

**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2022 - Thèse n° 096

**CRÉATION D'UN SUPPORT PÉDAGOGIQUE DE  
SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DE  
L'ÉCHOGRAPHIE DE L'APPAREIL GÉNITAL  
GRAVIDE DES BOVINS**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

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

Par

PRE Annabelle  
Co-écrite avec Nicolas PERRET



**CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2022 - Thèse n° 096

**CRÉATION D'UN SUPPORT PÉDAGOGIQUE DE  
SIMULATION POUR L'APPRENTISSAGE DE  
L'ÉCHOGRAPHIE DE L'APPAREIL GÉNITAL  
GRAVIDE DES BOVINS**

**THESE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
(Médecine – Pharmacie)

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

Par

PRE Annabelle  
Co-écrite avec Nicolas PERRET



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

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



# Remerciements jury

**A Monsieur le Président de jury, le Professeur Alain Calender,**  
De l'université Claude Bernard Lyon 1 et de la Faculté de Médecine,  
Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,  
*Tous mes hommages les plus respectueux.*

**A Monsieur le Docteur Pierre Bruyère,**  
Maître de conférences sur le campus vétérinaire de VetagroSup à Marcy l'Etoile,  
Qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail de thèse,  
*Pour m'avoir proposé ce sujet, pour toute l'aide que vous m'avez apporté dans ces travaux,  
pour votre bonne humeur toujours présente, mais aussi pour votre incroyable pédagogie tout  
au long de ces années,  
Mes sincères remerciements.*

**A Madame le Docteur Sara Belluco,**  
Maître de conférences sur le campus vétérinaire de VetagroSup à Marcy l'Etoile,  
Qui m'a fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse.  
*Merci pour votre bienveillance et pour l'aide que vous m'avez apportée dans les recherches de  
ce travail de thèse.*







# Table des matières

<b>TABLE DES ANNEXES .....</b>	<b>13</b>
<b>TABLE DES FIGURES .....</b>	<b>15</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>	<b>17</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>21</b>
<b>PREMIERE PARTIE : L'ECHOGRAPHIE GENITALE DANS LE CADRE DU DIAGNOSTIC DE GESTATION DES BOVINS .....</b>	<b>23</b>
I. <b>BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA VACHE .....</b>	<b>23</b>
1) <i>Rappels anatomiques de l'appareil génital de la vache (Partie réalisée en commun avec N. PERRET).....</i>	<b>23</b>
a. La vulve .....	25
b. Le vestibule du vagin .....	25
c. Le vagin .....	25
d. L'utérus .....	26
e. L'oviducte .....	28
f. Les ovaires .....	29
g. Les organites ovariens .....	31
2) <i>Rappels de physiologie de la reproduction chez la vache (Partie réalisée en commun avec N. PERRET) .....</i>	<b>33</b>
a. Les régulations hormonales accompagnant le cycle sexuel .....	33
b. L'œstrus : période des chaleurs.....	34
c. Le metœstrus : période de formation du corps jaune .....	35
d. Le diœstrus : période de domination du corps jaune .....	35
e. Le pro-œstrus : période de régression du corps jaune .....	36
f. La gestation .....	36
g. La période post-partum.....	37
3) <i>Focus sur la gestation : le fœtus et ses annexes .....</i>	<b>37</b>
a. Embryogenèse et formation des annexes fœtales.....	37
i. Les phases initiales du développement .....	37
ii. La formation de l'embryon.....	38
iii. La formation des annexes de l'embryon.....	39
1. Le chorion .....	41
2. L'amnios .....	41
3. Le sac vitellin .....	41
4. L'allantoïde.....	41
5. Le cordon ombilical.....	41
iv. L'implantation et la formation du placenta .....	42
b. Développement de l'embryon puis du fœtus .....	43
II. <b>L'ECHOGRAPHIE DANS LE CADRE DE LA REPRODUCTION BOVINE (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC N. PERRET) .....</b>	<b>45</b>

1)	<i>Principes physiques de l'échographie</i> .....	45
a.	La production des ultrasons .....	45
b.	La formation de l'image échographique .....	45
c.	Modes échographiques .....	46
d.	Les principaux artéfacts .....	48
2)	<i>Le choix de l'appareil et de la sonde</i> .....	49
a.	Les différents types de sondes .....	49
i.	La sonde sectorielle .....	50
ii.	La sonde linéaire .....	50
b.	Le choix de la fréquence .....	51
c.	Le choix de l'appareil .....	51
III.	L'UTILISATION DE L'ECHOGRAPHIE TRANSRECTALE EN MEDECINE RURALE LORS DU DIAGNOSTIC DE GESTATION DES BOVINS .....	52
1)	<i>Diagnostic de gestation</i> .....	52
a.	Palpation transrectale .....	52
b.	Diagnostic de gestation précoce par échographie .....	53
c.	Diagnostic de gestation tardif (>100j) .....	53
d.	Diagnostic de gestation négatif .....	54
2)	<i>Détermination de l'âge de l'embryon ou du fœtus</i> .....	54
3)	<i>Sexage du fœtus</i> .....	56
a.	Diagnostic par localisation du tubercule génital .....	57
b.	Diagnostic par identification des organes génitaux externes .....	58
4)	<i>Diagnostic de gémeauté</i> .....	59
5)	<i>Identification d'affections de la reproduction</i> .....	59
a.	Mortalité embryonnaire .....	59
b.	Hydropisie des enveloppes fœtales .....	60
c.	Momification .....	61

**DEUXIEME PARTIE : INTERETS ET LIMITES DE LA SIMULATION DANS L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE DE GESTATION BOVINE (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC N. PERRET)..... 63**

I.	LES PROBLEMES POSES PAR L'ENSEIGNEMENT DE L'ECHOGRAPHIE GENITALE BOVINE EN ECOLE VETERINAIRE .	63
1)	<i>Les modalités de l'enseignement actuel</i> .....	63
a.	Dans les écoles vétérinaires françaises .....	63
b.	Dans les autres pays du monde .....	64
c.	Importance des stages et modules complémentaires .....	65
2)	<i>Les difficultés pratiques et pédagogiques lors de l'enseignement</i> .....	66
a.	Les difficultés pratiques .....	66
b.	Problématiques pédagogiques .....	67
3)	<i>Le problème éthique du bien-être animal</i> .....	67
a.	Stress .....	68
b.	Lacération rectale et interruption de gestation .....	68
II.	LES ATELIERS DE SIMULATION COMME COMPLEMENT A L'ENSEIGNEMENT EXISTANT .....	69
1)	<i>L'intérêt de la simulation en médecine vétérinaire</i> .....	69
a.	Respect de l'éthique .....	69
b.	Intérêt pédagogique de bien-être de l'étudiant .....	69

i.	Réduction du stress.....	69
ii.	Apprentissage des gestes techniques.....	70
2)	<i>Tour d'horizon des salles de simulation dans le monde.....</i>	70
a.	Les salles de simulation dans le monde.....	70
b.	Les ateliers d'échographie génitale bovine déjà existants.....	71
3)	<i>Les limites de l'utilisation de modèles de simulation.....</i>	71
a.	Le coût des salles de simulation.....	71
i.	Coûts de la salle.....	71
ii.	Coûts de la fabrication des modèles de simulation.....	71
b.	L'usure du matériel.....	72
c.	L'écart entre les ateliers de simulation et la réalité.....	72
4)	<i>Les autres alternatives à l'enseignement actuel de l'échographie génitale bovine.....</i>	73
a.	La coelioscopie.....	73
b.	La technologie « Phantom ».....	73

### **TROISIEME PARTIE : REALISATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE POUR LA SALLE DE SIMULATION..... 75**

I.	MATERIEL ET METHODE (PARTIE REALISEE EN COMMUN AVEC N. PERRET).....	75
1)	<i>Le matériel nécessaire.....</i>	75
2)	<i>Mise au point de la technique de fixation.....</i>	76
a.	Les différentes méthodes de fixation.....	76
b.	Premiers essais de fixation.....	77
c.	La méthode de fixation retenue pour l'atelier.....	77
3)	<i>Conservation de la position physiologique utérine durant la fixation.....</i>	78
a.	Flottabilité de l'utérus.....	78
b.	Mise en place de crochets au fond des boîtes de fixation.....	78
c.	Attache de l'utérus au fond de la boîte de fixation.....	79
4)	<i>Transfert des utérus dans les poches d'éthanol à 70°.....</i>	80
a.	Transfert de l'utérus et soudure thermique de la poche.....	81
b.	Importance de la qualité du plastique de la poche.....	81
c.	Remplissage de la poche avec de l'éthanol 70°.....	81
d.	Identification des poches.....	82
5)	<i>Récolte et sélection d'utérus en plus grand nombre.....</i>	83
6)	<i>Rédaction des fiches explicatives de l'atelier.....</i>	84
a.	Fiche de présentation globale de l'atelier.....	84
b.	Fiche explicative de chaque utérus.....	84
c.	Vidéo explicative de l'atelier.....	85
II.	RESULTATS.....	85
1)	<i>La banque d'utérus obtenue et les images échographiques associées.....</i>	85
a.	Modèles physiques obtenus.....	86
b.	Images échographiques obtenues.....	87
i.	Utérus n°5.....	87
ii.	Utérus n°7.....	89
iii.	Utérus n°10 (gravide).....	91
iv.	Utérus n°11 (gravide).....	94
v.	Utérus n°12 (gravide).....	98

2)	<i>Les fiches explicatives de l'atelier à disposition des étudiants</i> .....	101
a.	Fiche de présentation globale .....	101
b.	Fiches spécifiques de chaque utérus .....	101
c.	Vidéo explicative de l'atelier .....	101
III.	DISCUSSION .....	102
1)	<i>Evaluation de la méthode de réalisation de l'atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET)</i> .....	102
2)	<i>Comparaison de l'atelier avec une réelle échographie génitale bovine (partie réalisée en commun avec N. PERRET)</i> .....	102
a.	Perte de sensation de palpation.....	102
b.	Réalisation de l'échographie .....	103
c.	Qualité des images obtenues .....	103
3)	<i>Intérêts pédagogiques de l'atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET)</i> .....	104
a.	Visualisation d'un utérus en position physiologique.....	104
b.	Possibilité d'apprentissage .....	104
c.	Auto-évaluation des étudiants .....	105
d.	Possibilité d'évaluation des étudiants.....	105
4)	<i>Perspectives d'évolution et d'amélioration de l'atelier</i> .....	105
a.	Amélioration des images échographiques (partie réalisée en commun avec N. PERRET) 106	
b.	Elargissement de la gamme de cas cliniques.....	106
c.	Echographie à l'aveugle grâce au mannequin de vache (partie réalisée en commun avec N. PERRET).....	106
d.	Etude sur le ressenti étudiant envers cet atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET) .....	107
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>109</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>111</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>117</b>

# Table des annexes

ANNEXE 1 : FICHE METHODOLOGIQUE SUIVI DE REPRODUCTION.....	117
ANNEXE 2 : FICHE METHODOLOGIQUE DIAGNOSTIC DE GESTATION .....	122
ANNEXE 3 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT UTERUS N°5.....	128
ANNEXE 4 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT UTERUS N°7.....	131
ANNEXE 5 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT UTERUS N°10.....	133
ANNEXE 6 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT UTERUS N°11.....	137
ANNEXE 7 : FICHE D'ACCOMPAGNEMENT UTERUS N°12.....	141



# Table des figures

FIGURE 1 : CONFORMATION INTERIEURE DE L'APPAREIL GENITAL D'UNE VACHE (1) .....	24
FIGURE 2 : COUPE MEDIANE DU BASSIN D'UNE VACHE (1) .....	28
FIGURE 3 : ORGANES PELVIENS D'UNE VACHE, VUE CRANIALE (1).....	30
FIGURE 4 : CONFORMATION ET STRUCTURE DE L'OVAIRE CHEZ LA VACHE (1).....	32
FIGURE 5: REGULATION HORMONALE DU CYCLE ŒSTRAL (2).....	34
FIGURE 6: DELIMITATION ET FORMATION DE L'EMBRYON (1).....	39
FIGURE 7: SCHEMA DES ANNEXES FŒTALES DE LA VACHE EN DEBUT DE GESTATION (1).....	40
FIGURE 8: ANNEXES FŒTALES CHEZ LA VACHE DANS LE DERNIER TIERS DE GESTATION (1) .....	40
FIGURE 9: VAISSEAUX SANGUINS ET CANAL DE L'OURAQUE DU CORDON OMBILICAL (3).....	42
FIGURE 10: IMPLANTATION DE L'EMBRYON DANS LA CORNE UTERINE D'UN BOVIN (3) .....	43
FIGURE 11: DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE (A GAUCHE) ET FŒTAL (A DROITE) CHEZ LE BOVIN (1) .....	44
FIGURE 12: REFLEXION ET REFRACTION D'UNE ONDE ULTRASONORE AU NIVEAU D'UNE INTERFACE ACOUSTIQUE (6).....	46
FIGURE 13: L'ECHOGRAPHIE EN MODE A ET B (7) .....	47
FIGURE 14: L'ECHOGRAPHIE BIDIMENSIONNELLE OU ECHOTOMOGRAPHIE (7) .....	47
FIGURE 15: ARTEFACT DE REVERBERATION CAUSE PAR LA PRESENCE DE GAZ ENTRE LA SONDE ET LA MUQUEUSE RECTALE (11) .....	48
FIGURE 16: CONES D'OMBRES SOUS LES FOLLICULES OVARIENS (11) .....	49
FIGURE 17: IMAGE ECHOGRAPHIQUE OBTENUE PAR LES DIFFERENTES SONDAS (LINEAIRE A GAUCHE ET SECTORIELLE A DROITE) (11) .	50
FIGURE 18: EMBRYON DE 40 JOURS (20MM) (11) .....	53
FIGURE 19: FŒTUS MALE A 65J DE GESTATION, COUPE LONGITUDINALE (11) .....	57
FIGURE 20 : FŒTUS FEMELLE A 60J DE GESTATION, COUPE LONGITUDINALE (11) .....	57
FIGURE 21 : FŒTUS MALE A 88J DE GESTATION (18) .....	58
FIGURE 22 : FŒTUS FEMELLE A 77J DE GESTATION (18) .....	58
FIGURE 23: MORTALITE EMBRYONNAIRE OBSERVEE A L'ECHOGRAPHIE A 30J DE GESTATION (11) .....	60
FIGURE 24: HYDROPSIE DES ENVELOPPES FŒTALES (SOURCE : JMN VETOFOCUS) .....	61
FIGURE 25 : CROCHET PERMETTANT DE FIXER L'UTERUS.....	79
FIGURE 26 : FIXATION D'UN UTERUS EN POSITION PHYSIOLOGIQUE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	80
FIGURE 27 : PHOTO D'UNE SERTISSEUSE (A GAUCHE) ET DE SON UTILISATION POUR FERMER UNE POCHE (A DROITE). (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE).....	81
FIGURE 28 : REMPLISSAGE DE LA POCHE AVEC DE L'ETHANOL 70° .....	82
FIGURE 29 : POCHE IDENTIFIEE AVEC UNE ETIQUETTE NUMEROTEES.....	82
FIGURE 30 : MODELE D'UTERUS N°11 : GRAVIDE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	86
FIGURE 31 : MODELE D'UTERUS N°10 : GRAVIDE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	86
FIGURE 33 : MODELE D'UTERUS N°12 : GRAVIDE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	86
FIGURE 32 : MODELES D'UTERUS N°5 (A GAUCHE) ET N°7 (A DROITE), NON GRAVIDES (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	86
FIGURE 34 : MODELE N°5 : COL DE L'UTERUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	87
FIGURE 35 : MODELE N°5 : BIFURCATION DES CORNES UTERINES (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE).....	87
FIGURE 36 : MODELE N°5 : OVAIRE GAUCHE AVEC PETITS FOLLICULES .....	88
FIGURE 37 : MODELE N°5 : OVAIRE DROIT AVEC CORPS JAUNE CAVITAIRE (AU-DESSUS) ET CORNE EN COUPE TRANSVERSALE (EN DESSOUS) (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	88
FIGURE 38 : MODELE N°5 : OVAIRE DROIT AVEC FOLLICULE ET CORNE EN COUPE TRANSVERSALE .....	89
FIGURE 39 : MODELE N°7 : BIFURCATION DES CORNES UTERINES, LEGER LIQUIDE EN ETOILE AU CENTRE DES CORNES (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE).....	90
FIGURE 40 : MODELE N°7 : COUPE LONGITUDINALE D'UNE CORNE D'UTERUS EN CHALEUR, AVEC UN LISERE DE LIQUIDE AU CENTRE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE).....	90
FIGURE 41 : MODELE N°7 : OVAIRE DROIT AVEC GROS FOLLICULE.....	90
FIGURE 42 : MODELE N°7 : OVAIRE GAUCHE AVEC CORPS JAUNE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	91
FIGURE 43 : MODELE N°10 : BIFURCATION DES CORNES UTERINES.....	91

FIGURE 44 : MODELE N°10 : COUPE TRANSVERSALE DE CORNE VIDE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	92
FIGURE 45 : MODELE N°10 : COUPE LONGITUDINALE DE CORNE GESTANTE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	92
FIGURE 46 : MODELE N°10 : COUPE HORIZONTALE D'UN FŒTUS A 45J .....	93
FIGURE 47 : MODELE N°10 : OVAIRE GAUCHE (NOMBREUX PETITS FOLLICULES) (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) ....	93
FIGURE 48 : MODELE N°10 : OVAIRE DROIT AVEC CORPS JAUNE GESTATIONNEL (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) ....	94
FIGURE 49 : MODELE N°11 : COL DE L'UTERUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	94
FIGURE 50 : MODELE N°11 : CORNE NON GRAVIDE EN COUPE TRANSVERSE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	95
FIGURE 51 : MODELE N°11 : CORNE GRAVIDE EN COUPE LONGITUDINALE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	95
FIGURE 52 : MODELE N°11 : OVAIRE DROIT AVEC FOLLICULES (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	95
FIGURE 53 : MODELE N°11 : OVAIRE GAUCHE AVEC CORPS JAUNE GESTATIONNEL (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .	95
FIGURE 54 : MODELE N°11 : COUPE TRANSVERSALE DU FŒTUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	96
FIGURE 55 : MODELE N°11 : FŒTUS EN COUPE LONGITUDINALE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	96
FIGURE 56 : MODELE N°11 : FŒTUS EN COUPE TRANSVERSALE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	97
FIGURE 57 : MODELE N°11 : SIGNE EGAL (ENTOURE EN ROUGE) PERMETTANT LE SEXAGE DU FŒTUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	97
FIGURE 58 : MODELE N°12 : CORNE VIDE (A GAUCHE) ET CORNE AVEC LIQUIDE (A DROITE) (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	98
FIGURE 59 : MODELE N°12 : OVAIRE GAUCHE AVEC PLUSIEURS FOLLICULES (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	98
FIGURE 60 : MODELE N°12 : OVAIRE DROIT AVEC CORPS JAUNE GESTATIONNEL QUI PREND TOUTE LA PLACE DE L'OVAIRE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	98
FIGURE 61 : MODELE N°12 : COUPE TRANSVERSALE DE CORNE GRAVIDE AVEC 3 COTYLEDONS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	99
FIGURE 62 : MODELE N°12 : COUPE LONGITUDINALE DE CORNE GRAVIDE AVEC 2 COTYLEDONS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	99
FIGURE 63 : MODELE N°12 : COUPE TRANSVERSALE DU FŒTUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	100
FIGURE 64 : MODELE N°12 : COUPE HORIZONTALE DU FŒTUS (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) .....	100
FIGURE 65 : MODELE N°12 : MESURE D'UN FŒTUS EN COUPE TRANSVERSALE (SOURCE : NICOLAS PERRET ET ANNABELLE PRE) ....	100

# Table des tableaux

TABLEAU I : AGE DU FŒTUS EN FONCTION DE SA LONGUEUR A L'ECHOGRAPHIE (18) .....	55
TABLEAU II : AGE DU FŒTUS EN FONCTION DE SA LARGEUR A L'ECHOGRAPHIE (18) .....	55
TABLEAU III : AGE DU FŒTUS EN FONCTION DE LA LONGUEUR DE SA TETE A L'ECHOGRAPHIE (18) .....	56
TABLEAU IV : AGE DU FŒTUS EN FONCTION DU DIAMETRE DE SON ŒIL A L'ECHOGRAPHIE (18).....	56



# Liste des abréviations

cm : centimètres

ENV : Ecole(s) Nationale(s) Vétérinaire(s)

ENVA : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

ENVT : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

g : grammes

G : Gauges

GTVjr : Groupement Technique Vétérinaire junior

Hz : Hertz

j : jours

Kg : Kilogrammes

MHz : Méga Herz

mm : millimètres

PGF2 $\alpha$  : Prostaglandines F2 $\alpha$

TP : Travaux pratiques



# Introduction

L'échographie du tractus génital de la vache par voie transrectale est un geste technique essentiel dans le suivi de reproduction des élevages bovins, permettant de gérer la reproduction et d'améliorer les performances du troupeau, comme les intervalles vêlage-vêlage, ou encore les détections précoces d'animaux non gravides. La maîtrise de cette technique se révèle assez importante pour le vétérinaire praticien rural, et nécessite, avant la maîtrise pratique de l'échographie, des connaissances sur l'anatomie génitale, la physiologie et la pathologie de la reproduction pour pouvoir interpréter correctement les images échographiques. Toutefois, l'échographie par voie transrectale est assez complexe à apprendre, son enseignement étant difficile. En effet, l'acquisition de ce savoir-faire demande en général du temps et de l'expérience, et l'étudiant ne peut pas apprendre en regardant les gestes des enseignants lors des travaux pratiques, puisque ces derniers se réalisent cachés. De plus, l'entraînement "in vivo" des étudiants néophytes sur les bovins peut poser des problèmes au niveau du bien-être animal, d'autant plus sur un animal gravide car il y a des risques de rupture de gestation, et il s'agit d'un sujet éthique de plus en plus débattu.

Ainsi, l'objectif de cette thèse est de permettre aux étudiants, par l'élaboration d'un modèle pédagogique en salle de simulation, d'acquérir la maîtrise de l'échographie génitale de la vache, en évitant les désagréments générés par un entraînement in vivo, et en permettant d'associer l'image échographique obtenue à la position de la sonde au niveau anatomique.

Dans un premier temps, nous aborderons l'utilisation de l'échographie dans le cadre du suivi de gestation des bovins en commençant par des rappels d'anatomie et de physiologie de la reproduction. Puis, nous évoquerons l'intérêt que peut avoir un modèle de simulation dans l'enseignement de la pratique vétérinaire et plus particulièrement pour le suivi de reproduction des bovins ; et enfin nous détaillerons la fabrication et l'utilisation de ce modèle de simulation, avec ses avantages et ses inconvénients.



# **Première partie : L'échographie** **génitale dans le cadre du diagnostic de** **gestation des bovins**

Lors d'échographie génitale bovine, il est important d'avoir des connaissances en anatomie et physiologie de la reproduction, ainsi que sur les principes physiques de base de l'échographie. Après ces rappels, nous verrons comment l'échographie peut être utilisée lors des diagnostics de gestation, et comment elle peut permettre dans certains cas de déterminer l'âge ou le sexe du fœtus. Nous aborderons aussi les principales affections susceptibles d'être rencontrées et visibles à l'échographie en période de gestation.

## **I. Biologie de la reproduction de la vache**

### **1) Rappels anatomiques de l'appareil génital de la vache (1) (Partie réalisée en commun avec N. PERRET)**

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 gamétogenèse, et la fonction endocrine de synthèse d'hormones.

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.

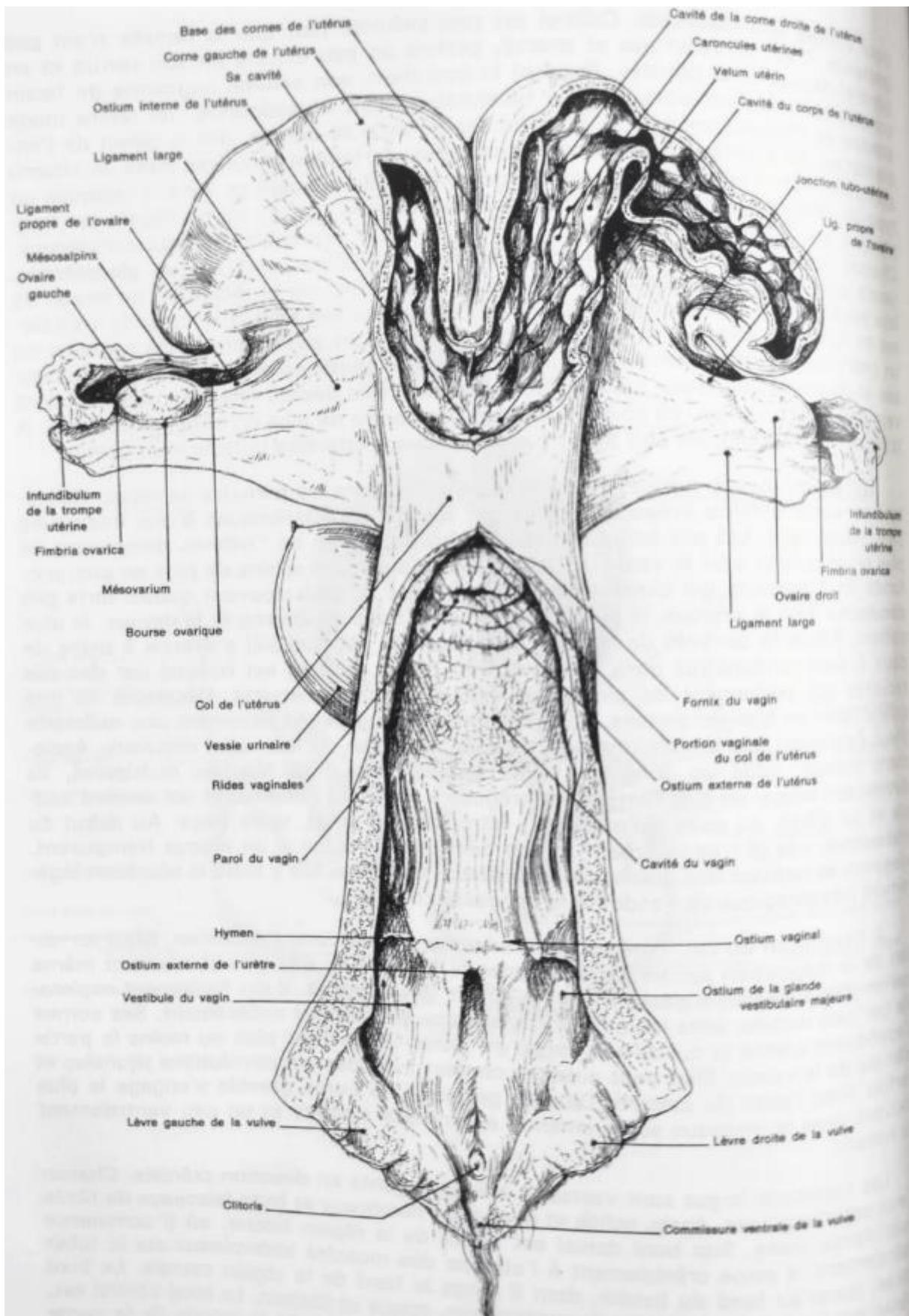


Figure 1 : Conformation intérieure de l'appareil génital d'une vache (1)

### a. La vulve

La vulve présente des lèvres épaisses, revêtues d'une peau ridée pourvue d'une pilosité fine et courte ainsi que 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 4 à 5 cm, 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 (Figure 1). Il mesure 10 à 12 mm de long, 5 mm de diamètre et présente une inflexion marquée. Il est terminé par un renflement ovoïde.

### b. Le vestibule du vagin

Sa longueur est comprise entre 8 et 10 cm et il est incliné ventro-caudalement entre les os ischiurs. Ses 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 2 cm environ, 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 sub-urétral profond de 2 cm qu'il faut éviter lors du cathétérisme de la vessie.

### c. 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 telle sorte 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 3 à 5 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.

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 (Figure 2).

#### d. 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 distinguable extérieurement et est isolé du corps par un léger rétrécissement. Il mesure environ 10 cm de long et 4 à 5 cm 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 3 à 4 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 4 cm côté col utérin à 0,5 cm côté oviducte, et une épaisseur allant de 0,2 à 1,2 cm. Les cornes sont accolées sur environ 10 cm 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 finit 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 gravide. Lors de la gestation, ils forment de gros tubercules saillants et nettement pédonculés. Leur surface est creusée de cryptes utérines dont chacune reçoit un microcotylédon 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 musculature. Le myomètre est épais, composé de trois couches inégales, le stratum longitudinale externum, le stratum vasculare et le stratum circulare internum. L'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.

L'utérus est solidement fixé au niveau de 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 (Figure 2). 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.

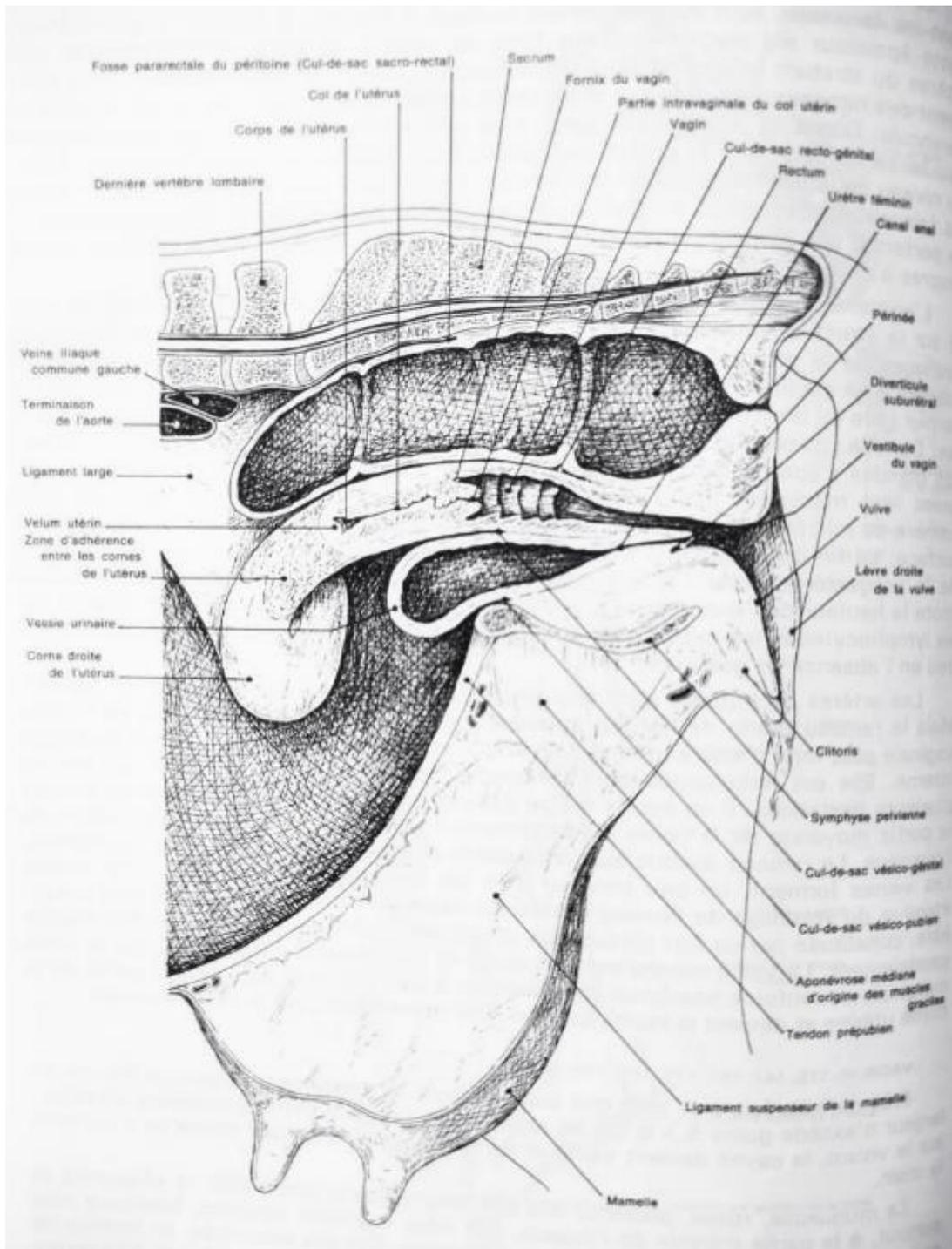


Figure 2 : Coupe médiane du bassin d'une vache (1)

### e. L'oviducte

Les oviductes ont pour rôle la captation de l'ovocyte lors de l'ovulation, le transport de l'ovocyte 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 oviductes se divisent en plusieurs parties : l'isthme, l'ampoule et l'infundibulum.

L'isthme est une partie étroite s'ouvrant sur la cavité utérine (1). 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 un 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 (Figure 3).

## f. Les ovaires

Chez la vache les ovaires sont ovoïdes, aplatis 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 présentes, telles 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 cours d'évolution. Le corps jaune est particulièrement volumineux (3 cm de long), et son extrémité portant le stigma d'ovulation forme une saillie ombiliquée palpable, haute d'un centimètre.

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 :

- Le mésovarium 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*, reliant l'extrémité de la corne à l'ovaire.

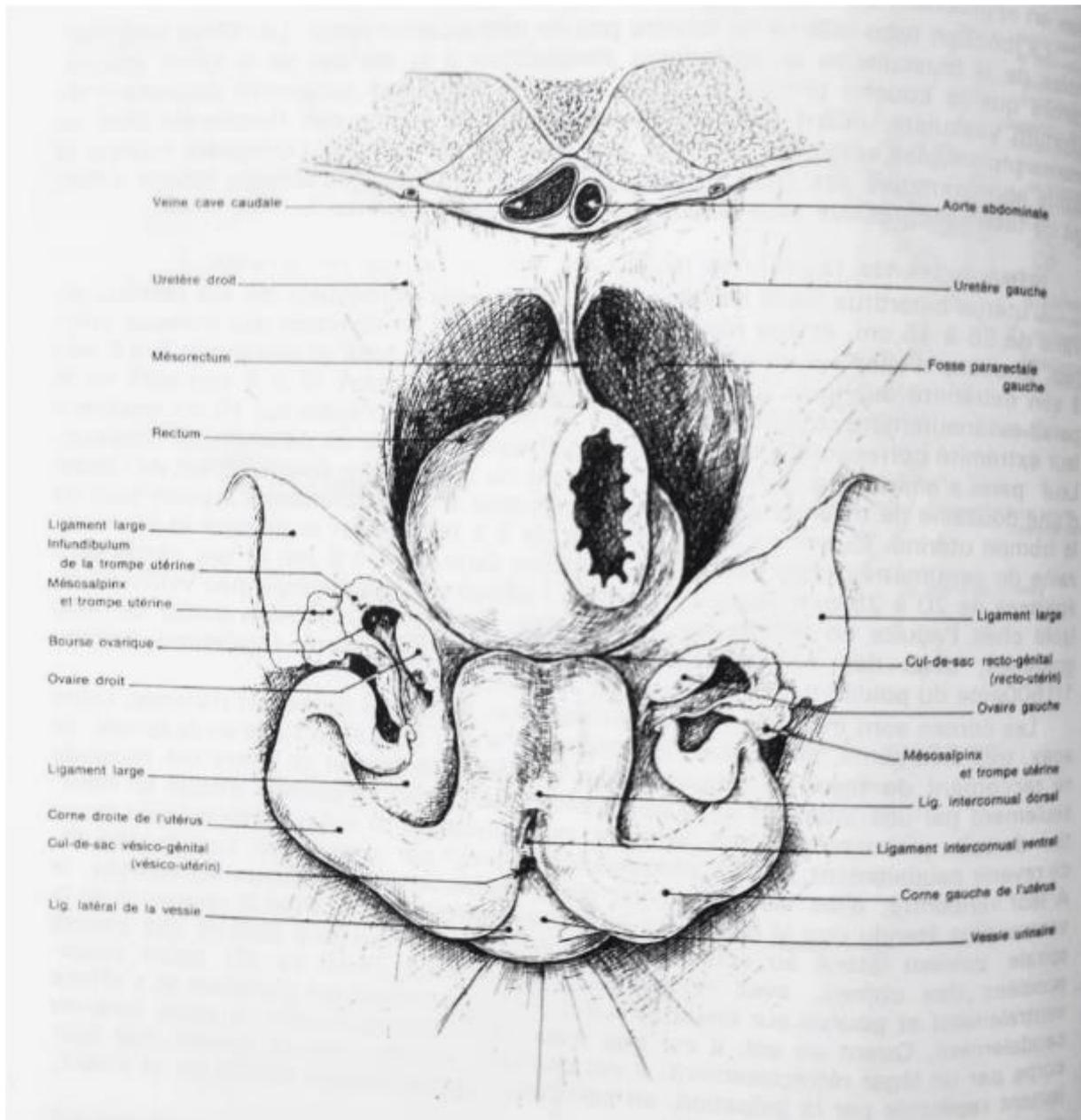


Figure 3 : Organes pelviens d'une vache, vue crâniale (1)

## g. 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 à la naissance. Ils évoluent ensuite, la plupart subissant une déhiscence, et une minorité finissant leur maturation jusqu'à ovuler et donner 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  $\mu\text{m}$  de diamètre invisible à l'œil nu. Beaucoup d'entre eux dégénèrent ensuite et disparaissent.

Les follicules restants évolueront en follicules primaires. On note une augmentation légère du volume et l'apparition d'une ébauche de zone pellucide. Ces follicules sont proches de la surface de l'ovaire, isolés et disséminés.

Au stade suivant, les follicules accroissent fortement leur taille (50 à 80  $\mu\text{m}$ ) pour donner des follicules secondaires. La zone pellucide est alors bien visible et une étroite zone de transition entre elle et l'ovocyte apparaît. D'autre part, les cellules folliculaires présentes autour de l'ovocyte se multiplient et se répartissent en plusieurs couches.

Ensuite, sous l'effet d'une exsudation de liquide intercellulaire, l'amas des cellules folliculaires se dissocie. 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, appelée follicule tertiaire ou vésiculeux.

Le corps jaune naît de l'ovulation d'un follicule mature. 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. 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 et se retire vers la profondeur de l'ovaire conjointement à une réduction de volume. Le corps jaune devient alors corps blanc ou corpus albicans.

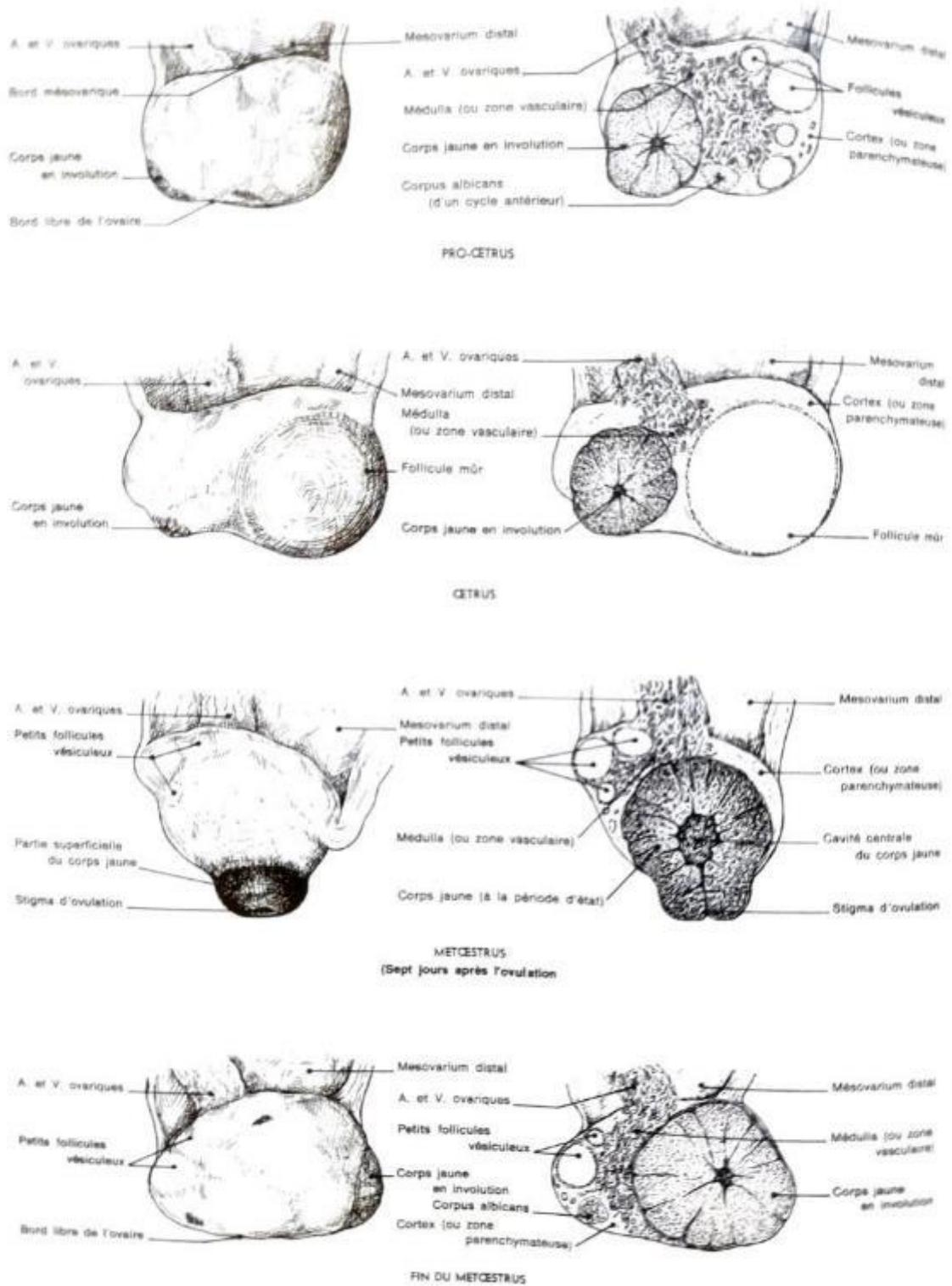


Figure 4 : Conformation et structure de l'ovaire chez la vache (1)

## 2) Rappels de physiologie de la reproduction chez la vache (Partie réalisée en commun avec N. PERRET)

La vache est une espèce polyœstrienne 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 ce cycle en quatre périodes : le metœstrus et le diœstrus appartiennent à la phase lutéale, tandis que le pro-œstrus et l'œstrus appartiennent 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 (2).

### a. 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 évènement (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 les œstrogènes via leurs follicules et la progestérone via leurs corps jaunes. 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 GnRH et donc de LH. La progestérone inhibe la sécrétion de GnRH.

L'endomètre de l'utérus sécrète une prostaglandine (PGF $2\alpha$ ). Cette hormone induit la lyse du corps jaune.

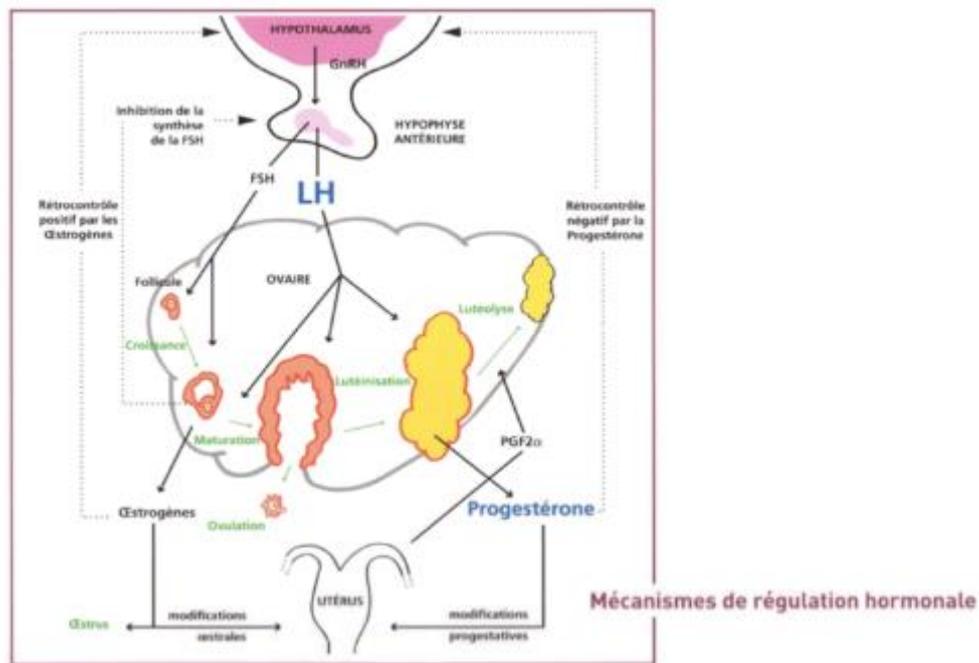


Figure 5: Régulation hormonale du cycle œstral (2)

### b. L'œstrus : période des chaleurs

L'œstrus correspond à la période où il n'y a plus de corps jaune sur les ovaires. La lutéolyse provoque en effet une chute brutale de progestérone. Le follicule dominant produit alors 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 produite 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 24h 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.

### c. 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.

### d. Le diœstrus : période de domination du corps jaune

Le diœstrus correspond à la période où le corps jaune est en place et pleinement 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 7 jours, il y en a donc en moyenne 3 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 6mm. 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 les 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 environ 8 mm au moment de la sélection.

Durant la phase de dominance, le follicule dominant continue sa croissance, jusqu'à 15mm environ, 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 ralentit sa croissance pour rester au stade pré-ovulatoire, et va alors s'atrésier. Il s'en suit une

baisse de la concentration en œstrogènes, 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 du follicule.

#### e. Le pro-œstrus : période de régression du corps jaune

Le pro-œstrus correspond au moment où se déroule la lutéolyse (lyse du corps jaune). Chez la vache, la lutéolyse se produit entre le 16<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> jour du cycle (17<sup>ème</sup> 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 prostaglandine F2  $\alpha$  par l'endomètre, prostaglandine qui permettra la lyse du corps jaune. Il est également à noter que le corps jaune n'est pas sensible à la PGF2 $\alpha$  pendant les 5 premiers jours de sa formation, c'est la période réfractaire.

#### f. 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 corps jaune gestationnel 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 maternelle. 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 de la trophoblastine, qui inhibe la synthèse de prostaglandines et donc empêche 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 jaune 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.

## g. 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 inhibe la synthèse de LH en fin de gestation.
- Le 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, associée 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 2 à 3 semaines après le part. On observe donc en règle générale une première ovulation dans les 3 semaines post-partum. Mais des variations existent. En effet, chez les vaches allaitantes, le veau restant sous sa mère, la tétée dure longtemps et retarde donc 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.

## 3) Focus sur la gestation : le fœtus et ses annexes

### a. Embryogenèse et formation des annexes fœtales

#### i. Les phases initiales du développement

La fécondation correspond à la pénétration de la tête d'un spermatozoïde à l'intérieur d'un ovocyte mature, et à la fusion des pronucléus mâle et femelle qui formeront ainsi un œuf fécondé, aussi appelé zygote. Ensuite vont pouvoir avoir lieu les divisions successives du zygote pour obtenir un œuf segmenté constitué de plusieurs blastomères (cellules filles) : la segmentation. Ces blastomères vont continuer à se subdiviser jusqu'à obtenir une morula.

A partir de ce moment-là, l'assemblage des cellules va se faire de manière hétérogène, et la couche de cellules en périphérie va se multiplier très rapidement, avec des cellules de plus petite taille, et former un revêtement appelé trophoblaste. Il correspond à la première des annexes de l'embryon, et va servir dès sa formation à la nutrition de l'œuf. Le trophoblaste va ensuite se détacher de la masse cellulaire interne (ou bouton embryonnaire), laissant apparaître une cavité liquidienne appelée blastocèle. A ce stade, l'œuf prend le nom de blastocyste.

La masse cellulaire interne va ensuite se différencier pour former l'hypoblaste, qui va venir se coller à la face profonde du trophoblaste, et délimitera une cavité appelée sac vitellin primaire (dérivé du blastocèle). L'hypoblaste va continuer à se différencier pour donner l'ectoderme et l'endoderme embryonnaires, qui, une fois accolés l'un à l'autre, formeront le disque embryonnaire, c'est-à-dire la première ébauche de l'embryon. Le disque embryonnaire va subir la gastrulation et atteindre enfin le stade tridermique, issu de la superposition des trois couches (ectoderme, mésoderme et endoderme) correspondant aux ébauches des annexes. L'embryon et ses annexes deviennent à ce stade une gastrula.(1)

## ii. La formation de l'embryon

Jusqu'à la gastrulation, l'ébauche de l'embryon est assez plate, sa face ventrale correspond au plafond du sac vitellin et sa face dorsale à la cavité amniotique primitive. Il va par contre très vite se délimiter avec l'apparition de nombreux sillons. Le premier est le pli céphalique, qui forme une sorte de fer à cheval ouvert vers l'arrière de l'embryon et formera l'ébauche de la tête. Ensuite apparaîtra le pli caudal, de la même façon que le pli céphalique mais ouvert vers l'avant cette fois-ci. Ces deux plis se forment en direction de la face ventrale de l'embryon. Puis viennent ensuite les plis latéraux de chaque côté. L'embryon se vousse dorsalement, comme s'il allait se fermer en face ventrale, et il reste ainsi attaché à ses annexes uniquement par une petite zone en face ventrale, qui correspond à l'ébauche du cordon ombilical (1).

Les trois strates de l'embryon vont ensuite se différencier très indépendamment les unes des autres :

- L'ectoderme (en bleu sur la figure 6) va former la moelle épinière, l'encéphale, tout le système nerveux (nerfs sensitifs mais aussi moteurs), les méninges, la face en général et l'épiderme de la peau avec tous ses dérivés comme les glandes cutanées ou le système pileux. Au niveau du tronc, il formera l'intestin caudal, l'ébauche du canal anal, les bourgeons des membres et les parties externes de l'appareil génital.
- L'endoderme (en rouge sur la figure 6) formera lui l'épithélium et les glandes annexes du tube digestif, l'épithélium trachéo-bronchique et pulmonaire, et l'épithélium de la vessie. Il permettra aussi de former l'intestin crânial, moyen et caudal.
- Le mésoderme (en jaune sur la figure 6) se situe entre l'ectoderme et l'endoderme. Il va servir de support à ces deux feuillettes, que ce soit dans l'embryon lui-même ou dans les parties extra-embryonnaires. Il participera donc à l'édification des mêmes organes que l'ectoderme et l'endoderme, mais certains tissus/organes lui sont tout de même propre : les parties glandulaires de l'appareil uro-génital, les tissus conjonctifs et musculaires de l'organisme, ainsi que l'appareil circulatoire, le sang et le cœur.

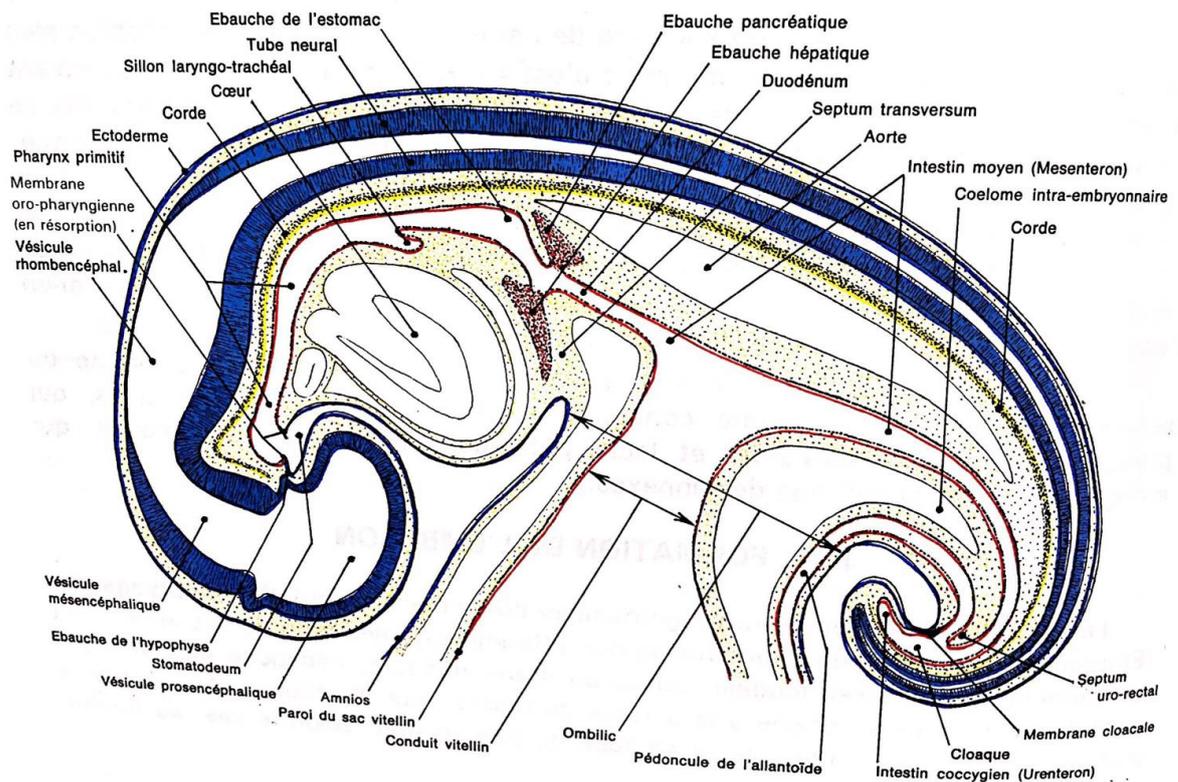


Figure 6: Délimitation et formation de l'embryon (1)

### iii. La formation des annexes de l'embryon

Les annexes embryonnaires dérivent de certaines parties du blastocyste qui n'appartiennent pas à l'embryon. L'annexe la plus interne, celle qui entoure l'embryon est l'amnios, tandis que la plus externe est le chorion. Ces deux annexes forment de vraies enveloppes pour l'embryon. Deux autres annexes se développent également rapidement : le sac vitellin et l'allantoïde. Enfin vient la dernière annexe, le placenta, qui est formé par le chorion et la muqueuse utérine, mais qui par sa composition, ne peut apparaître qu'à partir de l'implantation dans l'utérus (Figure 7 et 8) (1). Toutes les annexes sont reliées à l'embryon par le cordon ombilical.

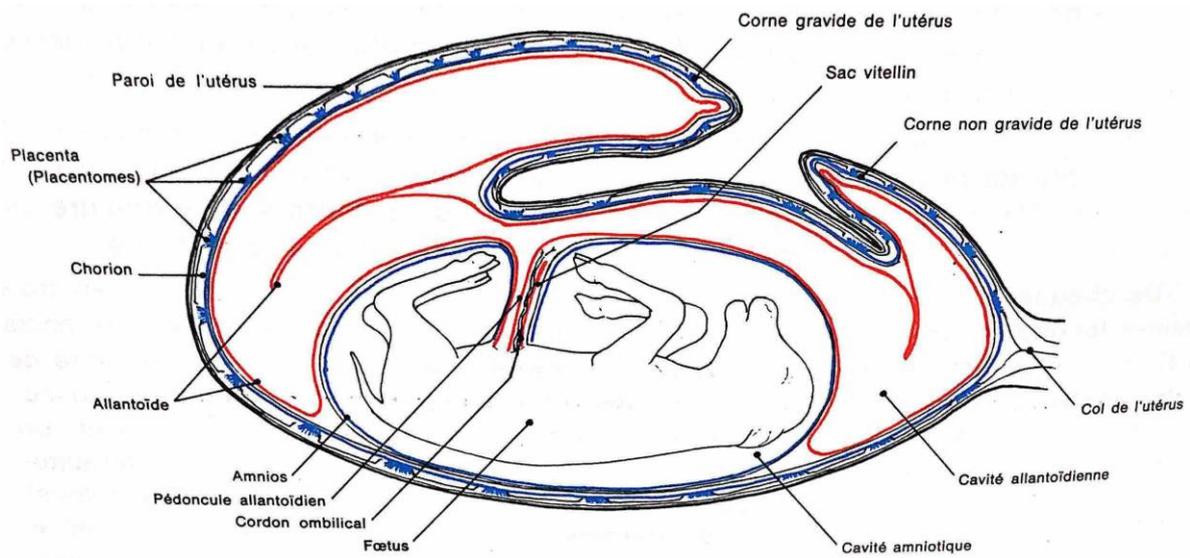


Figure 7: Schéma des annexes fœtales de la vache en début de gestation (1)

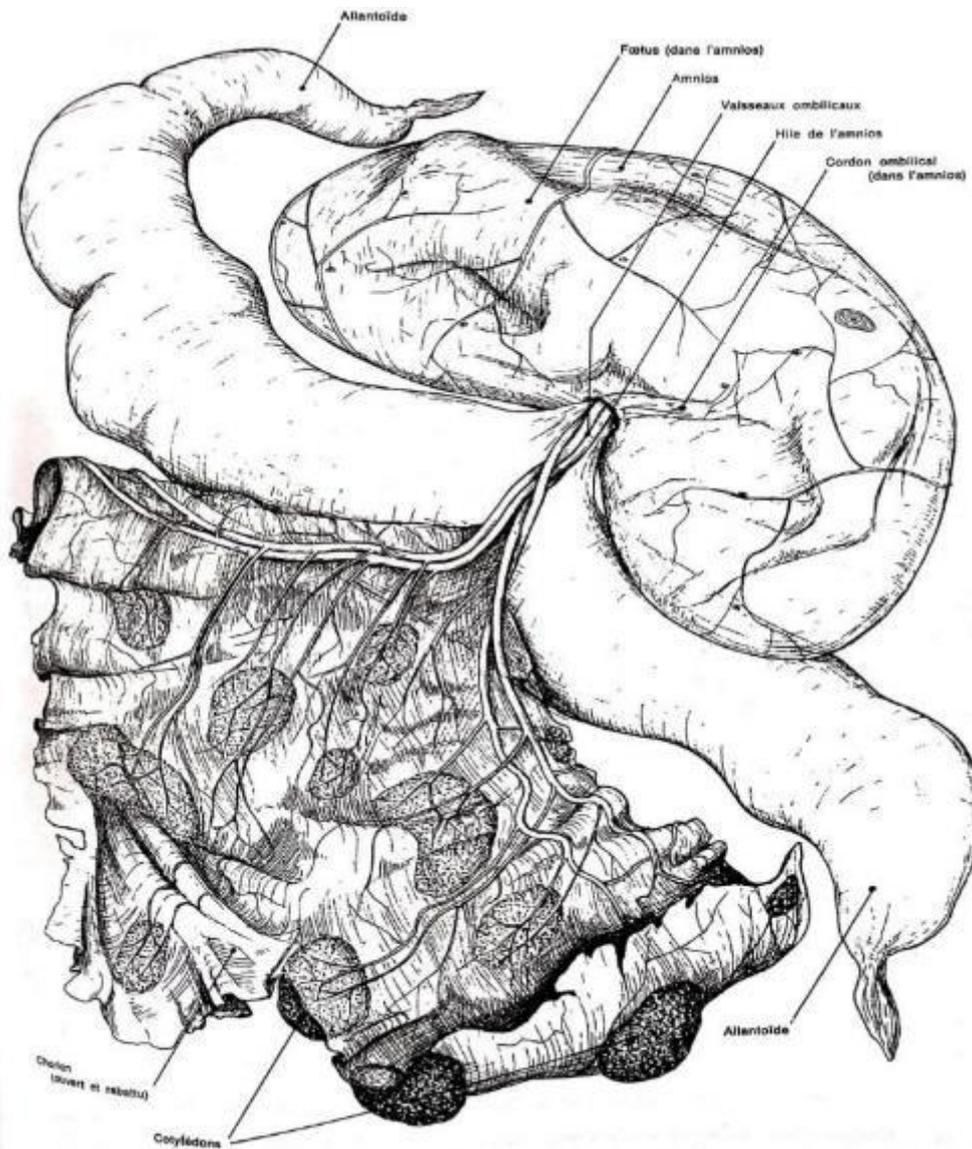


Figure 8: Annexes fœtales chez la vache dans le dernier tiers de gestation

(1)

### 1. Le chorion

Le chorion se forme très rapidement et provient du trophoblaste. Dans sa face profonde, il est en contact étroit avec l'allantoïde, qui lui apporte des ramifications vasculaires permettant d'être en contact avec l'embryon par le cordon ombilical. Sa paroi va même s'unir avec lui pour former un allantochorion.

### 2. L'amnios

L'amnios possède une composition plutôt uniforme. Il est presque totalement entouré par l'allantoïde sauf sur sa partie dorsale sur laquelle il est en contact avec le chorion. L'amnios va aussi se réfléchir à la surface du cordon ombilical, lui permettant de se rattacher à la peau du fœtus.

### 3. Le sac vitellin

Le sac vitellin se développe aussi de manière rapide et précoce. Il contient assez peu de liquide chez la vache, car la circulation vitelline est transitoire et rapidement remplacée par la circulation allantoïdienne passant par les vaisseaux ombilicaux. Il s'éloigne de plus en plus de l'embryon au cours du développement car ce dernier s'enfonce dans l'amnios. Le sac vitellin finit par devenir vestigial et uniquement rattaché au sommet d'une anse intestinale par le biais du cordon ombilical.

### 4. L'allantoïde

L'allantoïde possède un rôle très important : il constitue le principal support de la circulation placentaire et participe ainsi à la mise en place du placenta. Il comprend les artères et veines ombilicales à partir desquelles vont se développer des rameaux. L'allantoïde va s'élargir et s'étendre, formant un sac très allongé entre l'amnios et le chorion qui persistera jusqu'à la mise-bas. L'allantoïde forme ainsi la première poche des eaux au moment de la mise-bas, tandis que l'amnios forme la deuxième poche des eaux.

### 5. Le cordon ombilical

Le cordon ombilical permet l'alimentation de la circulation sanguine du placenta et des placentomes, il est ainsi une structure d'échanges très importante tout au long de la gestation (Figure 9) (3).

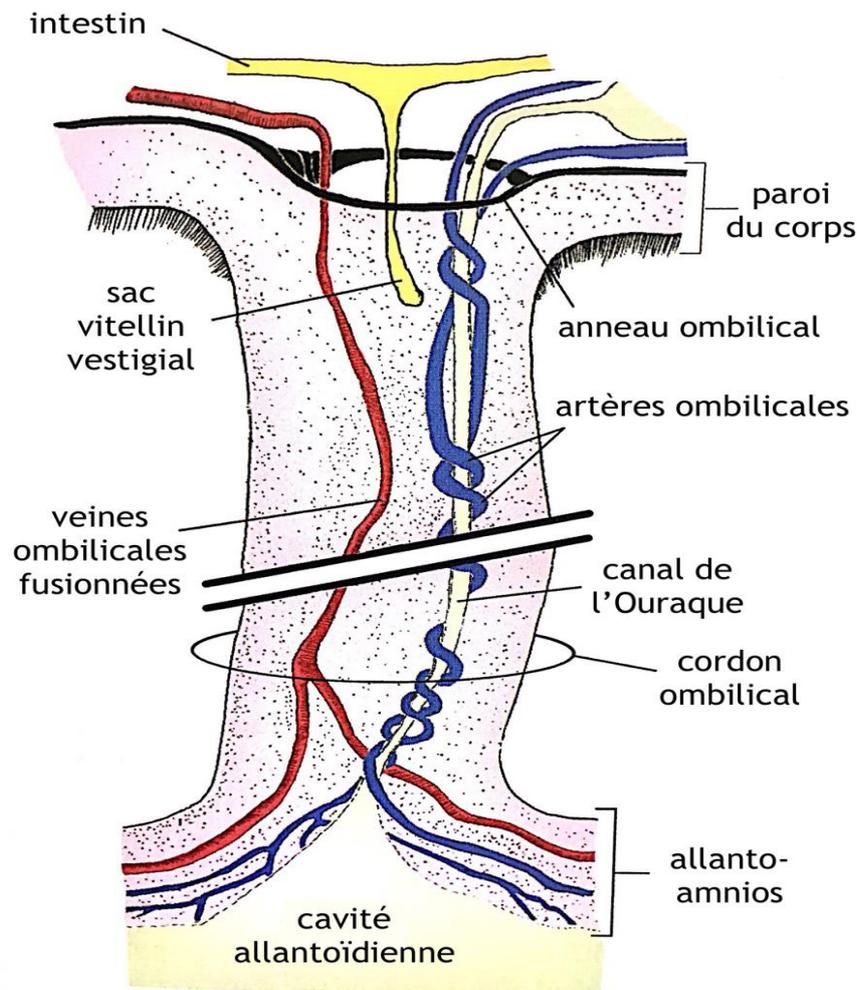


Figure 9: Vaisseaux sanguins et canal de l'ouraque du cordon ombilical  
(3)

#### iv. L'implantation et la formation du placenta

L'implantation, aussi appelée nidation, correspond à la fixation du chorion à la muqueuse utérine, permettant aussi par le même temps la formation du placenta. Juste avant cette implantation, le blastocyste est libre dans la corne utérine, et va alors se nourrir via les sécrétions des glandes utérines. Cette période de pré-implantation est longue chez la vache (16 à 19 jours) (1). La muqueuse utérine a ainsi un grand temps de préparation avant l'implantation de l'embryon, mais cela constitue aussi une période à risque car l'embryon est déjà relativement formé, et une mortalité précoce à ce stade survient dans 10 à 30% des cas. L'implantation de l'embryon va se dérouler d'une manière qui déterminera la morphologie future du placenta. Elle dépend notamment de « l'aversion » qu'aura le trophoblaste à l'encontre de l'endomètre, c'est-à-dire des actions cytolitiques et phagocytaires qu'il mettra en place ou non. Chez le bovin, il n'y a que très peu d'attaque de l'endomètre par le trophoblaste, on a alors une implantation qualifiée de « centrale ».

Le placenta, formé par l'attachement du chorion à la muqueuse utérine, va permettre la bonne implantation de l'embryon grâce aux caroncules utérines, qui forment des placentomes avec les cotylédons placentaires (figure 10) (3).

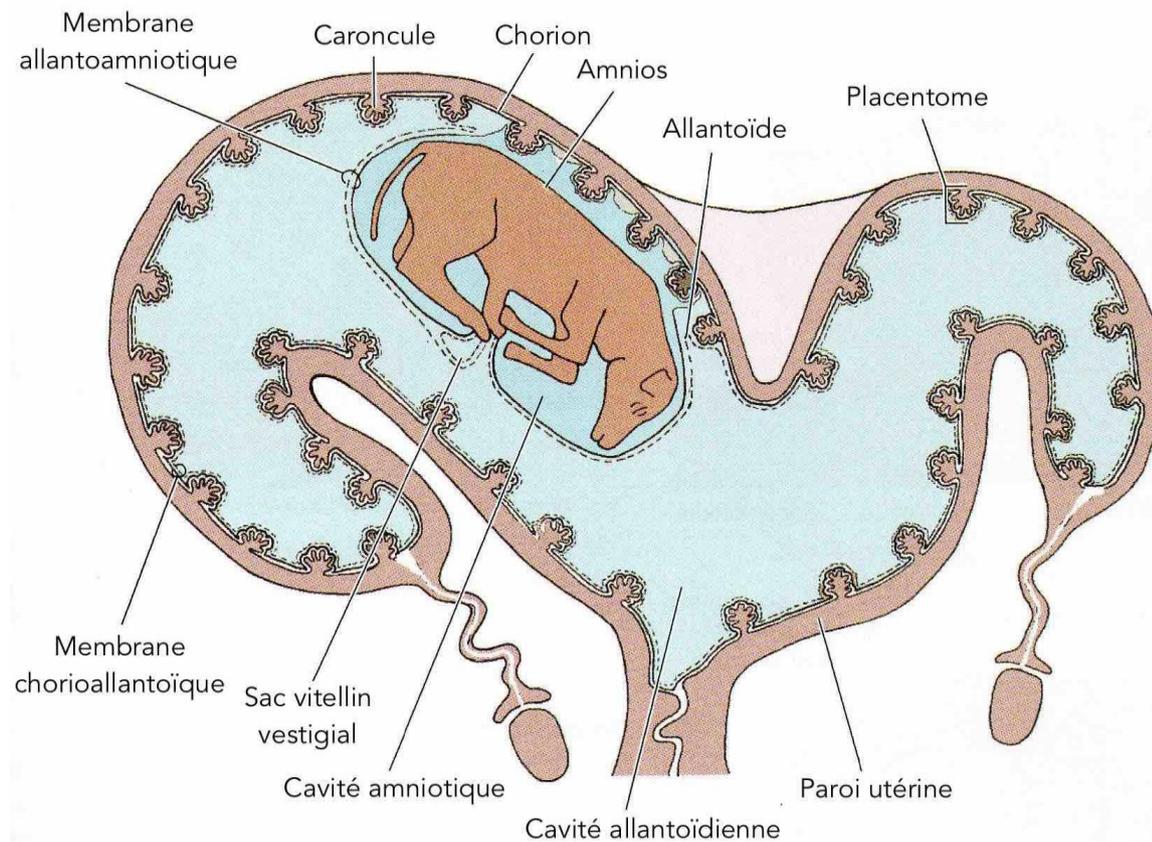
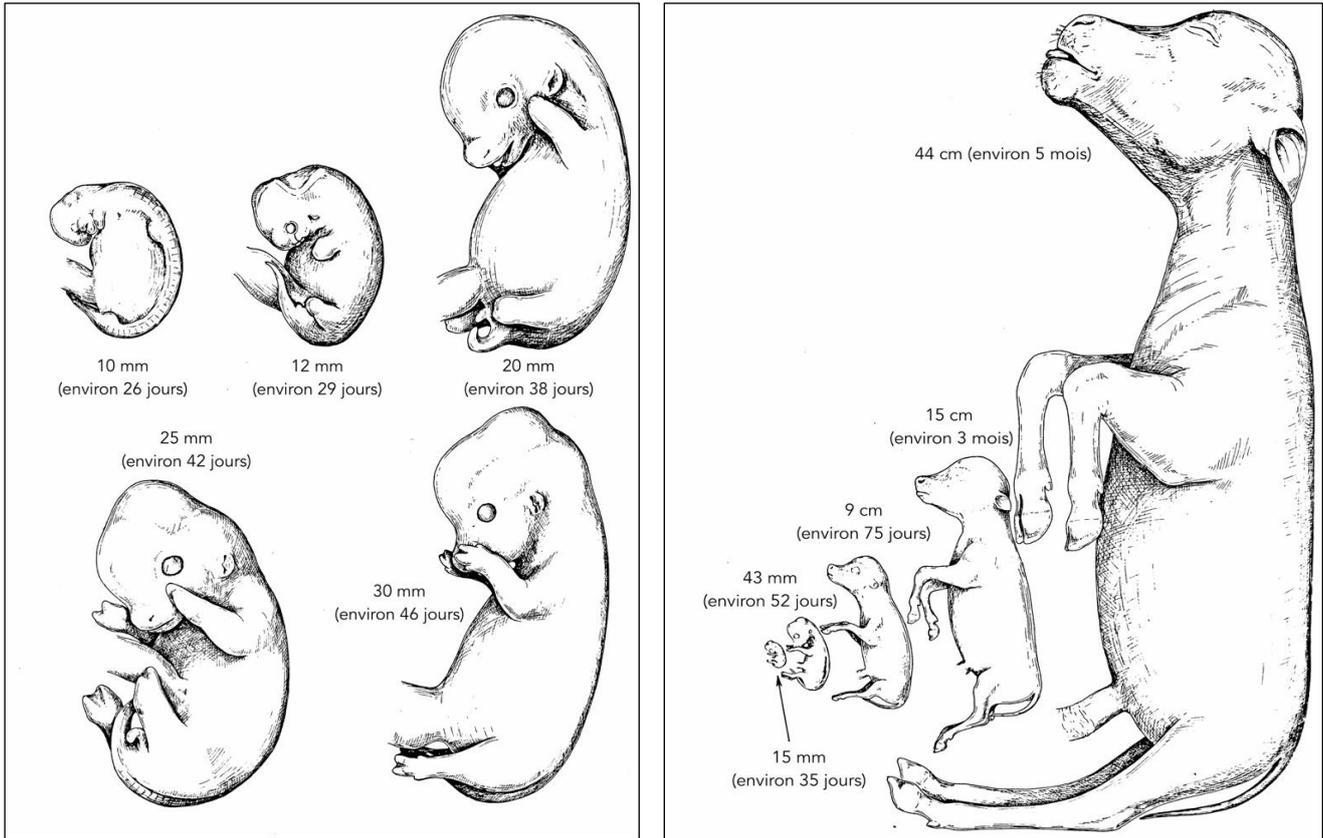


Figure 10: Implantation de l'embryon dans la corne utérine d'un bovin (3)

### b. Développement de l'embryon puis du fœtus

La gestation de la vache dure environ neuf mois et demi (entre 275 et 290j). L'embryon finit sa délimitation avec la fermeture de l'amnios vers 17-18 jours de gestation. Il fait alors trois à quatre millimètres et son cœur commence à battre à ce moment-là. A 21j, l'œil commence à se former, et à 23 et 24 jours naissent respectivement les bourgeons des membres thoraciques et pelviens. A 25j, il a une forme très incurvée sur lui-même et mesure alors huit à neuf millimètres. Vers 30 jours, on commence à apercevoir les segments des membres, et les yeux sont bien saillants. Vers 35 jours, l'embryon mesure alors 14-15 mm, on peut observer des replis autour de l'œil, qui correspondent aux futures paupières et le tubercule génital commence sa différenciation. Les doigts (encore collés entre eux) apparaissent aussi sur les membres thoraciques, puis deux jours plus tard sur les membres pelviens. C'est dans cette période que commence la période fœtale (1).

Vers 45 jours, le fœtus fait trois centimètres. La tête, le cou, les membres et la queue sont maintenant bien allongés, les doigts commencent même à se séparer, et le pavillon auriculaire est désormais bien délimité (Figure 11).



**Figure 11: Développement embryonnaire (à gauche) et fœtal (à droite) chez le bovin (1)**

A deux mois de gestation, le fœtus mesure six à sept centimètres. Les paupières ont fini de se former, les organes génitaux externes sont bien reconnaissables, et l'estomac possède déjà ses compartiments individualisés.

A quatre mois, le fœtus fait désormais 25 cm et pèse déjà 800g. Les oreilles sont clairement détachées et rabattues, la pigmentation commence à apparaître, les dents incisives sont prêtes à percer.

A cinq mois, le fœtus mesure 40 cm et pèse autour de 3,5kg, même si les différences raciales commencent à donner des disparités à ce stade de la gestation. Les cils et les poils tactiles des lèvres sont complètement développés. Les poils normaux continuent de s'étendre à tout le corps.

A six mois, les paupières, jusqu'à présent collées entre elles, s'ouvrent. Entre sept et huit mois, la pilosité et la pigmentation sont présentes partout, mais restent très fines notamment sur les membres. C'est seulement au cours du dernier mois de gestation que se forment les crins qui composent la queue et le toupet du fœtus (1).

L'anatomie et la physiologie de la reproduction des bovins sont ainsi des notions importantes à maîtriser, tout comme la connaissance des phases du développement et de la présence des annexes du fœtus lors du suivi de gestation. Ces connaissances permettent de pouvoir reconnaître les structures et interpréter les images échographiques, notamment pour connaître la période d'une vache dans son cycle de reproduction ou encore pour déterminer le stade de gestation. Ces notions physiologiques s'avèrent aussi utiles pour conseiller l'éleveur par la suite sur sa conduite de troupeau.

## **II. L'échographie dans le cadre de la reproduction bovine (Partie réalisée en commun avec N. PERRET)**

### **1) Principes physiques de l'échographie**

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

#### **a. 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 Hz (4). 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.

#### **b. 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 rencontre une interface acoustique, c'est à dire une transition entre deux milieux d'impédance acoustique différente. L'impédance acoustique correspond à l'aptitude de pénétration des ultrasons pour un milieu donné. 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 (5). 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 est réfléchi : l'écho (6) (Figure 12).

L'onde réfléchi 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.

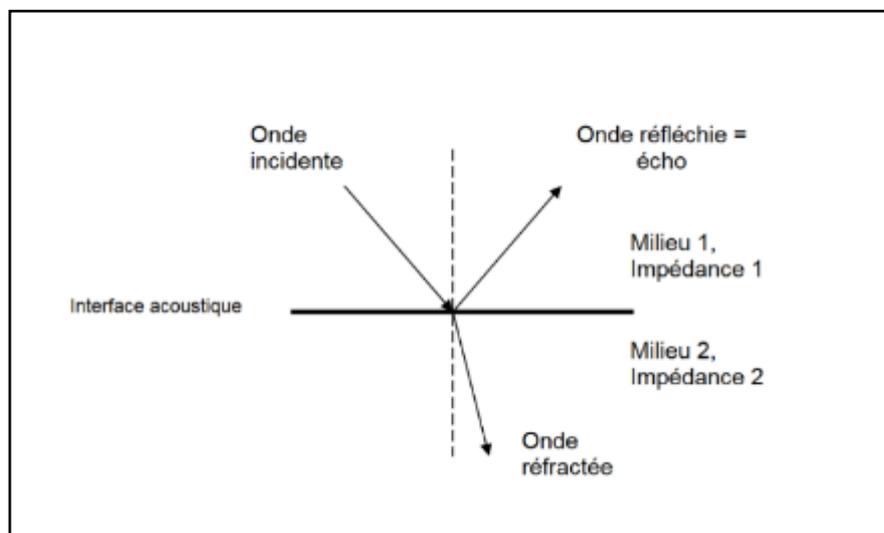


Figure 12: Réflexion et réfraction d'une onde ultrasonore au niveau d'une interface acoustique (6)

### c. Modes échographiques

En pratique, il existe deux modes échographiques. 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 (4). 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 (7). Ce deuxième mode (mode B) est dorénavant utilisé en médecine vétérinaire (voir figure 13).

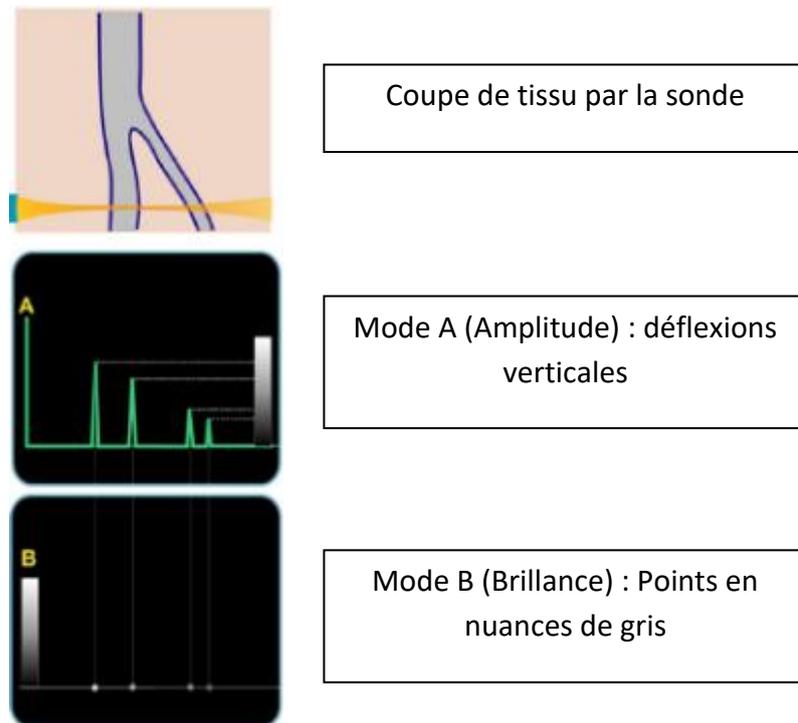


Figure 13: L'échographie en mode A et B (7)

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 14).

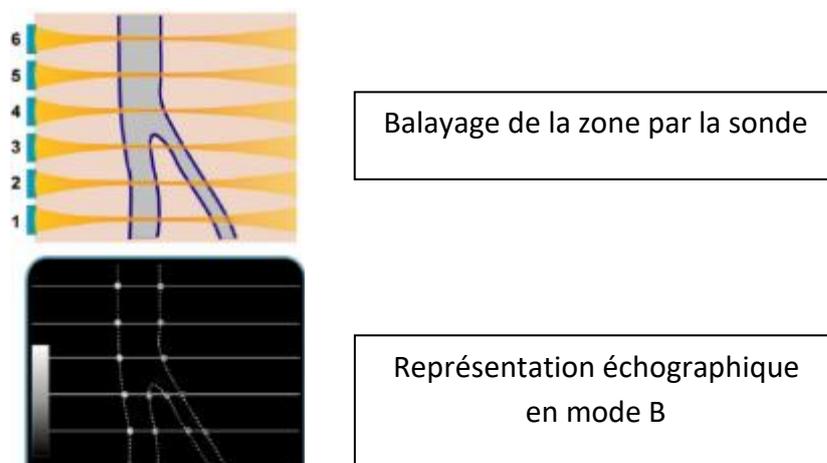


Figure 14: L'échographie bidimensionnelle ou échotomographie (7)

#### d. 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 qui va produire des **artéfacts de réverbération** (voir figure 15). Ces artéfacts sont 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 petits (artéfacts en « demi-lune »), et seul le premier doit être pris en compte (les suivants sont des artéfacts).

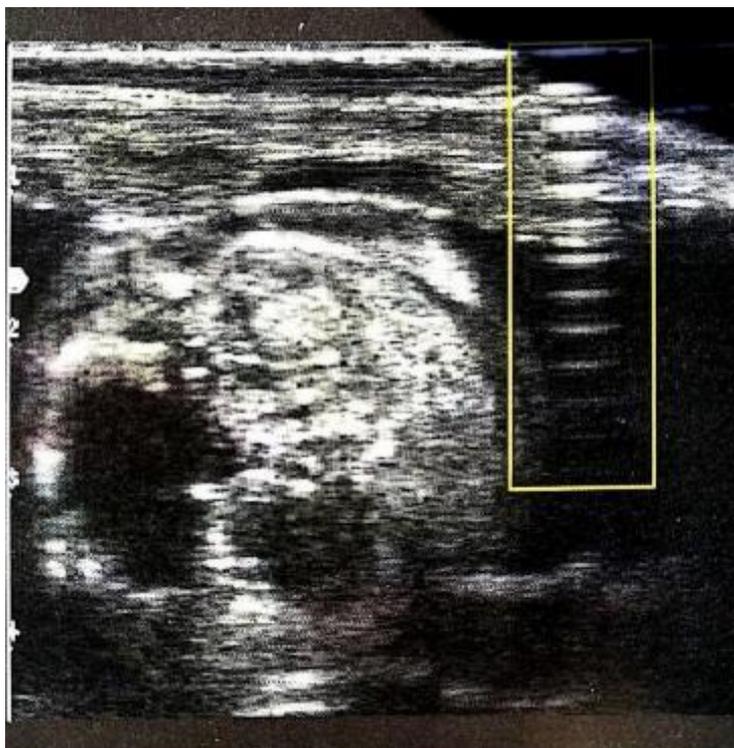


Figure 15: Artéfact de réverbération causé par la présence de gaz entre la sonde et la muqueuse rectale (11)

- Un environnement trop éclairé ou un mauvais réglage de l'appareil, ce qui réduira la capacité du praticien à interpréter les images(8) ;
- Des ombres artéfactuelles, causées par exemple par une importante réflexion à la surface du bassin, ou des cônes d'ombre (Figure 16) causés par des faisceaux qui arrivent de façon tangentielle sur les follicules (5). 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).

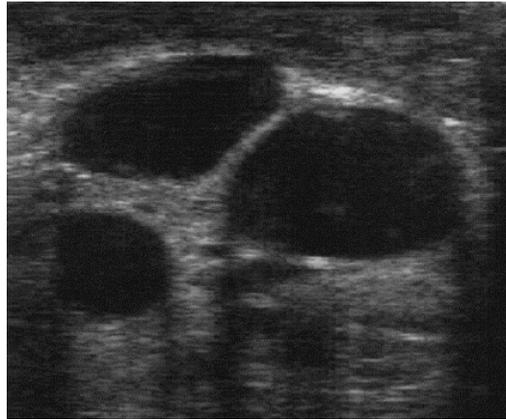


Figure 16: Cônes d'ombres sous les follicules ovariens (11)

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

## 2) Le choix de l'appareil et de la sonde

Nous nous concentrerons ici principalement sur le choix du matériel dans le cadre de l'échographie génitale bovine.

### a. 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.

### i. 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 en « part de tarte » à l'écran, c'est-à-dire une image étroite en surface et évasée en profondeur (Figure 17). L'utilisation de cette sonde est assez délicate à maîtriser, par la forme de l'image obtenue qui est en « part de tarte », car les lignes ne sont pas parallèles et donc plus difficilement interprétables. Elle est ainsi moins utilisée en gynécologie bovine que la sonde linéaire.

### ii. 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.

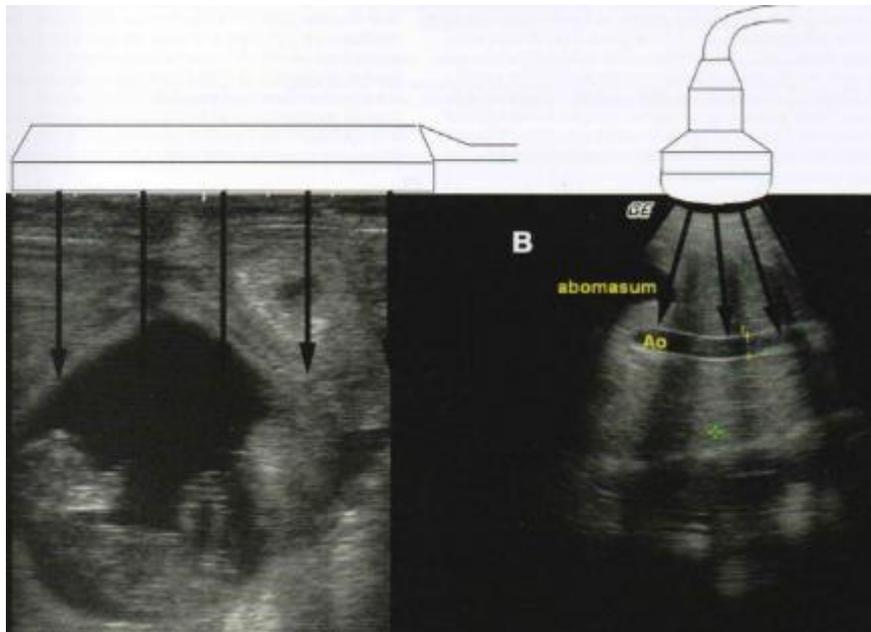


Figure 17: Image échographique obtenue par les différentes sondes (linéaire à gauche et sectorielle à droite) (11)

## b. 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 (5). 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).

## c. Le choix de l'appareil

Le choix de l'échographe est important et requiert 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 (9).

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 doutes.

Les principes de base de l'échographie sont ainsi plutôt importants à comprendre pour le praticien vétérinaire rural car ils vont lui permettre de choisir et de régler de manière adéquate 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. L'utilisation de l'échographie transrectale en médecine rurale lors du diagnostic de gestation des bovins**

#### **1) Diagnostic de gestation**

##### **a. Palpation transrectale**

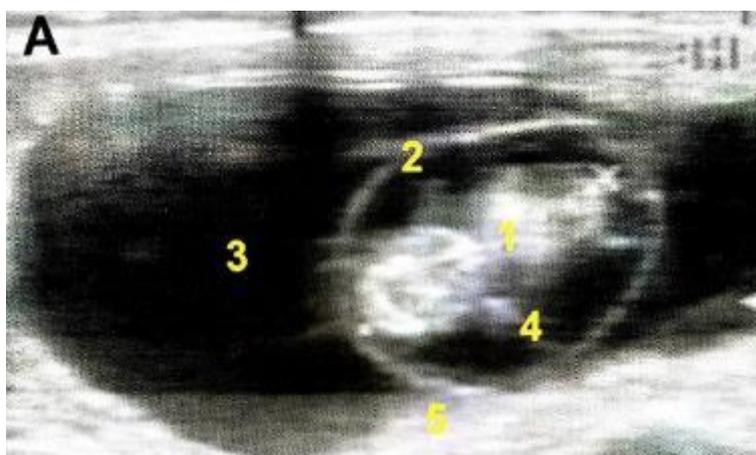
Le diagnostic de gestation par palpation transrectale est l'acte le moins coûteux, et autrefois le plus fréquemment réalisé, mais sa réussite pour un diagnostic précoce dépend grandement de l'expérience du vétérinaire, de la race et du rang de gestation de la vache. En effet, une vache âgée pourra, même si elle est vide, avoir une asymétrie des cornes ou un utérus plongeant dans la cavité abdominale, du fait de ses anciennes gestations. Il est donc très difficile de pouvoir le palper entièrement, d'autant plus qu'il n'est pas vraiment conseillé de le remonter dans la cavité abdominale, au risque de faire avorter la vache. A l'inverse, le diagnostic sera plus aisé sur les génisses pour lesquelles l'ensemble de l'appareil génital reposera sur le plancher du bassin et où le vétérinaire aura ainsi plus de facilité à l'examiner en entier.

Dans tous les cas, qu'il s'agisse d'une génisse ou d'une vache, il faudra éviter de pincer l'utérus (comme il était autrefois recommandé pour essayer de sentir les membranes allantoïdiennes et amniotiques), pour éviter un avortement. De la même façon, si l'on penche pour un diagnostic de gestation positif, il faut éviter de rechercher à palper les ovaires, au risque de léser le corps jaune gestationnel. Leur palpation est cependant recommandée lors d'un diagnostic de gestation négatif, pour essayer de trouver une explication et indiquer une conduite à tenir à l'éleveur pour la suite (10).

Ce diagnostic par palpation transrectale reste ainsi très variable d'un praticien à l'autre, et ne peut être fiable, pour les plus aguerris, qu'à partir de 35 jours environ. Mais on va considérer en général que cet examen aura une bonne exactitude à partir de 40-45 jours de gestation. L'échographie paraît ainsi être une méthode de choix, plus fiable et plus précoce, même si elle nécessite aussi un apprentissage d'utilisation.

## b. Diagnostic de gestation précoce par échographie

En tout début de gestation, il sera possible de détecter la présence de liquide anéchogène dans la lumière utérine. Cette quantité de liquide peut être insuffisante avant 27-28 jours de gestation pour confirmer un diagnostic positif, c'est pour cette raison que les valeurs diagnostiques sont meilleures après 28 jours, d'autant plus que la présence de liquide anéchogène peut être possible autour de l'œstrus de la vache vide, et que cela peut être confondu avec un début de gestation pour un praticien moins expérimenté (11). Il peut être difficile d'objectiver l'embryon avant 30 jours de gestation, car ce dernier est vraiment contre la paroi utérine et peut parfois être masqué par les replis que forme l'endomètre. A 30j, on verra aussi apparaître la membrane amniotique autour de l'embryon, et à 35j les placentomes commenceront à être visibles (voir figure 18). On pourra les repérer comme des petites excroissances de la paroi utérine. A 40-60 jours de gestation, les placentomes seront très visibles car bien individualisés de la paroi utérine, ils ressembleront à des sortes de champignons prenant pied sur celle-ci.



**Figure 18: Embryon de 40 jours (20mm) (11)**

*1 : embryon ; 2 : membrane amniotique ; 3 : liquide allantoïdien ;  
4 : membre ; 5 : placentome*

A partir de 45j de gestation, le fœtus va commencer à avoir des mouvements, qui pourront être détectables à l'échographie. Il a été montré que pendant un examen échographique de 5 minutes, le fœtus est en mouvement 60% du temps. C'est aussi à partir de ce moment-là que l'on va voir apparaître les premiers centres d'ossification au niveau des os comme les côtes, les vertèbres, les os du bassin, de la tête et des membres (12).

## c. Diagnostic de gestation tardif (>100j)

Après trois mois de gestation, l'échographie n'a plus vraiment grand intérêt pour effectuer un diagnostic de gestation, car le fœtus sera situé trop profondément pour l'apercevoir, ou seulement quelques parties seront visibles. On pourra par contre bien

observer les nombreux placentomes et du liquide en grande quantité, ce qui est un indicateur fort de la gestation, mais il sera difficile d'évaluer la viabilité du fœtus par cette méthode.

On pourra par contre avoir de nombreuses informations par palpation transrectale, en sentant une des deux cornes avec un beaucoup plus grand volume, avec présence de liquide à l'intérieur. Au quatrième mois de gestation, on pourra même aisément sentir le fœtus à la palpation, ainsi que les placentomes. Aux cinquième et sixième mois de gestation, c'est le moment de la gestation où le fœtus « tombe » dans l'abdomen de la vache, entraînant avec lui tout l'utérus et rendant sa palpation très compliquée voire impossible. Dans le dernier tiers de gestation (7-9 mois), le fœtus remonte progressivement et il sera très facile de le palper directement, grâce aux structures osseuses : en général les membres, mais aussi la tête selon la présentation du fœtus.(13)

#### d. Diagnostic de gestation négatif

Ce diagnostic est peut-être moins réjouissant pour l'éleveur qu'un diagnostic positif ; il en reste néanmoins tout aussi important, car il permet à l'éleveur de décider du futur de l'animal. Il permet par exemple de remettre rapidement à la reproduction un animal détecté non-gravide, pour limiter au maximum le nombre de jours improductifs de celui-ci et limiter l'augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage, car on sait qu'une augmentation de cet intervalle implique une perte économique.

Le diagnostic négatif de gestation est en général plus long qu'un diagnostic positif, car il nécessite de bien étudier l'appareil génital dans son ensemble pour éviter un résultat faussement négatif. On vérifiera notamment la présence ou non de corps jaune sur les ovaires, son absence permettant de conclure efficacement à une non-gestation. A l'échographie, lors d'absence de gestation, on aura une lumière utérine inexistante ou très réduite, du fait de l'absence de liquide. Il est important dans tous les cas de bien prendre son temps lors de l'examen, et de conseiller une réévaluation 1 mois plus tard en cas de doute d'une gestation vraiment débutante qui ne pourrait pas encore être décelable à l'échographie.

## 2) Détermination de l'âge de l'embryon ou du fœtus

L'estimation de l'âge de l'embryon ou du fœtus peut être très intéressante pour l'éleveur afin de préparer au mieux ses vaches à la mise-bas, par exemple pour la prophylaxie vaccinale, les traitements antiparasitaires ou s'il veut améliorer la surveillance du vêlage en créant des lots d'animaux avec des dates de vêlage proches (14). En effet, lorsque les vaches/génisses sont inséminées artificiellement, cela peut permettre parfois de se rendre compte que l'insémination fécondante est antérieure à celle que l'éleveur avait retenu. Lors de monte naturelle, cela est encore plus utile étant donné que l'éleveur n'a souvent que très peu d'idée de la date de la saillie.

Cette estimation peut se faire en mesurant différents paramètres (corps entier, organes particuliers etc). La mesure la plus précise est celle de la longueur vertex-coccyx, correspondant à la distance entre le sommet du crâne et la première vertèbre coccygienne (le tableau I présente les valeurs en début de gestation). On ne peut toutefois utiliser cette mesure que jusqu'à 3 mois de gestation maximum, car au-delà, la dimension du fœtus est supérieure à celle de l'écran (15, 16).

Tableau I : Age du fœtus en fonction de sa longueur à l'échographie (17)

<b>Longueur tête - coccyx (mm)</b>	<b>Age du fœtus (jours)</b>
15	34
20	39
30	45
40	50
50	54
60	57
70	60

On peut aussi réaliser cette estimation sur une coupe transversale du fœtus, ou en mesurant sa largeur si on se trouve sur une coupe horizontale (Tableau II). On se placera pour cela au niveau le plus large du thorax, dans la région des dernières côtes si possible. On pourra utiliser cette mesure jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de gestation car comme précédemment, à partir de ce moment-là, la largeur du fœtus dépassera la taille de l'image (17).

Tableau II : Age du fœtus en fonction de sa largeur à l'échographie (17)

<b>Largeur du thorax (mm)</b>	<b>Age du fœtus (jours)</b>
15	54
20	65
30	80
40	91
50	99
60	106
70	112

On peut ensuite utiliser la longueur de la tête du fœtus pour essayer d'estimer son âge, si l'on arrive à obtenir une coupe horizontale (Tableau III).

Tableau III : Age du fœtus en fonction de la longueur de sa tête à l'échographie (17)

<b>Longueur de la tête (mm)</b>	<b>Age du fœtus (jours)</b>
25	62
30	70
35	76
40	81
50	90
60	98
70	104

Enfin, un des derniers paramètres facilement observables pour estimer l'âge du fœtus est la taille de l'œil, car on peut le suivre tout au long de la gestation (Tableau IV). Il faut cependant réussir à l'avoir en plan de coupe et cela est plutôt difficile en début de gestation.

Tableau IV : Age du fœtus en fonction du diamètre de son œil à l'échographie (17)

<b>Largeur de l'œil (mm)</b>	<b>Age du fœtus (jours)</b>
5	67
10	88
15	116
20	153
25	201

D'autres paramètres peuvent être mesurés comme la taille du cordon ombilical, la longueur des os longs des membres, la cavité de l'estomac ou encore la fréquence cardiaque du fœtus, mais ils ne peuvent être utilisés indépendamment d'autres paramètres pour estimer l'âge car ils ne sont pas assez fiables, ou difficilement atteignables car ils nécessitent un plan de coupe très précis. Ainsi les paramètres les plus fiables lors de diagnostic précoce restent la mesure de la longueur ou de la largeur du fœtus. Lors de diagnostics plus tardifs, on se limitera en général à estimer le mois de gestation et non plus l'âge exact du fœtus (16).

### 3) Sexage du fœtus

Le diagnostic du sexe du fœtus d'un bovin peut s'avérer très utile selon les besoins des éleveurs pour gérer la reproduction de leurs troupeaux. Cela peut notamment leur permettre de prévoir leur renouvellement, en connaissant le nombre de génisses futures, et de gérer

leurs réformes. Cela peut aussi avoir un intérêt pour les éleveurs avec une bonne génétique de troupeau lors de la vente de vaches gravides car une reproductrice avec un fœtus femelle sera mieux valorisée.

Le sexe du fœtus peut être déterminé à un moment bien précis de la gestation, entre 60 et 120 jours selon la méthode utilisée. Ainsi entre 58 et 70 jours de gestation on pourra différencier le sexe selon la localisation du tubercule génital alors qu'entre 70 et 120 jours de gestation on pourra identifier les organes génitaux externes (18).

### a. Diagnostic par localisation du tubercule génital

C'est le plus utilisé en pratique. Le diagnostic du sexe se fait ainsi sur la détermination de la localisation du tubercule génital, entre 58 et 70 jours de gestation. En effet, ce dernier est bien reconnaissable en échographie : il s'agit d'une structure hyperéchogène composée de deux lobes allongés de forme ovale. Il faut cependant que l'échographie du fœtus soit faite en coupe horizontale (ou transversale) car c'est dans cette position que l'on reconnaît le plus facilement la structure, la forme bilobée étant difficilement identifiable en coupe sagittale. En pratique, il est tout de même nécessaire d'avoir une bonne expérience car l'on obtient souvent des coupes intermédiaires, dues à la mobilité du fœtus (18).

Avant la différenciation mâle-femelle, le tubercule génital est situé entre les deux membres postérieurs, à égale distance du cordon ombilical et de la queue. Chez le mâle, le tubercule génital va migrer vers le cordon ombilical (voir figure 19), tandis que chez la femelle, ce dernier sera situé sous la queue (Figure 20). La migration est plus rapide chez la femelle : le tubercule génital est en place à 53 jours de gestation contre 58 chez le mâle ; c'est pour cette raison que l'on attend 58-60 jours de gestation pour effectuer ce diagnostic de sexe.

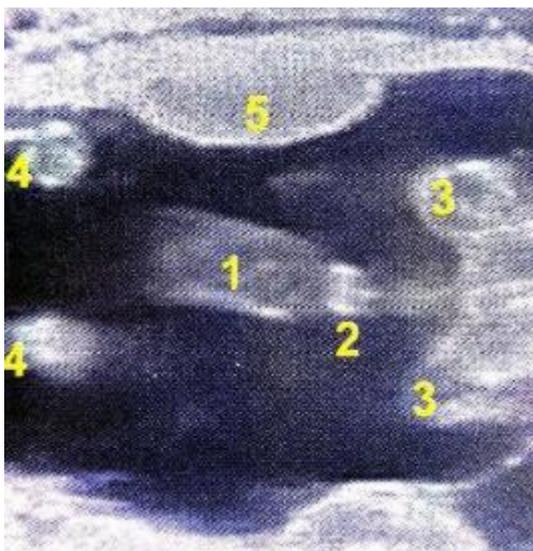


Figure 19: Fœtus mâle à 65j de gestation, coupe longitudinale (11)

*1: cordon ombilical ; 2: tubercule génital ; 3: membres postérieurs ; 4: membres antérieurs*

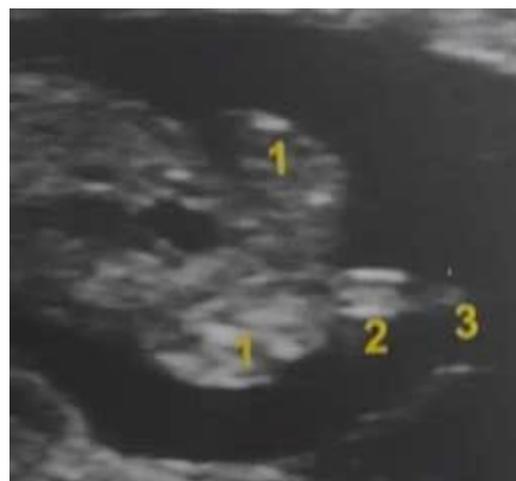


Figure 20 : Fœtus femelle à 60j de gestation, coupe longitudinale (11)

*1: membres postérieurs ; 2: tubercule génital ; 3: queue*

Dans tous les cas, il sera important de réaliser une double confirmation, c'est-à-dire vérifier l'absence de tubercule génital au niveau du cordon si l'on pense avoir identifié une femelle, et inversement.

### b. Diagnostic par identification des organes génitaux externes

A partir de 70 jours de gestation, on va avoir apparition des organes génitaux externes. Chez le mâle, le tubercule génital va être recouvert par le prépuce, tandis qu'il sera recouvert par les petites lèvres chez la femelle. Cela va faire perdre au tubercule génital son aspect bilobé et son échogénicité. On parlera à partir de ce stade de pénis et de clitoris.

A l'échographie, on pourra visualiser le scrotum ou les trayons en coupe transversale. Le scrotum apparaîtra entre les deux postérieurs, toujours à côté du cordon ombilical, sous la forme d'une masse échogène. Au-delà de 100 jours, on aperçoit même les testicules comme deux petites masses rondes à l'intérieur du scrotum. Chez la femelle, on reconnaît assez aisément les ébauches de trayons entre les membres postérieurs sous la queue (18).



Figure 21 : Fœtus mâle à 88j de gestation (18)

1: pénis ; 2 : cordon ombilical ; 3: membres postérieurs



Figure 22 : Fœtus femelle à 77j de gestation (18)

1: ébauches de trayons ; 3: queue ; 4: cotylédons

Ce diagnostic plus tardif des organes génitaux est moins réalisé en pratique car plus complexe. La zone échographique est plus difficile à repérer à cause de plusieurs facteurs. La position de l'utérus au moment de l'échographie peut empêcher de visualiser de manière précise la zone, par exemple à cause de la présence de cotylédons. L'expérience du praticien est aussi à prendre en compte, par son aptitude à manipuler la sonde pour effectuer les bons

plans de coupe du fœtus pour repérer la bonne zone. C'est pour toutes ces raisons que l'on préférera réaliser le diagnostic du sexe du fœtus plus précocement par la position du tubercule génital. De plus, plus le stade de gestation sera avancé et moins il sera facile d'identifier les organes génitaux externes et donc de déterminer le sexe, en raison de la taille importante du fœtus et des difficultés de repères sur l'écran échographique. Le fœtus sera aussi de moins en moins accessible au praticien car il va « plonger » dans la cavité abdominale. Il est donc plutôt recommandé, si l'on veut effectuer un sexage tardif, de le réaliser entre 80 et 100 jours de gestation (19).

#### 4) Diagnostic de gémellité

Le diagnostic de gémellité peut être intéressant pour l'éleveur pour adapter le régime alimentaire de la mère en pré-partum, mais surtout pour déterminer les gestations à risque ; les gestations gémellaires ayant plus de risques de complications au vêlage. En effet, une étude a montré que le taux de mortalité était beaucoup plus élevé pour des veaux issus de gestation gémellaire que pour ceux issus de gestation simple (respectivement 28,2% de mortalité contre 7,2%) (20). Un indice pouvant orienter notre recherche de gémellité peut être la présence de deux corps jaunes lors de l'observation des ovaires. On sera ainsi plus attentif lorsque l'on parcourra les cornes utérines.

L'identification d'une gémellité n'est pas aisée, puisque pour être certain de son diagnostic, il faut réussir à observer, sur une même image échographique, les deux embryons. Il faut par exemple rester prudent lors de gestations assez avancée (3-4 mois de gestation), car il peut y avoir une confusion avec deux coupes différentes du même fœtus. Ainsi, la période favorable pour détecter les gémellités sera entre 30 et 100 jours de gestation, avec un diagnostic optimal entre 40 et 75 jours (14).

#### 5) Identification d'affections de la reproduction

##### a. Mortalité embryonnaire

La mortalité embryonnaire correspond à l'interruption de la gestation entre le jour de la fécondation et 45 jours de gestation, on parlera de mortalité fœtale (avortement) au-delà de 45 jours. La majorité des mortalités embryonnaires ont lieu avant 25j de gestation et ne sont pas détectables par échographies. Elles ne décalent même quelques fois que très peu l'œstrus de la vache et passent ainsi inaperçues. La période 25-42j de gestation reste critique (10-15% des pertes embryonnaires) car c'est à ce moment-là que se passe la fixation des membranes embryonnaires à la paroi utérine (21). Ces pertes embryonnaires sont influencées par de nombreux paramètres comme le climat, la santé du troupeau et de l'individu lui-même, ou encore les mesures de biosécurité que l'éleveur met en place dans son élevage. Les

mortalités embryonnaires vont entraîner une augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage de l'élevage et cela représente donc des pertes économiques pour l'éleveur.

A l'échographie, le praticien suspectera une mortalité embryonnaire lorsqu'il observera de nombreux débris échogènes dans le liquide amniotique et allantoïdien, ou un embryon avec des contours mal définis (voir figure 7). Dans ces cas de suspicion, il faudra essayer de visualiser des signes de vitalité comme des mouvements ou battements cardiaques si l'on veut infirmer l'hypothèse. En cas de mortalité embryonnaire, l'embryon et les débris associés ne seront pas résorbés dans l'utérus mais bien expulsés par le col utérin (11).



Figure 23: Mortalité embryonnaire observée à l'échographie à 30j de gestation (11)

*1 : embryon dégénéré hors du liquide amniotique ; 2 : Liquide amniotique ;  
3 : Liquide allantoïdien*

### **b. Hydropisie des enveloppes fœtales**

L'hydropisie des enveloppes fœtales correspond à une accumulation excessive du liquide allantoïdien (hydro-allantoïde) et/ou amniotique (hydramnios), avec une forte prédominance de l'hydro-allantoïde (dans 90% des cas). Elle se rencontre le plus souvent chez la vache dans la deuxième moitié de la gestation. Alors que le volume du liquide allantoïdien est de dix litres environ lors de gestation normale, il peut atteindre 150 à 200 litres en cas d'hydro-allantoïde. Le placenta est très œdémateux, et la palpation transrectale du fœtus devient ainsi impossible. Chez la mère, la distension de l'abdomen va intervenir de manière assez brutale, elle va boire abondamment mais va se déshydrater dans un même temps. Elle présentera aussi assez souvent une tachycardie et une dyspnée. Sans arrêt de la gestation de

manière pharmacologique, la vache va dépérir lentement. Lors de l'arrêt de la gestation et de la vidange du liquide de l'utérus, il faudra fortement réhydrater la vache et éviter l'élimination trop rapide de cette grande quantité de liquide pour lui éviter un choc hypovolémique (22).

La cause de l'hydropisie des membranes fœtales est assez mal connue, mais on remarque qu'elle intervient la plupart du temps lors de gestations gémellaires ou de la présence de veaux anormaux (veaux cœlosomiens par exemple).



Figure 24: Hydropisie des enveloppes fœtales  
(Source : JMN Vetofocus)

### c. Momification

On peut parfois diagnostiquer à l'échographie une momification fœtale. Celle-ci sera représentée par des images échographiques avec une disparition des liquides amniotique et allantoïdien, une paroi utérine souvent épaissie, et un amas des différents os du fœtus, qu'on repérera avec de nombreux cônes d'ombre présents en dessous. Le reste du fœtus (muscles, peau, etc.) vont se rétracter et se résorber, c'est pour cette raison que l'on ne retrouve plus la forme normale d'un fœtus et que l'on a une forme compacte et amorphe, avec très peu ou pas de liquide autour (23).

Le diagnostic de gestation des bovins peut s'effectuer de manière précoce ou tardive, par palpation transrectale ou par échographie. L'échographie a l'avantage de permettre un diagnostic de gestation plus précoce, mais aussi de déterminer l'avancée de la gestation et même quelques fois le sexe du fœtus si l'on arrive à obtenir les bonnes coupes au bon moment de la gestation. Elle permettra aussi, plus rarement, d'objectiver certaines affections de la gestation.



# **Deuxième partie : Intérêts et limites** **de la simulation dans l'apprentissage** **de l'échographie de gestation bovine**

(Partie réalisée en commun avec N. PERRET)

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. Les problèmes posés par l'enseignement de l'échographie génitale bovine en école vétérinaire**

### **1) Les modalités de l'enseignement actuel**

#### **a. 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 (24). 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.

Durant ces TP, les élèves sont présents en nombre 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 échographes, 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.

## b. Dans les 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 (25) :

- Les vétérinaires encadrant les séances doivent être habilités et au nombre de 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 15 mois, 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 vaginal peuvent être examinées.

- Au maximum 5 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 (26). La palpation transrectale et l'échographie génitale sont de grade 4, c'est-à-dire étant décrits 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.

### c. 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'échographies 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 clubs est très importante car elle permet pour beaucoup l'acquisition d'expérience par les élèves en parallèle des études officielles proposées par l'école. Dans le cas de Lyon par exemple, les GTV junior (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. (27)

## 2) Les difficultés pratiques et pédagogiques lors de l'enseignement

### a. 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 transrectale 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 diagnostics corrects (28). 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 réforme pour constituer un troupeau pédagogique. Cela nécessite d'avoir sur le campus universitaire les infrastructures nécessaires à l'accueil de bovins, et des personnels pour s'en occuper. De plus, le nombre d'étudiants 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 gestation lors de la palpation transrectale, ce qui semble être une crainte justifiée car, selon certaines études, une pression excessive exercée sur une vésicule amniotique augmenterait le risque de mortalité embryonnaire (29).

Une autre problématique est le nombre de matériels proportionnellement au nombre d'étudiant. En effet un échographe coûte en moyenne 7 000€, 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 5 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 françaises en 2006, 554 en 2017, 636 en 2019, 646 en 2020 et 2021 (30). 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.

## b. Problématiques pédagogiques

La palpation transrectale et l'échographie génitale sont avant tout des actes basés 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 toucher 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 (31) ou à évaluer les structures ovariennes (13). Il est donc compréhensible que les étudiants éprouvent des difficultés lors de l'apprentissage 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 (32). Les vétérinaires ne semblent donc pas maîtriser correctement ces actes à la fin de leur études et ils admettent que l'amélioration de la formation serait difficile du fait que ce savoir-faire s'acquiert avec la pratique.

## 3) Le problème éthique du bien-être animal

Le bien-être animal est un sujet au cœur des discussions de nos jours, comme on peut le voir avec les nombreuses publications de l'association L-214 dénonçant des faits de maltraitance.(33) De plus, 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.* » (34). 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 facile lorsqu'il s'agit d'apprendre certains gestes techniques.

## a. 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 cet animal car il n'est pas très expressif et le montrera peu. Malgré tout, des études ont montré que la palpation transrectale était un acte stressant pour le bovin, avec l'augmentation de leur fréquence cardiaque et de leur cortisolémie (hormone du stress par excellence) (35–37). Ce stress serait, certes, observé seulement à court terme, mais on peut se poser la question de l'utilité ou non de ce dernier pour l'apprentissage de la palpation transrectale ou de l'échographie des voies génitales. D'autant plus qu'un étudiant non expérimenté va impliquer un temps d'examen beaucoup plus long qu'un vétérinaire praticien ne le ferait, et donc induire un stress d'autant plus important à l'animal.

## b. 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 (38).

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 (39). 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

### 1) L'intérêt de la simulation en médecine vétérinaire

#### a. 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 » (40), le bien-être et la protection animale sont de plus en plus pris en compte au jour d'aujourd'hui. Les écoles vétérinaires deviennent ainsi une sorte d'ambassadeurs, de centres de référence 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 » (34).

#### b. Intérêt pédagogique de bien-être de l'étudiant

##### i. 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 également reconnu que le stress et le manque de confiance en soi sont des sentiments nocifs pour le travail des étudiants (41, 42).

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 (41, 42).

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 par 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 (43).

## ii. Apprentissage des gestes techniques

Tout apprentissage jusqu'à la maîtrise d'un acte repose sur la répétition de celui-ci (44). 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 prévues de manière obligatoire à l'emploi du temps.

Il peut ainsi, sans stress de mettre en danger l'animal ou la personne qui effectue la contention, faire 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 pour le moment où il sera face à un animal vivant. Il peut ainsi étaler son apprentissage dans le temps et évoluer à son rythme (45). 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 lors de situations réelles, 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.

## 2) Tour d'horizon des salles de simulation dans le monde

### a. Les salles de simulation dans le monde

Les salles de simulation existent déjà 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 simulation se sont développés en médecine vétérinaire (46). De nombreuses salles de simulation ont été ouvertes dans les universités Nord-Américaines tout d'abord (47), puis en Europe, notamment au Royaume-Uni (Londres en 2004 et Nottingham en 2009), en Allemagne, aux Pays-Bas, en Autriche, en France et en Irlande (Dublin en 2013) (48, 49).

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 (50). 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.

### b. 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 (51). Dans le cadre de la reproduction bovine, on peut trouver aux Etats-Unis des modèles de palpation de bovins gravides,(47) 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.

## 3) Les limites de l'utilisation de modèles de simulation

### a. Le coût des salles de simulation

#### i. Coûts 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 (52). 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.

#### ii. 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, donc il y aura 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.

### b. 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.

### c. 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, 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 (44).

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 (53).

#### 4) Les autres alternatives à l'enseignement actuel de l'échographie génitale bovine

##### a. La coéloscopie

La coéloscopie 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 (54).

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'agisse 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 de répondre à la devise « jamais la première fois sur un animal vivant ».

##### b. 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 (51). 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 (55). Aux Etats-Unis, un modèle a été créé pour l'apprentissage de l'échographie de gestation chez le porc (56). 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 ainsi 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.

# Troisième partie : Réalisation d'un support pédagogique pour la salle de simulation

Après avoir vu les avantages que pourrait apporter un atelier d'échographie en reproduction 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'alcool 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'image échographique, associer leurs gestes et leurs sensations aux images obtenues... 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 N. PERRET)**

### **1) 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 plastique avec couvercle devant être étanche. Ces bacs servaient à la fixation des utérus.
- Petits crochets pouvant être collés au fond des bacs en plastique
- Fil de suture avec aiguille sertie
- Solution de formol à 10%
- Hotte aspirante de laboratoire

- Poches de perfusion de Ringer Lactate de 5 litres
- Scelleuse de sachets plastique
- Aiguille roses 18G
- Seringue de 50 ml
- Éthanol à 70°
- Blouse de laboratoire
- Gants à usage unique en nitrile

## 2) Mise au point de la technique de fixation

### a. Les différentes méthodes de fixation

Pour effectuer une bonne fixation de tissus, certains critères sont à respecter :

- Elle 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, on parle en général d'un volume correspondant à 10 ou 20 fois le volume de l'organe à fixer ;
- Le liquide fixateur doit être de bonne qualité pour dégrader le moins possible les tissus et conserver leur structure de base.

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 formol 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 par la réglementation de lui trouver un substituant si cela est possible techniquement.(57) Nous avons donc cherché d'autres moyens de fixer nos utérus et avons effectué plusieurs essais.

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 vraiment une alternative au formol. Il existe ensuite assez peu de fixateurs ne comprenant pas de formol :

- Le **liquide de Carnoy**, 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, bon fixateur pour de la microscopie électronique, utilisé surtout pour les tissus nerveux

- Le **glyoxal**, ou éthanedial qui est le plus petit aldéhyde existant, bon fixateur pour les petits prélèvements mais qualité très inférieure au formol pour des fixations plus polyvalentes (57).
- 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 (58).
- L'**éthanol**, fixe bien mais durcit beaucoup les tissus, pas trop utilisé pour fixer des pièces histologiques. Mais ce dernier étant très facilement accessible à l'école vétérinaire, nous avons essayé ce fixateur-ci.

### b. Premiers essais de fixation

Après nos recherches, nous avons donc essayé des premières fixations dans l'éthanol 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.
- 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 à 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.

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 10 jours
- Un utérus de chèvre dans du formol 4% en injectant les cornes de 10mL de formol 4% pendant 10 jours

De belles images échographiques ont été obtenues après les deux essais dans le formol, avec une meilleure observation du corps utérin et de la bifurcation des cornes utérines pour le modèle avec injection de formol dans les cornes.

### c. La méthode de fixation retenue pour l'atelier

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 injectée 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.

### 3) 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 et qu'il soit bien immergé 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 figure 1 dans la première partie).

#### a. Flottabilité de l'utérus

Lorsque l'utérus a été mis dans la boîte de fixation avec le liquide fixateur (formol), il flottait. Deux problèmes ont alors été 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, ils 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.

#### b. 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 fabriqué nous-même puis les avons collés à l'aide d'un pistolet à colle au fond de nos boîtes de fixation comme sur la figure 25. 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 25 : Crochet permettant de fixer l'utérus  
(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

### c. 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 26). 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).

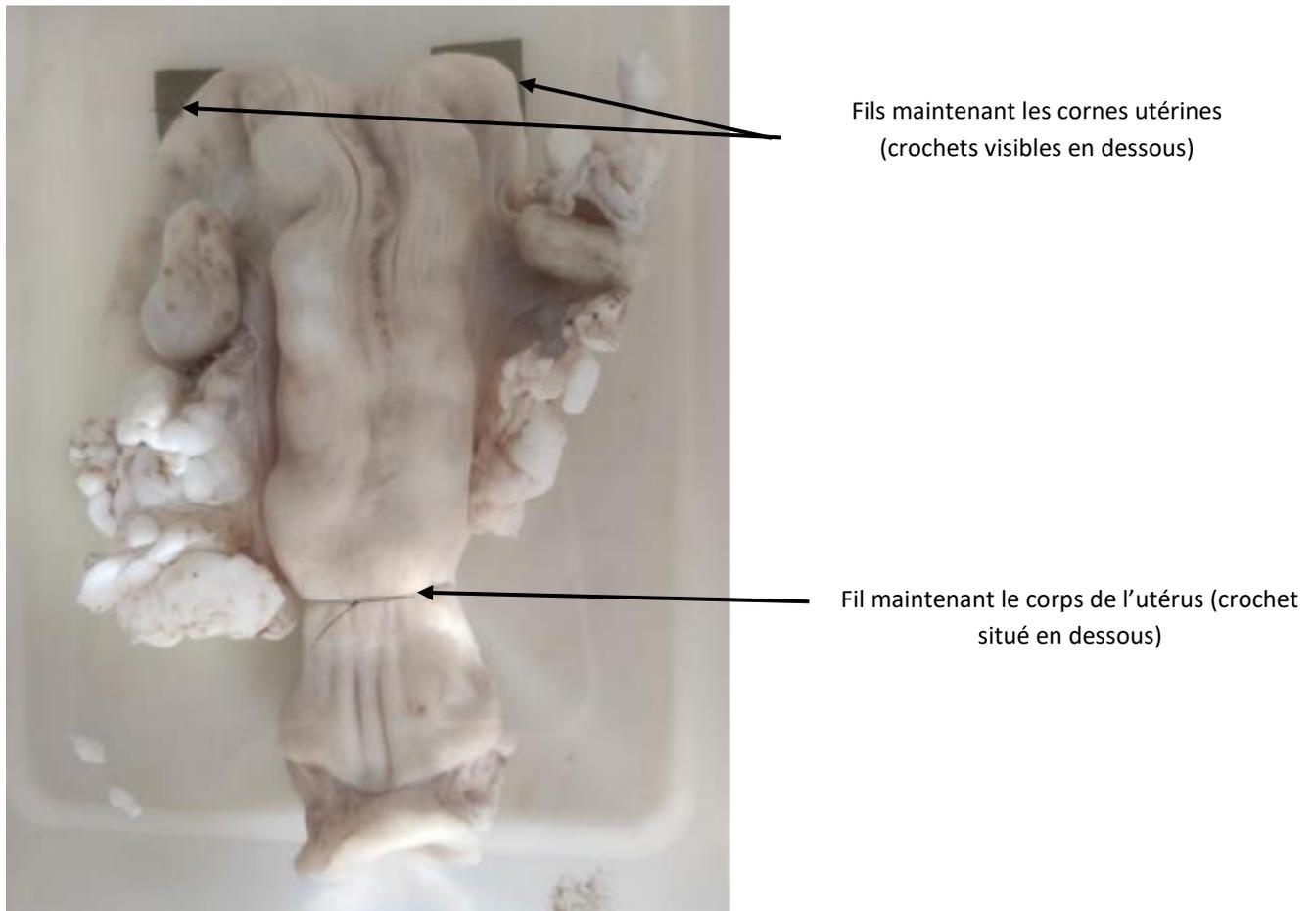


Figure 26 : Fixation d'un utérus en position physiologique (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

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. Toute manipulation du formol a été réalisée en laboratoire d'anatomie pathologique, sous une hotte aspirante, pour limiter les vapeurs toxiques.

#### 4) 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.

### a. 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 27). Plusieurs soudures ont été réalisées afin de sécuriser le modèle.



Figure 27 : Photo d'une sertisseuse (à gauche) et de son utilisation pour fermer une poche (à droite). (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

### b. Importance de la qualité du plastique de la poche

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.

### c. Remplissage de la poche avec de l'éthanol 70°

Lorsque la poche a bien été fermée hermétiquement, elle a été remplie avec de l'éthanol à 70° par l'embout injectable (figure 28). 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.



Figure 28 : Remplissage de la poche avec de l'éthanol 70°  
(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

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

#### d. 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. En effet, le numéro va se référer à la fiche explicative correspondant à l'utérus (Figure 29).



Figure 29 : Poche identifiée avec une étiquette numérotée  
(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

## 5) Récolte et sélection d'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 nous 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 des 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 », comme 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 réalisions 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 glaire 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.

## 6) Rédaction des fiches explicatives de l'atelier

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 explicatives pour expliquer l'atelier afin que l'étudiant le réalise au mieux et optimise son apprentissage.

### a. 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'ils pouvaient y apprendre et aussi détailler 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.

### b. 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 pourrait 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.

### c. 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 aménagements 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, intéressants pour l'atelier.

## II. Résultats

### 1) La banque d'utérus obtenue et les images échographiques associées

Après récolte des nombreux utérus en abattoir et après les avoir triés, nous avons pu trouver et conserver trois utérus gravides pour cet atelier « Diagnostic de gestation par échographie chez les bovins ». Neufs autres utérus non gravides ont été conservés pour l'atelier « Suivi de reproduction des bovins par échographie » mais pourront aussi être utilisés dans le cadre de l'atelier de diagnostic de gestation pour les étudiants souhaitant s'entraîner à l'aveugle sans savoir à l'avance si l'utérus est gravide ou non. Seuls deux de ces neuf autres utérus seront détaillés ici.

### a. Modèles physiques obtenus

Dans les modèles obtenus, les utérus ont dans l'ensemble bien gardé leur position physiologique initiale. La fixation dans le formol a légèrement augmenté la consistance des tissus (utérus faiblement durcis). Les modèles finaux, c'est-à-dire les utérus conservés dans des poches de Ringer Lactate de cinq litres remplies d'éthanol 70°, sont représentés sur les photos ci-dessous (figures 29, 30, 31 et 32). Pour les utérus gravides (figure 29,30 et 32), on peut déterminer la gestation à l'œil nu par la taille plus conséquente de la corne contenant le fœtus. On peut aussi observer à l'œil nu, sur ces utérus, les corps jaunes gestationnels présents sur l'ovaire du côté de la corne gravide.



Figure 31 : Modèle d'utérus n°10 : gravide (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)



Figure 30 : Modèle d'utérus n°11 : gravide (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)



Figure 32 : Modèle d'utérus n°12 : gravide (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)



Figure 33 : modèles d'utérus n°5 (à gauche) et n°7 (à droite), non gravides (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Sur les ovaires des deux utérus non gravides, on peut voir certaines structures à l'œil nu, comme les corps jaunes ou les plus gros follicules en surface (figure 32).

## b. Images échographiques obtenues

Les images échographiques obtenues sont très proches de celles réalisées avant fixation. Elles permettent ainsi une bonne observation des structures présentes. Seul le col de l'utérus est un peu moins discernable, à cause de l'attache de l'utérus dans la boîte lors de la fixation qui a formé quelques plis, et à cause de la grande quantité de liquide qui l'entoure.

### i. Utérus n°5

Sur ce modèle, on peut facilement observer le col de l'utérus (figure 34), puis en suivant le corps de l'utérus, arriver sur la bifurcation des cornes utérines en coupe transversale (figure 35).

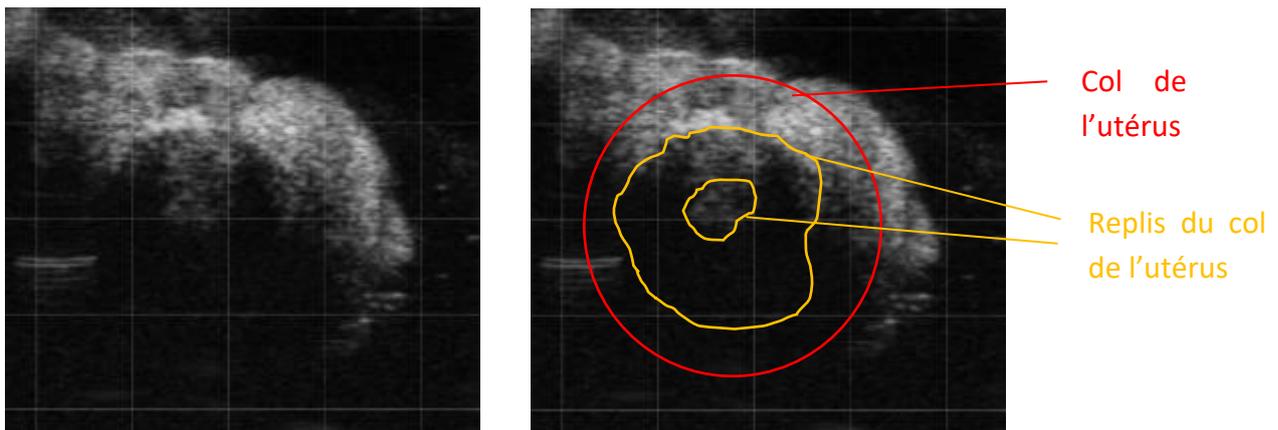


Figure 34 : modèle n°5 : col de l'utérus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

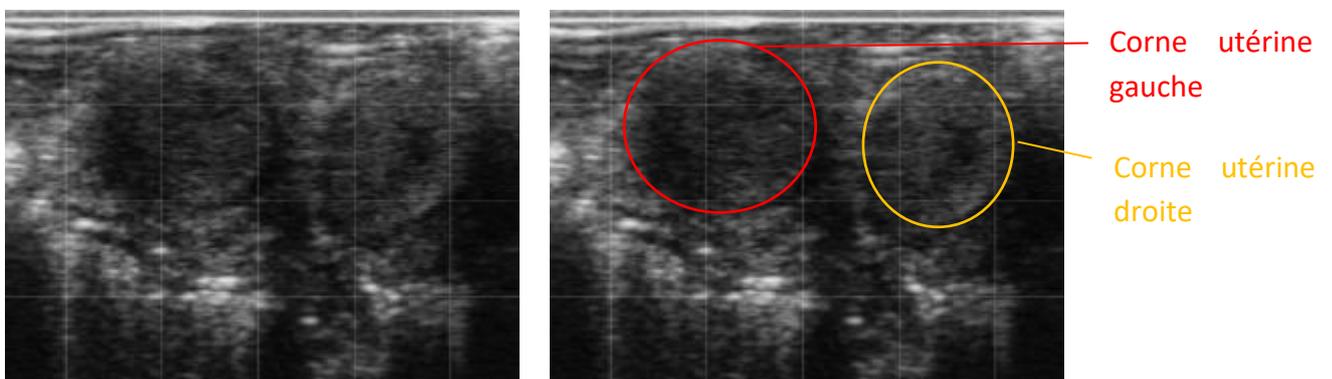


Figure 35 : modèle n°5 : bifurcation des cornes utérines (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Lorsque l'on suit les cornes utérines de chaque côté, on peut ensuite observer les ovaires, l'ovaire gauche ne présentant que quelques follicules (figure 36), et l'ovaire droit présentant un follicule et un gros corps jaune cavitaire (figure 37 et 38). On peut donc dire que la période du cycle de cet utérus au moment de sa fixation était le dioestrus, période de domination du corps jaune. A l'aide de l'échelle (un carreau correspondant à un centimètre), on peut dire que le corps jaune mesure deux centimètres. La paroi du corps jaune mesurant un centimètre et la cavité environ cinq millimètres, on peut donc bien dire qu'il s'agit d'un corps jaune cavitaire et non d'un kyste lutéal.

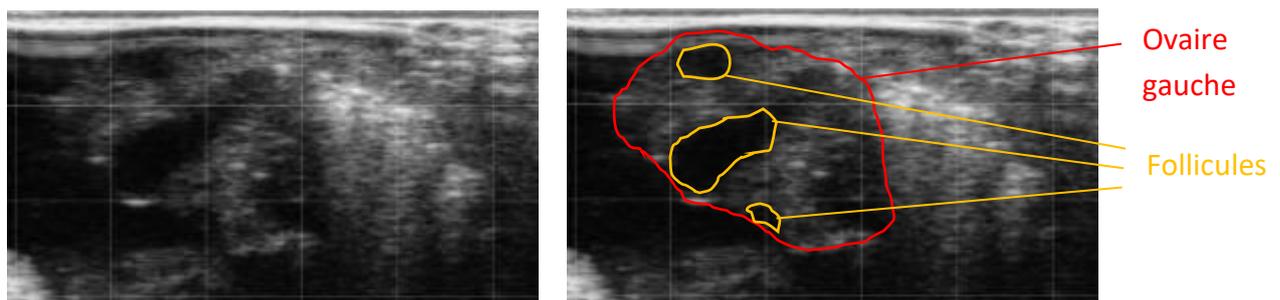


Figure 36 : modèle n°5 : ovaire gauche avec petits follicules  
 (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

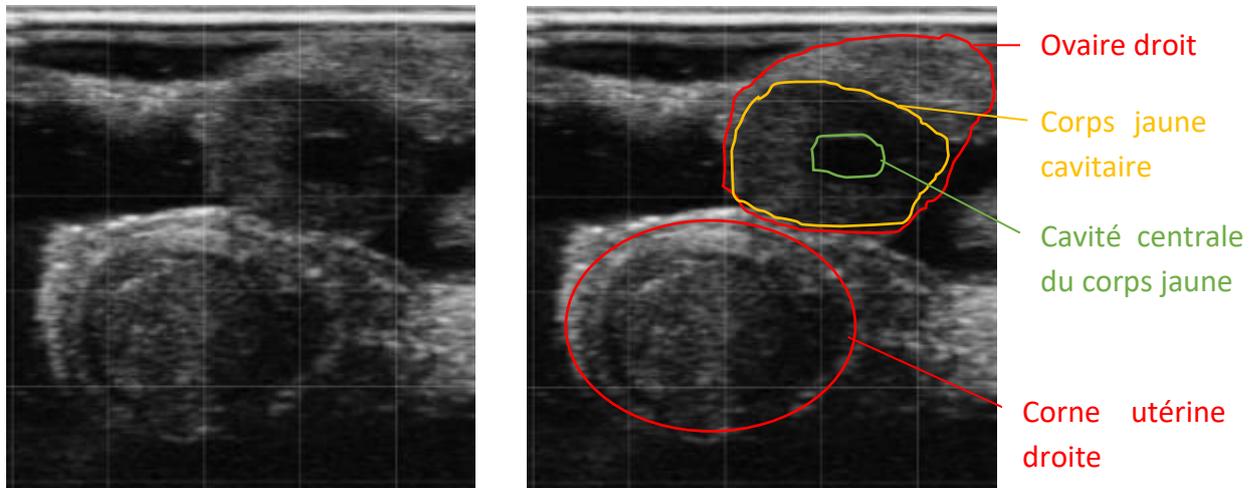


Figure 37 : modèle n°5 : ovaire droit avec corps jaune cavitaire (au-dessus) et corne en coupe transversale (en dessous) (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

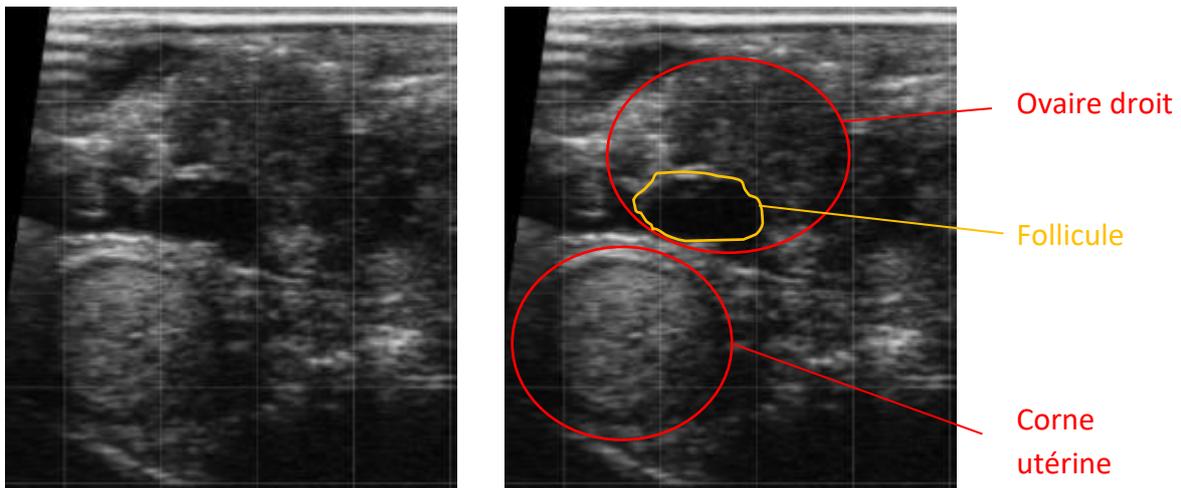


Figure 38 : modèle n°5 : ovaire droit avec follicule et corne en coupe transversale  
 (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

De plus, sur les figures 37 et 38 représentant l'ovaire droit, on peut voir une image de la corne utérine en coupe transversale juste au-dessous.

**Intérêt de cet utérus pour l'étudiant :**

- Visualisation de follicules
- Visualisation d'un corps jaune cavitaire : intéressant car assez fréquent chez les bovins
- Entraînement aux mesures de la cavité et de l'épaisseur de la paroi du corps jaune  
 → différenciation avec un kyste lutéal

ii. Utérus n°7

Sur cet utérus, on peut voir la présence très légère de liquide au centre des cornes sur les coupes transversale et longitudinale (figures 39 et 40), représenté respectivement par une étoile noire et un trait noir au centre des cornes.

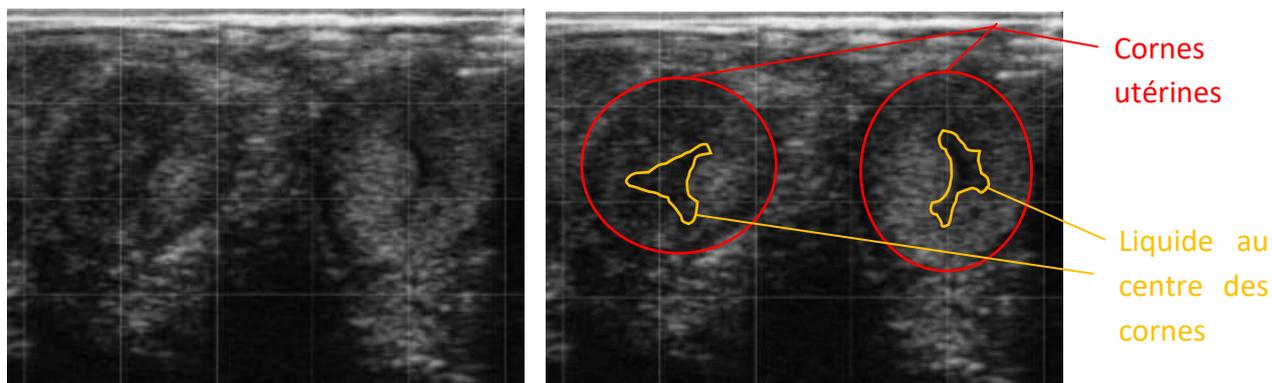


Figure 39 : modèle n°7 : Bifurcation des cornes utérines, léger liquide en étoile au centre des cornes (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

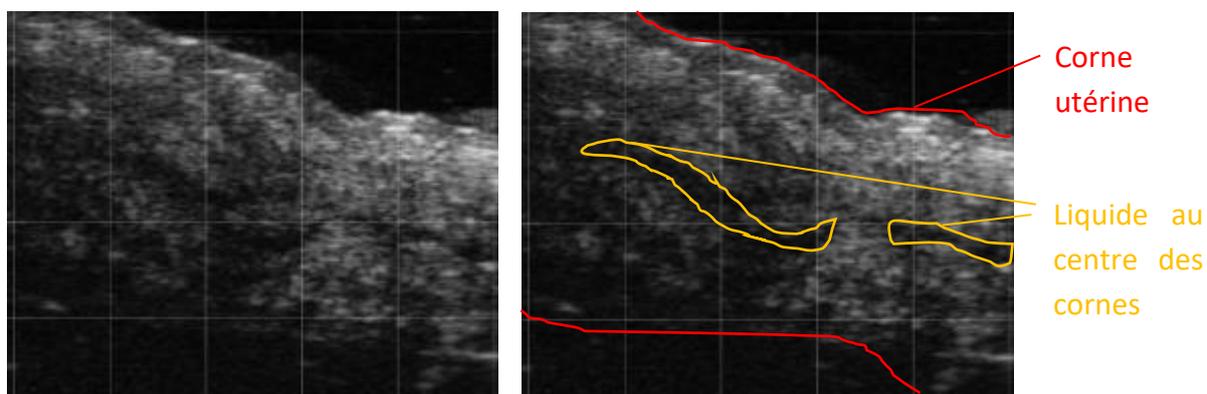


Figure 40 : modèle n°7 : coupe longitudinale d'une corne d'utérus en chaleur, avec un liseré de liquide au centre (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

On trouve sur un des ovaires un follicule pré-ovulatoire (figure 41 avec un follicule de 18 mm environ). Le deuxième ovaire contient cependant encore un corps jaune (figure 42), donc on ne peut pas dire que l'utérus soit en chaleurs. Il est peut-être en pro-œstrus (moins probable vu la taille du follicule et du corps jaune) ou la présence de liquide pourrait être pathologique.

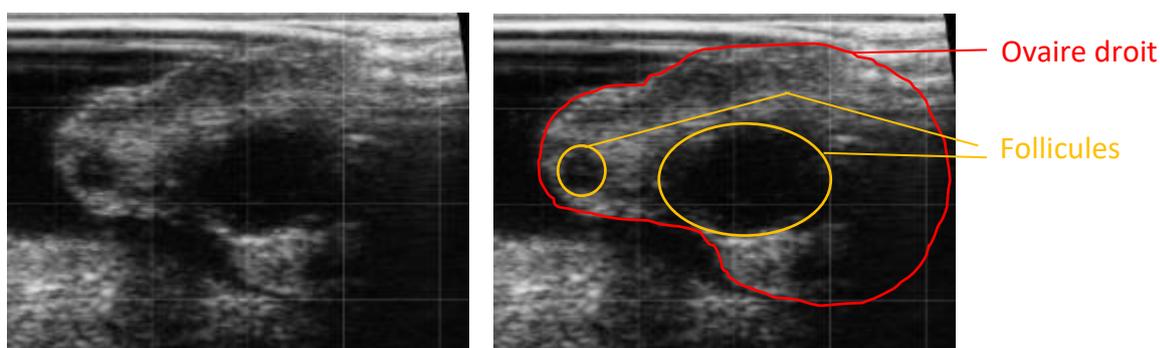


Figure 41 : modèle n°7 : ovaire droit avec gros follicule (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

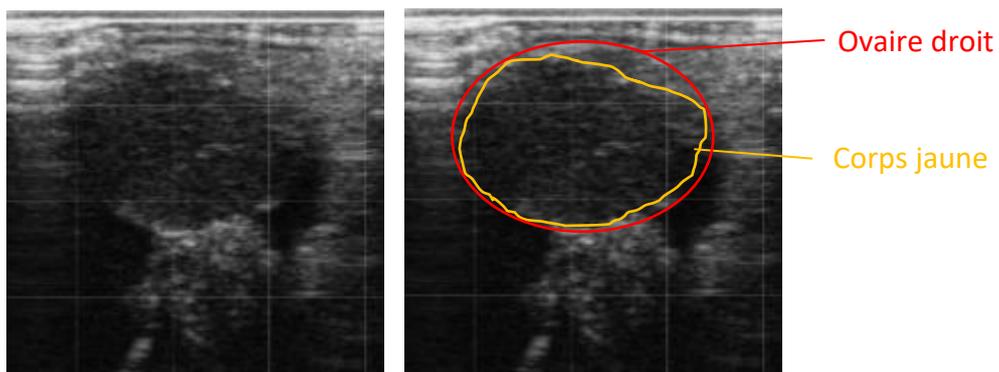


Figure 42 : modèle n°7 : ovaire gauche avec corps jaune (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

A l'échographie, il faut essayer de différencier un utérus présentant un liquide non issu d'une gestation (comme celui-ci) d'un utérus gravide, cet utérus est donc intéressant pour l'atelier. En pratique, il est possible de voir d'autres signes de chaleurs en plus de ceux observables à l'échographie, et en cas de doute, il est possible de venir réévaluer l'animal par échographie environ un mois après.

**Intérêt de cet utérus pour l'étudiant :**

- Visualisation du corps jaune gestationnel et de follicules
- Visualisation de la présence de liquide dans les cornes utérines
- ➔ Observation d'images similaires à celles d'un utérus de vache en chaleur ou en période péri-œstrale

iii. Utérus n°10 (gravide)

Sur cet utérus, nous pouvons facilement voir la bifurcation des cornes utérines, dont les deux sont légèrement remplies de liquide (figure 43 ci-dessous).

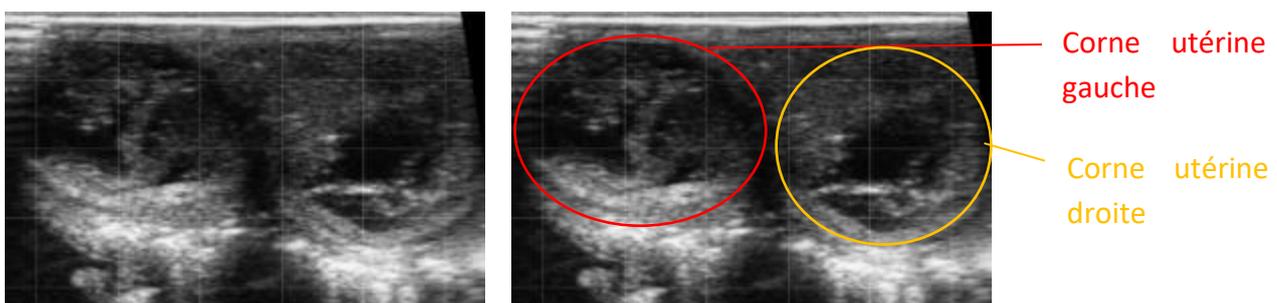


Figure 43 : modèle n°10 : Bifurcation des cornes utérines (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

En suivant les cornes chacune à leur tour, nous pouvons mettre en évidence une des cornes vide (figure 44 en coupe transversale) et l'autre remplie de liquide (figure 45 en coupe longitudinale).

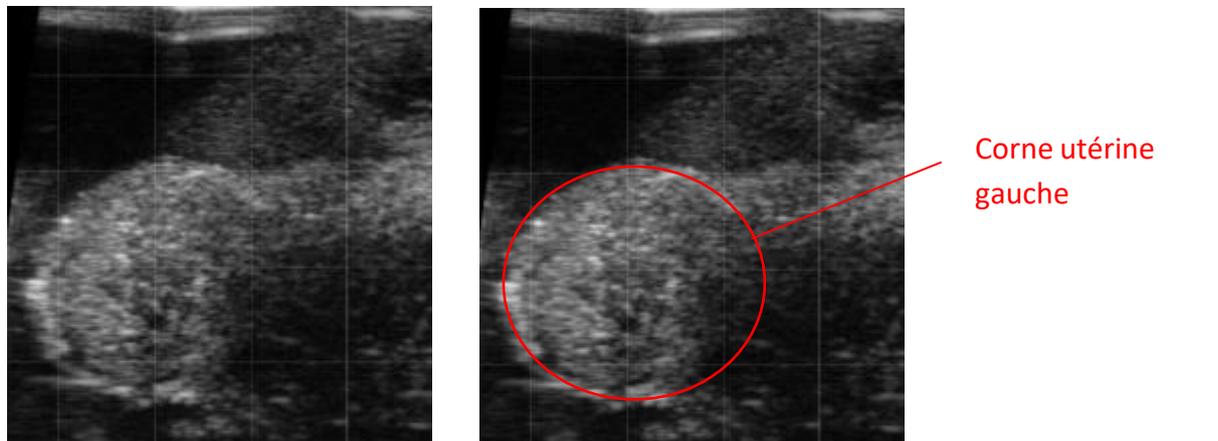


Figure 44 : modèle n°10 : coupe transversale de corne vide (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

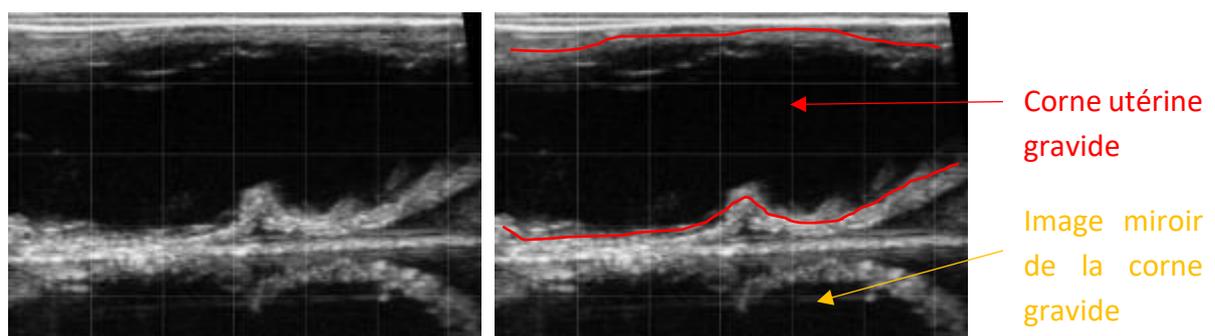
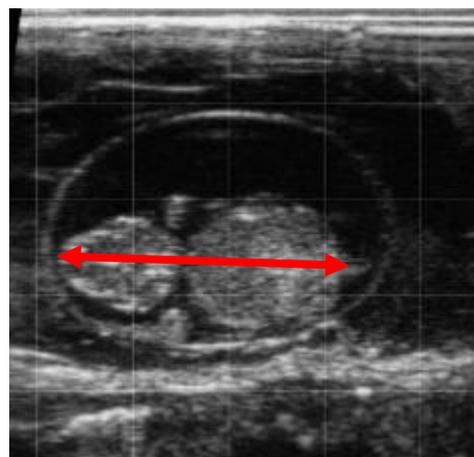
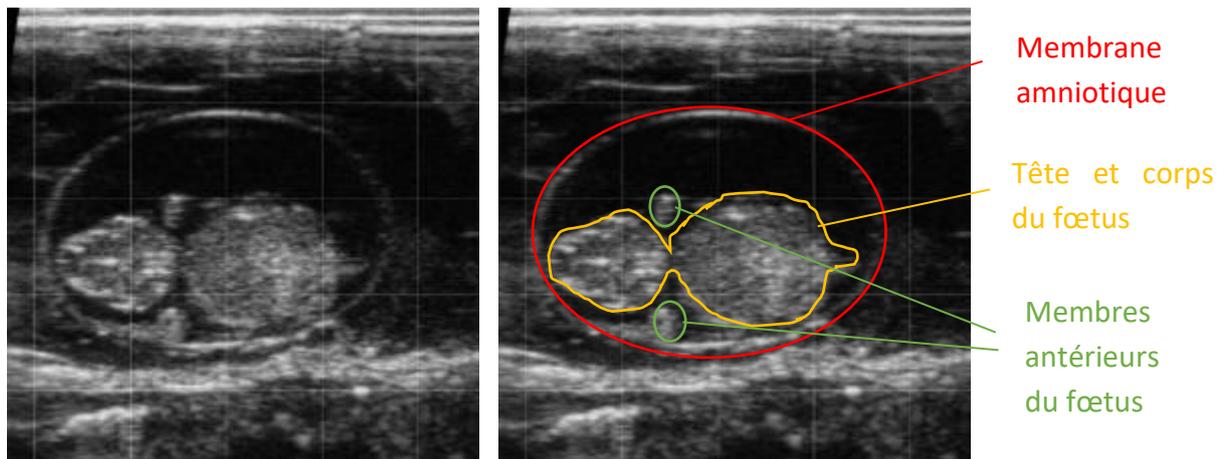


Figure 45 : modèle n°10 : coupe longitudinale de corne gestante (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Nous pouvons ensuite explorer la corne présentant la grande quantité de liquide, et nous trouvons des images d'un fœtus (figure 46). Ce fœtus mesure à l'image 3cm de long (un carreau de l'échographe correspondant à un centimètre réel), on peut ainsi en déduire qu'il a environ 45 jours (d'après les informations du paragraphe « estimation de l'âge d'un fœtus » de la première partie de ce manuscrit).



3 carreaux → 3cm

→ 45 jours

Figure 46 : modèle n°10 : coupe horizontale d'un fœtus à 45j

(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Enfin, nous pouvons continuer l'exploration pour observer les ovaires de cet utérus. Ainsi nous pouvons voir que l'ovaire gauche, côté corne utérine vide, n'est pas actif et est composé de multiples follicules de très petite taille (figure 47). Sur l'ovaire droit, côté corne gravide, nous pouvons aisément observer le corps jaune gestationnel (figure 48).

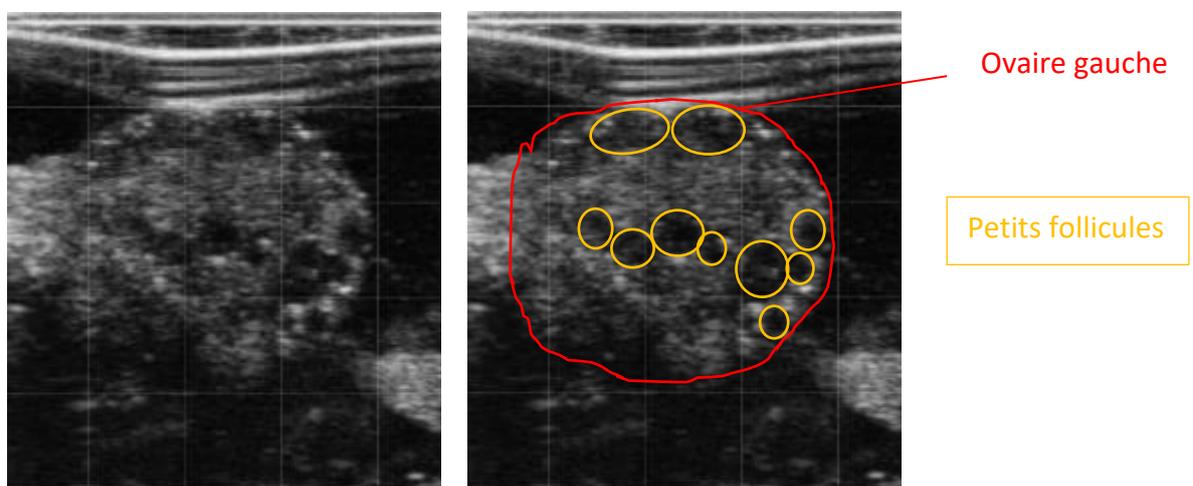


Figure 47 : modèle n°10 : ovaire gauche (nombreux petits follicules) (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

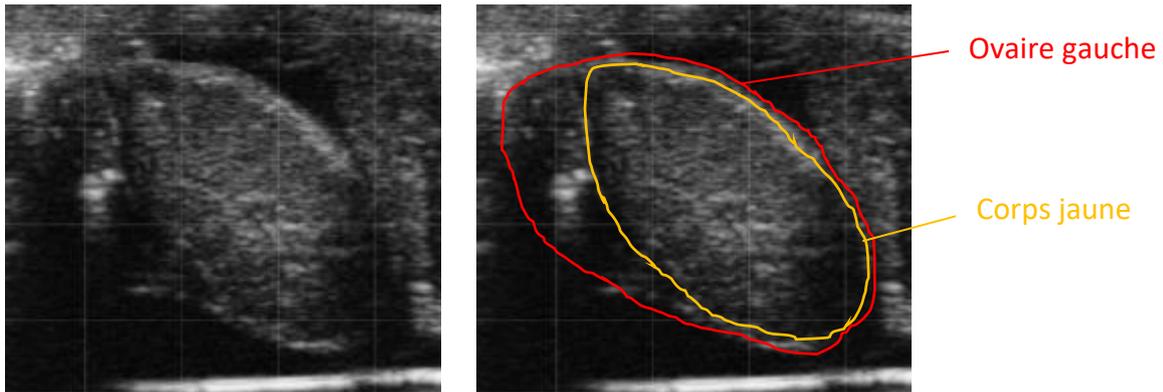


Figure 48 : modèle n°10 : ovaire droit avec corps jaune gestationnel (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

**Intérêt de cet utérus pour l'étudiant :**

- Diagnostic de gestation précoce (< 100j)
- Visualisation du corps jaune gestationnel et de follicules
- Visualisation des structures fœtales (membrane amniotique et fœtus : tête, corps et membres)
- Détermination de l'âge du fœtus possible en coupe longitudinale

iv. Utérus n°11 (gravide)

Sur cet utérus, on voit bien la représentation du col de l'utérus, de forme légèrement étoilée (figure 49). On arrive ensuite sur les deux cornes, une vide et une remplie de liquide (respectivement figure 50 en coupe transversale et figure 51 en coupe longitudinale).

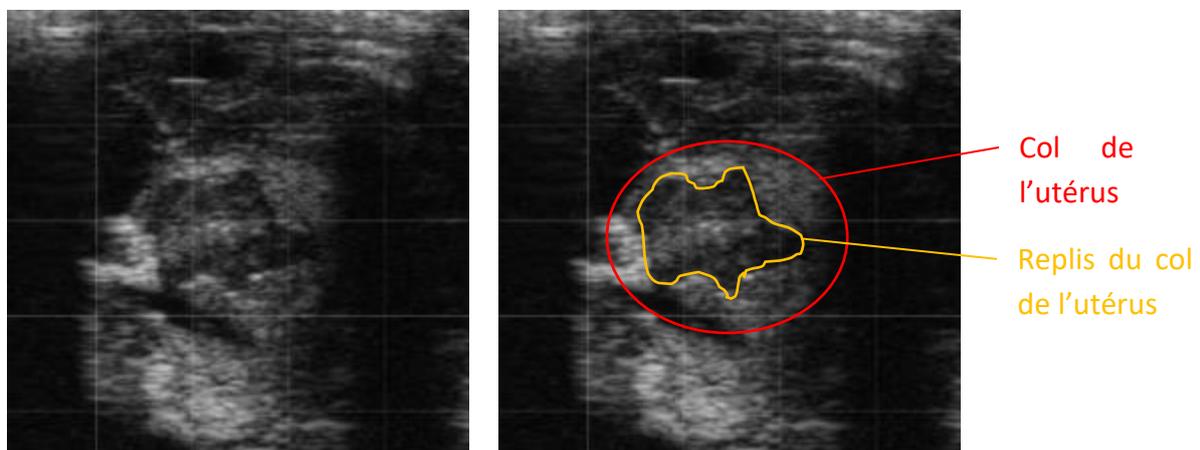


Figure 49 : modèle n°11 : col de l'utérus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

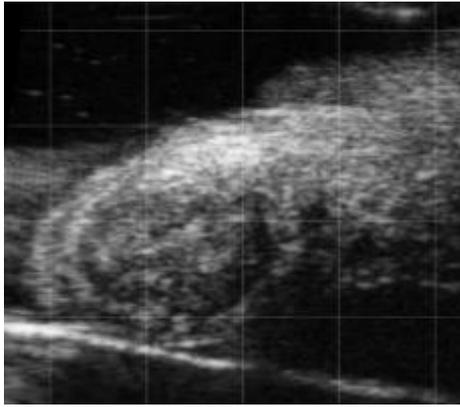


Figure 50 : modèle n°11 : corne non gravide en coupe transverse (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

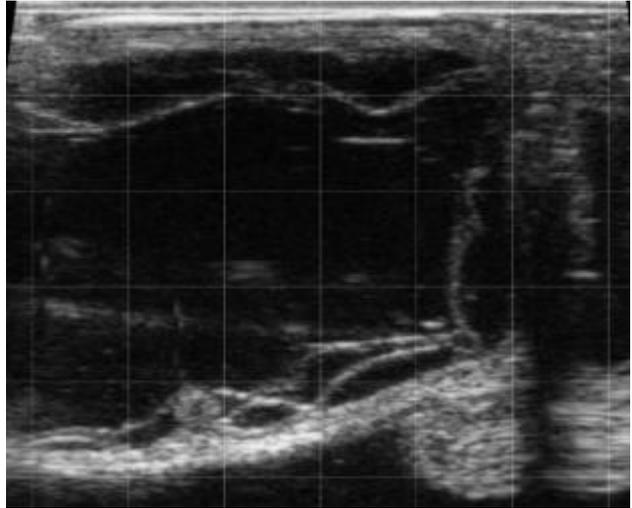


Figure 51 : modèle n°11 : corne gravide en coupe longitudinale (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

On voit bien le corps jaune gestationnel sur l'ovaire gauche (figure 53), du côté de la corne gravide, tandis que l'ovaire droit contient plusieurs follicules (figure 52).

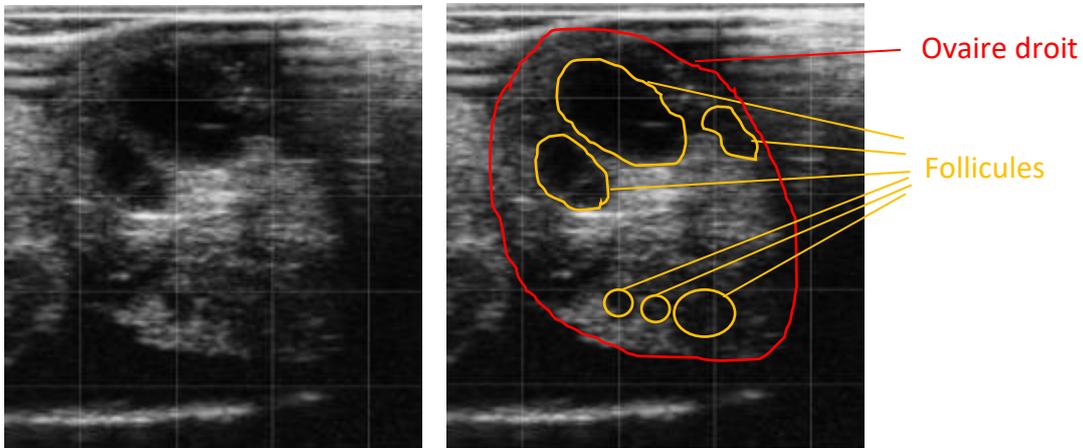


Figure 52 : modèle n°11 : ovaire droit avec follicules (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

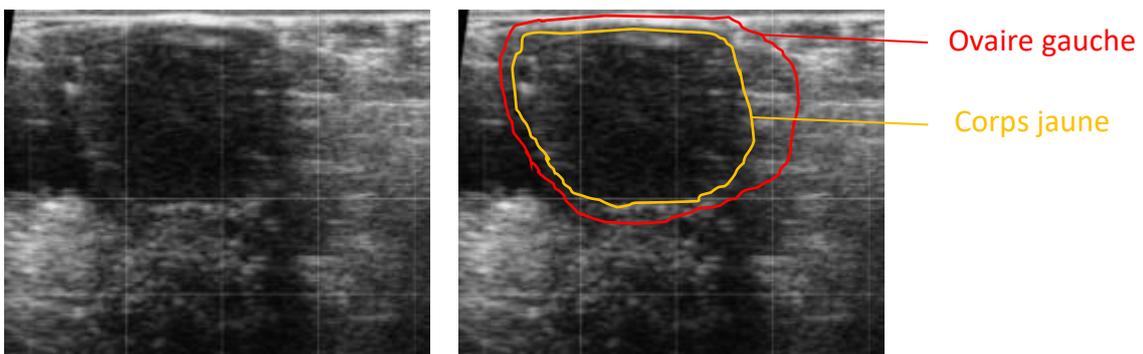


Figure 53 : modèle n°11 : ovaire gauche avec corps jaune gestationnel (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

En explorant la corne gravide, on arrive à trouver un fœtus (figure 52 en coupe transversale et figure 53 en coupe longitudinale).

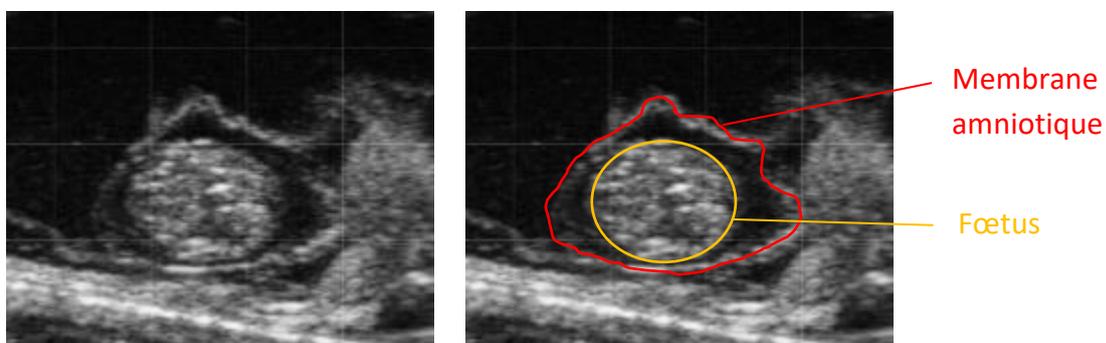


Figure 54 : modèle n°11 : coupe transversale du fœtus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

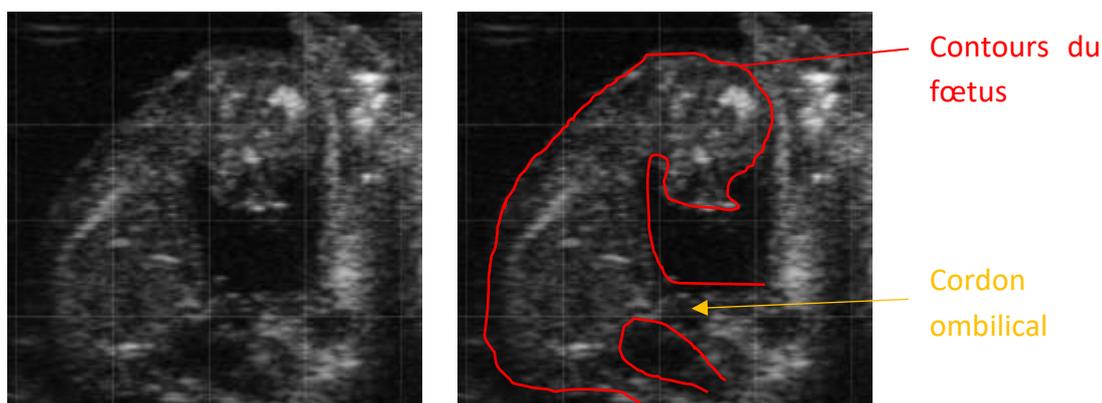


Figure 55 : modèle n°11 : fœtus en coupe longitudinale (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

En coupe transversale, le fœtus mesure environ 16 mm, et en coupe longitudinale, on peut estimer la longueur à 40 mm, même si cette mesure est moins précise car le fœtus est déjà grand et la coupe pas tout à fait dans le bon axe par rapport à l'échelle de l'échographe. En recoupant ces valeurs avec les tableaux d'estimation d'âge, on peut dire que ce fœtus a environ 57 jours. A cet âge là, il est un peu tôt pour déterminer le sexe du fœtus mais il est tout de même possible d'essayer si l'on arrive à obtenir la bonne coupe. Sur la figure 56 ci-dessous, on voit le fœtus en coupe transversale au niveau du cordon ombilical, avec deux membres visibles de part et d'autre. Au niveau de la base du cordon ombilical, on peut voir une sorte de « signe égal » (figure 57), qui pourrait correspondre au tubercule génital d'un mâle. Pour confirmer cette hypothèse, il faudrait confirmer l'absence de ce tubercule génital au niveau de la queue du fœtus, qui correspondrait à une femelle. Malheureusement, cette coupe est difficilement atteignable par échographie de notre modèle, il est donc difficile de confirmer le diagnostic de sexe. De plus, le fœtus étant encore assez jeune pour le sexage par

détection du tubercule génital, il faudrait sur le terrain revenir quelques jours plus tard pour échographier de nouveau.

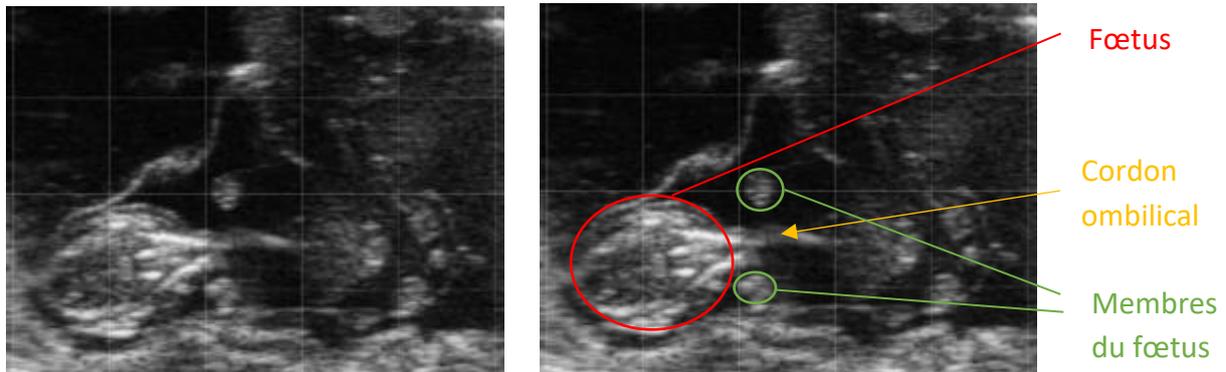


Figure 56 : modèle n°11 : fœtus en coupe transversale (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

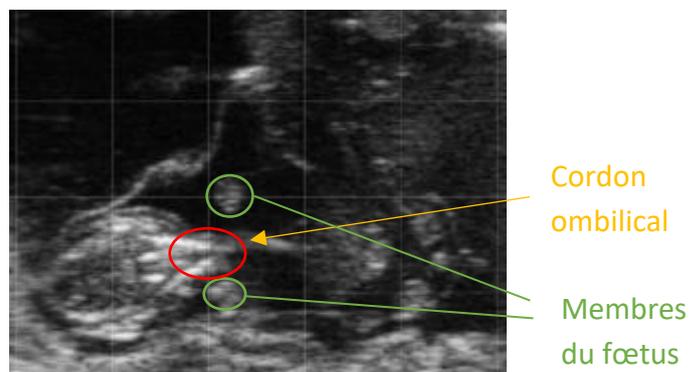


Figure 57 : modèle n°11 : signe égal (entouré en rouge) permettant le sexage du fœtus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

#### Intérêt de cet utérus pour l'étudiant :

- Diagnostic de gestation précoce (< 100j)
- Visualisation de la différence entre corne gravide et non gravide
- Visualisation des structures fœtales (membrane amniotique et fœtus : tête, corps et membres). Début d'ossification visible.
- Sexage possible (mais pas de confirmation possible sur ce modèle)
- Détermination de l'âge du fœtus possible en coupe transversale ou longitudinale

## v. Utérus n°12 (gravide)

Sur cet utérus, on distingue facilement la corne gravide (à droite) de la corne vide (à gauche) lors de la bifurcation des cornes utérines en coupe transversale (figure 58).

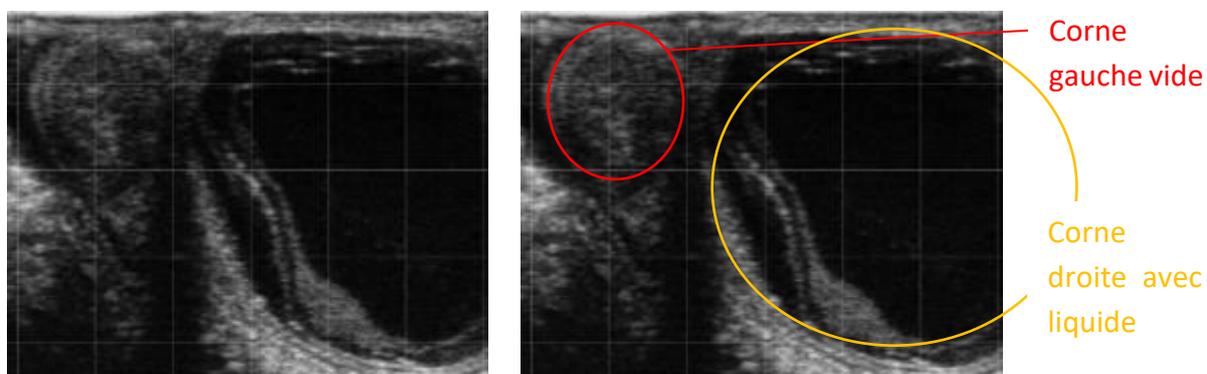


Figure 58 : modèle n°12 : Corne vide (à gauche) et corne avec liquide (à droite)  
(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

On observe un gros corps jaune gestationnel du côté de la corne gravide, et de nombreux follicules sur l'ovaire gauche, du côté de la corne vide (figures 59 et 60).

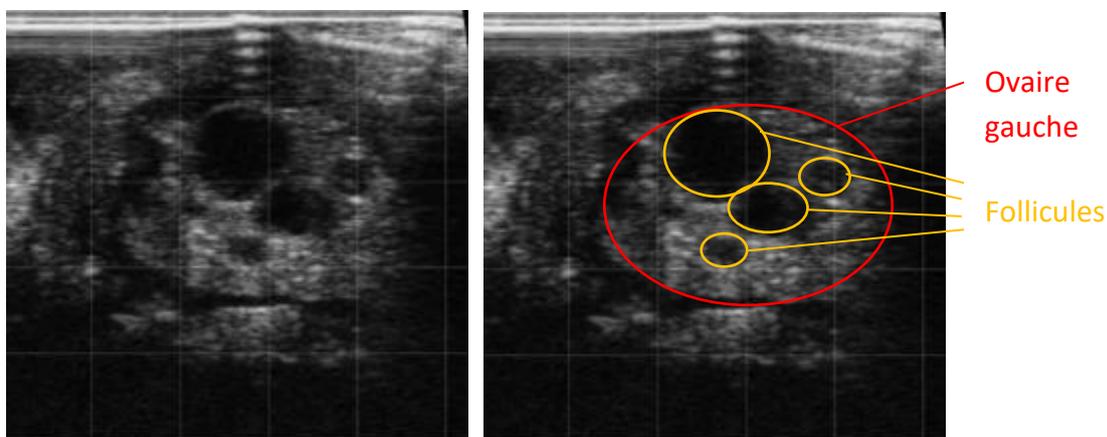


Figure 59 : modèle n°12 : ovaire gauche avec plusieurs follicules (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

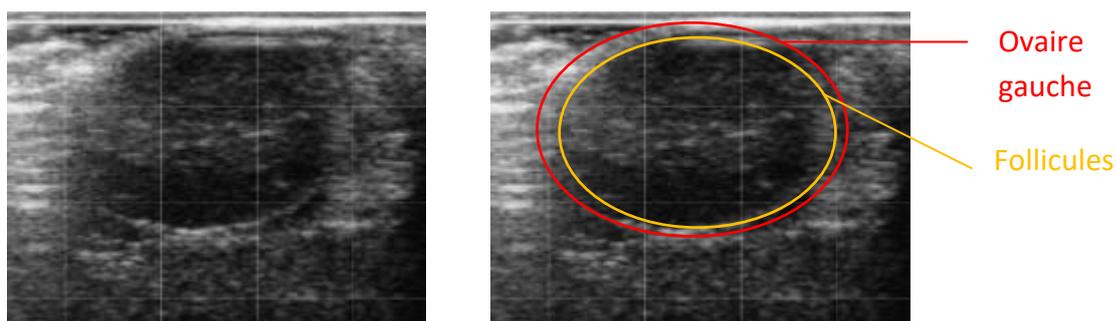


Figure 60 : modèle n°12 : ovaire droit avec corps jaune gestationnel qui prend toute la place de l'ovaire (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Sur la corne gravide, il est possible d'observer des cotylédons sur la paroi utérine, comme sur les figures 61 en coupe transversale et 62 en coupe longitudinale. La présence de cotylédons nous indique que la gestation dure depuis plus de 45 jours.

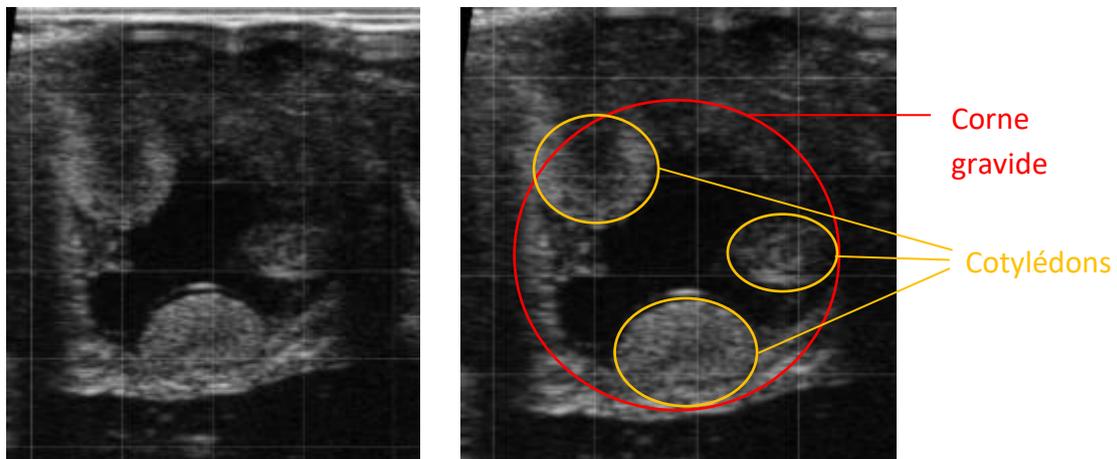


Figure 61 : modèle n°12 : coupe transversale de corne gravide avec 3 cotylédons  
(Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

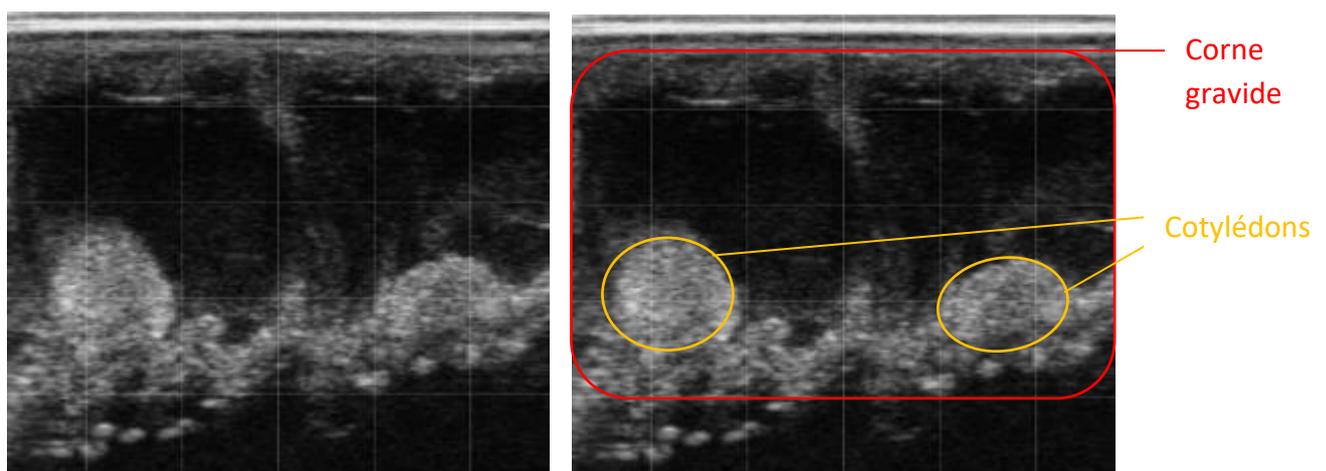


Figure 62 : modèle n°12 : coupe longitudinale de corne gravide avec 2 cotylédons (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

En parcourant la corne gravide, on tombe sur le fœtus qui est déjà bien ossifié (comme sur la figure 64 ou l'on voit bien la colonne vertébrale et les côtes). Les organes commencent à pouvoir être différenciés, on peut déjà noter des différences d'échogénicité comme sur la figure 63 (coupe transversale).

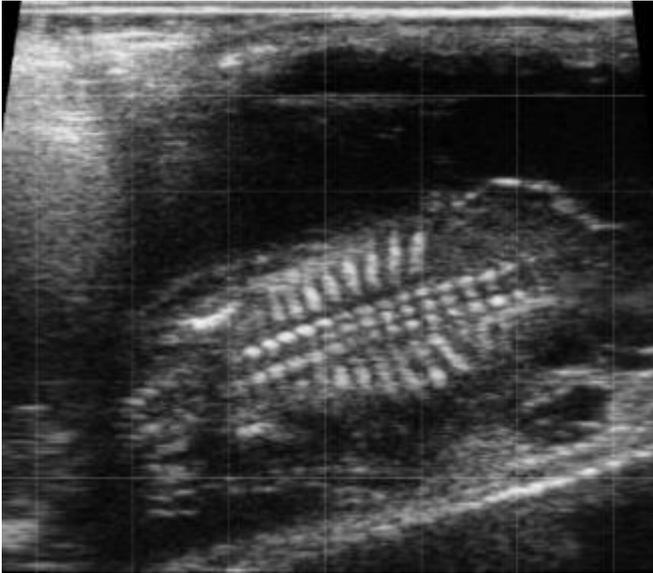
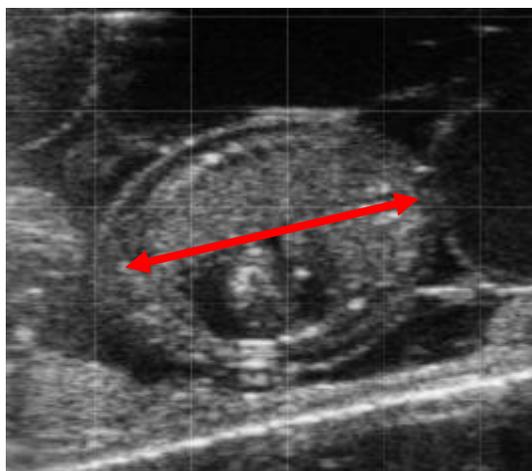


Figure 64 : modèle n°12 : coupe horizontale du fœtus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)



Figure 63 : modèle n°12 : coupe transversale du fœtus (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

Pour déterminer l'âge du fœtus, la coupe où la mesure est la plus nette a été utilisée, ici plutôt la coupe transversale. La largeur du fœtus mesure environ 30 mm (figure 65), ce qui correspond à une gestation d'environ 80 jours (d'après les informations du paragraphe « Estimation de l'âge d'un fœtus » de la première partie de ce manuscrit).



3 carreaux → 3cm

→ 80 jours

Figure 65 : modèle n°12 : mesure d'un fœtus en coupe transversale (Source : Nicolas Perret et Annabelle Pré)

### Intérêt de cet utérus pour l'étudiant :

- Diagnostic de gestation précoce (< 100j)
- Visualisation de la différence entre corne gravide et non gravide
- Visualisation d'un fœtus bien ossifié (côtes, colonne vertébrale etc.), avec différenciation des organes
- Visualisation des cotylédons sur la paroi utérine
- Détermination de l'âge du fœtus possible en coupe transversale

## 2) Les fiches explicatives de l'atelier à disposition des étudiants

### a. Fiche de présentation globale

Cette fiche permet de guider l'étudiant dans l'échographie du diagnostic de gestation. Elle explique comment déterminer si l'utérus est gravide ou non, et explique aussi comment estimer l'âge du fœtus à partir des mesures prises pendant l'échographie en se reportant dans des tableaux. Elle est à retrouver en annexe 1.

### b. Fiches spécifiques de chaque utérus

Ces fiches reprennent en détail les spécificités de chaque utérus, et expliquent ce que l'étudiant pourra observer lors de l'échographie. Elles contiennent aussi chacune un questionnaire, permettant de donner un contexte à l'échographie et incitant l'étudiant à réfléchir et à mobiliser ses connaissances théoriques en parallèle de la réalisation de l'acte pratique. Ces fiches spécifiques sont à retrouver en annexe 2, 3, 4, 5 et 6.

### c. 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 cinq utérus dont trois utérus gravides, avec chacun une période de gestation différente. Cela permet de suivre l'évolution du fœtus et de son environnement en début de gestation. Les deux utérus non gravides permettent à l'étudiant d'exercer son œil au diagnostic de gestation ou de non gestation en ayant accès à des utérus vides (dont un contenant du liquide). Des fiches explicatives accompagnent l'atelier et chaque utérus, pour guider l'étudiant dans son échographie avec des images à obtenir, et le mettre dans un contexte réel grâce à des questions que l'éleveur pourrait poser dans ces situations.

### III. Discussion

#### 1) Evaluation de la méthode de réalisation de l'atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

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 cliniques.

#### 2) Comparaison de l'atelier avec une réelle échographie génitale bovine (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

##### a. Perte de 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.

## b. 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 deux 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 représentent 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.

## c. 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 observe l'appareil génital mais aussi beaucoup d'autres organes comme des anses intestinales, des vaisseaux sanguins, l'appareil urinaire... 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.

### 3) Intérêts pédagogiques de l'atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

#### a. 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... 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.

#### b. 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.

### c. 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.

### d. Possibilité 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 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 épidémiologique et anamnétique donné par l'enseignant.

## 4) 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, tout en observant la position de la sonde par rapport à l'image obtenue, mais certaines améliorations pourraient être mises en place dans le futur pour optimiser son utilisation.

### a. Amélioration des images échographiques (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

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, comportant des sondes sectorielles. 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 sur le terrain.

D'autre part, la conservation dans l'alcool fait apparaître autour de l'utérus du liquide sur les images échographiques, que l'on ne retrouve pas ou en beaucoup moins importante quantité dans la réalité. Une des améliorations envisageables serait d'essayer un autre milieu de conservation dans les poches, par exemple avec quelque chose d'un peu plus épais et qui rendrait un aspect un peu plus tissulaire à l'échographie, comme par exemple un mélange contenant de l'agar agar. 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.

### b. Elargissement 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 :

- D'autres stades de gestation, notamment des stades encore plus précoces comme ce qui est détectable en tout début de gestation vers 28-30 jours (le plus précoce de notre atelier ayant déjà 45 jours de gestation).
- Des gestations pathologiques comme une mortalité embryonnaire.

### c. Echographie à l'aveugle grâce au mannequin de vache (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

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.

d. Etude sur le ressenti étudiant envers cet atelier (partie réalisée en commun avec N. PERRET)

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'apprendre la manipulation d'un échographe et les images échographiques associées ainsi que la position physiologique des utérus grâce à la transparence des poches et à la bonne qualité de fixation de l'organe. Ainsi les images obtenues sont plutôt fidèles à la réalité, mais certains aspects ne pourront pas être ressemblants comme tout ce qui touche à l'environnement de l'échographie. Des améliorations pourraient encore être apportées telles que la qualité de l'échographe, l'élargissement de la gamme de cas cliniques ou encore l'association avec un mannequin de vache pour rendre l'expérience plus réelle.



## CONCLUSION

L'objectif de cette thèse était le développement d'un support pédagogique permettant l'apprentissage de l'échographie dans le cadre du diagnostic de gestation des bovins. En effet, le diagnostic de gestation par échographie est un acte réalisé très fréquemment lors des sorties en élevage, et l'utilisation d'un échographe nécessite un apprentissage pratique qui doit être mis en place lors des études vétérinaires pour ne pas découvrir ce geste sur le terrain. De plus, la quantité de cas pratiques lors des rotations cliniques n'est pas toujours suffisante pour que les étudiants soient à l'aise sur cet acte, et la question du bien-être animal se pose aussi pour les bovins utilisés lors de ces séances.

L'utilisation de modèles de simulation dans les écoles vétérinaires permet de pallier de nombreux problèmes, à la fois éthiques, pédagogiques, ou encore économiques. Ainsi ces simulateurs permettent aux étudiants de s'exercer sans stress avant de faire face à un animal vivant pour la première fois. Un modèle pédagogique permettant de déterminer la gestation des bovins par l'échographie apparaît donc comme un bon complément de l'apprentissage théorique et pratique enseigné dans le cursus vétérinaire. Ces modèles ne remplaceront pas l'apprentissage de l'échographie sur animaux vivants, mais ils pourront faire partie d'une étape préliminaire permettant d'accélérer cet apprentissage, de limiter le nombre d'animaux nécessaires lors des travaux pratiques et de favoriser leur bien-être.

Notre thèse a permis la création de nombreux modèles d'utérus à échographier permettant, entre autres, de s'exercer au diagnostic de gestation, à la détermination de l'âge du fœtus ou encore son sexage. Ces modèles sont désormais à disposition des étudiants dans la salle de simulation Vetskill de VetAgro Sup et pourront être utilisés par le corps enseignant dans le cadre de leur formation ou de leur évaluation.

Ces supports pédagogiques de simulation offrent ainsi une aide intéressante et de nouvelles perspectives à l'enseignement, mais pourront tout de même être améliorés au fil du temps, en rendant l'exercice plus réel par l'utilisation d'un mannequin de bovin dans lequel placer le modèle ou encore par l'augmentation de la banque d'utérus disponibles. Le bénéfice pédagogique apporté par cet atelier pourrait aussi être évalué objectivement auprès des étudiants et des enseignants, en comparant par exemple les performances d'étudiants ayant eu accès ou non à l'atelier avant leur première pratique réelle, ou par le biais de questionnaires de satisfaction, afin de valider son réel intérêt et de faire apparaître des pistes d'améliorations, pour continuer à faire évoluer l'enseignement dans ce domaine de la reproduction bovine.



# Bibliographie

1. BARONE, R. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4. Splanchnologie II. Appareil uro-génital. Fœtus et ses annexes. Péritoine et topographie abdominale. 3ème édition. Paris : Association Centrale d'entraide Vétérinaire, 2020. pp 896
2. CHASTANT-MAILLARD, S. Maîtriser la reproduction bovine, guide pratique. 2010. N° Beaucouzé, pp. 38.
3. MCGEADY, T.A, QUINN, P.J, FITZPATRICK, E.S et RYAN, M.T. Veterinary embryology. 2nd edition. . Wiley-Blackwell. Ames, 2017.
4. JAUDON, J-P, PERROT, C, VIAUD, F et CADORE, J-L. Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale. 1991. Vol. 23, n° 135, pp. 11-18.
5. GAYRARD, V, CARRIERE, P et DESCOTEAUX, L. Principes pratiques et recommandations, concepts essentiels et artefacts communs de l'échographie. In : Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants. Paris : Med'Com, 2009. pp. 9-25.
6. POLLET, T. Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et foetale chez les bovins. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard, 1993. pp 156
7. 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/>
8. COLLOTON, J, GNEMMI, G et DESCOTEAUX, L. Techniques de balayage et erreurs fréquentes en pratique bovine. In : Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants. Med'Com. Paris, 2009. pp. 26-30
9. Lunettes de visualisation IMV Imaging. IMV imaging - France. [en ligne]. [Consulté le 26 juillet 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.imv-imaging.fr/produits/nos-options-d-affichage/lunettes/>
10. MIALOT, J. P, LEVY, I et GRIMARD, B. Echographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins. Recueil de Médecine Vétérinaire. 1991. N° 167, pp. 21-31.
11. DESCOTEAUX, L, PICARD-HAGEN, N, GAYRARD, V et COLLOTON, J. Gestation bovine avant 55 jours de gestation. In : Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants. Paris : Med Com, 2009. pp. 83-101.
12. BUCZINSKI, S et DESCOTEAUX, L. Examen échographique de l'appareil reproducteur et de la glande mammaire. In : Echographie des bovins. Point vétérinaire. 2009. pp. 110-132. Atlas.
13. 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/tvj.1999.0398.

14. LEBASTARD, D. Echographie en gynécologie bovine : utilisations possibles dans le cadre d'un exercice en clientèle rurale. *Le Point Vétérinaire*. 1997. Vol. 28, n° 181, pp. 61-68.
15. HUGHES, E. A. et DAVIES, D. A. Practical uses of ultrasound in early pregnancy in cattle. *The Veterinary Record*. 29 avril 1989. Vol. 124, n° 17, pp. 456-458. DOI 10.1136/vr.124.17.456.
16. KAHN, W. Examen échographique des bovins. In : *Atlas de diagnostics échographiques*. Maloine. Paris, 1994. pp. 83-185.
17. BCF TECHNOLOGY. BCF Farm animal. [en ligne]. 2014. [Consulté le 27 avril 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.imv-imaging.fr/>
18. GAYRARD, V, NOUVEL, X, JULIA, J, TAVEAU, J et PICARD-HAGEN, N. Diagnostic du sexe chez les bovins : comment utiliser l'échographie. *Le nouveau praticien vétérinaire*. juin 2016. Vol. 9, n° 34, pp. 74.
19. TAINTURIER, B, TAINTURIER, D et BENCHARIF, D. Sexage tardif du foetus chez la vache. *Le Point Vétérinaire*. 2003. N° 241, pp. 36-39.
20. DEL RÍO, N. S, STEWART, S., RAPNICKI, P., CHANG, Y. M. et FRICKE, P. M. An Observational Analysis of Twin Births, Calf Sex Ratio, and Calf Mortality in Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 1 mars 2007. Vol. 90, n° 3, pp. 1255-1264. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(07)71614-4.
21. FILTEAU, V et DESCOTEAUX, L. Valeur prédictive de l'utilisation de l'appareil échographique pour le diagnostic précoce de la gestation chez la vache laitière. . 1998. Vol. 28, pp. 81-85.
22. HANZEN, C. Pathologies : Les pathologies de la gestation chez les ruminants. Faculté de médecine vétérinaire et de l'université de Liège. [en ligne]. 10 septembre 2015. [Consulté le 6 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/70605p46>
23. JEPHCOTT, S et NORMAN, S. Pregnancy diagnosis in Cattle. In : *Pregnancy diagnosis in cattle*. Bioniche animal health. 2004. pp. 96.
24. BOURCET, M. Aide à l'apprentissage de la palpation transrectale chez la vache : création d'une banque d'ovaires artificiels. [en ligne]. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Paris-Est Créteil Val de Marne, 2007. Disponible à l'adresse: [https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fdocplayer.fr%2F156047562-Aide-a-l-apprentissage-de-la-palpation-transrectale.html%3Ffbclid%3DIwAR1vgP5\\_3jiPQtAEiekRNICq753oGmAyzvwtbr747y9ZtljAhQ9osMG9u5E&h=AT0cKiBC8TKLwNOR4QgpWlYVloMPDSaNHQ0TWqeUznnImrztUIEb4xmnXNXxET6aAqBvPhO8pIRzxZ6iFkaYOZWamVJTX0bDU6kLfOuTMjpczuKXJzKVp5NauRVm-QWr8g0XKw](https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fdocplayer.fr%2F156047562-Aide-a-l-apprentissage-de-la-palpation-transrectale.html%3Ffbclid%3DIwAR1vgP5_3jiPQtAEiekRNICq753oGmAyzvwtbr747y9ZtljAhQ9osMG9u5E&h=AT0cKiBC8TKLwNOR4QgpWlYVloMPDSaNHQ0TWqeUznnImrztUIEb4xmnXNXxET6aAqBvPhO8pIRzxZ6iFkaYOZWamVJTX0bDU6kLfOuTMjpczuKXJzKVp5NauRVm-QWr8g0XKw)
25. 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.animaletics.org.au/home>

26. 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/>
27. Atelier fouille des GTV junior de Lyon. sngtv. [en ligne]. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://gtvjuniordelyon.wixsite.com/sngtv/atelier-fouille>
28. 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.
29. 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.
30. 668 places proposées au concours vétérinaire 2022, dont 160 pour la voie post-bac. La dépêche Vétérinaire. [en ligne]. 10 avril 2018. [Consulté le 13 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](https://www.depecheveterinaire.com/668-places-proposees-au-concours-veterinaire-2022-dont-160-pour-la-voie-post-bac_679D51873869A667.html)
31. LEUTERT, C., SUTHAR, V. et HEUWIESER, W. Evaluation of transrectal examination of cervical diameter by palpation in dairy cows. Journal of Dairy Science. février 2013. Vol. 96, n° 2, pp. 1063-1070. DOI 10.3168/jds.2012-6061.
32. ROOT KUSTRITZ, M, CHENOWETH, P. J 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.
33. L214 Éthique & Animaux | Ouvrons les yeux sur l'élevage et les abattoirs. [en ligne]. [Consulté le 16 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.l214.com/>
34. Code sanitaire pour les animaux terrestres. Chapitre 7.1 Introduction aux recommandations relatives au bien-être animal. OIE - Organisation Mondiale de la Santé Animale. [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/>
35. 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.
36. 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.
37. KOVÁCS, L., TÓZSÉR, J., SZENCI, O., PÓTI, P., KÉZÉR, F. L., RUFF, F., GÁBRIEL-TÓZSÉR, Gy, HOFFMANN, D., BAKONY, M. et JURKOVICH, V. Cardiac responses to palpation per rectum in lactating and nonlactating dairy cows. Journal of Dairy Science. novembre 2014. Vol. 97, n° 11, pp. 6955-6963. DOI 10.3168/jds.2014-8327.

38. YÁÑIZ, 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*. 2002. Vol. 31, n° 6, pp. 372-374. DOI 10.1046/j.1439-0264.2002.00422.x.
39. 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. *The Professional Animal Scientist*. 1 août 2010. Vol. 26, n° 4, pp. 341-346. DOI 10.15232/S1080-7446(15)30613-6.
40. Article 515-14 - Code civil - Légifrance. [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2022]. Disponible à l'adresse: [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000030250342/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000030250342/)
41. LANGEBÆK, R, EIKA, B, JENSEN, A. L, TANGGAARD, L, TOFT, N et BERENDT, M. Anxiety in Veterinary Surgical Students: A Quantitative Study. *Journal of Veterinary Medical Education*. décembre 2012. Vol. 39, n° 4, pp. 331-340. DOI 10.3138/jvme.1111-111R1.
42. 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*. novembre 2016. Vol. 43, n° 4, pp. 427-433. DOI 10.3138/jvme.1015-165R2.
43. CHAUMEIL, L. Création d'un support pédagogique pour l'enseignement de l'ovariectomie chez la chatte : élaboration d'un simulateur procédural. Etude de son efficacité auprès d'étudiants vétérinaires de VetAgro Sup. . Lyon 1 : Claude Bernard, 2018.
44. KNEEBONE, R et BAILLIE, S. Contextualized simulation and procedural skills: a view from medical education. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2008. Vol. 35, n° 4, pp. 595-598. DOI 10.3138/jvme.35.4.595.
45. PATRONEK, G. J 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.
46. FLETCHER, D. J, MILITELLO, R, SCHOEFLER, G. L et ROGERS, C. L. Development and Evaluation of a High-Fidelity Canine Patient Simulator for Veterinary Clinical Training. *Journal of Veterinary Medical Education*. mars 2012. Vol. 39, n° 1, pp. 7-12. DOI 10.3138/jvme.0711.073R.
47. Clinical Skills Learning Center. *Veterinary Medicine at Illinois*. [en ligne]. [Consulté le 27 mai 2022]. Disponible à l'adresse: <https://vetmed.illinois.edu/education/dvm-program/clinical-skills/>
48. DILLY, M, READ, E. K et BAILLIE, S. 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.

49. DILLY, M, TIPOLD, A, SCHAPER, E et EHLERS, J. P. Etablierung eines Skills Labs in der Tiermedizin in Deutschland. *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*. 15 mai 2014. Vol. 31, n° 2, pp 13. Doc20. DOI 10.3205/zma000912.
50. 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.
51. 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*. mars 2005. Vol. 32, n° 1, pp. 79-85. DOI 10.3138/jvme.32.1.79.
52. SMEAK, D. D. Teaching surgery to the veterinary novice: the Ohio State University experience. *Journal of Veterinary Medical Education*. 2007. Vol. 34, n° 5, pp. 620-627. DOI 10.3138/jvme.34.5.620.
53. 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.
54. RAVIER, S. Topographie laparoscopique des organes abdomino-pelviens de la vache. . Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes, 2003. pp 102
55. COPET, A. Création d'un support pédagogique axé sur la simulation pour l'apprentissage des gestes techniques en reproduction des carnivores domestiques. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard, 2020. pp 106
56. AKOMA, U et al. 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.
57. MARCON, N, BRESSENOT, A, MONTAGNE, K, BASTIEN, C, CHAMPIGNEULLE, J, MONHOVEN, N, ALBUISSON, E et PLÉNAT, F. Le glyoxal : un possible substitut polyvalent du formaldéhyde en anatomie pathologique ? *Annales de Pathologie*. 1 décembre 2009. Vol. 29, n° 6, pp. 460-467. DOI 10.1016/j.annpat.2009.09.011.
58. ALPHELYS. RCL2, Fixateur histologique sans formol. [en ligne]. [Consulté le 31 mai 2022]. Disponible à l'adresse: [http://www.alphelys.com/alph01/prod/rcl2/fr/rcl2\\_histo.php](http://www.alphelys.com/alph01/prod/rcl2/fr/rcl2_histo.php)



# Annexes

## Annexe 1 : Fiche méthodologique Suivi de reproduction



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

Révision

PERRET Nicolas

Pierre Bruyère

PRE Annabelle

## 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.

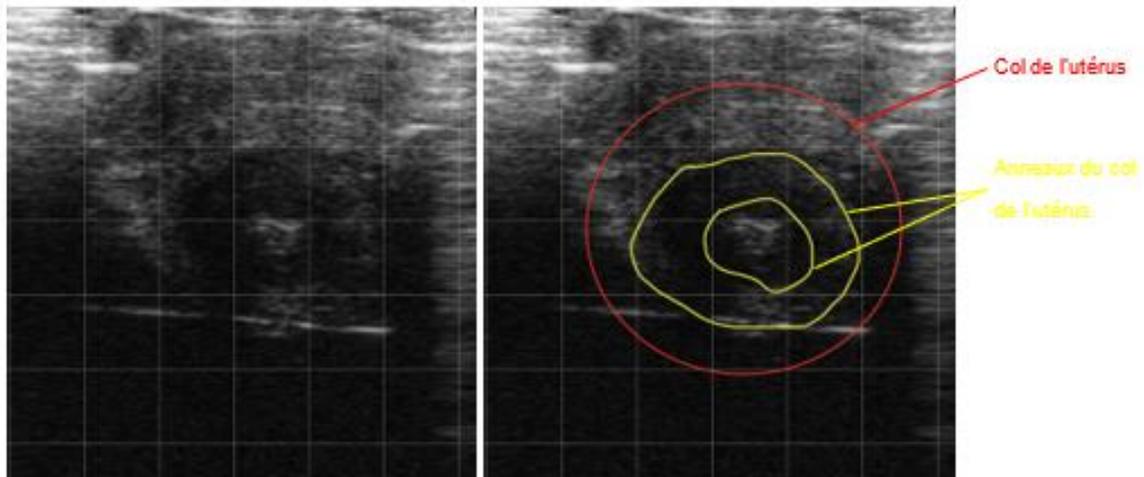


Image échographique du col de l'utérus (Source : N. PERRET et A. PRE)

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

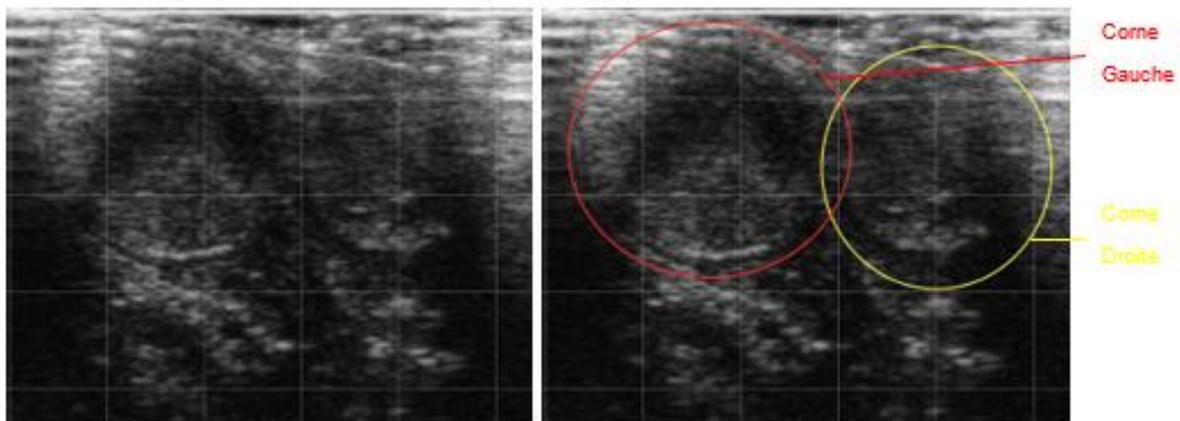


Image échographique de la bifurcation des cornes utérines (Source : N. PERRET et A. PRE)

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.

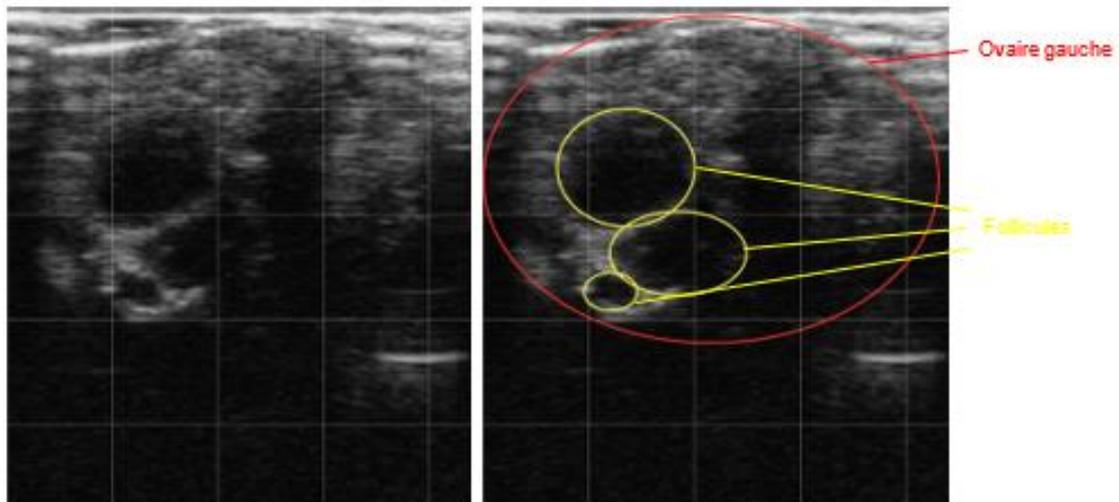


Image échographique d'un ovaire contenant trois follicules (Source : N. PERRET et A. PRE)

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

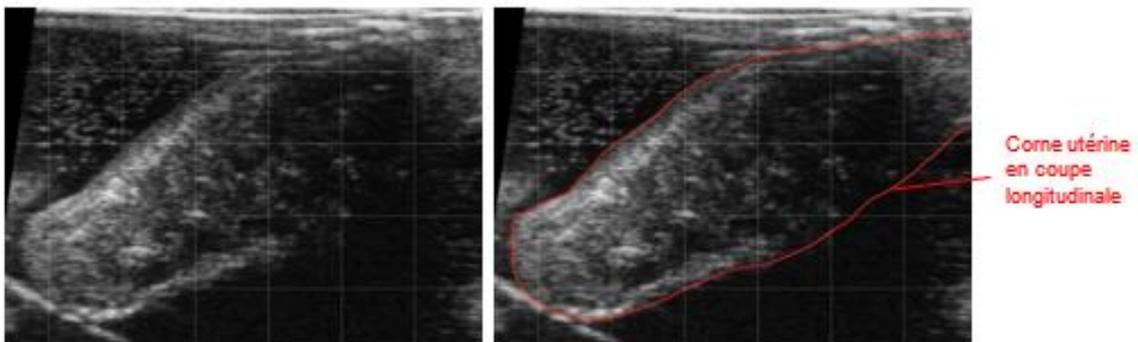


Image échographique d'une corne utérine en coupe longitudinale (Source : N. PERRET et A. PRE)

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).

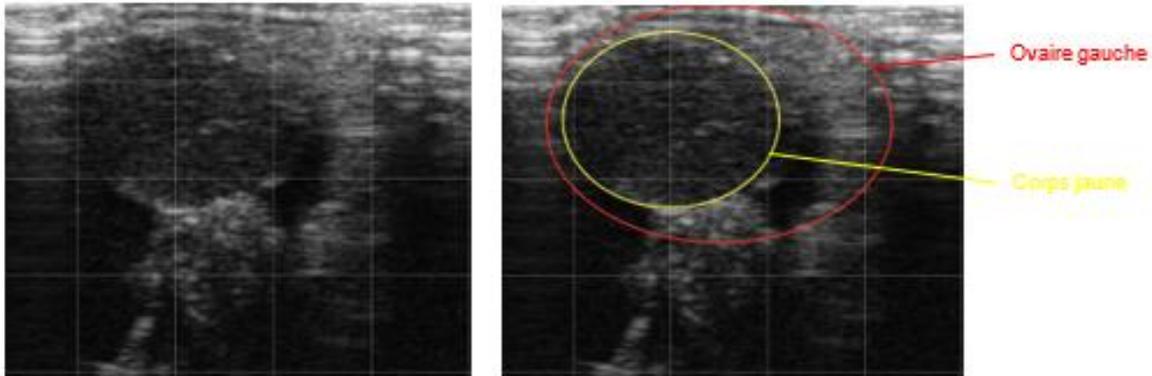


Image échographique d'un ovaire contenant un corps jaune (Source : N. PERRET et A. PRE)

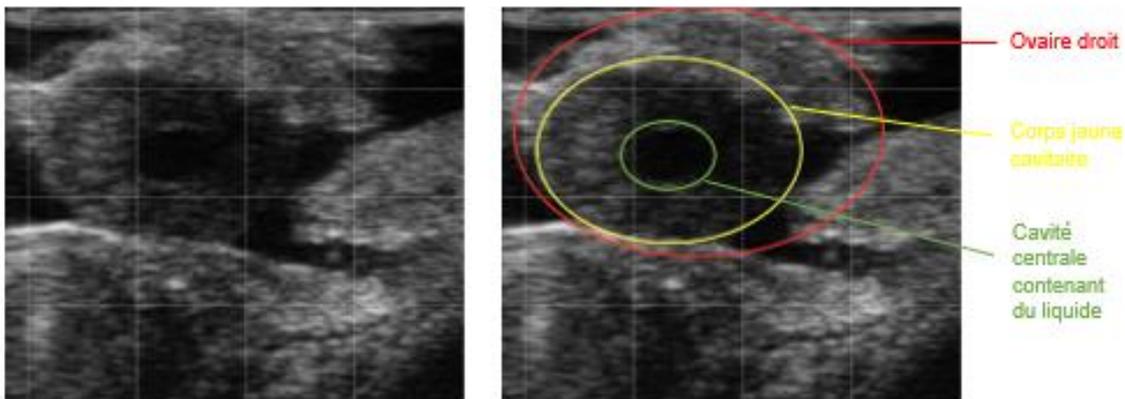


Image échographique d'un ovaire contenant un corps jaune cavitaire (Source : N. PERRET et A. PRE)

### 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

## Annexe 2 : Fiche méthodologique Diagnostic de gestation

Date de version : 16/08/22



Fiche méthodologique

### Réalisation d'une échographie génitale bovine dans le cadre d'un diagnostic de gestation

Pierre Bruyère



#### Justification du poste de travail

Le diagnostic de gestation chez le bovin est un acte réalisé très couramment en médecine vétérinaire rurale. Cet acte est très important car il permet à l'éleveur de savoir quels animaux sont gestants et d'obtenir ainsi des indicateurs de performance de son élevage. Le diagnostic de gestation peut avoir lieu très précocement, à partir de 27 jours de gestation.

#### Objectif d'apprentissage

- Être capable de repérer la présence de liquide anéchogène et du fœtus dans une corne utérine
- Être capable d'effectuer un diagnostic négatif de gestation
- Être capable d'estimer l'âge approximatif du fœtus lors de gestation précoce
- Être capable de déduire le sexe du fœtus grâce aux images échographiques

#### Pré-requis :

- Anatomie et histologie de l'appareil génitale bovin femelle non gravide et gravide.
- Anatomie et histologie des enveloppes foetales
- Notion de développement embryonnaire
- Théorie du cycle de reproduction chez la vache
- Bases d'imagerie médicale en échographie
- Théorie de la palpation transrectale chez la vache
- Atelier « Réalisation d'une échographie génitale bovine dans le cadre d'un suivi de reproduction »

#### Méthodologie

##### Préparatifs

Cet atelier se réalise sur les poches de fantômes (utérus dans une poche de perfusion) N° 1 à 12. Mais seul les N°10 à 12 sont gestants.

##### Choix du fantôme :

Douze fantômes sont utilisables pour cet atelier. Certains sont gestants et d'autres non. 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

PERRRET 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 le 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 savoir dans quel sens faire avancer la sonde.



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 :

**mg :** 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. Effectuez votre échographie comme indiqué dans l'atelier « Réalisation d'une échographie génitale bovine dans le cadre d'un suivi de reproduction ». Si l'utérus est gestant, vous devriez apercevoir du liquide anéchogène dans une des cornes, possiblement dès la bifurcation des cornes utérines, comme sur cette photo.

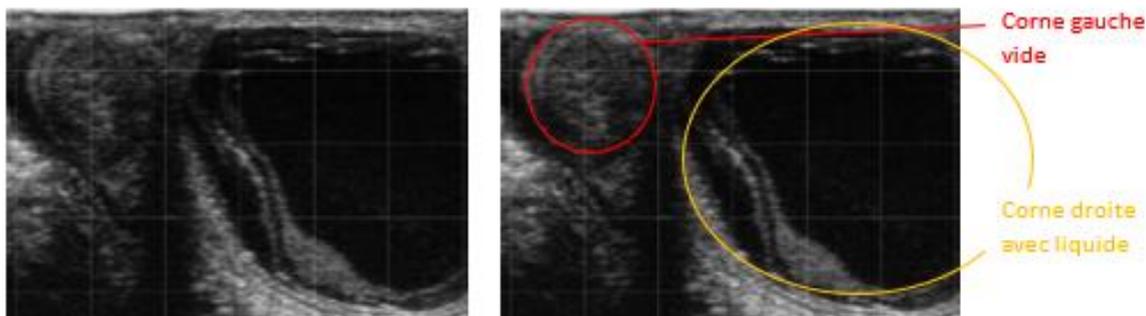


Figure 1 : Image échographique de cornes utérines vide et gestante (image personnelle)

Lorsque vous avez une grande quantité de liquide comme ici, vous pouvez chercher la présence d'un fœtus en suivant la corne contenant le liquide. Il apparaîtra comme une forme très échogène flottant au milieu du liquide. Suivant l'avancement de la gestation, vous pourrez le voir entièrement (figure 2), ou seulement quelques parties s'il est déjà trop gros pour entrer entièrement dans le champ de l'échographe (cage thoracique et colonne vertébrale sur la figure 3).



Figure 2 : Fœtus entier dans sa poche amniotique (image personnelle)



Figure 3 : Partie dorsale d'un fœtus : colonne vertébrale et côtes (image personnelle)

Lorsque le fœtus est assez gros (>45j de gestation), vous pouvez aussi apercevoir des cotylédons dans la corne utérine, ce sont des excroissances échogènes de la corne, qui ressemblent à ceci :

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

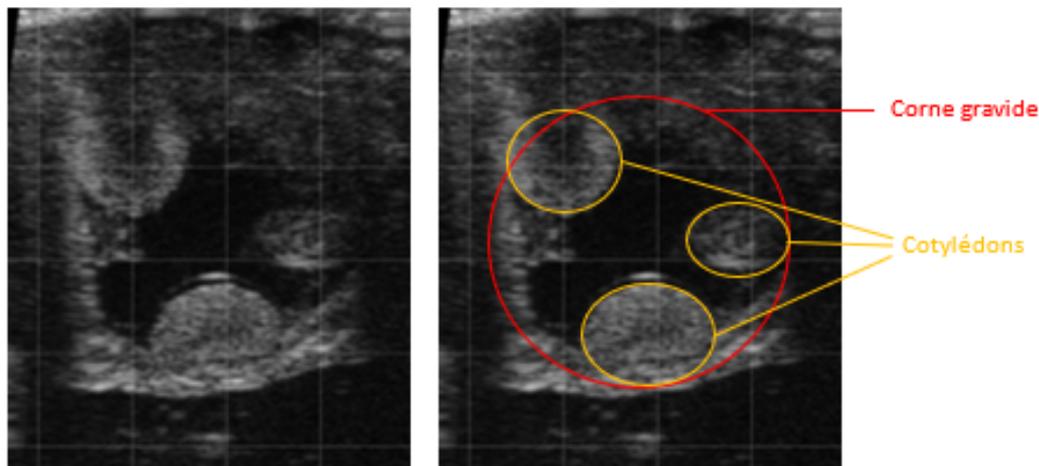


Figure 4 : Coupe transversale de corne avec cotylédons (image personnelle)

#### Aspect échographique des ovaires :

Lorsque vous échographiez les ovaires d'un utérus gestant, vous devez obligatoirement trouver un corps jaune gestationnel sur l'ovaire du côté de la corne gestante, mais vous pouvez aussi trouver des follicules (voir la fiche méthodologique de l'atelier « Réalisation d'une échographie génitale bovine dans le cadre d'un suivi de reproduction » pour avoir des images de structures visibles sur un ovaire). L'absence de corps jaune sur les ovaires d'un utérus sera une confirmation de non-gestation.

#### Détermination de l'âge du fœtus :

Lorsqu'une gestation est détectée, il peut être intéressant pour l'éleveur de connaître l'âge approximatif du fœtus pour mieux préparer les naissances. On peut utiliser pour cela différentes mesures du fœtus selon les coupes que l'on arrive à faire. Voici deux tableaux qui pourront vous aider, suivis d'un exemple.

Longueur tête - coccyx (mm)	Age du fœtus (jours)	Largeur du thorax (mm)	Age du fœtus (jours)
15	34	15	54
20	39	20	65
30	45	30	80
40	50	40	91
50	54	50	99
60	57	60	106
70	60	70	112

Age du fœtus en fonction de sa longueur (à gauche) et de sa largeur (à droite) sur une image échographique

D'autres paramètres peuvent être utilisés comme la taille de la tête ou encore la taille de l'œil.

Sur la figure suivante, la taille d'un carreau mesure 1cm, ce qui nous permet d'obtenir des mesures plutôt précises du fœtus.

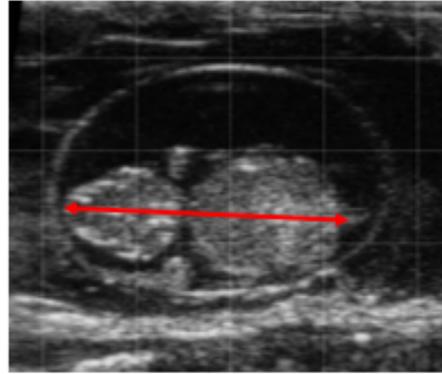
Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



Longueur  
tête-coccyx  
du fœtus

Figure 5 : Fœtus d'environ 45 jours de gestation (image personnelle)

La longueur tête-coccyx du fœtus (tête à gauche de l'image et queue tout à droite) mesure 3 carreaux, soit 30mm. Grâce au tableau correspondant, vous pouvez trouver que l'âge du fœtus est ainsi d'environ 45 jours.

#### Consignes à respecter après réalisation

Merci d'essayer 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

FRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



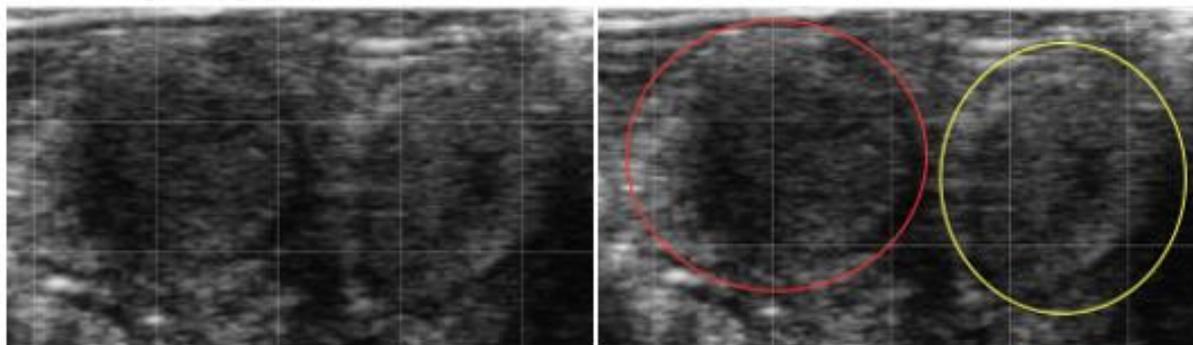


Fiche d'accompagnement

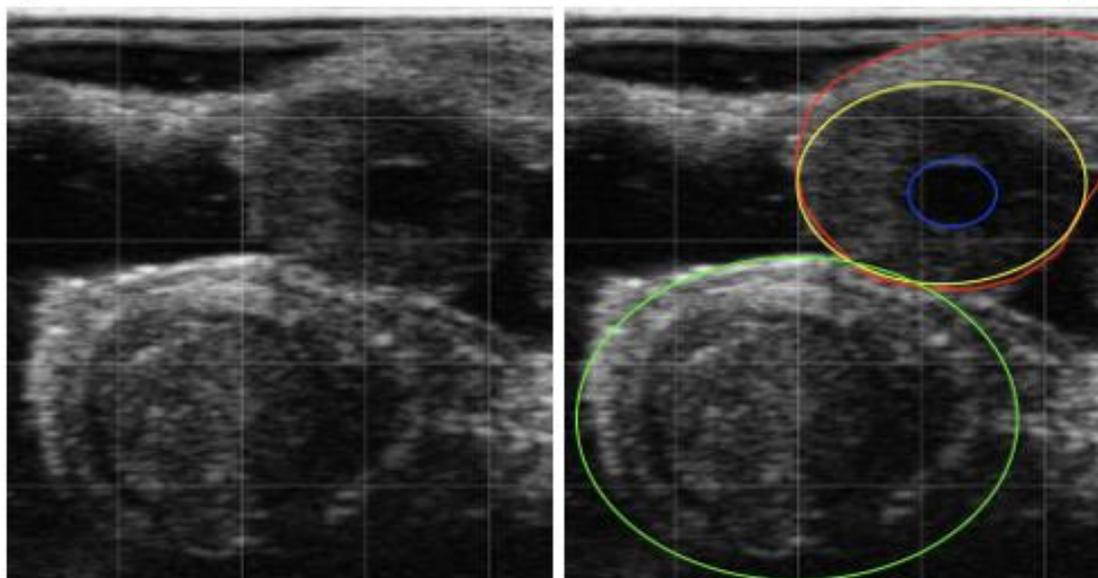
## Utérus n°5

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. (Image personnelle)



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. (Image personnelle)

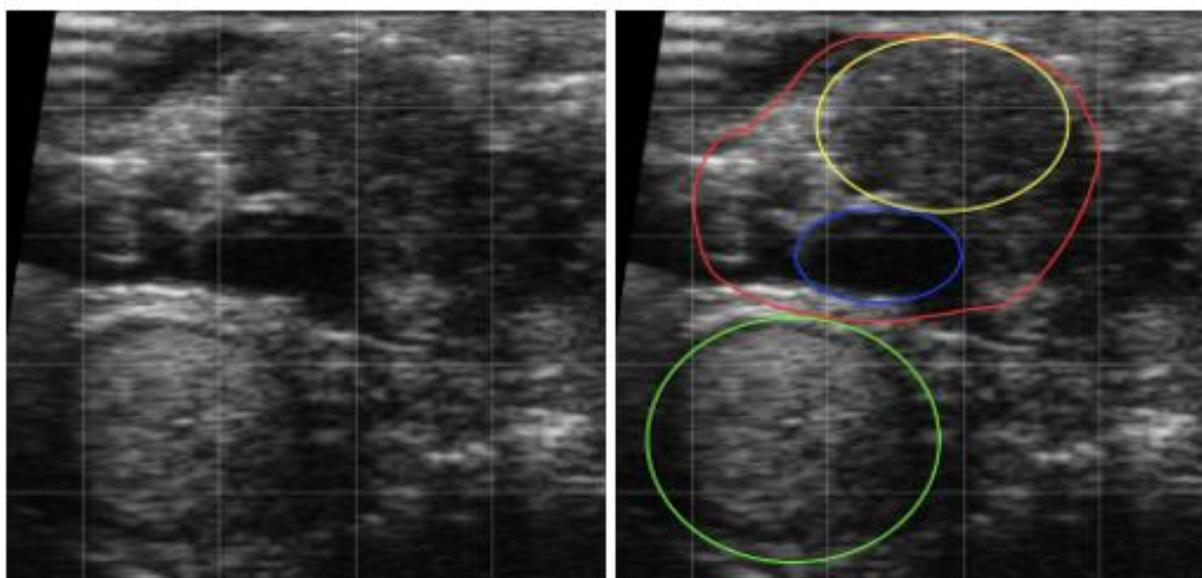
Rédaction

PERRET Nicolas

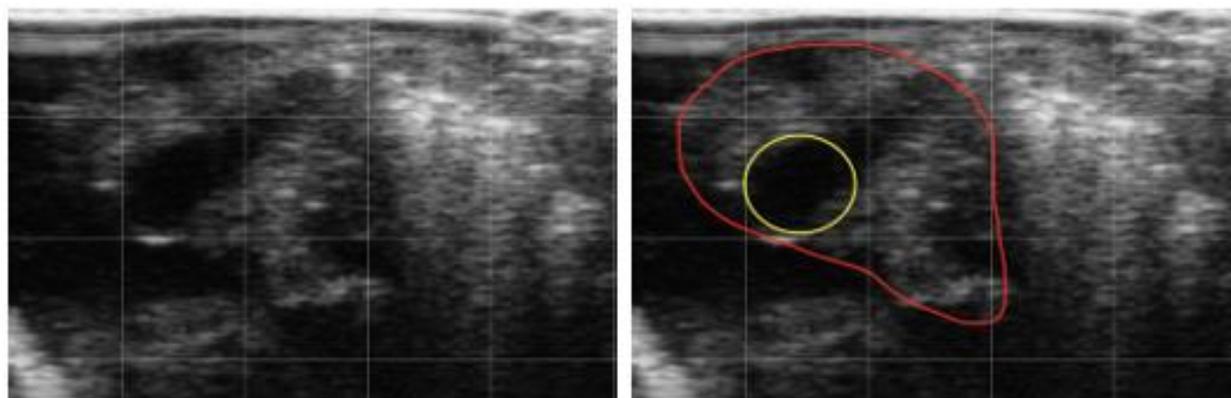
PRE Annabelle

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<sup>ème</sup> corps jaune ; cercle bleu : follicule ; cercle vert : corne droite. (Image personnelle)



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. (Image personnelle)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

## Quizz de l'éleveur :

### **Un corps jaune cavitaires ? C'est problématique ?**

*On différencie les corps jaunes cavitaires des kystes lutéaux. Les kystes lutéaux 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 lutéaux sont pathologiques et dégradent les performances de reproduction. Absolument pas, un corps jaune cavitaires exerce une activité hormonale totalement normale. Il faut savoir qu'un corps jaune sera cavitaires dans 40% des cas.*

### **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 Fries Holstein que cela arrive le plus souvent.*

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

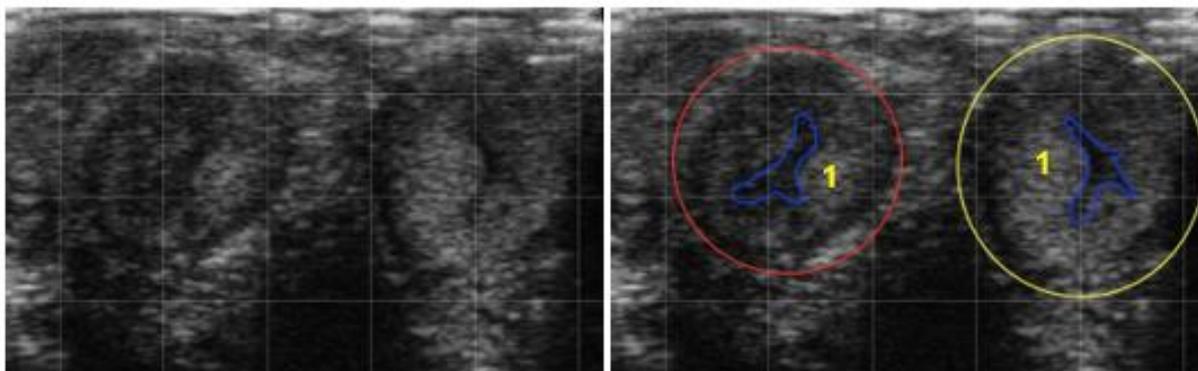


Fiche d'accompagnement

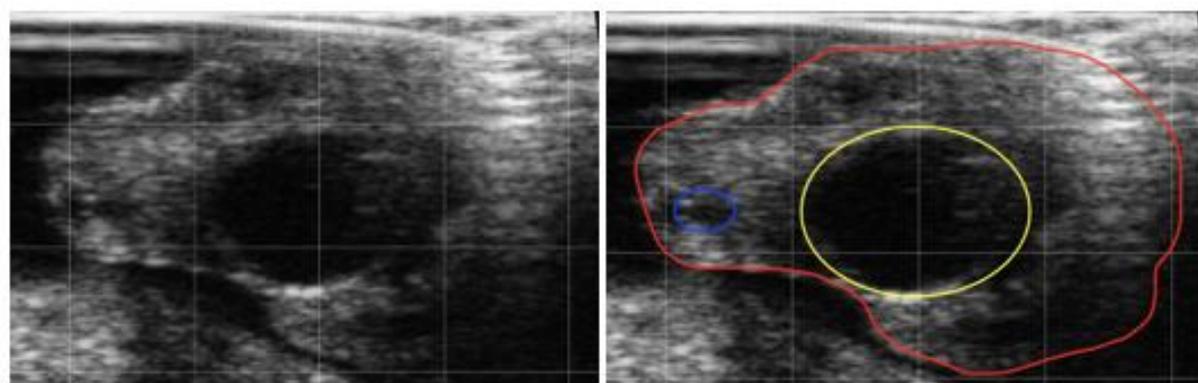
## Utérus n°7

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 : pari utérine épaissie. (Image personnelle)



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. (Image personnelle)

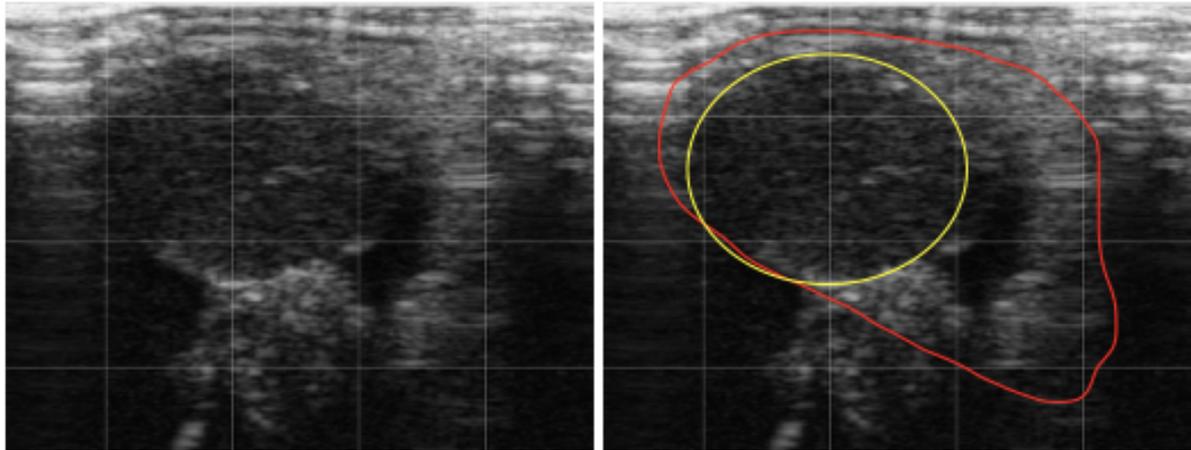
Rédaction

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. (Image personnelle)

### Quizz de l'éleveur :

A quoi correspond une lumière utérine dilatée ?

- (Hydromètre ou un r... qui ressemble aux signes d'une gestation précoce)
  - Lumière dilatée, liquide avec particules échogènes : infections utérines
  - choleux
  - Lumière peu dilatée, liquide anéchogène, deux cornes, forme d'étoile : phase pré-estrus
  - pré-estrus
  - Lumière peu dilatée, liquide anéchogène, seulement dans une corne, forme ovulaire : gestation très avancée
  - Lumière très dilatée, liquide anéchogène, cotylédons, enveloppes fœtales, embryon : gestation assez
- 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 choleux. Mais la vache possède un corps jaune. Or on considère la période d'estrus (choleux) lorsque qu'il y a eu luteolyse et ovulation. Ainsi on peut penser que cette vache se situe juste avant l'estrus = d'estrus, la luteolyse et l'ovulation devraient avoir lieu dans quelques jours.

Rédaction

FERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

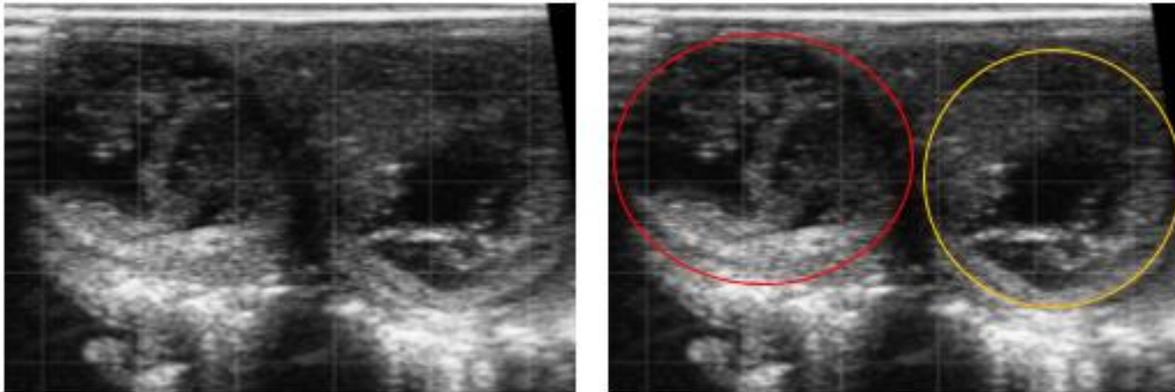


Fiche d'accompagnement

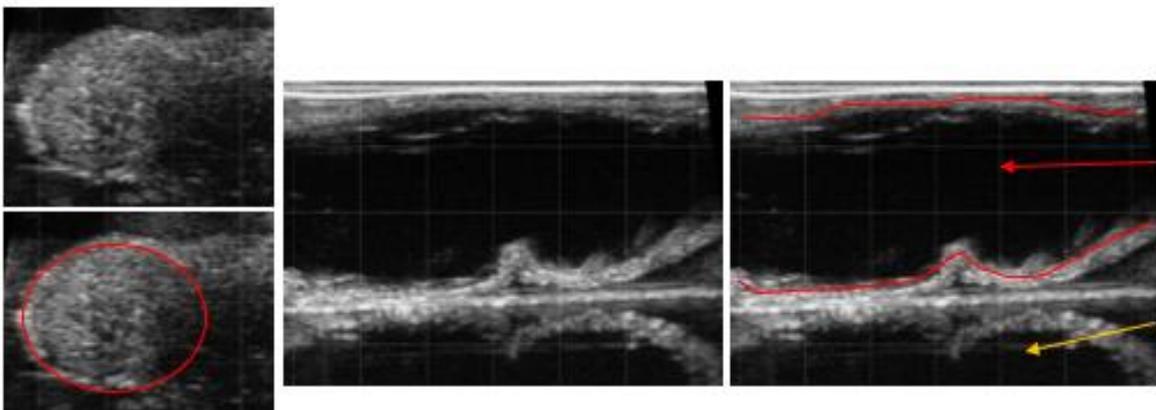
## Utérus n°10

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n° 10 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n° 10. 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. Ici, les deux cornes contiennent du liquide. Cercle rouge : corne gauche ; cercle jaune : corne droite. (Image personnelle)



Cornes utérines de l'utérus n° 10 A partir de la bifurcation, explorer les cornes l'une après l'autre et modifiez l'orientation de la sonde pour obtenir des coupes différentes. Cercle rouge : corne gauche vide en coupe transversale ; Flèche rouge : corne droite gestante en coupe longitudinale ; Flèche jaune : image miroir de la corne gestante. (Image personnelle)

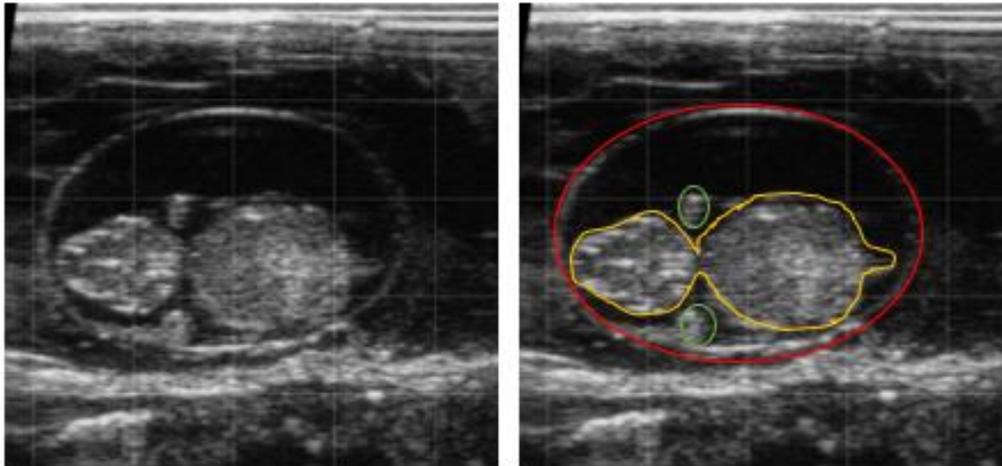
Rédaction

PERRET Nicolas

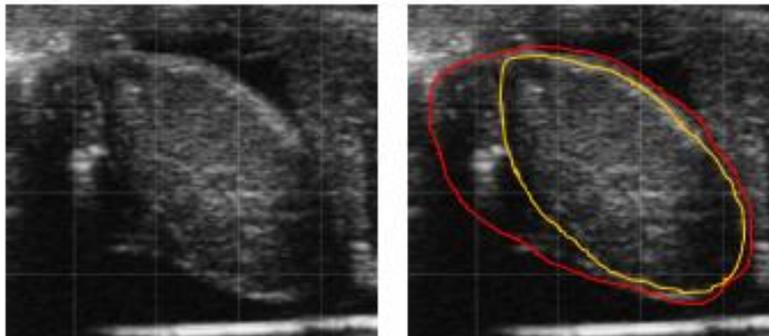
PRE Annabelle

Révision

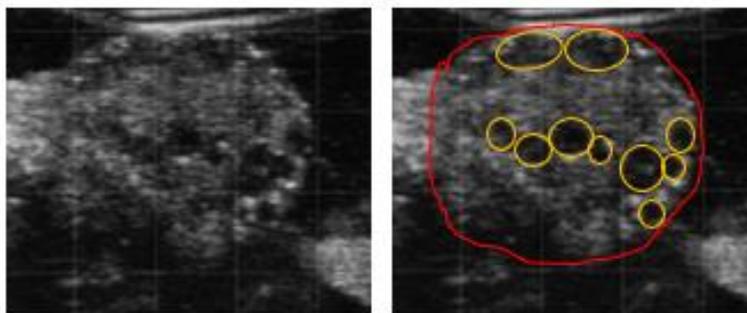
Pierre Bruyère



**Fœtus de l'utérus n° 10.** En suivant la corne remplie de liquide, on tombe sur une structure hyperéchogène : le fœtus (ici en coupe horizontale). Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : membrane amniotique ; cercle jaune : corps du fœtus (tête à gauche et corps à droite) ; cercles verts : membres antérieurs. (Image personnelle)



**Ovaire droit de l'utérus n° 10.** En suivant la corne gestante jusqu'à son extrémité, on arrive sur l'ovaire. 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 gestationnel. (Image personnelle)



**Ovaire gauche de l'utérus n° 10.** Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercles jaunes : petits follicules. (Image personnelle)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

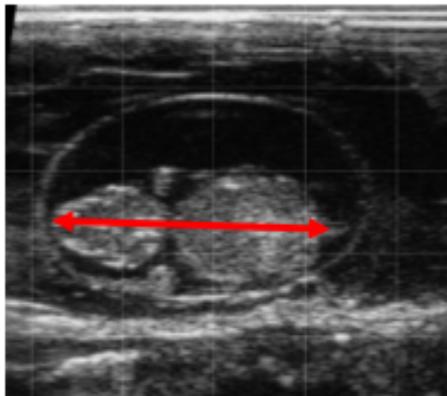
## Quizz de l'éleveur :

### Ma vache est-elle gestante ?

La présence d'une quantité très importante de liquide dans une des deux cornes utérines et la visualisation d'un fœtus en son sein ne laissent que peu d'hésitations. Ainsi on peut affirmer que cette vache est gestante.

### A combien de jours de gestation ma vache se trouve-t-elle ?

Pour répondre à cette question, il faut prendre des mesures du fœtus et s'aider du tableau de la fiche méthodologique pour faire correspondre taille et âge selon la coupe choisie. Ici, il est plus facile de prendre la longueur tête-queue pour effectuer notre mesure. On a un fœtus qui mesure environ 3cm, ce qui correspond à une gestation d'autant de 45j environ.



3 carreaux → 3cm

→ 45 jours

Fœtus de l'utérus n° 10. Double flèche rouge : longueur tête-queue du fœtus (Image personnelle)

### Est-il possible d'avoir une idée du sexe du fœtus ?

Le diagnostic du sexe du fœtus peut s'effectuer de deux manières différentes :

- Par visualisation du tubercule génital (sorte de signe « égal ») proche du cordon ombilical chez le mâle et proche de la queue chez la femelle. Diagnostic possible entre 58 et 70j de gestation environ
- Par identification des organes génitaux externes : les trayons de la mamelle pour la femelle et le scrotum pour le mâle. Diagnostic possible entre 80 et 100j de gestation.

Ici, le fœtus est âgé de 45j seulement, il n'est donc pas possible de déterminer son sexe.

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



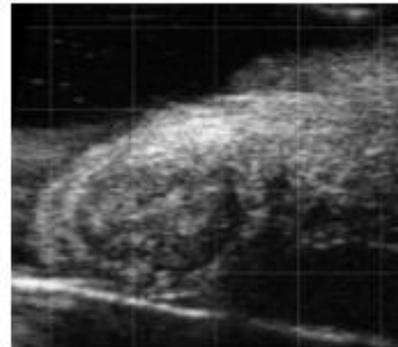
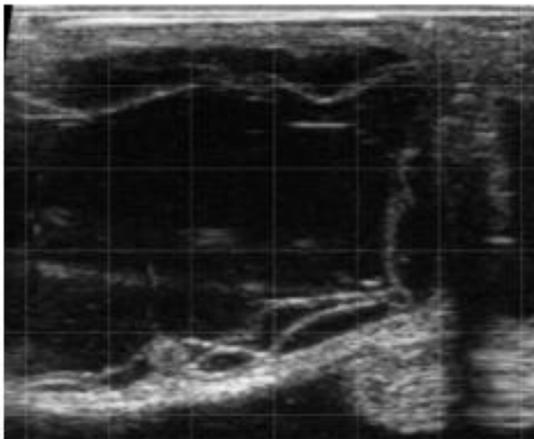


Fiche d'accompagnement

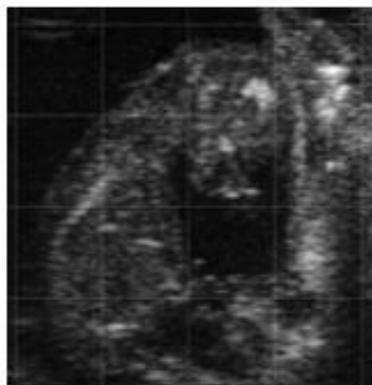
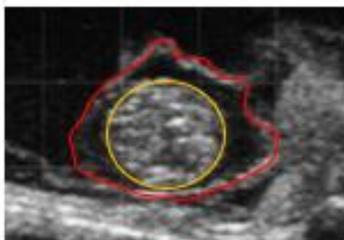
### Utérus n°11

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n°11 :



Cornes utérines de l'utérus n°11 A partir de la bifurcation, explorer les cornes l'une après l'autre et modifiez l'orientation de la sonde pour obtenir des coupes différentes. Image de gauche : corne gauche gestante en coupe longitudinale ; image de droite : corne droite vide en coupe transverse. (Image personnelle)

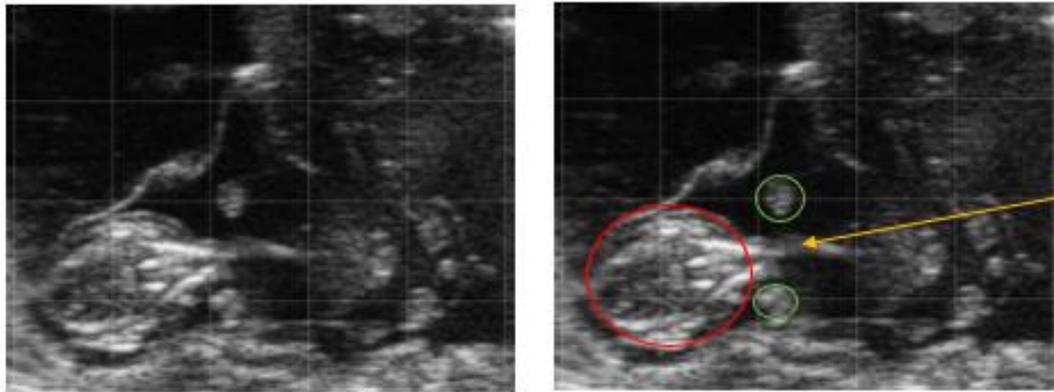


Fœtus de l'utérus n°11 Selon l'orientation de la sonde, on peut obtenir différentes coupes du fœtus. A gauche en coupe transversale (Cercle rouge : membrane amniotique ; cercle jaune : fœtus) et à droite en coupe longitudinale (Forme rouge : contours du fœtus ; flèche jaune : cordon ombilical) (Image personnelle)

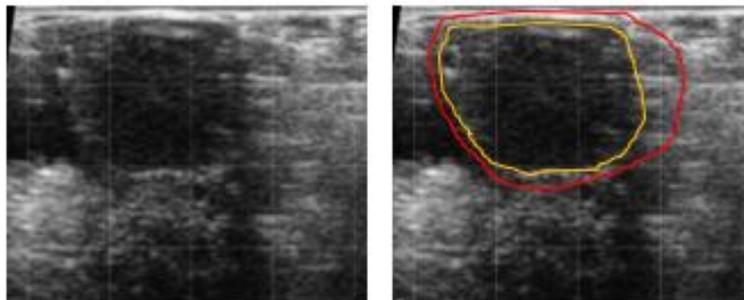
PERRET Nicolas

Pierre Bruyère

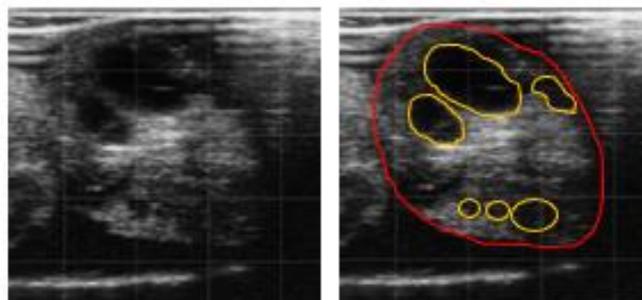
PRE Annabelle



**Fœtus de l'utérus n° 11.** Voici une autre coupe transversale du fœtus que vous pouvez obtenir, où l'on peut voir d'autres détails. Cercle rouge : fœtus ; flèche jaune : cordon ombilical ; cercles verts : membres. (Image personnelle)



**Ovaire gauche de l'utérus n° 11.** En suivant la corne gestante jusqu'à son extrémité, on arrive sur l'ovaire. 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 gestationnel. (Image personnelle)



**Ovaire droit de l'utérus n° 11.** Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire droit ; cercles jaunes : follicules. (Image personnelle)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère

## Quizz de l'éleveur :

### A combien de jours de gestation ma vache se trouve-t-elle ?

Pour répondre à cette question, il faut prendre des mesures du fœtus et s'aider du tableau de la fiche méthodologique principale pour faire correspondre taille et âge selon la coupe choisie. Ici, il est plus facile de prendre la longueur du fœtus pour effectuer notre mesure. On a un fœtus qui mesure environ 1,6cm, ce qui correspond à une gestation d'autant de 57] environ.



1,6 carreaux → 16mm

→ 57 jours

Fœtus de l'utérus n° 11. Double flèche rouge : diamètre du fœtus (Image personnelle)

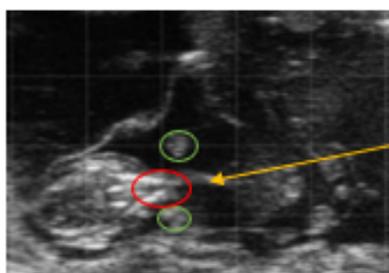
### Est-il possible de sexer le fœtus ?

Le diagnostic du sexe du fœtus peut s'effectuer de deux manières différentes :

- Par visualisation du tubercule génital (sorte de signe « égal ») proche du cordon ombilical chez le mâle et proche de la queue chez la femelle. Diagnostic possible entre 58 et 70] de gestation environ.
- Par identification des organes génitaux externes : les rayons de la mamelle pour la femelle et le scrotum pour le mâle. Diagnostic possible entre 80 et 100] de gestation.

Ici, le fœtus est âgé de 57] environ, il est donc normalement un peu tôt pour déterminer son sexe. Cependant, au niveau de la base du cordon ombilical, on peut voir une sorte de « signe égal » en coupe transversale, qui pourrait correspondre au tubercule génital d'un mâle. Pour confirmer cette hypothèse, il faudrait confirmer l'absence de ce tubercule génital au niveau de la queue du fœtus, qui correspondrait à une femelle. Malheureusement, cette coupe est difficilement atteignable par échographie de notre modèle, il est donc difficile de confirmer le diagnostic de sexe.

De plus, le fœtus étant encore assez jeune pour le sexe par détection du tubercule génital, il faudrait sur le terrain revenir quelques jours plus tard pour échographier de nouveau.



Fœtus de l'utérus n° 11. Cercle rouge : signe « égal » correspondant au tubercule génital ; cercles verts : membres du fœtus ; flèche jaune : cordon ombilical (Image personnelle)

Rédaction

PERRET Nicolas

PRE Annabelle

Révision

Pierre Bruyère



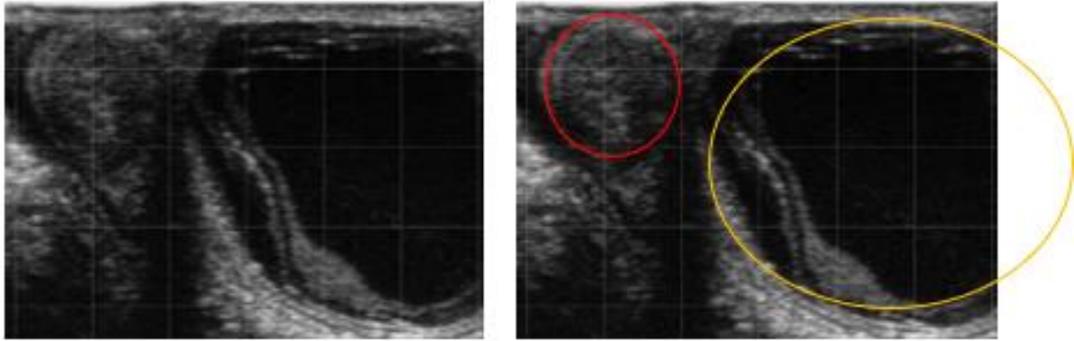


Fiche d'accompagnement

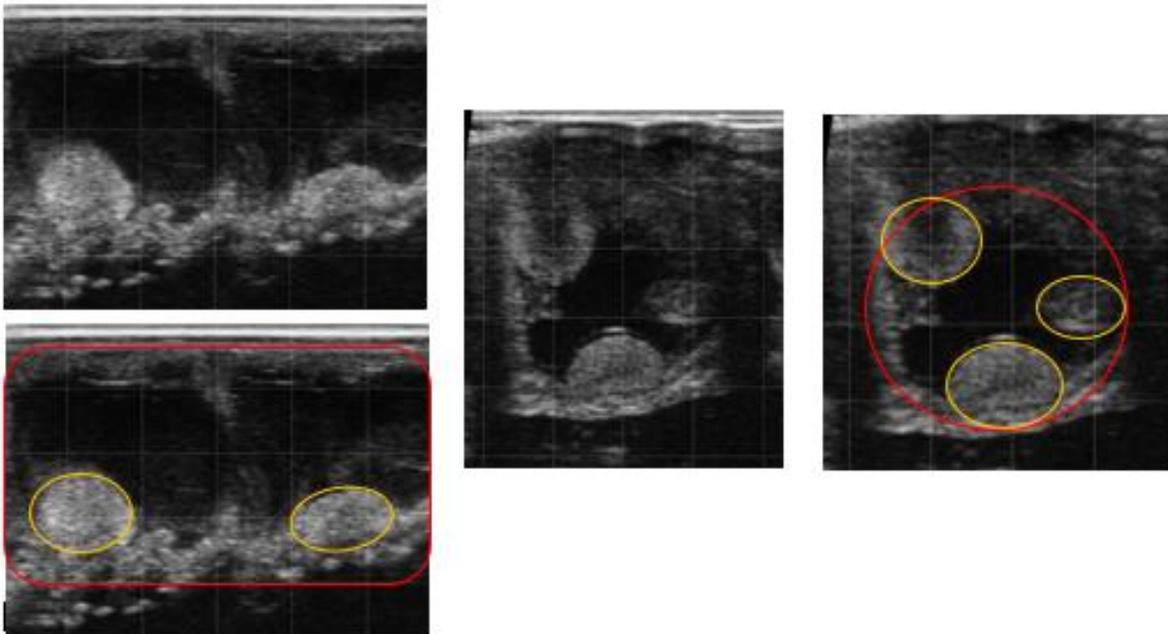
## Utérus n°12

Pierre Bruyère

Images échographiques pouvant être réalisées sur l'utérus n° 12 :



Bifurcation des cornes utérines de l'utérus n° 12. On observe dès la bifurcation utérine une corne remplie de liquide. Cercle rouge : corne vide ; cercle jaune : corne droite gestante. (Image personnelle)

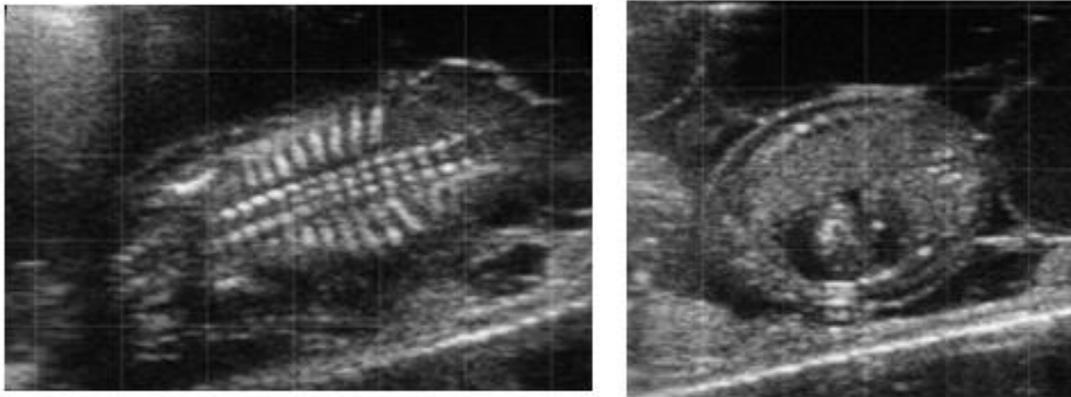


Cotylédons de l'utérus n° 12. On les voit apparaître à l'échographie à partir de 45j de gestation environ. A gauche en coupe longitudinale et à droite en coupe transversale. Cercle rouge : corne utérine gestante ; cercles jaunes : cotylédons (Image personnelle)

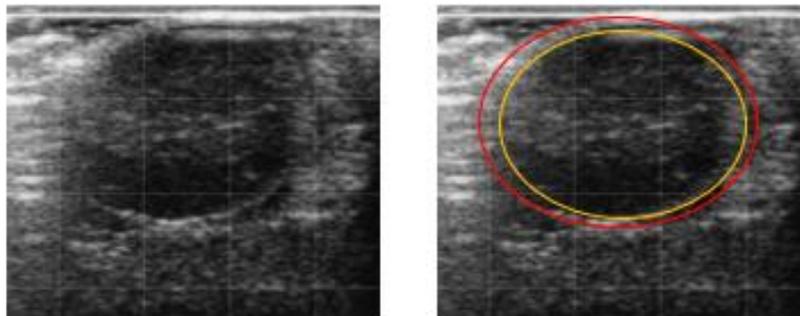
PERRET Nicolas

Pierre Bruyère

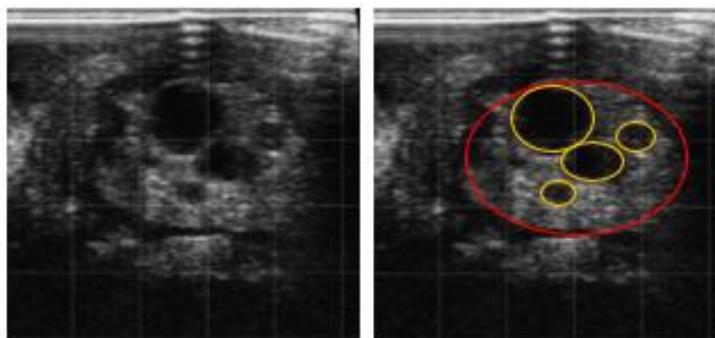
PRE Annabelle



Fœtus de l'utérus n° 12. Selon l'orientation de la sonde, on peut obtenir différentes coupes du fœtus. A gauche en coupe longitudinale (on voit bien l'ossification du fœtus avec colonne vertébrale et côtes) et à droite en coupe transversale (on voit la différenciation des organes) (Image personnelle)



Ovaire droit de l'utérus n° 12. En suivant la corne gestante jusqu'à son extrémité, on arrive sur l'ovaire. 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 gestationnel. (Image personnelle)



Ovaire gauche de l'utérus n° 12. Selon l'orientation de la sonde, la coupe sera différente et l'image différera de celle-ci. Cercle rouge : ovaire gauche ; cercles jaunes : follicules. (Image personnelle)

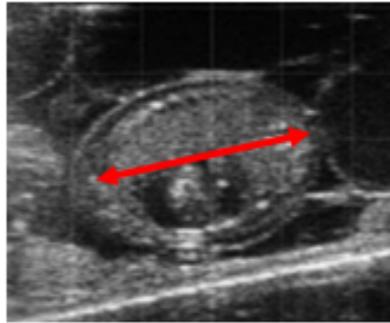
Rédaction  
 PERRET Nicolas  
 PRE Annabelle

Révision  
 Pierre Bruyère

## Quizz de l'éleveur :

### A combien de jours de gestation ma vache se trouve-t-elle ?

Pour répondre à cette question, il faut prendre des mesures du fœtus et s'aider du tableau de la fiche méthodologique pour faire correspondre taille et âge selon la coupe choisie. Ici, il est plus facile de prendre la longueur du fœtus pour effectuer notre mesure. On a un fœtus qui mesure environ 3cm de diamètre, ce qui correspond à une gestation d'autant de 80j environ.



3 carreaux → 3cm

→ 80 jours

Fœtus de l'utérus n° 12. Double flèche rouge : diamètre du fœtus (Image personnelle)

### Est-il possible de sexer le fœtus ?

Le diagnostic du sexe du fœtus peut s'effectuer de deux manières différentes :

- Par visualisation du tubercule génital (sorte de signe « égal ») proche du cordon ombilical chez le mâle et proche de la queue chez la femelle. Diagnostic possible entre 58 et 70j de gestation environ.
- Par identification des organes génitaux externes : les trayons de la mamelle pour la femelle et le scrotum pour le mâle. Diagnostic possible entre 80 et 100j de gestation.

Ici, le fœtus est âgé de 80j environ, il est normalement possible de déterminer son sexe en trouvant les organes génitaux externes. Cependant, il est très difficile de trouver la bonne coupe et l'on n'arrive pas à trouver sur ce modèle ni mamelles, ni scrotum.

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 GRAVIDE DES BOVINS**

---

## **Auteur**

---

PRE Annabelle

## **Résumé**

---

L'échographie du tractus génital de la vache par voie transrectale est un geste technique essentiel dans le suivi de reproduction des élevages bovins et notamment dans le cadre du diagnostic de gestation. L'objectif de cette thèse était ainsi l'élaboration d'un support pédagogique pour l'apprentissage de l'échographie de l'appareil génital gravide des bovins.

L'utilisation de modèles de simulation en école vétérinaire permet de répondre à des considérations éthiques, économiques ou encore pédagogiques, apparaissant ainsi comme intermédiaire entre théorie et pratique, en complément de l'enseignement déjà existant.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons pu fabriquer de nombreux modèles d'utérus à échographier. Ils sont à disposition des étudiants dans la salle de simulation VetSkill de VetAgro Sup et leur permettent entre autre de s'exercer au diagnostic de gestation, au sexage ou à l'estimation de l'âge d'un fœtus.

## **Mots-clés**

---

Reproduction, Simulation, Echographie, Gestation, Bovins

## **Jury**

---

Président du jury : Pr CALENDER Alain

1er assesseur : Pr BRUYERE Pierre

2ème assesseur : Pr BELLUCO Sara