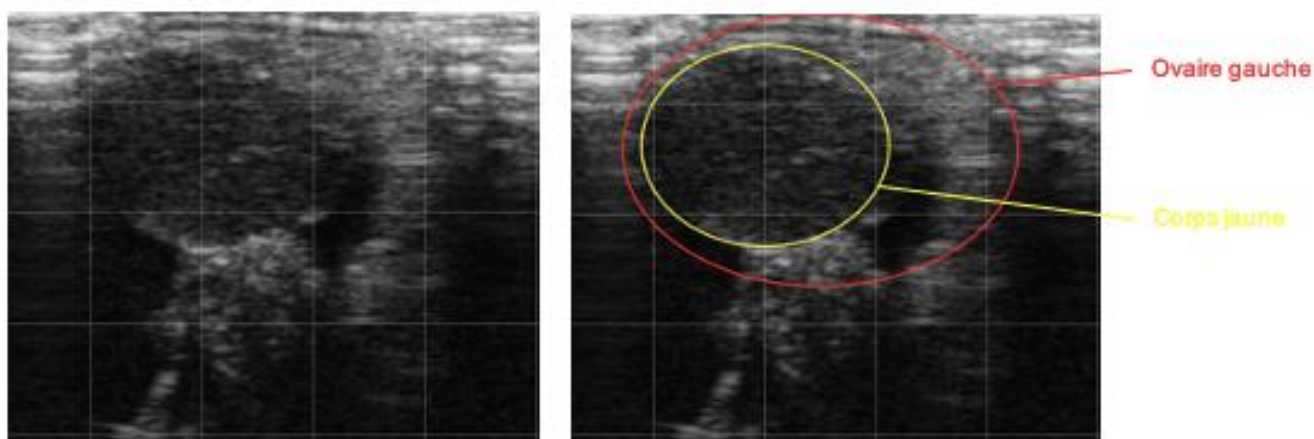


Image échographique d'un ovaire contenant un corps jaune (Source : N. PERRET et A. PRE)

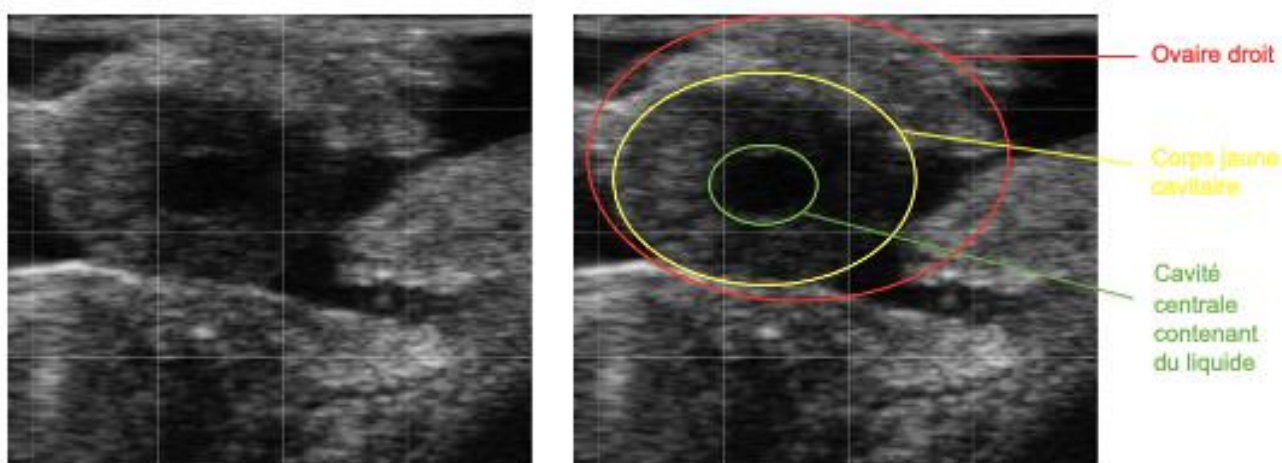


Image échographique d'un ovaire contenant un corps jaune cavitaire (Source : N. PERRET et A. PRE)

Consignes à respecter après réalisation

Merci d'essuyer le fantôme et la sonde échographique avec du papier absorbant. Ranger soigneusement la sonde après utilisation. Eteindre l'échographe en appuyant sur l'interrupteur marche/arrêt.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

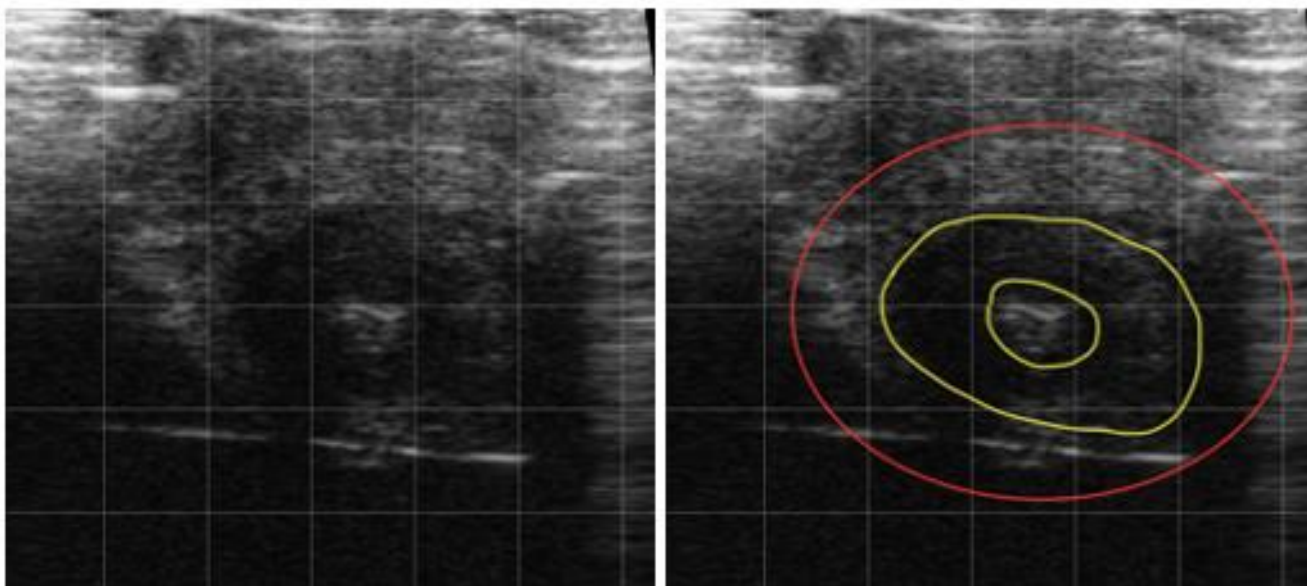


Fiche d'accompagnement

Utérus n°1

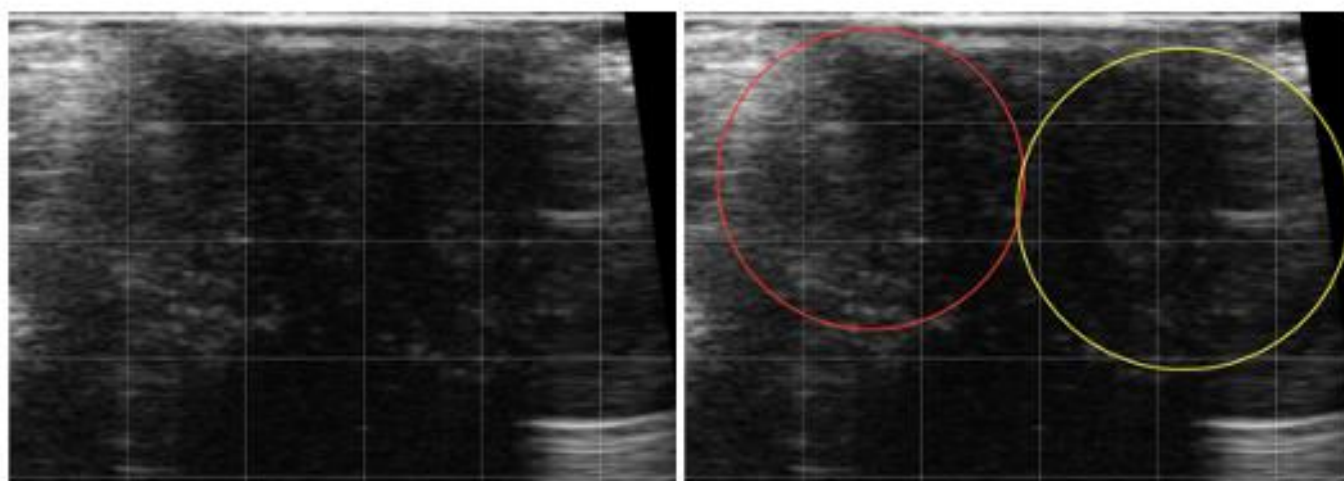
Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°1 :



Col de l'utérus n°1. Le cercle rouge entoure globalement le col. Cette image est obtenue en réalisant une coupe transversale au niveau du col. Les cercles jaunes délimitent les plis qui constituent le col.

(Source : N. PERRET et A. PRE)



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°1 (cet utérus n'est pas l'idéal pour observer la bifurcation). A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)

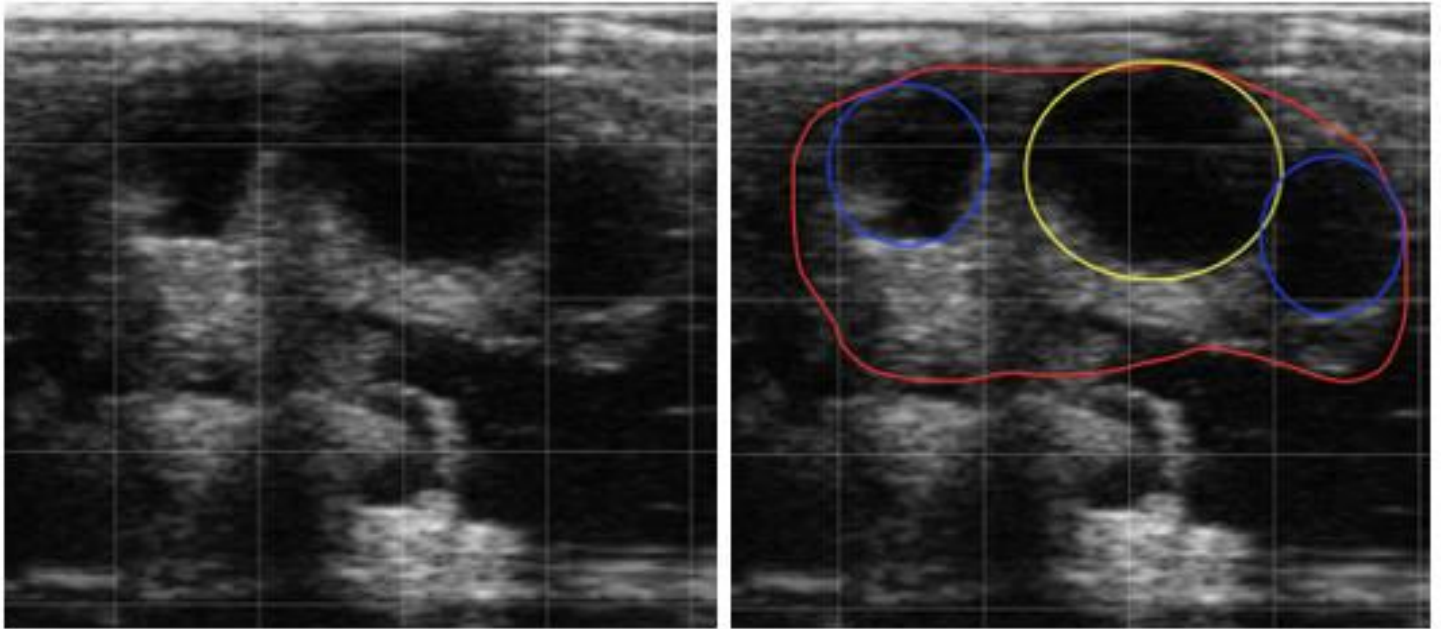
Rédaction

PERRET Nicolas

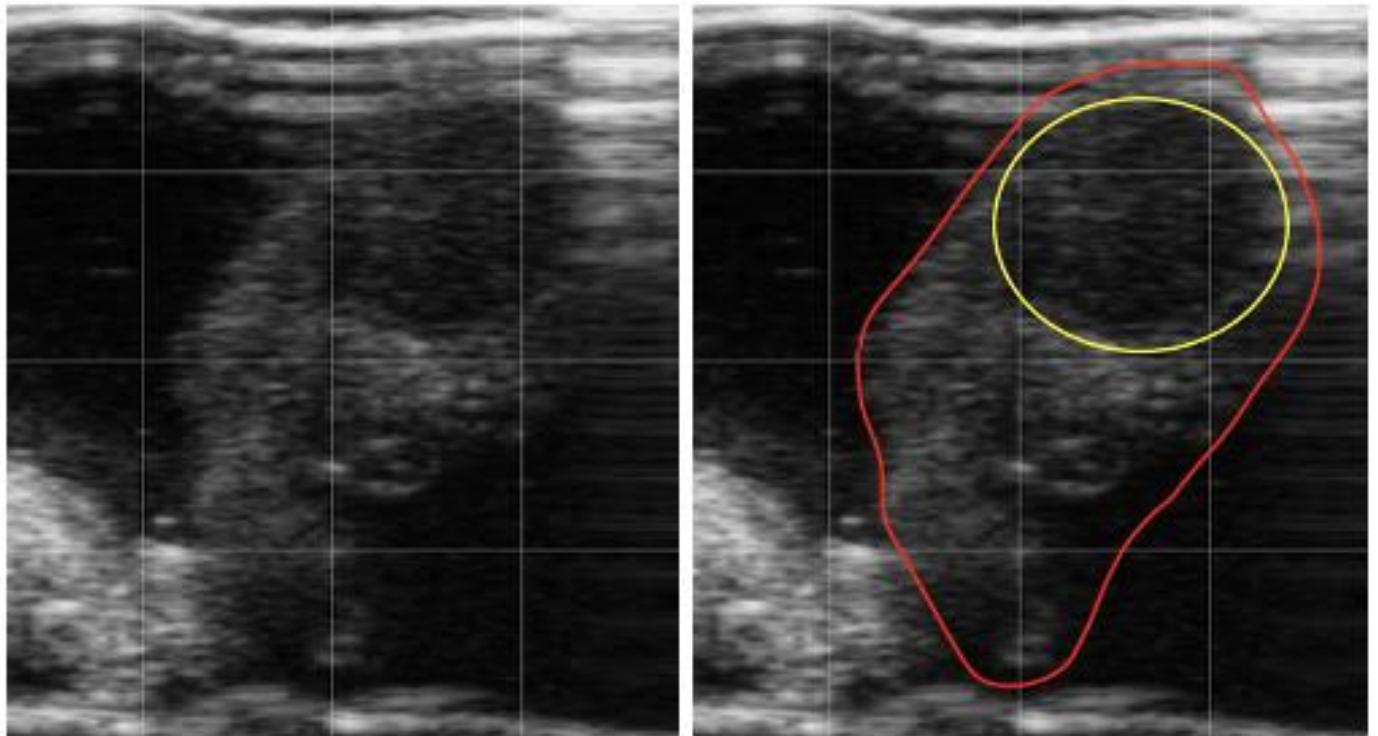
PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire droit de l'utérus n°1. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : gros follicule ; cercles bleus : petits follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire gauche de l'utérus n°1. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune.

(Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

Révision

PERRET Nicolas

Pierre Bruyère

PRE Annabelle

Quizz de l'éleveur :

Ma vache est-elle cyclée ?

Étant donné la présence d'un corps jaune cette vache est capable d'ovuler et a ovulé assez récemment. Ainsi on peut affirmer que cette vache est cyclée, elle peut donc être mise à la reproduction sans problème.

A quelle période du cycle la vache se situe ?

Sur cette vache on note la présence d'un corps jaune sur l'ovaire gauche et de plusieurs follicules dont un de 15mm sur l'ovaire droit. Un corps jaune bien formé et actif signifie que la vache est soit en diœstrus soit en proœstrus. Le follicule de 15mm est certainement le follicule dominant de la vague folliculaire, mais il n'est pas encore assez gros pour ovuler. Ainsi cette vache est certainement en diœstrus et plûôt dans la deuxième moitié de la vague folliculaire.

Quand pourrait-elle être en chaleur ?

Difficile voire impossible de répondre précisément. Cette vache s'approche de la fin d'une vague folliculaire, mais on ne sait pas de quelle vague folliculaire il s'agit. Si c'est la dernière vague il va y avoir lutéolyse et le follicule de 15mm va continuer sa croissance jusqu'à l'ovulation, ainsi les chaleurs seraient dans environ 4 jours. Mais si c'est une vague antérieure il y aura atresie du follicule dominant et recommencement d'une nouvelle vague. Pour répondre à cette question la date des dernières chaleurs serait très utile car elle permettrait de calculer à quel jour du cycle la vache se situe.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

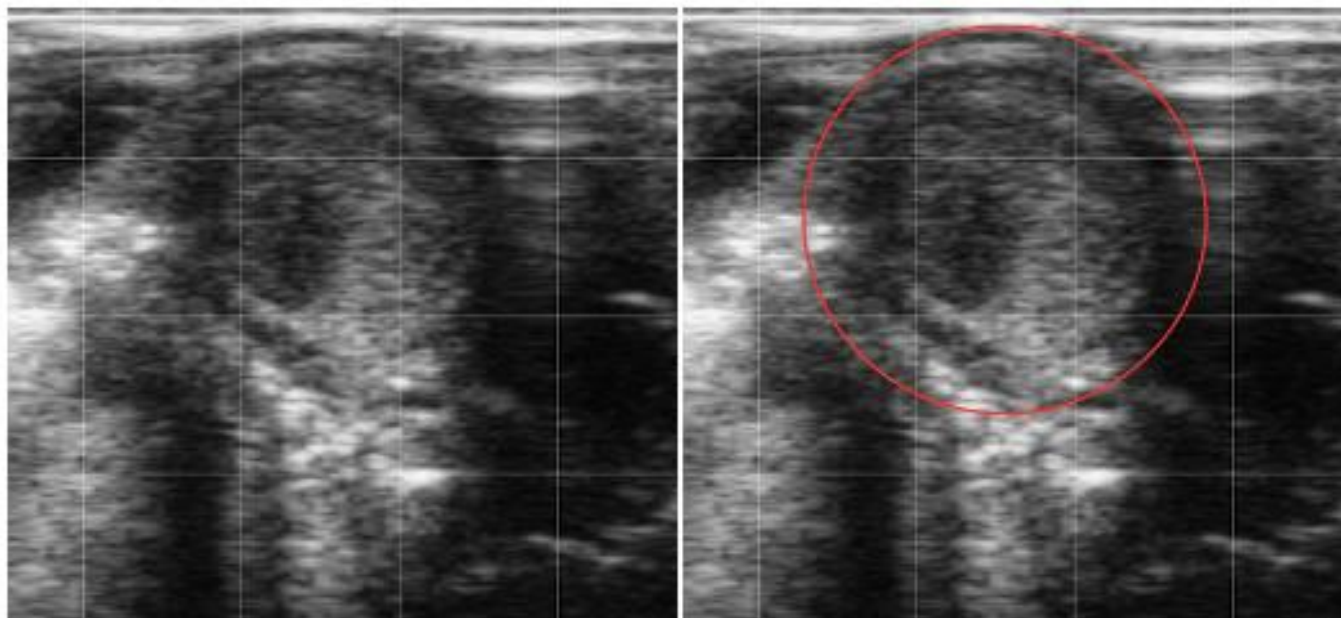


Fiche d'accompagnement

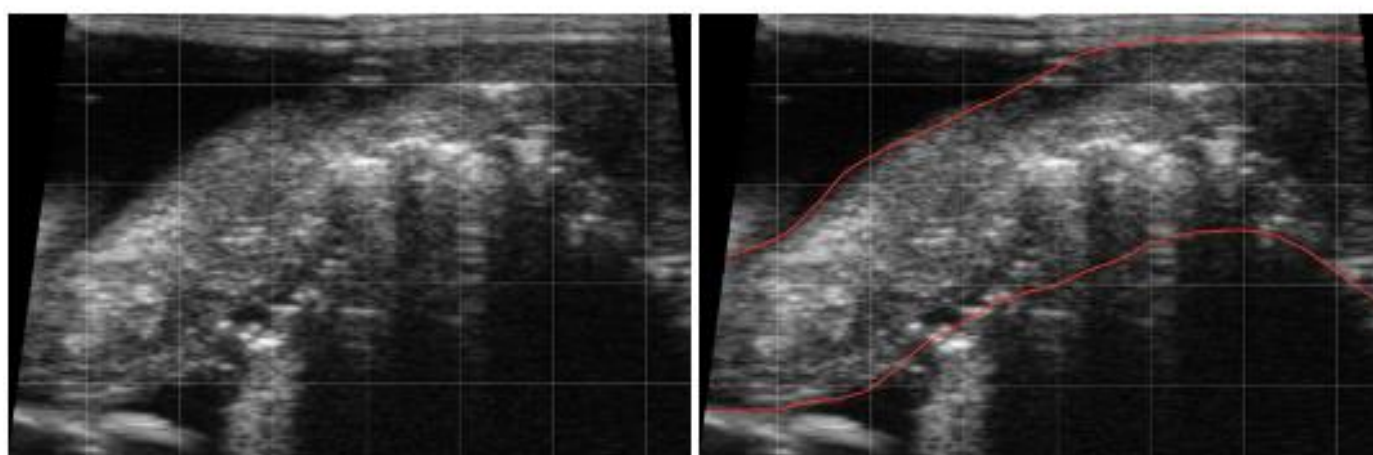
Utérus n°2

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°2 :



Corne utérine gauche (coupe transversale) de l'utérus n°2. Cercle rouge : corne utérine gauche. Vous pouvez « dérouler » toute la corne en réalisant cette coupe et en progressant tout au long de la corne.
(Source : N. PERRET et A. PRE)



Corne utérine gauche (coupe longitudinale) de l'utérus n°2. Délimitation rouge : corne utérine gauche.
(Source : N. PERRET et A. PRE)

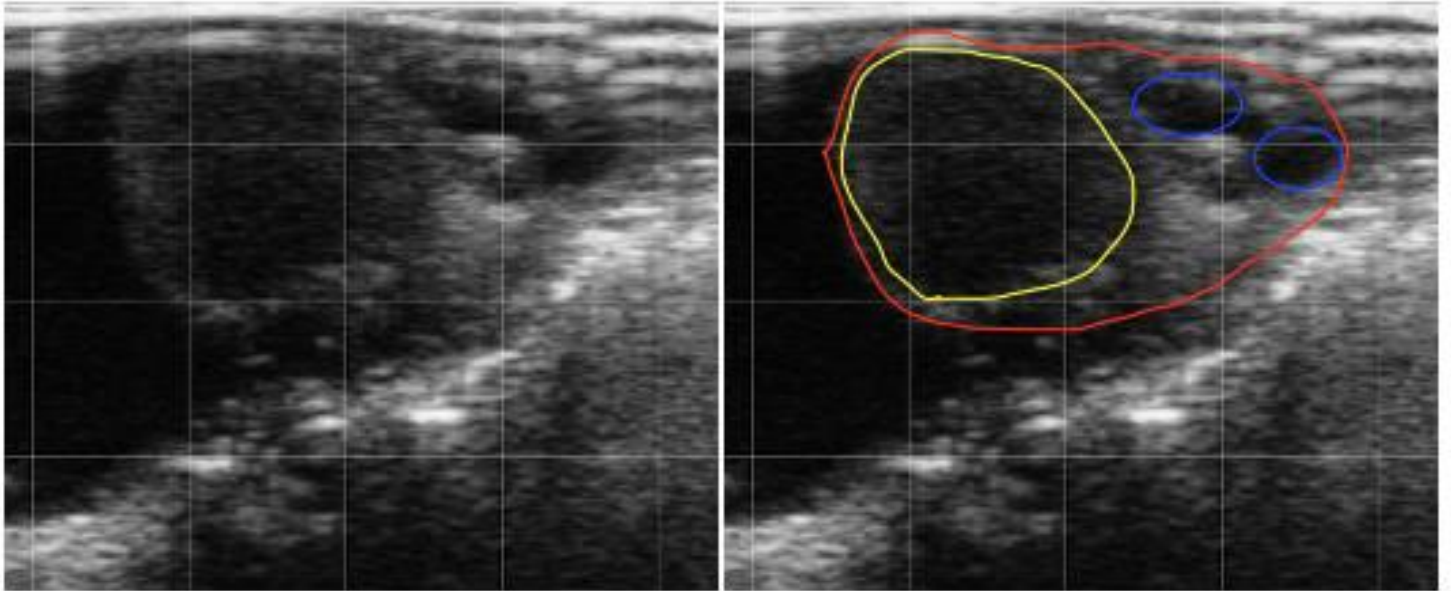
Rédaction

PERRET Nicolas

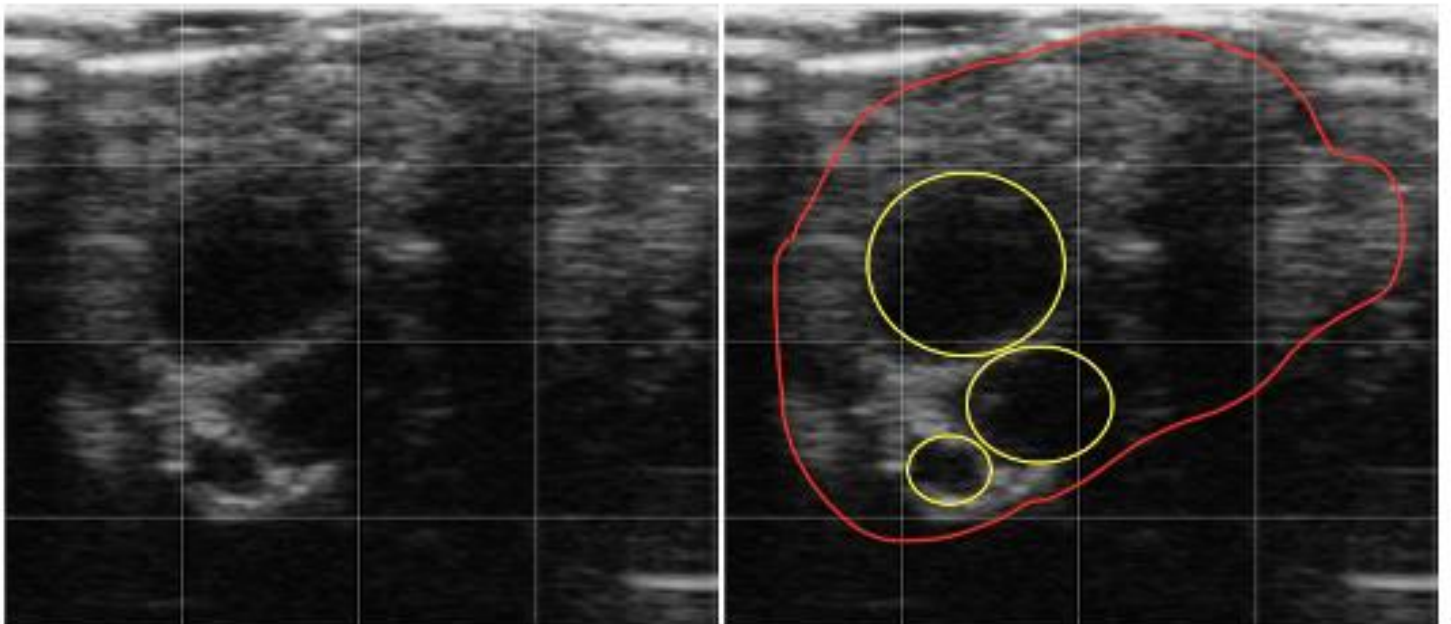
PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n° 2. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; Cercle jaune : corps jaune ; Cercles bleus : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n° 2. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercles jaunes : follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Quizz de l'éleveur :

Ma vache est-elle gestante ?

ici un corps jaune est présent mais l'utérus n'est à aucun endroit dilaté. La vache est vide.

- *Observation de tout l'utérus attentivement à la recherche d'une dilatation liquidienne. Dans le cas de gestation très précoce seule une petite partie de l'utérus sera dilaté.*
- *Recherche d'un corps jaune sur un ovaire : présence -> gestation possible / absence -> gestation impossible*

Dans le cas d'une gestation assez avancée le diagnostic sera assez évident : utérus dilaté rempli de liquide, présence d'un embryon voire de cotylédons. Ici ce n'est pas le cas, soit la vache est non gestante soit la gestation est très précoce. La démarche à suivre est alors la suivante :

Quelle est la taille du corps jaune ?

Le corps jaune mesure environ 20mm de diamètre.

La mesure se réalise soit grâce au cadillage : 1 cornou = 10mm soit grâce à l'outil mesure de l'échographe

Quand pourrait-elle être en chaleur ?

Pour répondre à cette question la date des dernières chaleurs serait très utile car elle permettrait de calculer à quel jour du cycle la vache se situe.

vague.

Si c'est la dernière vague la phase de dominance aura lieu avec l'analyse du corps jaune puis ovulation. Mais si c'est une vague antérieure il y aura atresie du follicule dominant et recommencement d'une nouvelle

follicules mesurent 8 et 10mm donc la phase de sélection s'approche. Une vague folliculaire en présence d'un corps jaune est en cours mais impossible de savoir laquelle. Des

Difficile voire impossible de répondre précisément.

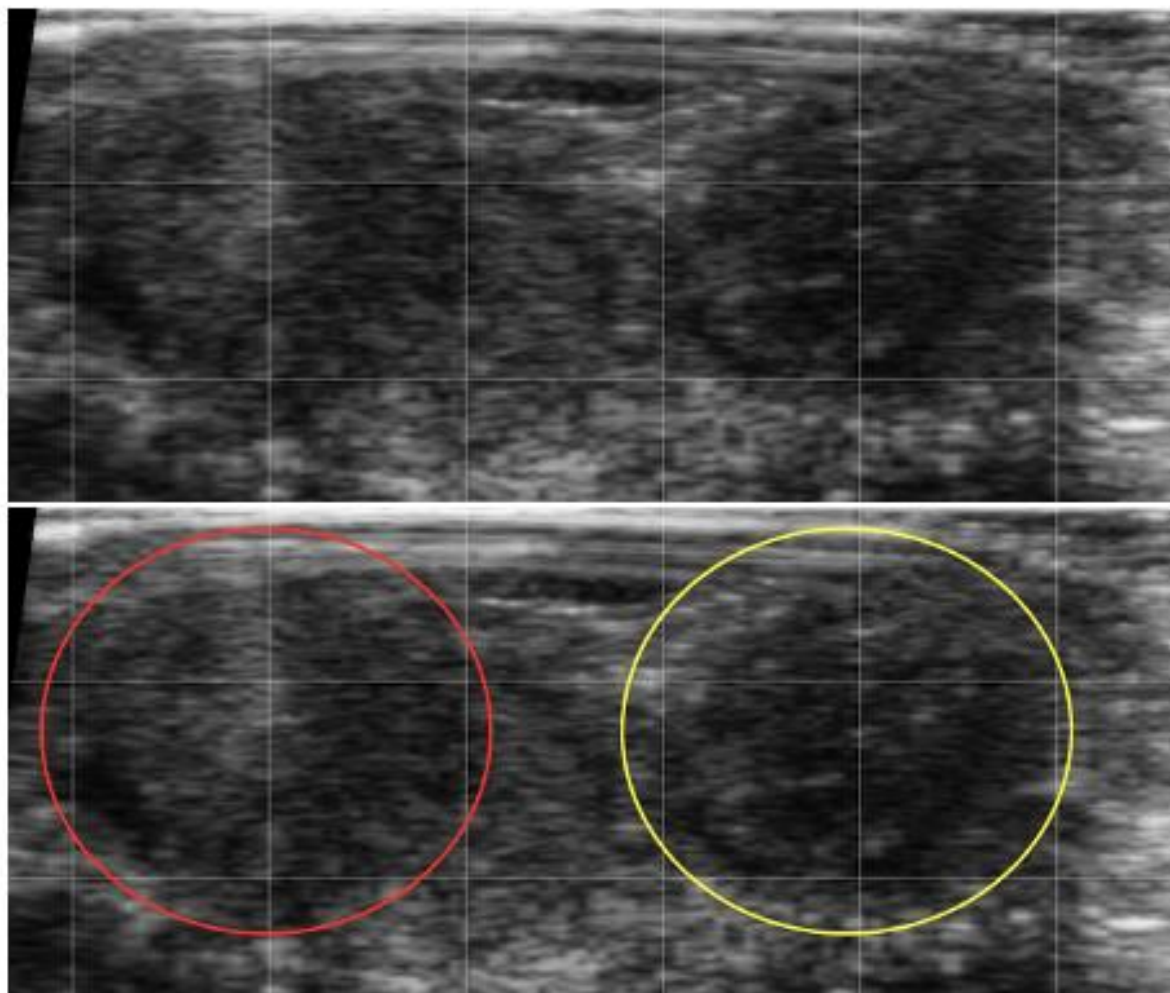


Fiche d'accompagnement

Utérus n°3

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°3 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°3. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)

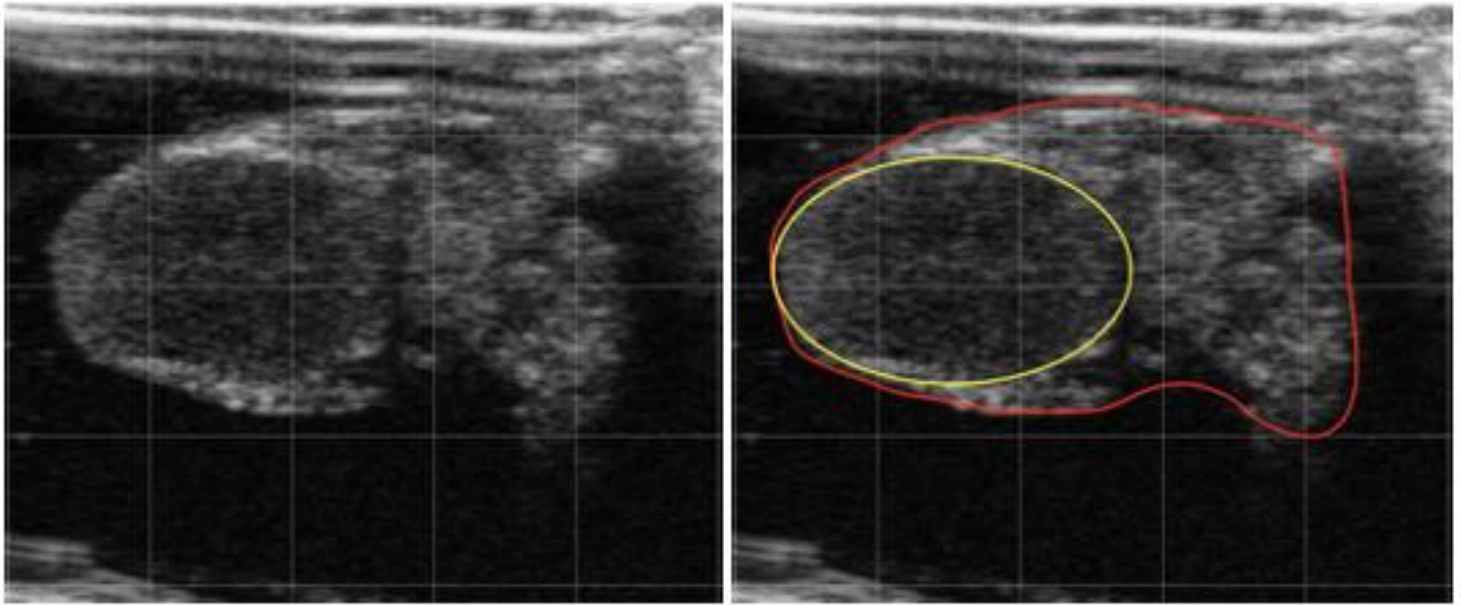
Rédaction

PERRET Nicolas

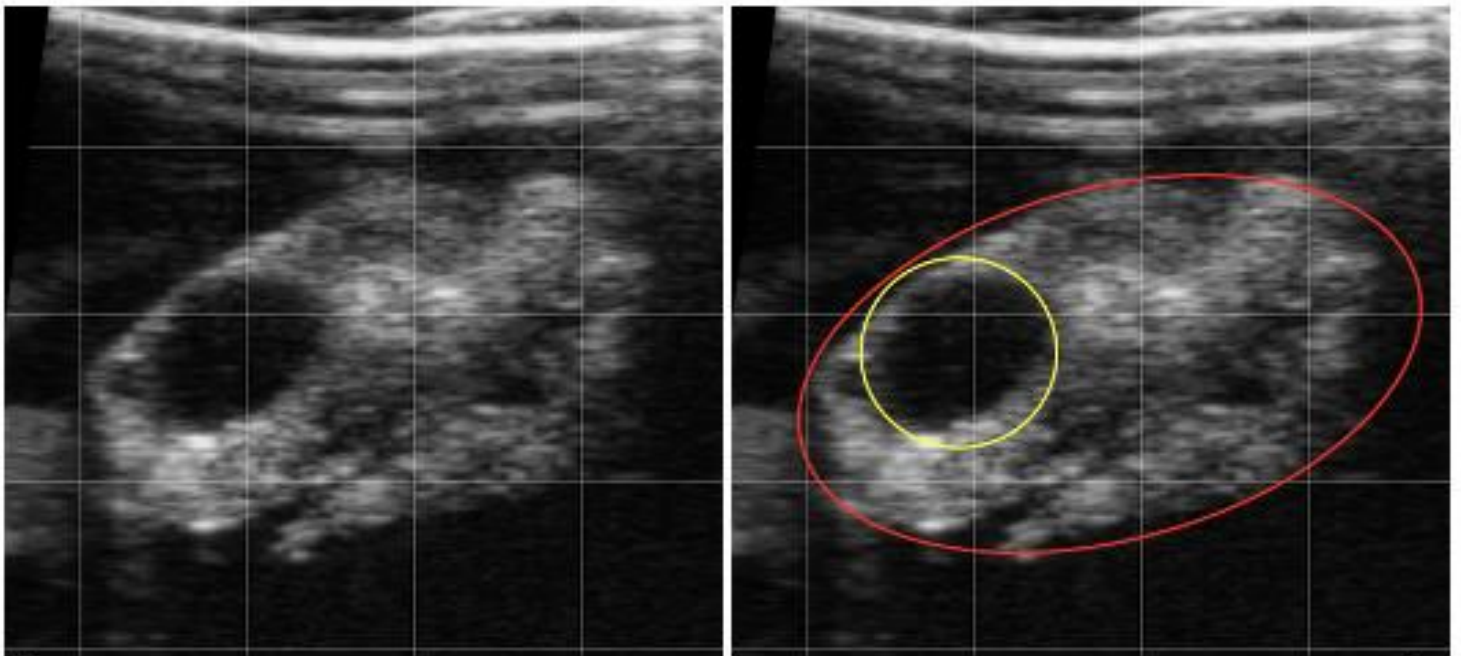
PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n°3. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercle jaune : corps jaune (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n°3. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; Cercle jaune : follicule (Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

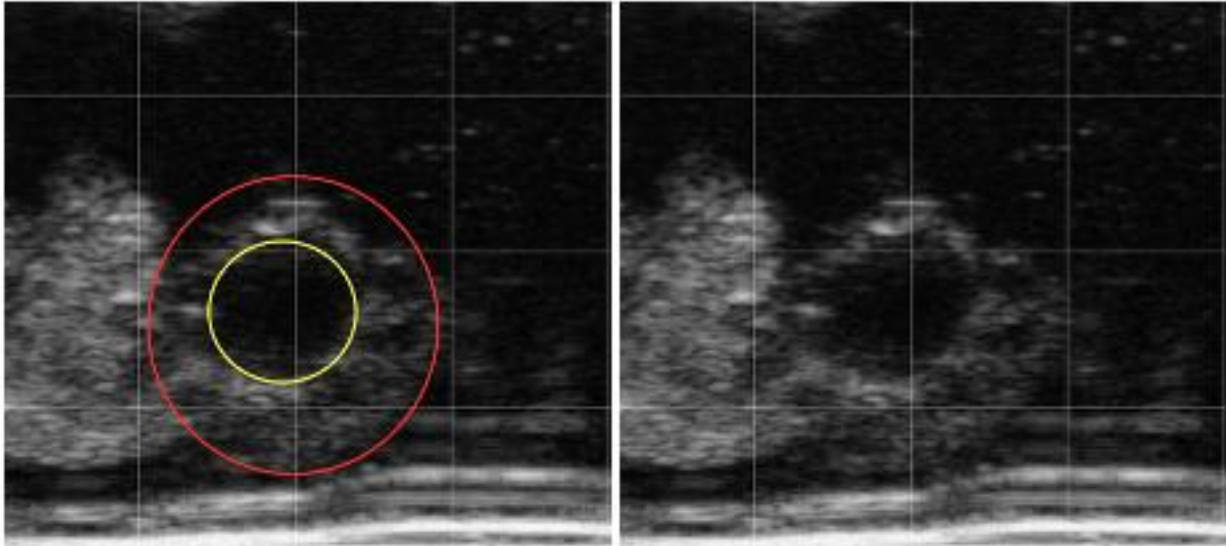
Révision

Pierre Bruyère

Quizz de l'éleveur :

Réalisez l'échographie de l'ovaire gauche. Qu'observe-t-on sur cet ovaire ?

Source : N. PERRET et A. PRE



Un corps jaune comme le montre les images ci-dessus mais aussi un follicule ! Si vous déroulez bien l'ovaire avec la sonde vous devez pouvoir l'observer :

Ma vache est elle cyclée ?

Étant donné la présence d'un corps jaune cette vache est capable d'ovuler et a ovulé assez récemment. Ainsi on peut affirmer que cette vache est cyclée, elle peut donc être mise à la reproduction sans problème.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



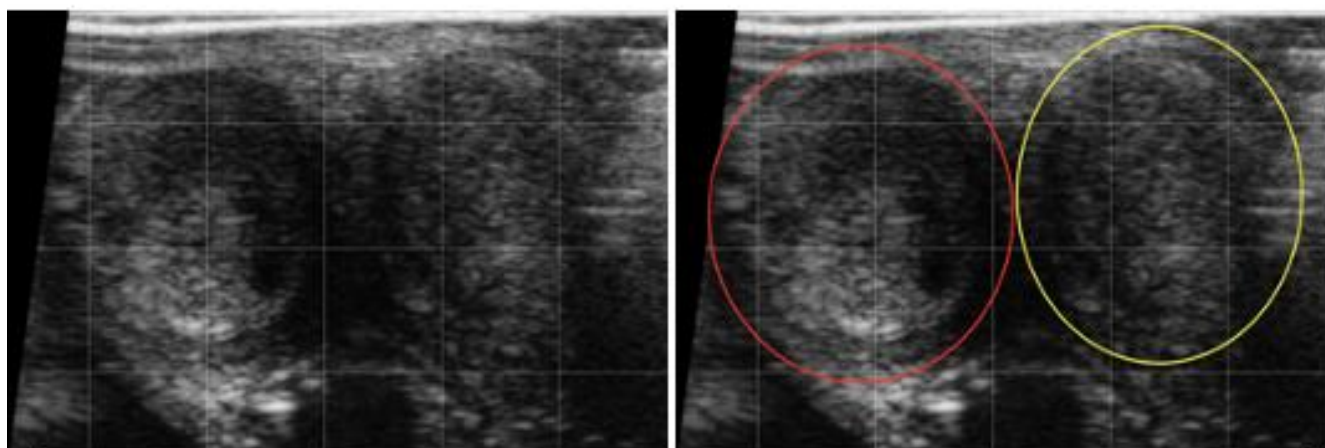
Fiche d'accompagnement

Utérus n°4

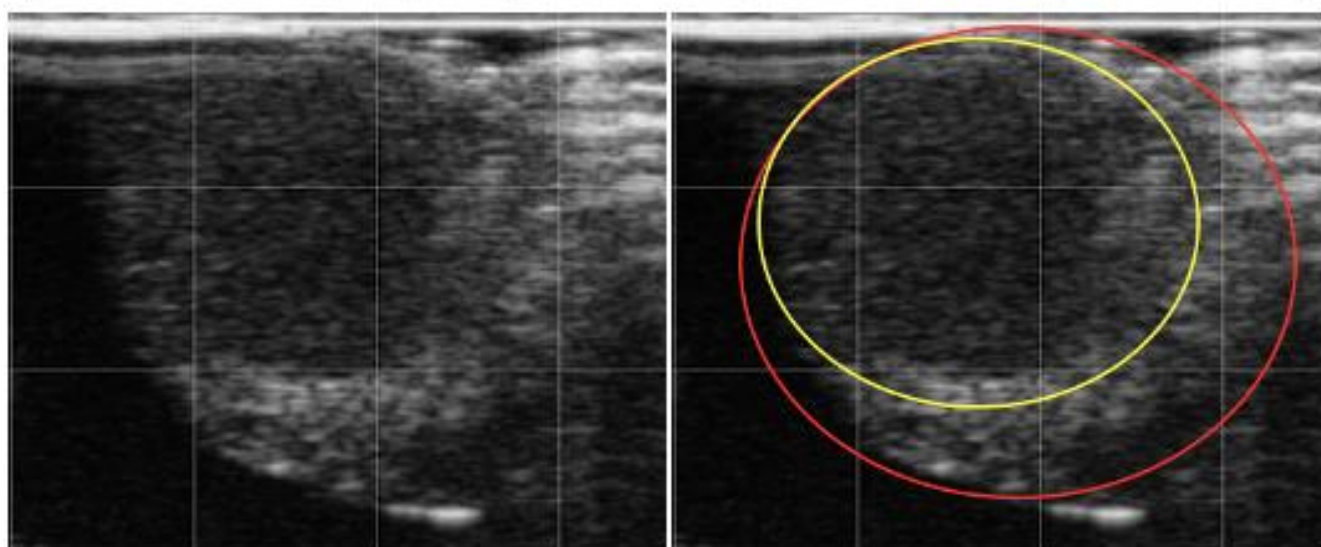
Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°4 :

Remarque : l'ovaire gauche est caché sous la corne droite et n'est donc pas visualisable



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°4. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n°4. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : corps jaune. (Source : N. PERRET et A. PRE)

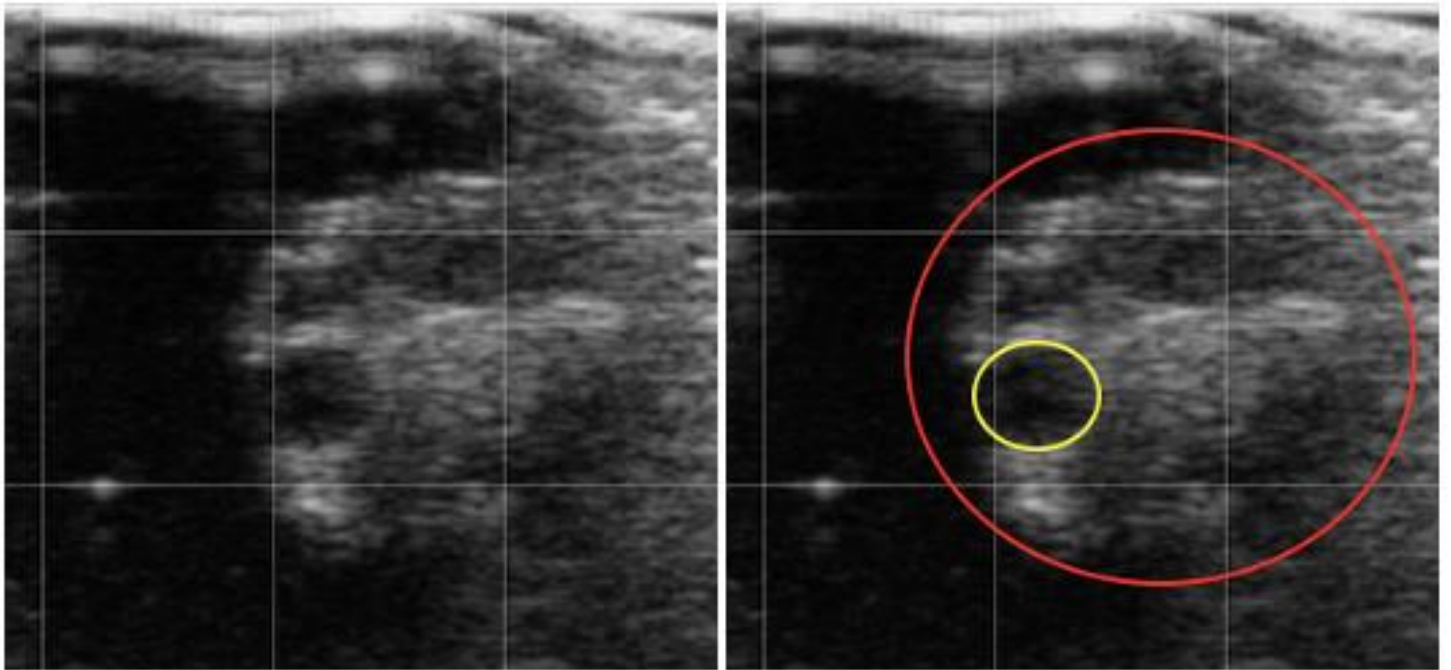
Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire droit de l'utérus n°4. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : follicule. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Quiz de l'éleveur :

Ma vache est-elle cyclée ?

Etant donné la présence d'un corps jaune cette vache est capable d'ovuler et a ovulé assez récemment. Ainsi on peut affirmer que cette vache est cyclée, elle peut donc être mise à la reproduction sans problème.

Quelle est la taille du plus gros follicule ?

*Le plus gros follicule est situé sur l'ovaire droit. On ne le voit pas sur les images ci-dessus, il faudra réaliser une autre coupe pour l'observer.
Sa taille est d'environ 12mm.*

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

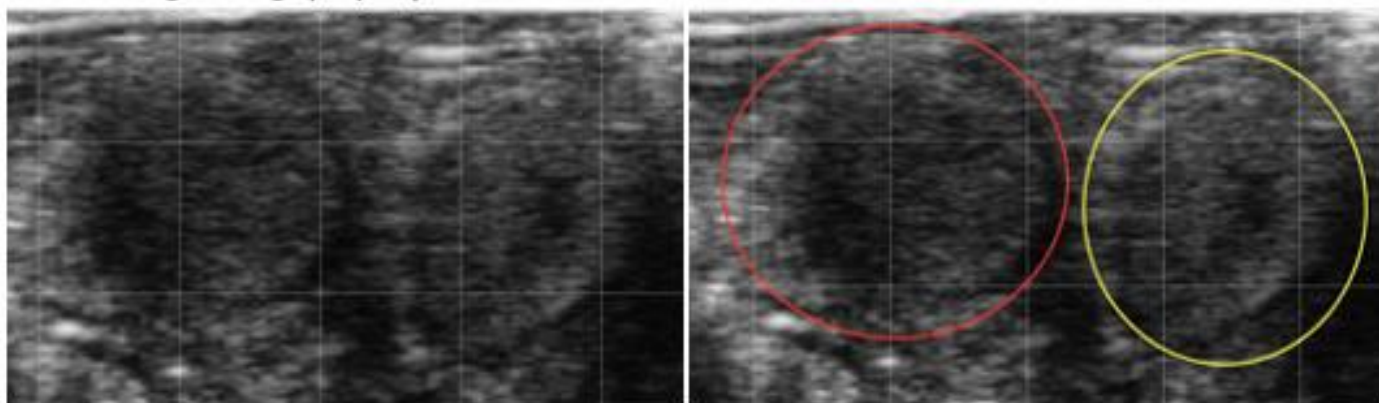


Fiche d'accompagnement

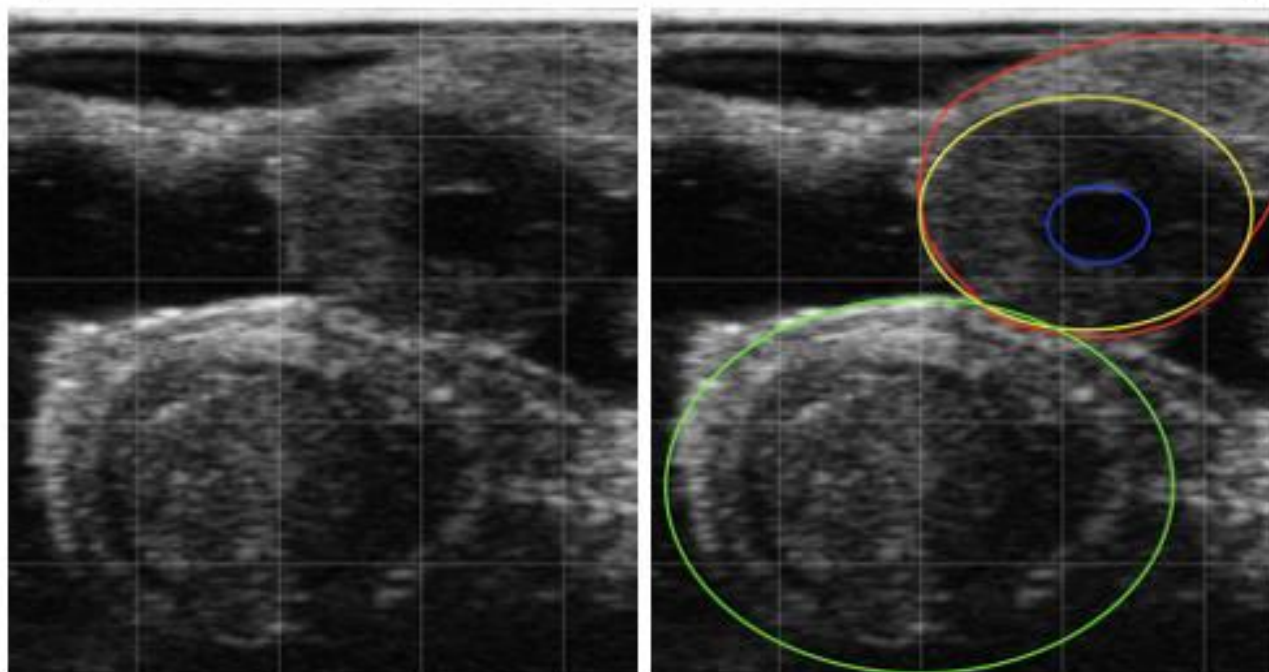
Utérus n°5

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°5 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°5. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit et corne droite de l'utérus n°5. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : corps jaune cavitaire ; cercle bleu : cavité du corps jaune cavitaire ; cercle vert : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)

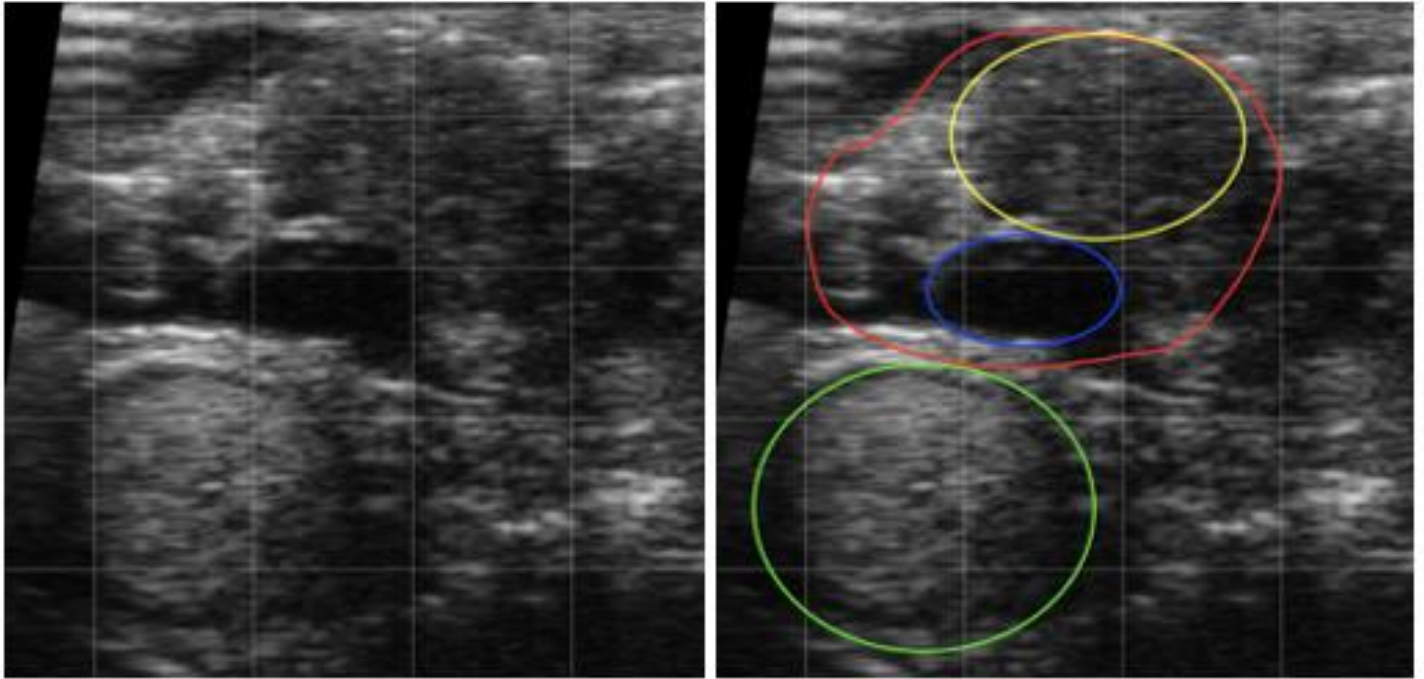
Rédaction

PERRET Nicolas

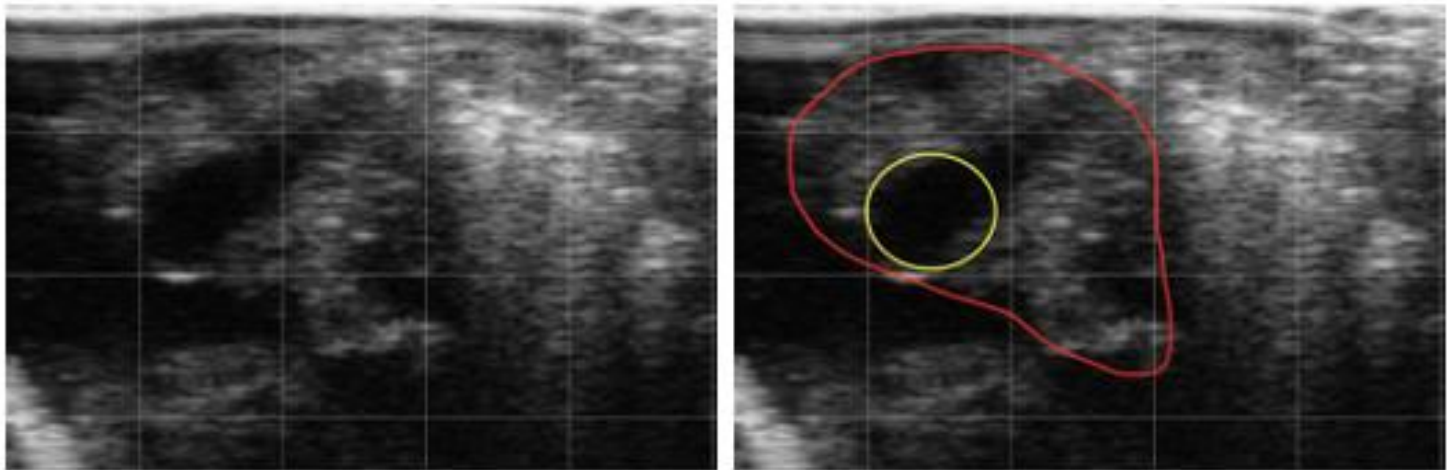
PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire droit et corne droite de l'utérus n°5. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : 2^{ème} corps jaune ; cercle bleu : follicule ; cercle vert : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire gauche de l'utérus n°5. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Quizz de l'élèveur :

Un corps jaune cavitare ? C'est problématique ?

*luteaux sont pathologiques et dégradent les performances de reproduction.
On différencie les corps jaunes cavitaires des kystes luteaux. Les kystes luteaux ont une cavité supérieure ou égale à 25mm de diamètre et sont l'évolution d'un kyste folliculaire qui n'ovule pas et se lutéinise. Les kystes luteaux ont une cavité dans 40% des cas. Absolument pas, un corps jaune cavitare exerce une activité hormonale totalement normale. Il faut savoir*

Deux corps jaunes ? C'est problématique ?

*Pas du tout, c'est juste le témoin d'une double ovulation. On peut trouver deux corps jaunes sur le même ovaire ou sur deux ovaires différents.
C'est chez les races laitières et plus particulièrement les Prim Holstein que cela arrive le plus souvent.*

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

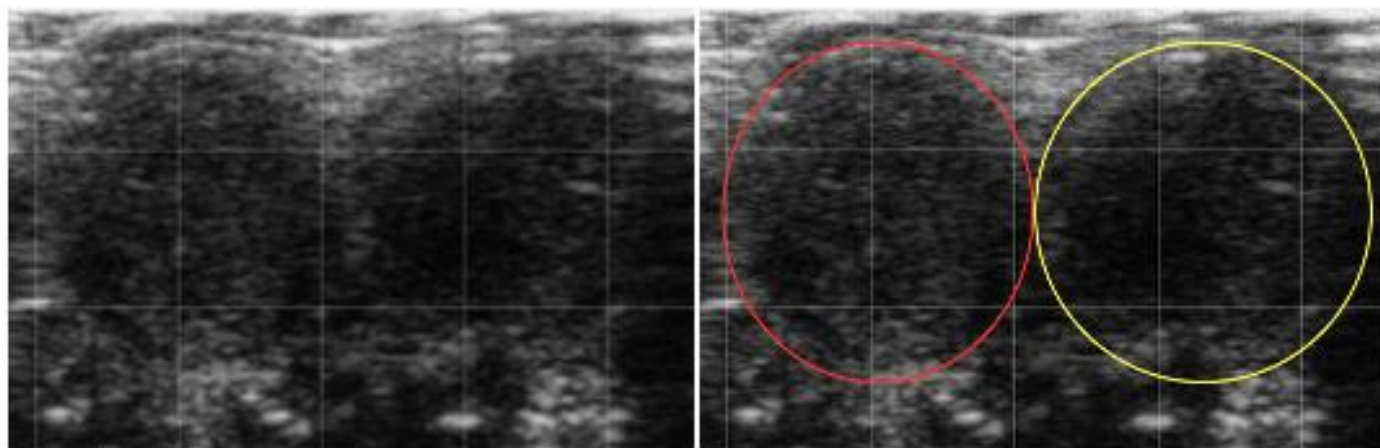


Fiche d'accompagnement

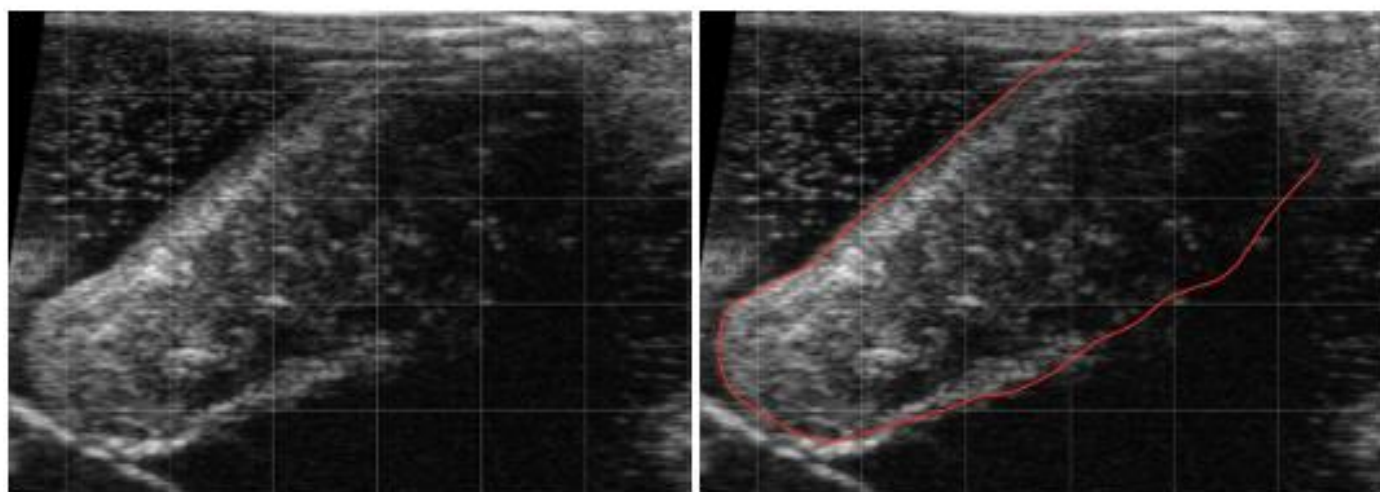
Utérus n°6

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°6 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°6. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Corne utérine gauche de l'utérus n°6 en coupe longitudinale. Délimitation rouge : corne gauche. (Source : N. PERRET et A. PRE)

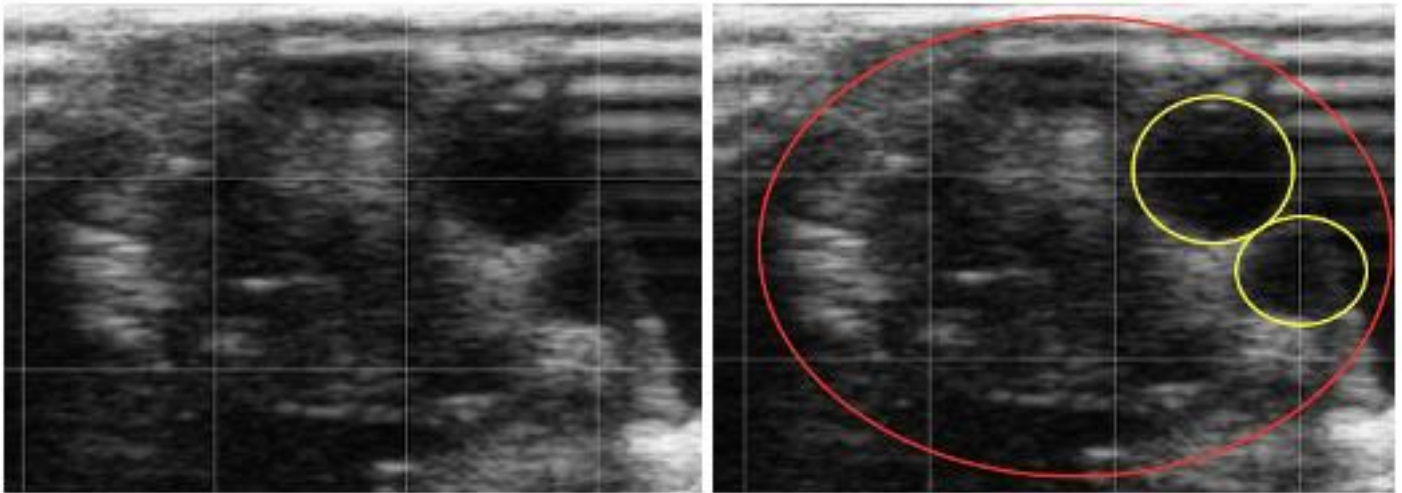
Rédaction

PERRET Nicolas

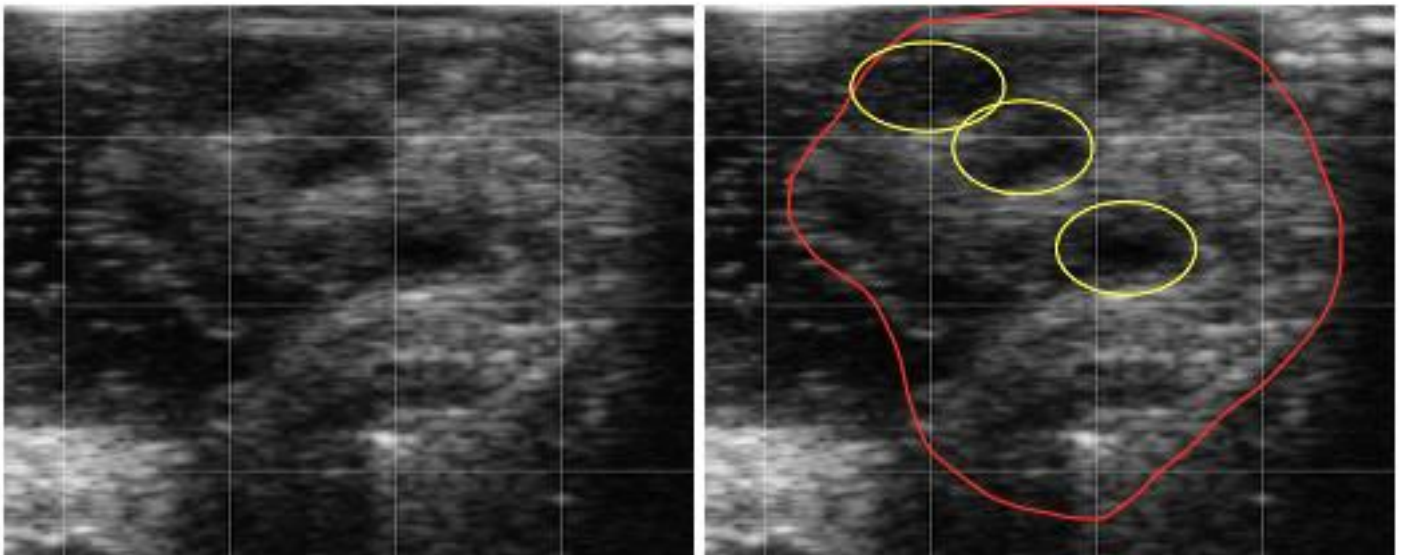
PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n° 6. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercles jaunes : follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n° 6. Les images obtenues sur l'utérus n° 6 ne sont pas les plus jolies et sont parfois difficiles à interpréter. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercles jaunes : follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

Quizz de l'éleveur :

Ma vache est-elle cyclée ?

Cette vache ne présente que de petits follicules et aucun corps jaune. Ainsi nous ne pouvons observer aucun témoin d'une ovulation récente. Cette vache est donc considérée comme non cyclée = en anœstrus.

Que faire quand ma vache est non cyclée ?

En général le traitement préconisé est un protocole de synchronisation des chaleurs avec pose d'un implant de progesterone.
traite:

On considère que l'anœstrus est pathologique si la génisse devrait être cyclée ou si l'anœstrus dure trop longtemps après le vêlage. Dans ce cas l'anœstrus impacte les performances de reproduction et il devra être

- Chez une génisse encore trop jeune chez qui le cycle n'est pas encore en place.
- Après le part. En effet plusieurs facteurs comme le déficit énergétique ou la tétée empêchent la reprise normale de la cyclicité. En temps normal on observe une première ovulation (reprise du cycle) dans les 3 semaines après la mise bas.

L'anœstrus est physiologique dans deux cas :

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

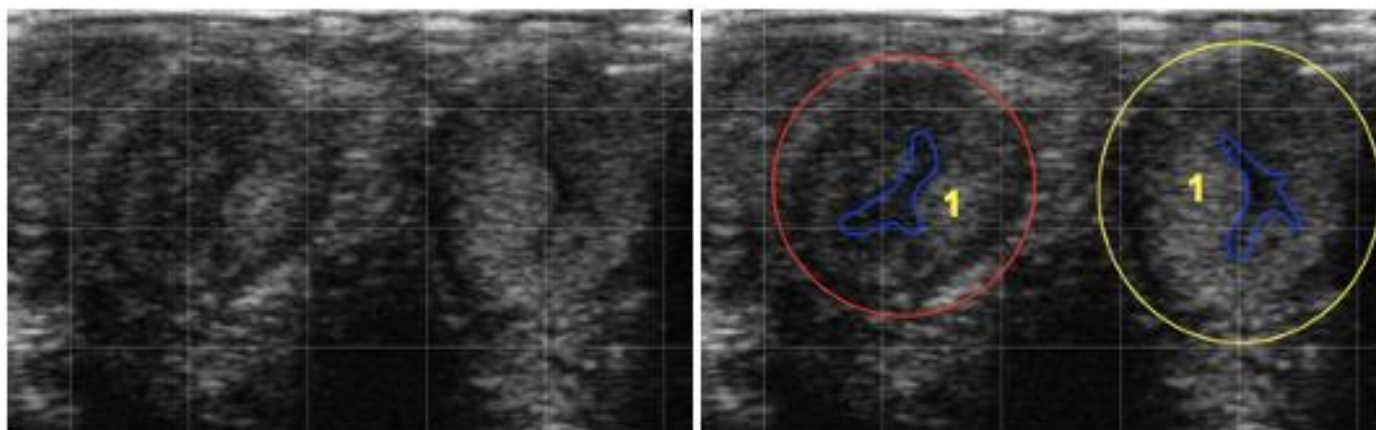


Fiche d'accompagnement

Utérus n°7

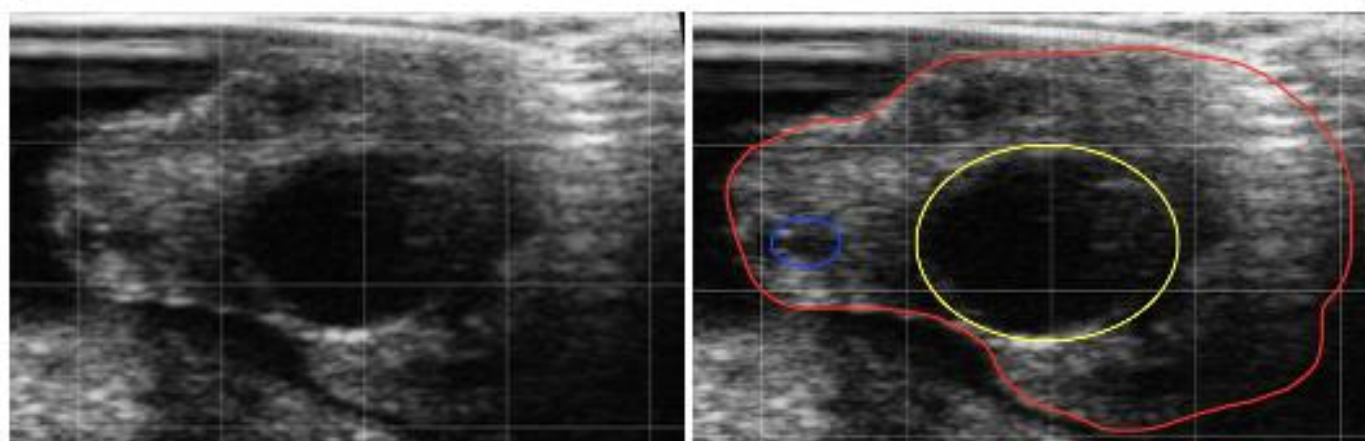
Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°7 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°7. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Sur cet utérus on peut observer une lumière des cornes utérines légèrement dilatées en forme d'étoile. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite ; Délimitations bleues : lumière dilatée ; 1 : paroi utérine épaissie.

(Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n°7. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Délimitation rouge : ovaire droit ; cercle jaune : gros follicule ; cercle bleu : petit follicule. (Source : N. PERRET et A. PRE)

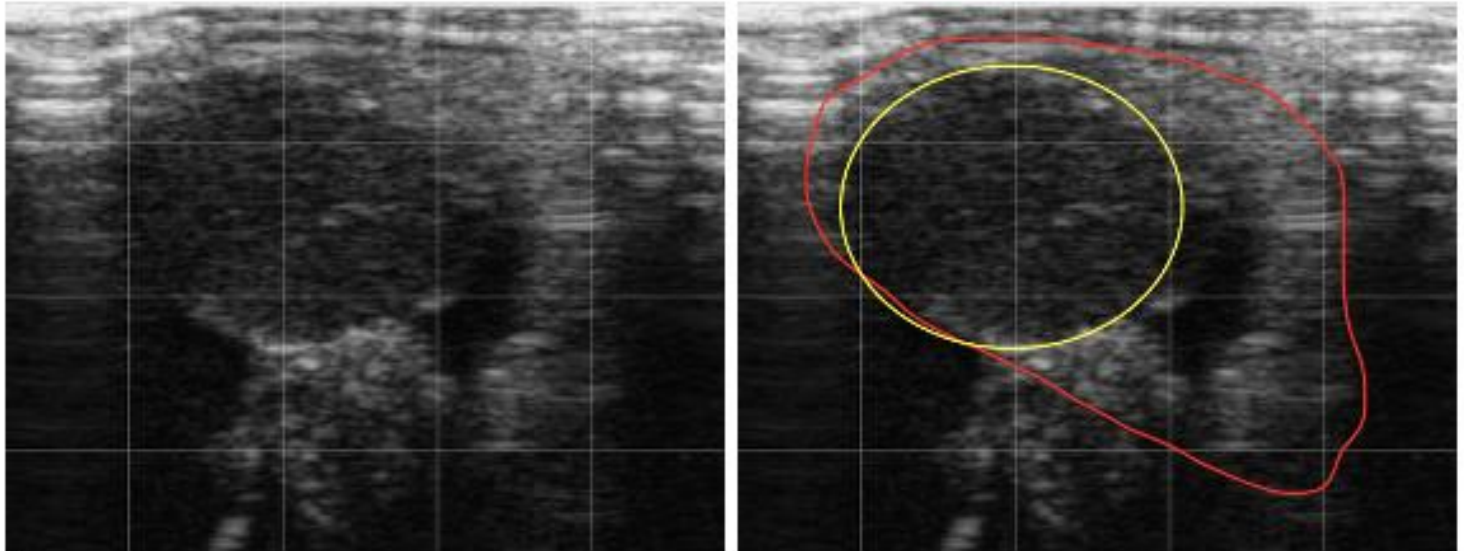
Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n°7. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Quizz de l'éleveur :

A quoi correspond une lumière utérine dilatée ?

- Lumière très dilatée, liquide anéchogène, cotylédons, enveloppes fœtales, embryon : gestation assez avancée
- Lumière peu dilatée, liquide anéchogène, seulement dans une corne, forme ovulaire : gestation très précoce
- Lumière peu dilatée, liquide anéchogène, deux cornes, forme d'étoile : phase périgestrale, vache en chaleur
- Lumière dilatée, liquide avec particules écho-gènes : infections utérines
- Hydromètre ou mucromètre qui ressemblent aux signes d'une gestation précoce

Plusieurs possibilités :

Quel est le diamètre du plus gros follicule ?

Il est situé sur l'ovaire droit, son diamètre est d'environ 18mm. Avec cette taille on peut considérer que c'est un follicule pré-ovulatoire.

A quelle phase du cycle cette vache se situe ?

On a pu observer un gros follicule pré-ovulatoire et un utérus avec une lumière dilatée en forme d'étoile et une paroi épaisse. Ces signes correspondent à une vache en chaleur. Mais la vache possède un corps jaune. Or on considère la période d'œstrus (chaleurs) lorsque qu'il y a eu luteolyse et ovulation. Ainsi il est assez difficile d'expliquer l'origine de ce liquide utérin. Mais retenez tout de même cette image car elle se rapproche grandement de ce qui est observé sur une vache en chaleur.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

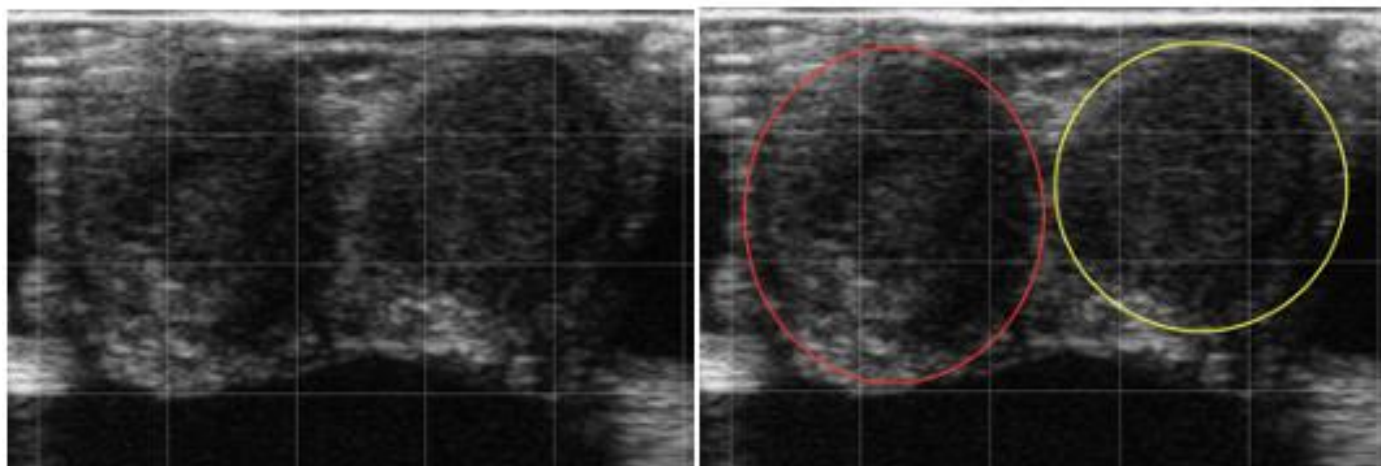


Fiche d'accompagnement

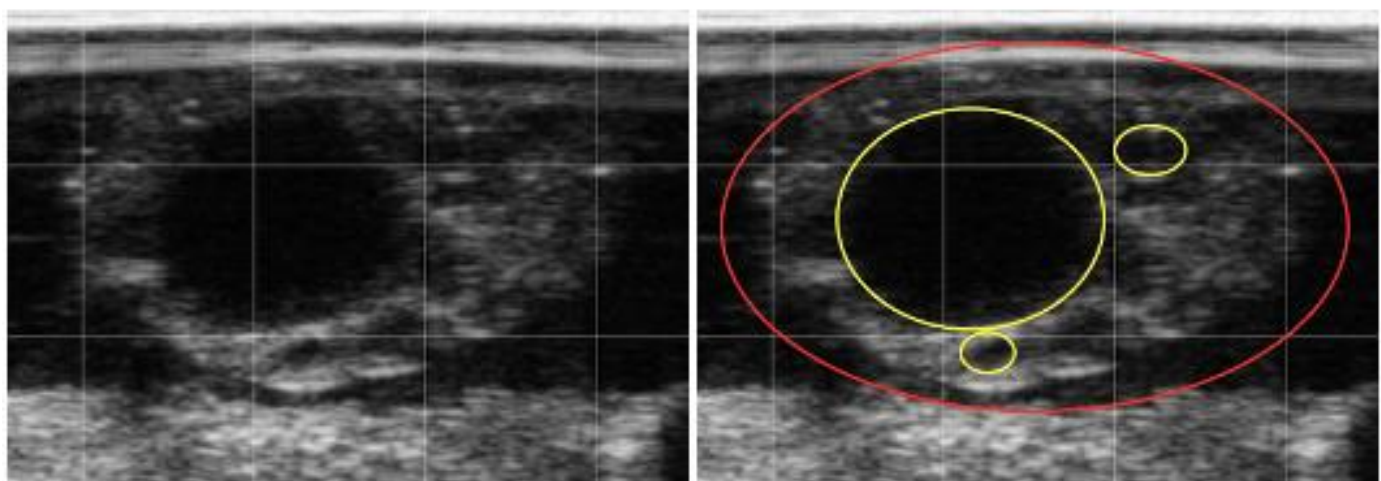
Utérus n°8

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°8 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°8. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n°8. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercles jaunes : follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

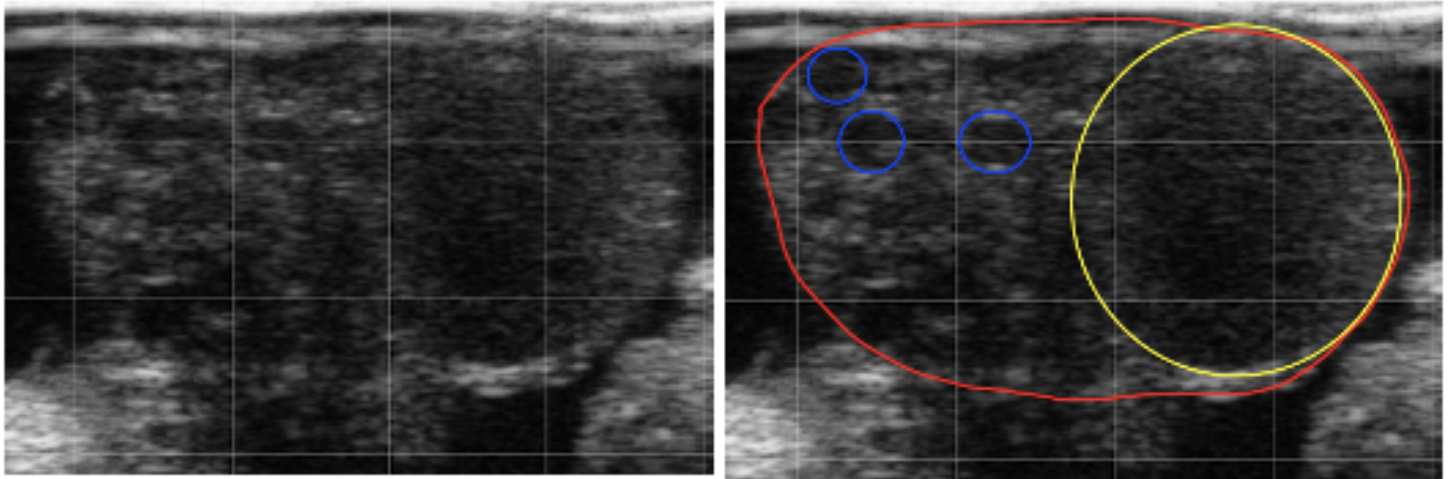
Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n°8. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : corps jaune ; cercles bleus : follicules.
(Source : N. PERRET et A. PRE)

Quizz de l'éleveur :

Ma vache est-elle cyclée ?

Etant donné la présence d'un corps jaune cette vache est capable d'ovuler et a ovulé assez récemment. Ainsi on peut affirmer que cette vache est cyclée, elle peut donc être mise à la reproduction sans problème.

A quelle période du cycle la vache se situe ?

Sur cette vache on note la présence d'un corps jaune sur l'ovaire gauche et de plusieurs follicules dont un de 15mm sur l'ovaire droit. Un corps jaune bien formé et actif signifie que la vache est soit en dioestrus soit en prooestrus. Le follicule de 15mm est certainement le follicule dominant de la vague folliculaire, mais il n'est pas encore assez gros pour ovuler. Ainsi cette vache est certainement en dioestrus et plutôt dans la deuxième moitié de la vague folliculaire.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

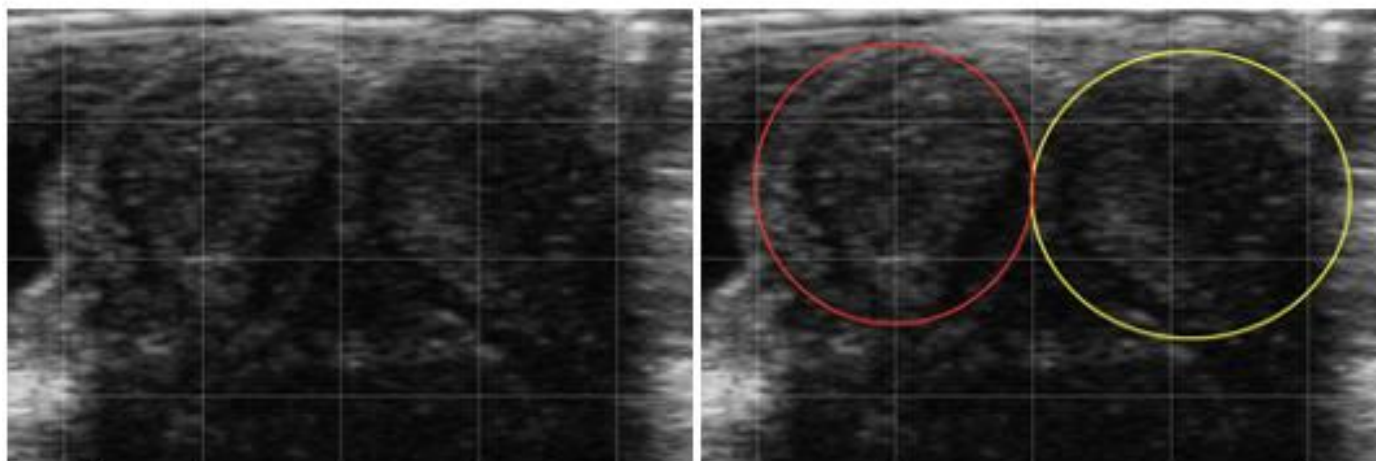


Fiche d'accompagnement

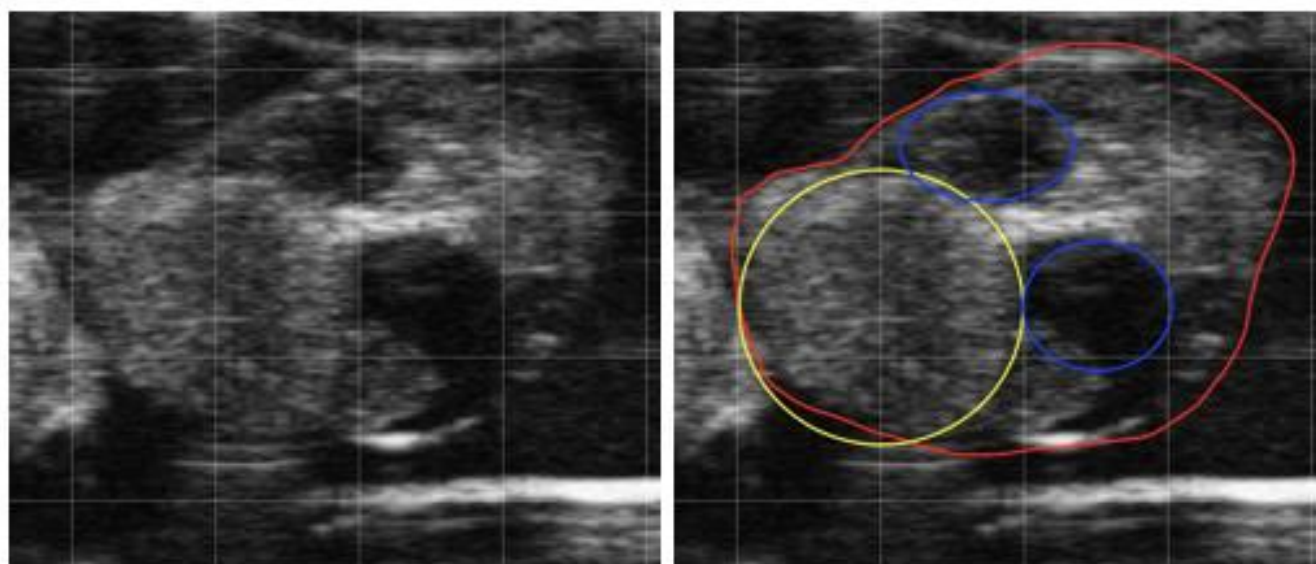
Utérus n°9

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°9 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n°9. A partir du col, avancer la sonde crânialement en restant en coupe transversale jusqu'à obtenir deux structures circulaires se séparant l'une de l'autre. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Source : N. PERRET et A. PRE)



Ovaire droit de l'utérus n°9. A partir de la bifurcation des cornes, suivre une corne jusqu'à l'ovaire. En réalité on cherchera à palper l'ovaire, voir à le bloquer dans sa main puis on appliquera la sonde sur celui-ci. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercle jaune : corps jaune ; cercles bleus : follicules. (Source : N. PERRET et A. PRE)

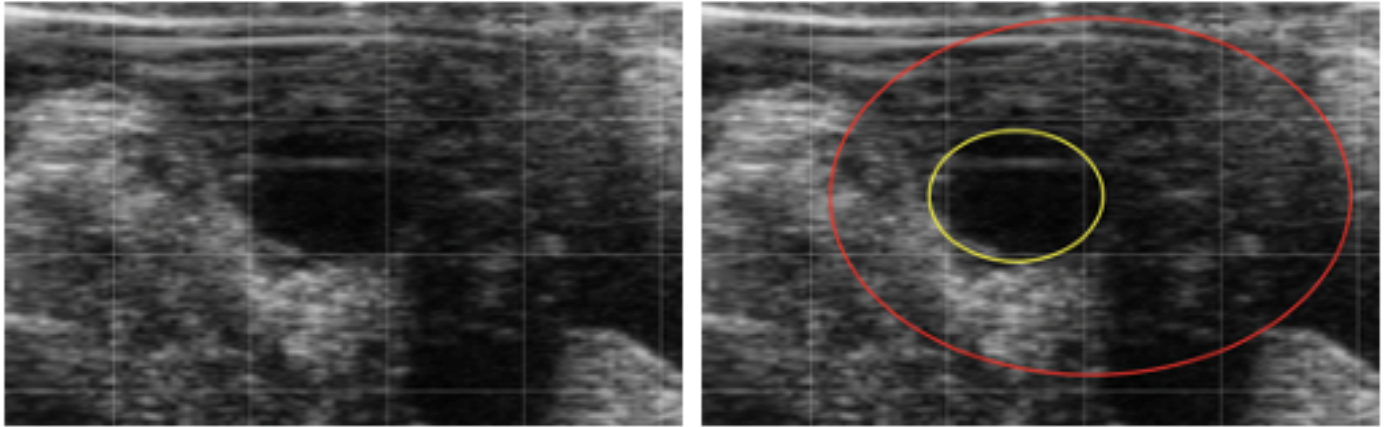
Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Ovaire gauche de l'utérus n°9. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercle jaune : follicule. (Source : N. PERRET et A. PRE)

Quizz de l'éleveur :

Ma vache est-elle cyclée ?

Étant donné la présence d'un corps jaune cette vache est capable d'ovuler et a ovulé assez récemment. Ainsi on peut affirmer que cette vache est cyclée, elle peut donc être mise à la reproduction sans problème.

A quelle période du cycle la vache se situe ?

Sur cette vache on note la présence d'un corps jaune sur l'ovaire droit et de plusieurs follicules dont un de 12mm sur l'ovaire gauche. Un corps jaune bien formé et actif signifie que la vache est soit en diœstrus soit en proœstrus. Le follicule de 12mm est potentiellement le follicule dominant de la vague folliculaire, mais il n'est pas encore assez gros pour ovuler. Ainsi cette vache est certainement en diœstrus.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

CRÉATION D'UN SUPPORT PÉDAGOGIQUE DE SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DE L'ÉCHOGRAPHIE DE L'APPAREIL GÉNITAL DANS LE CADRE DU SUIVI DE REPRODUCTION CHEZ LES BOVINS

Auteur

PERRET Nicolas

Résumé

L'échographie génitale est un acte essentiel en médecine vétérinaire bovine, en particulier dans les contextes de suivi de reproduction et de diagnostic de gestation. Cet acte est difficile à apprendre pour les étudiants, en partie car son enseignement est compliqué. En effet, l'acte est essentiellement basé sur des sensations et sur une finesse de gestuelle, ce qui est difficile à enseigner. Les salles de simulations semblent être des outils intéressants pour compléter l'enseignement, en particulier pour des actes similaires à l'échographie génitale. Cependant aucun atelier de simulation d'échographie génitale bovine n'est recensé à ce jour.

Ce travail s'inscrivait donc dans ce contexte afin de créer un outil de simulation d'échographie génitale à partir de réels utérus bovins fixés au formol puis transférés dans des poches d'alcool. La banque d'utérus obtenue permet aux étudiants de réaliser diverses échographies sur des utérus à différents stades physiologiques. Cela permet une première approche de l'échographie aux étudiants, et leur permet d'associer le maniement de la sonde échographique aux images obtenues. Cet atelier semble très intéressant pour les étudiants et pour les enseignants qui pourront utiliser cet atelier pour illustrer des travaux pratiques. Cet atelier répond également aux problématiques éthiques liées au bien-être animal lors des séances d'échographies sur animaux vivants réalisés en école vétérinaire.

Des améliorations pourraient être apporter à l'atelier, en particulier pour améliorer la sensation de palpation utérine en parallèle de l'échographie et également pour rendre plus réaliste l'environnement entourant l'utérus sur les images échographiques.

Mots-clés

Reproduction, Simulation, Échographie, Bovins

Jury

Président du jury : **Pr CALENDER Alain**
1er assesseur : **Pr BRUYERE Pierre**
2ème assesseur : **Pr BELLUCO Sara**