

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – ALGER
المدرسة الوطنية للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

APPLIICATION DE L'ECHOGRAPHIE EN REPRODUCTION BOVINE

**Présenté par : AMARA Ahmed
AMEUR Tinhinene**

Soutenu le 30/06/2010

Le jury :

-. Président :	TEMIM S.	(Professeur à l'ENSV)
-. Promoteur :	BOUDJELLABA S.	(Maitre Assistant B à l'ENSV)
-. Examineur :	SOUAMES S.	(Maitre Assistant A à l'ENSV)
-. Examineur :	ADJERAD O.	(Maitre Assistant A à l'ENSV)

Année universitaire : 2011/2012

Remerciements

Au bon dieu le tout puissant le miséricordieux de nous avoir mené à réaliser ce travail.

À notre promoteur : Mr BOUDJELLABA S..

À notre président de jury : Mme TEMIM S.

À nos examinateurs : Mr SOUAMES S. et Mr ADJRAD O.

A tous ce qui nous ont aidés pour réaliser ce modeste travail :

A tout le personnel de la bibliothèque.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Au nom de Dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

A mes parents,

Vous m'avez toujours fait confiance et soutenue dans ce que j'ai entrepris. Merci d'avoir tout fait pour m'aider au mieux et merci aussi de me supporter. Trouvez ici le témoignage de ma reconnaissance et de mon amour.

A mes chères sœurs : dina, cylvia, hiba et aya

A mon frangin le petit YUCEF *A QUI JE SOUHAITE LA RÉUSSITE DANS SES ÉTUDES.*

A mes grands parents, et à toute ma famille *Qui, de près ou de loin, m'ont soutenue jusqu'à maintenant.*

A ma future femme *Nous serons bientôt deux Dr AMARA, je serai très fière de partager ça, et plein d'autres choses encore, avec toi.*

A tous mes amis, *merci pour ces années passées ensemble. Que de souvenirs exceptionnels, grâce à vous ! Et ce n'est pas fini... je ne citerai personne de peur d'en oublier.*

AMARA Ahmed

Dédicace

A **mes parents**, Pour votre soutien, votre amour et votre confiance depuis toujours, qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici. **Mille mercis du fond du cœur**,

.

A ma petite sœur **Thifra** et mon frère **Kousseila**,

A **Maha** et **Nabila**,

A **toute ma famille** : mes grands-parents, mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines,

A tous mes amis, d'ici et d'ailleurs,

Aux vétérinaires qui m'ont accueillie en stage,

Aux gens que j'aime et qui sont partis trop vite.

Et bien sure, à Hidouche..

Tine.

Table des matières

<u>INTRODUCTION</u>	Page 01
<u>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :</u>	
<u>PREMIERE PARTIE : Principe de l'image échographique</u>	Page 03
I. HISTOTIQUE	Page 03
II. SECURITE ET UTILISATION DE L'ECHOGRAPHE	Page 03
III. LES BASES PHYSIQUES	Page 04
III.1. Les ondes sonores	Page 04
III.1.1. La fréquence	Page 04
III.1.2. La longueur d'onde	Page 04
III.1.3. La célérité	Page 04
III.1.4. L'intensité	Page 05
III.2. Production des ultrasons: L'effet piézo-électrique	Page 05
III.3. Interaction des ultrasons avec la matière	Page 06
III.3.1. La réflexion d'interface	Page 06
III.3.2. La réflexion multidirectionnelle ou diffusion	Page 07
III.3.3. L'absorption	Page 07
III.3.4. L'atténuation	Page 08
IV. FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE	Page 08
IV.1. Les modes échographiques	Page 09
IV.1.1 Mode A : Amplitude	Page 09
IV.1.2. Mode B : Brillance	Page 09
IV.1.3. Mode TM : Mode Temps Mouvement	Page 10
IV.1.4. Mode BD : Mode Bidimensionnel	Page 10
IV.1.5. Mode TD : Mode Tridimensionnel	Page 11
IV.2. Qualité de l'image échographique	Page 11
IV.2.1. Pouvoir de résolution	Page 11

Table des matières

IV.2.1.1. La résolution axiale -----	Page 11
IV.2.1.2. Résolution latérale -----	Page 11
IV.2.1.3. Autre type de résolution -----	Page 12
IV.2.2. L'échelle de gris -----	Page 12
IV.2.3. Réglages des gains -----	Page 12
IV.2.4. La focalisation -----	Page 13
IV.2.5. Les filtres -----	Page 13
IV.2.6. La brillance -----	Page 13
IV.2.7. Le contraste -----	Page 13
IV.2.8. Gel de l'image : freeze -----	Page 13
IV.2.9. Le rejet -----	Page 13
IV.3. Les sondes échographiques -----	Page 13
IV.3.1. Les types de sondes-----	Page 14
IV.3.1.1. Sondes mécaniques -----	Page 14
IV.3.1.2. Sondes électroniques -----	Page 14
IV.3.1.2.1. La sonde linéaire -----	Page 14
IV.3.1.2.2. La sonde annulaire -----	Page 15
IV.3.2. Choix de la sonde -----	Page 15
IV.3.2.1. Le type de sonde-----	Page 15
IV.3.2 .2. Le choix de la fréquence -----	Page 15
 V. INTERPRETATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE -----	 Page 16
V.1. Images de contours et de tissus divers -----	Page 16
V.2. Images des liquides et des gaz -----	Page 17
V.3. Les artéfacts -----	Page 17
V.3.1. Artéfact de bruit -----	Page 17
V.3.2. Artéfact de réverbération -----	Page 18
V.3.3. La « queue de comète » -----	Page 18
V.3.4. Image en miroir -----	Page 18
V.3.5. Ombre acoustique de bord -----	Page 18
V.3.6. Le renforcement postérieur -----	Page 19
V.3.7. Le trou noir échographique -----	Page 19

Table des matières

<u>DEUXIEME PARTIE : Echographie de l'appareil génital chez la vache</u> -----	Page 20
I.EXAMEN ECHOGRAPHIQUE TRANSRECTAL -----	Page 20
I.1. Préparation pour l'examen échographique transrectal -----	Page 20
I.2. Choix de la sonde échographique pour un examen transrectal -----	Page 20
I.3. Examen échographique des ovaires -----	Page 21
I.3.1. Diagnostic d'un follicule -----	Page 21
I.3.2. Diagnostic d'un corps jaune -----	Page 22
I.3.3. Diagnostic d'un kyste ovarien -----	Page 23
I.4. Examen échographique de l'oviducte -----	Page 23
I.5. Examen échographique de l'utérus non-gravide -----	Page 24
I.5.1 Diagnostic d'une période péri-œstrale -----	Page 24
I.5.2 Diagnostic d'une période di-œstrale -----	Page 25
I.5.3 Diagnostic d'une période d'involution utérine -----	Page 25
I.5.4 Diagnostic d'une pathologie utérine-----	Page 25
I.5.4.1 Diagnostic d'une métrite puerpérale-----	Page 25
I.5.4.2 Diagnostic d'une endométrite et d'un pyromètre-----	Page 26
I.6 Examen échographique de l'utérus gravide-----	Page 26
I.6.1 Diagnostic de gestation précoce et détermination de l'âge du fœtus-----	Page 26
I.6.2 Diagnostic d'une gestation gémellaire-----	Page 28
I.6.3 Diagnostic du sexe du fœtus -----	Page 29
I.6.3.1 Sexage entre 55 et 65 jours de gestation-----	Page 29
I.6.3.2 Sexage entre 80 et 100 jours de gestation-----	Page 30
I.6.3.2.1 Sexage Chez le mâle-----	Page 30
I.6.3.2.2 Sexage Chez la femelle-----	Page 30
I.6.4 Diagnostic d'une mortalité embryonnaire-----	Page 31
I.6.5 Diagnostic d'une momification-----	Page 31
I.6.6 Diagnostic d'une macération-----	Page 31
I.7. Diagnostic différentiel face à une zone anéchogène en région pelvienne chez la vache -----	Page 31

Table des matières

II. EXAMEN ECHOGRAPHIQUE TRANSABDOMINAL -----	Page 33
II.1. Préparation pour l'examen échographique transabdominal -----	Page 33
II.2. Choix de la sonde échographique pour un examen transabdominal -----	Page 33
II.3. Diagnostic de gestation tardif et détermination de l'âge du fœtus -----	Page 34
II.4 Evaluation du bien-être fœtal en fin de gestation normale -----	Page 37
II.4.1. Profondeur des liquides fœtaux -----	Page 38
II.4.2. Evaluation placentaire -----	Page 38
II.4.3. Fréquence cardiaque fœtale (FCF) -----	Page 39
II.4.4. Activité fœtale -----	Page 39
II.5. Evaluation du bien-être fœtal en fin de gestation à risque -----	Page 40

PARTIE PRATIQUE :

<u>PREMIERE PARTIE : Matériels et Méthodes</u> -----	Page 41
---	---------

I. MATERIELS -----	Page 41
I.1. Echographe -----	Page 41
I.2. Sonde linéaire -----	Page 41
I.3. Appareil photographique-----	Page 41

II. METHODES -----	Page 41
II.1. Echographies en bain d'eau -----	Page 41
II.2. Traitement des images -----	Page 42

<u>DEUXIEME PARTIE : Résultats et discussion</u> -----	Page 43
---	---------

I. EXAMEN DES OVAIRES -----	Page 43
I.1. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale de la sonde sur l'ovaire ----	Page 43

II. EXAMEN DE L'UTERUS -----	Page 44
II.1. Examen du col -----	Page 44

Table des matières

II.1.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur le col de l'utérus -----	Page 44
II.2. Examen de corps de l'utérus -----	Page 45
II.2.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur le corps de l'utérus -----	Page 45
II.3. Examen des cornes utérines -----	Page 45
II.3.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur les cornes utérines -----	Page 45
 III. EXAMEN D'UN FŒTUS BOVIN DE 40 JOURS D'ÂGE -----	 Page 47
III.1. Imagerie obtenue par une orientation longitudinalement dorsale de la sonde sur le fœtus -----	Page 47
III.2. Imagerie obtenue par une orientation longitudinalement et latérale de la sonde sur la tête, membres et abdomen du fœtus -----	Page 47
III.3. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur le thorax et les membres antérieurs du fœtus -----	Page 48
III.4. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et ventrale de la sonde sur le fœtus -----	Page 49
 IV. EXAMEN DE LA TÊTE DU FŒTUS BOVIN -----	 Page 49
IV.1. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur au niveau de l'encolure du fœtus -----	Page 49
IV.2. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur au niveau de la tête du fœtus -----	Page 50
 V. EXAMEN D'UN FŒTUS PLUS OU MOINS ÂGE -----	 Page 51
V.1. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde au niveau de la tête (sur la joue) du fœtus -----	Page 51
V.2. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale gauche de la sonde sur l'abdomen du fœtus -----	Page 51
V.3. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et latérale gauche de la sonde sur la cuisse du fœtus -----	Page 52

Table des matières

V.4. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et dorsale de la sonde sur fœtus -----	Page 53
V.5. Imagerie obtenue par une orientation longitudinalement et ventrale de la sonde sur le membre postérieure gauche du fœtus -----	Page 53
V.6. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale de la sonde sur le placenta et placentomes du fœtus -----	Page 54
<u>CONCLUSION</u> -----	Page 55

Liste des figures

Figure n°1 :	Echographie mode A-----	page 09
Figure n°2 :	Echographie mode B-----	page 09
Figure n°3 :	Echographie mode TM -----	page 10
Figure n°4:	Topographie abdominale chez une vache gravide en fin de gestation -----	page 33
Figure n°5:	Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement sur l'ovaire avec la fréquence de 6,5MHz (Clichés personnels) -----	page 43
Figure n°6 :	Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur le col de l'utérus avec la fréquence de 6,5 MHz. (Clichés personnels) -----	page 44
Figure n°7 :	Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur le corps de l'utérus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 45
Figure n°8 :	Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur les cornes utérines avec une fréquence de 6,5 MHz-----	page 46
Figure n°9 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et dorsal sur le fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 47
Figure n°10 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et latérale sur la tête, les membres et l'abdomen du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 48
Figure n°11:	Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur le thorax et les membres antérieurs du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz-----	page 48
Figure n°12 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et ventrale sur le fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 49
Figure n°13 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur l'encolure du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz-----	page 50
Figure n°14 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur la tête du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 50

Liste des figures

Figure n°15 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur la tête (joue) du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 51
Figure n°16 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur l'abdomen du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz-----	page 52
Figure n°17 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et latérale gauche sur la cuisse du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 52
Figure n°18 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et dorsale du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 53
Figure n°19:	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et ventrale sur le membre postérieure gauche du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz-----	page 53
Figure n°20 :	Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement sur le placenta et placentomes du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz -----	page 54

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Vitesse de propagation des ultrasons dans les différents tissus -----	Page 05
Tableau 2 :	Caractéristiques et indications des sondes linéaires transrectales de différentes fréquences utilisées en reproduction bovine. -----	Page 21
Tableau 3 :	Premier jour de détection des caractères du fœtus bovin par échographie--	Page 27
Tableau 4 :	Diagnostic du sexe du fœtus bovin entre 70 et 120 jours de gestation : éléments de diagnose et fiabilités relatives des diagnostics-----	Page 30
Tableau 5 :	Diagnostic différentiel face à une zone anéchogène en région pelvienne chez la vache-----	Page 32
Tableau 6 :	Relation (régression) entre les mesures des organes fœtaux et le stade de gestation-----	Page 35
Tableau 7 :	les différents paramètres échographiques utilisés lors de l'évaluation du bien-être chez la femme, la jument et la vache-----	Page 38

Liste des abréviations

% : Pour cent.

Ø : Diamètre.

<: Inférieur.

°C : Degrés Celsius.

1/3 : Un tiers.

2/3 : Deux tiers.

A = âge en semaines.

bat/mn : battement par minute.

C = constante.

C : Célérité.

Caud. : caudale.

cm : Centimètre.

Cran. : craniale.

f : Fréquence.

FCF : Fréquence cardiaque fœtale.

G = coefficient de croissance.

Hz: Hertz.

L = longueur en cm.

ln (L) : logarithme népérien

m/s: Mètre par seconde.

Mhz: Mégahertz.

Mode A : Amplitude.

Mode B : Brillance.

Mode BD : Mode Bidimensionnel.

Mode TD : Mode Tridimensionnel.

Mode TM : Mode Temps Mouvement.

mWatt/cm : Milliwatt par centimètre.

mWatt/cm² : Milliwatt par centimètre carré.

n:nombre

Prox: Proximale.

r. : coefficient de corrélation

Liste des abréviations

TGC : Time Gain Compensation.

Vent : Ventrale.

W/cm : Watt par centimètre.

W/cm²: Watt par centimètre carré.

Z : Impédance acoustique.

λ : Longueur d'onde.

Introduction

Introduction

Depuis quelques années, l'échographie s'est fortement développée aussi bien pour les animaux de compagnie que de rente. Chez les bovins, elle constitue une propédeutique essentielle en reproduction, dont la principale utilisation est pour les diagnostics de gestation.

A la différence de la palpation transrectale, qui est le premier examen à réaliser afin de repérer les différentes structures avant de mettre en place la sonde, l'échographie a comme avantages de permettre, avec exactitude, de visualiser les différentes structures ovariennes, d'évaluer le stade physiologique du cycle et surtout d'établir des diagnostics de gestation précoces. Ce dernier va permettre l'amélioration du rendement reproductif, en réduisant l'intervalle entre vêlages successifs, ainsi qu'en identifiant précocement les animaux non gravides.

De plus, c'est une technique rapide, fiable, non invasive et surtout très bien tolérée par l'animal. Cependant, elle nécessite un investissement important lors de l'achat de l'échographe et des sondes, ainsi qu'un apprentissage de l'opérateur.

L'échographie est une technique exigeante sur le plan intellectuel, elle nécessite de maîtriser un ensemble de connaissances biologiques (anatomie, physiologie, pathologie) et biophysiques (physique des ultrasons, formation de l'image, genèse des artefacts...) pour l'interprétation des informations issues de l'examen échographique.

L'objectif de ce travail est de réaliser un manuel d'images échographiques de l'appareil génital femelle chez les bovins destiné aux étudiants et aux initiés à cette discipline.

Dans la première partie, nous allons aborder quelques rappels sur le principe de l'échographie, utiles pour comprendre les bases du fonctionnement de l'appareil pour obtenir des images de bonne qualité, ainsi que pour l'interprétation des images obtenues.

La deuxième partie sera consacrée à la description des nombreuses utilisations de l'échographie bovine : détermination de l'état physiologique de l'appareil génital de

Introduction

la vache non gravide par l'examen de l'utérus et des ovaires, diagnostic de gestation, la morphologie du fœtus, ainsi que son sexage.

La troisième partie constitue le recueil d'images échographiques. Celles-ci ont été réalisées sur des matrices et des fœtus isolés et ont été effectuées en bain d'eau. Cette technique a l'avantage de juxtaposer les photos des pièces anatomiques et les images échographiques correspondantes pour une meilleure compréhension des images.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

PREMIERE PARTIE

Principes de l'image échographique

L'objet de cette partie est de fournir quelques éléments de bases physiques qui permettent de mieux comprendre le mécanisme de formation de l'image échographique.

I. HISTOTIQUE

L'échographie des animaux a évolué au fil des années d'une technique peu utilisée à une méthode accessible à tous et partout dans le monde.

1794 : SPALLANZANI le premier soupçonna l'existence des ultrasons en observant le vol des chauves-souris.

1880 : CURIE découvre le principe de la piézo-électricité et le moyen de produire des ondes ultrasonores.

Il faut attendre la première guerre mondiale avec LANGEVIN pour que l'homme les utilise à la détection des sous-marins en plongée.

1942 : La première application médicale est due à DUSSIK pour la recherche d'une déviation des structures

1952 : Premières tentatives d'examens des tissus biologiques par une méthode échographique ultrasonore (HOWERY Douglass et WILD John).

1970 : Premières échographies à balayage mécanique sur lesquels les mouvements rapides de la sonde commandée par un moteur permettent d'obtenir plusieurs images par secondes et d'observer en temps réel des tissus en mouvement.

Années 70 : L'échostructure devient visible grâce à l'emploi de convertisseurs d'images donnant des images en échelle de gris.

1980 : En France, première image échographique transrectale des organes génitaux de la jument (Palmer et Driancourt).

Années 80 : Amélioration de la qualité des images par l'introduction des sondes ultrasoniques à barrettes qui permettent la focalisation d'un faisceau ultrasonore à plusieurs profondeurs.

Années 90 : Miniaturisation des sondes et fonctionnement à haute fréquence (meilleure résolution). Développement de l'endosonographie.

II. SECURITE ET UTILISATION DE L'ECHOGRAPHE

La technique d'échographie est normalement sans danger. La réponse des tissus aux ultrasons (vibration des molécules tissulaires et absorption de la chaleur) sont sans conséquence (l'élévation de température ne peut pas dépasser 1°C). L'énergie minimum pour

produire des lésions est de 100 mWatt/cm², les ultrasons de l'échographe n'émettant que de 1 à 10 mWatt/cm (HAGEN et al., 2000).

III. LES BASES PHYSIQUES

L'échographie est une technique non invasive d'imagerie médicale basée sur l'utilisation d'ondes ultrasonores. Son principe repose sur la transmission et la réception d'ondes ultrasonores par une sonde.

III.1. Les ondes sonores

Le son est une propagation d'énergie sous la forme d'une vibration des particules d'un milieu (JAUDON et al., 1991). Il se propage sous forme d'onde mécanique qui peut subir des réflexions (échos), des réfractions et des interférences. La propagation se fait dans la matière, le son n'est pas transmis par le vide, contrairement aux rayons X (CROS, 2005).

L'onde sonore est caractérisée par :

- Fréquence (f)
- Longueur d'onde (λ)
- Célérité ou vitesse de propagation (c) ; où : $c = \lambda * f$
- Intensité

III.1.1. La fréquence

La fréquence de l'onde sonore correspond au nombre de compressions et d'expansions que subissent les particules du milieu en une seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz) ou cycle/seconde (JAUDON et al., 1991). La nature de l'onde sonore est définie par sa fréquence (infrasons, sons, ultrasons, hyper-sons). Les sons ayant une fréquence comprise entre 20 à 20 000Hz, sont audibles par l'oreille humaine (MAI, 1999). Les ultrasons ont une fréquence supérieure à 20 000Hz. La fréquence des ultrasons utilisés en imagerie vétérinaire est comprise entre 2 et 10 Mhz (DESCOTEAUX et al., 2009).

III.1.2. La longueur d'onde

La longueur d'onde (λ) d'un faisceau ultrasonore représente la distance entre deux ondes successives.

III.1.3. La célérité

La célérité (C) est la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore. Elle dépend du milieu de propagation : elle est de 1540 m/s environs dans les tissus mous, 332 m/s dans l'air, 4080 m/s dans l'os. Les vitesses de propagation dans les différents tissus mous sont très

proches, pour cela la valeur de 1540 m/s est retenue comme la vitesse moyenne des ultrasons dans les tissus.

Tableau 1: vitesse de propagation des ultrasons dans les différents tissus (NYLAND et al., 1995) cité par (CROS, 2005).

Tissus	Vitesse de propagation m/s
Cerveau	1541
Tissu adipeux	1540
Foie	1549
Reins	1561
Rate	1585
Poumon	1568
Muscle	1585
Eau	1495
Os	4080
Air	331

III.1.4. L'intensité

L'intensité d'un ultrason est la quantité d'énergie qui traverse l'unité de surface par unité de temps ; elle s'exprime en Watt par cm^2 (W/cm^2) (DESCOTEAUX et al., 2009). Pour le diagnostic échographique, l'appareil émet un faisceau d'ultrasons dont l'intensité varie entre 0,1 et 0,001 W/cm (CROS, 2005).

III.2. Production des ultrasons: L'effet piézo-électrique

Les ultrasons sont produits dans la sonde par un élément piézo-électrique (cristaux de quartz, céramique,) découvert par Pierre et Jacques Curie en 1880. L'effet piézo-électrique est la capacité de transformer une énergie électrique en énergie mécanique et inversement. Cette faculté de transformer un type d'énergie à un autre s'appelle la transduction et l'élément piézo-électrique est nommé transducteur (MAI, 1999). Dans la sonde, la différence de potentiel qui arrive aux bornes du transducteur le fait vibrer à haute

fréquence, produisant des ondes de pressions qui se propagent dans le milieu (JUILLIEN, 2003).

III.3. Interaction des ultrasons avec la matière

Les ondes ultrasonores vont interagir avec le milieu qu'elles traversent de trois manières : **Réflexion** d'interface, **diffusion** multidirectionnelle, **absorption**. L'ensemble de ces phénomènes provoquent une atténuation de l'onde ultrasonore le long de son trajet (MAI, 1999).

III.3.1. La réflexion d'interface

Chaque milieu est caractérisé par une impédance acoustique qui est définie par sa capacité à transmettre les ultrasons. La vitesse de déplacement de l'onde ultrasonore dans ce milieu dépend de cette capacité (JUILLIEN, 2003). L'air a une impédance très faible (400 Rayleigh) : il réfléchit tous les ultrasons, l'os a une impédance élevée (5 Mégarayleigh) : il réfléchit et absorbe tous les ultrasons, les tissus mous ont une impédance moyenne (1.5 Mégarayleigh en moyenne) : ils ne réfléchissent qu'une faible portion du faisceau d'ultrasons et laissent passer une grande quantité d'ultrasons en profondeur, ce qui permet leur diffusion dans les tissus situés en profondeur (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Lorsque l'onde ultrasonore rencontre une interface, qui est la limite de séparation entre deux milieux d'impédances acoustiques différentes, elle subit une réflexion et une réfraction (CALAIS et DRENO, 2004). L'écho issu de la réflexion de l'onde ultrasonore retourne au cristal piézo-électrique contenu dans la sonde et génère un courant électrique : signal échographique (BOIN, 2001).

La réflexion d'interface permet de former l'image du contour des organes. Elle se produit lorsque la dimension de la structure réfléchissante est très supérieure à celle de la longueur d'onde ultrasonore (MAI, 1999), c'est-à-dire que le faisceau incident doit être de dimension plus étroite que l'interface (CROS, 2005).

L'amplitude de l'écho est proportionnelle à l'intensité de l'onde réfléchie par la structure explorée. Cette intensité dépend de la nature du tissu rencontré par l'onde et de la différence d'impédance acoustique entre les divers tissus (elle est plus importante lorsque la différence d'impédance acoustique entre les deux milieux est importante). Ainsi à l'interface de deux milieux d'impédance acoustique très différente (os et tissu mou, air et tissu mou...),

la réflexion est quasi totale : l'os et l'air forment des écrans, il n'y a plus d'onde sonore réfractée (on parle encore d'ombre acoustique) et les structures plus profondes ne peuvent donc plus être explorées. C'est pourquoi, d'une part, un gel minéral est utilisé pour éliminer toute poche d'air entre la sonde et la partie de l'animal avec laquelle elle est en contact. D'autre part, la sonde doit être placée à un endroit (appelé fenêtre acoustique) où ne s'interpose pas d'os entre elle et l'organe étudié (BOIN, 2001).

Aussi, l'onde ultrasonore doit aborder l'interface de façon perpendiculaire et revient au transducteur pour former l'image échographique, sinon le faisceau réfléchi ne retourne pas nécessairement au transducteur et ceci conduit à une perte d'information qui se traduit par une perte de contour de l'objet (MAI, 1999).

Les ultrasons qui ne sont pas réfléchis progressent à l'intérieur des tissus et contribuent à la formation de l'image des éléments situés en profondeur.

III.3.2. La réflexion multidirectionnelle ou diffusion

C'est la réémission d'une fraction minime de l'énergie ultrasonore dans toutes les directions de l'espace par des cibles de toute petite taille. Quelle que soit l'incidence du faisceau, seuls les échos en direction du transducteur seront captés (MASSOT, 2006). Les ultrasons qui ne subissent pas la diffusion continuent leur route dans les tissus et contribuent à former l'image des éléments situés en profondeur (MAI, 1999).

Cette réflexion permet de former l'image des structures interne des organes. Elle augmente avec la fréquence ultrasonore : les hautes fréquences permettent ainsi de mieux évaluer l'écostructure des organes (MAI, 1999).

III.3.3. L'absorption

Le passage de l'onde ultrasonore dans le milieu provoque une perturbation mécanique et thermodynamique de celui-ci, en suite il y a retour à l'équilibre qui s'accompagne d'une libération de chaleur : c'est l'absorption de l'onde ultrasonore (MAI, 1999).

L'absorption dépend de la nature des tissus : elle est très faible dans les liquides et très forte dans les os et gaz (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

III.3.4. L'atténuation

L'onde ultrasonore perd de son énergie, par réflexion d'interface, réflexion multidirectionnelle et absorption, au fur et à mesure de sa pénétration dans les tissus : c'est l'atténuation de l'onde ultrasonore (MAI, 1999). Le coefficient d'atténuation dans les tissus mous qui, en tenant compte de l'absorption et la diffusion, est proportionnel à la fréquence de l'onde ultrasonore et il est égal à 0,5 décibel par centimètre et par Mégahertz (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Cette atténuation dépend :

- **La fréquence de l'onde ultrasonore** : plus la fréquence augmente, l'atténuation augmente et la pénétration diminue. Ce phénomène constitue un critère important dans le choix de la sonde par rapport à l'organe à étudier. Si l'organe est profond, il est nécessaire d'utiliser une sonde de fréquence basse, et si l'organe est superficiel, on utilisera une sonde de fréquence élevée (MASSOT, 2006).
- **Milieu de propagation** : le coefficient d'atténuation est maximal lorsque la cohésion moléculaire des milieux de propagation est très faible : l'air, ou très forte : l'os. L'atténuation est beaucoup plus importante dans l'air et l'os que dans les tissus mous. Elle est minime dans les liquides, c'est pour cette raison qu'ils sont utilisés comme « fenêtre acoustique » facilitant l'examen des structures plus profondes (CROS, 2005).
- **La distance parcourue** : l'atténuation de l'onde ultrasonore décroît exponentiellement avec la distance parcourue. Ainsi, deux interfaces similaires mais situées à une profondeur différente ne donnent pas des échos d'intensités égales. Lors de l'examen échographique, cet inconvénient est corrigé en amplifiant le signal en profondeur par modification du gain profond (TGC) (CROS, 2005).

IV. FORMATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE

La sonde échographique contient un ou plusieurs cristaux piézo-électriques, à la fois émetteurs d'ultrasons et récepteurs d'échos. Elle émet une série de pulsations d'ultrasons, produisant des échos au niveau des interfaces. Les échos réfléchis, retournent à la sonde où ils sont analysés et traduits en image par un logiciel de l'appareil. Ainsi, la sonde joue à la fois le rôle d'émetteur et celui de récepteur. La façon dont sont traités les échos déterminera les différents modes échographiques.

IV.1. Les modes échographiques

IV.1.1 Mode A : Amplitude

L'intensité du signal est représentée par une courbe. Ce mode consiste à afficher l'amplitude du signal recueilli par la sonde (axe des ordonnées), en fonction de la profondeur (axe des abscisses) (MASSOT, 2006). Historiquement, ce mode a été le premier utilisé en médecine humaine et en médecine vétérinaire, pour les diagnostics de gestation. Aujourd'hui, il est surtout employé en ophtalmologie, neurologie pédiatrique et en inspection des viandes pour évaluer l'épaisseur des muscles et de la graisse sous-cutanée.

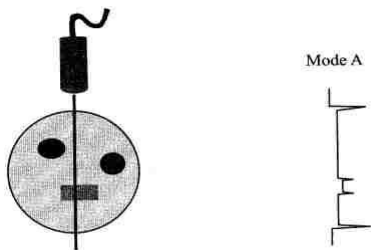


Figure n°1 : Echographie mode A (CROS, 2005).

IV.1.2. Mode B : Brillance

L'intensité du signal est représentée par la brillance d'un point sur l'écran dont la brillance est proportionnelle à l'intensité des échos : plus le point est brillant plus la réflexion des ultrasons a été forte et donc l'écho plus intense (BASSET, 2003). On obtient sur l'écran toute une gamme de gris allant du noir pour les densités liquidiennes (anéchogènes) au blanc pour les densités osseuses (hyperéchogènes). On parle alors d'échelle de gris (CALAIS et DRENO, 2004).

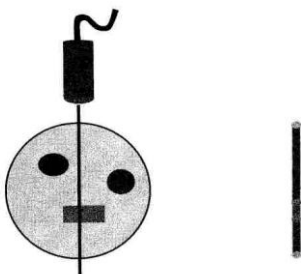


Figure n°2 : Echographie mode B (CROS 2005).

IV.1.3. Mode TM : Mode Temps Mouvement

Ce mode consiste à faire défiler sur l'oscilloscope le mode brillance à vitesse constante le plus souvent horizontalement, et de gauche à droite. L'intérêt de ce mode est l'étude des structures en mouvement (cardiologie : étude des mouvements des parois cardiaques et des valvules, mesure de la taille des cavités). En effet, celles-ci apparaîtront comme des courbes ondulantes à l'écran alors que les structures fixes apparaîtront comme des droites horizontales (MAI, 1999).

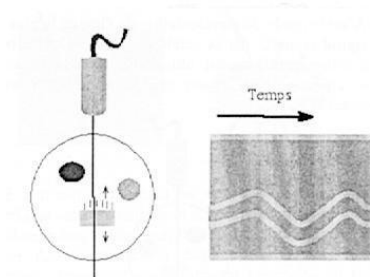


Figure n°3 : Echographie mode TM (CROS, 2005).

IV.1.4. Mode BD : Mode Bidimensionnel

Le mode bidimensionnel, appelé mode dynamique ou temps réel, permet d'obtenir une image en deux dimensions d'un plan de coupe. Ce mode correspond à la juxtaposition d'une multitude d'images en mode B, obtenue par grâce à un balayage du plan de coupe.

- soit par balayage mécanique d'un seul cristal ou rotation d'un petit nombre de cristaux, dans le plan de coupe désiré, sans déplacer la sonde à la différence du mode B : c'est le type sectoriel mécanique,
- soit par excitation de proche en proche de nombreux cristaux disposés côte à côte en ligne droite : c'est le type électronique linéaire,
- soit par décalage électronique de nombreux cristaux disposés côte à côte en arc de cercle : c'est le type sectoriel électronique.

Ces moyens d'obtention de l'image en mode BD définissent les différents types de sondes échographiques (CROS, 2005).

Le mode bidimensionnel est le mode le plus utilisé. L'image obtenue est celle d'un plan de coupe anatomique.

IV.1.5. Mode TD : Mode Tridimensionnel

L'image en trois dimensions est obtenue par apposition successive des images réalisées en mode BD. Cette reconstitution d'images bidimensionnelles en images tridimensionnelles nécessite un programme informatique perfectionné (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

IV.2. Qualité de l'image échographique

IV.2.1. Pouvoir de résolution

La résolution correspond à la capacité du transducteur à distinguer deux points très proches. Il existe deux types: la résolution axiale et la résolution transversale.

IV.2.1.1. La résolution axiale

La résolution axiale est l'aptitude de l'échographe à distinguer deux points situés sur un même axe. Elle représente la distance minimale entre ces deux objets, situés dans le même axe que le faisceau ultrasonore, pour qu'ils apparaissent sur l'écran par deux images séparées (CROS, 2005). Elle dépend de la longueur de l'onde ultrasonore. Plus l'onde ultrasonore est longue, moins la résolution axiale est grande. Ainsi, puisque la longueur d'onde et la fréquence ultrasonore sont inversement proportionnelles, la résolution axiale accroîtra avec l'augmentation de la fréquence (MASSOT, 2006).

Cependant, la fréquence de la sonde a une influence sur l'atténuation des ultrasons et la profondeur d'exploration. Ainsi, plus la sonde est de basse fréquence (3,5 – 5 MHz), plus la profondeur d'exploration est importante, mais moins bonne est la qualité de l'image. Le choix de la fréquence de la sonde se fait de manière à avoir le meilleur compromis entre profondeur d'exploration et finesse de l'image (CROS, 2005).

IV.2.1.2. Résolution latérale

La résolution latérale est l'aptitude à distinguer deux points situés dans un plan perpendiculaire au faisceau ultrasonore. Elle représente la distance minimale entre deux objets proches situés transversalement par rapport au trajet de l'onde ultrasonore, pour que ceux-ci apparaissent à l'écran par deux images distinctes (CROS, 2005).

La résolution latérale dépend de la largeur du faisceau ultrasonore. Plus le faisceau est large, plus la résolution est mauvaise. La largeur du faisceau est donc réduite par focalisation. On

améliore la résolution latérale à une profondeur donnée, appelée «distance focale» (MASSOT, 2006).

IV.2.1.3. Autre type de résolution

Le troisième type de résolution, dite « azimutale » correspond à la résolution dans l'épaisseur du plan de coupe. Le plan de coupe doit être le plus fin possible, notamment pour éviter les artefacts dits d'épaisseur de coupe (MAI, 1999).

IV.2.2. L'échelle de gris

L'échelle des gris représente la résolution en densité. Le nombre de niveaux de gris est lié aux caractéristiques techniques de l'échographe. Il doit être élevé pour permettre de matérialiser à l'écran de façon différentielle deux échos d'amplitudes voisines, mais non excessif pour conserver un contraste correct (CROS, 2005). Une trop grande échelle de gris perdra en contraste. Il est donc nécessaire de trouver un équilibre.

IV.2.3. Réglages des gains

Les ultrasons captés par la sonde et analysés par l'appareil sont amplifiés. Cette amplification ou gain est responsable de la brillance générale de l'image. Il existe un réglage du gain général, qui correspond à l'amplification de l'ensemble des échos et un gain étagé en fonction de la profondeur de l'écho.

- Le gain général doit être correctement réglé. S'il est réglé trop fort, l'image devient trop blanche et le signal est saturé. S'il est réglé trop faible l'image devient toute noire.
- Le réglage du gain étagé ou différentiel (par niveau) ou « time gain compensation » (TGC), consiste à augmenter ou à diminuer le niveau de réception du signal électronique par zones étagées sur l'image, tout en conservant l'intensité des ultrasons émis. Ce paramètre est utile pour compenser le phénomène d'atténuation ultrasonore des échos profonds. Le gain différentiel permet de renforcer les échos profonds et d'atténuer les échos superficiels de façon à uniformiser l'image. Le gain par niveau permet donc d'homogénéiser l'image obtenue (MASSOT, 2006).

IV.2.4. La focalisation

Elle permet d'augmenter la résolution de l'image sur une zone limitée qui intéresse particulièrement le manipulateur (MASSOT, 2006).

IV.2.5. Le filtre

Il permet l'élimination de certains échos parasites, rendant ainsi l'image plus facilement lisible (CALAIS et DRENO, 2004).

IV.2.6. La brillance

C'est un élément important dans l'obtention d'une image de qualité finale. En effet, une brillance trop importante privilégiera les échos forts aux dépens des échos de plus faible intensité (CALAIS et DRENO, 2004).

IV.2.7. Le contraste

Même s'il favorise le rendu des reproductions photographiques, il accentue la lisibilité mais cela au détriment des échos les plus faibles. Il sera donc à utiliser dans une juste mesure (POLLET, 1993).

IV.2.8. Gel de l'image : freeze

C'est la possibilité de faire un arrêt sur image permettant de mesurer certaines structures ou encore d'étudier plus longtemps une même image. Certains échographes ont la possibilité d'enregistrer les images « gelées » sur une disquette, une carte mémoire ou autre périphériques de stockage (CALAIS et DRENO, 2004). La brillance est alors réduite et il y a une perte de détails par rapport à l'image en mouvement (CROS, 2005).

IV.2.9. Le rejet

Le rejet agit comme un filtre. Il élimine les signaux de faible amplitude à leur réception de manière à obtenir des images moins parasitées (MASSOT, 2006).

IV.3. Les sondes échographiques

La sonde contient un élément piézo-électrique, à la fois émetteurs d'ultrasons et récepteurs d'échos. En échographie vétérinaire, il existe différents types de sondes qui ont chacun des avantages et des inconvénients.

IV.3.1. Les types de sondes

Les sondes échographiques sont classées en fonction du mécanisme de balayage du plan de coupe : il existe des sondes mécaniques et des sondes électroniques et par les systèmes de contrôle de l'élément piézo-électrique (MASSOT, 2006).

IV.3.1.1. Sondes mécaniques

Les sondes mécaniques, encore appelées sondes **sectorielles**, sont constituées soit d'un élément piézo-électrique qui oscille autour d'un axe, soit de plusieurs éléments (généralement trois) en rotation autour d'un axe. Ces sondes offrent une bonne qualité d'image. Le balayage est de type sectoriel et donne une image en coupe en forme de secteur (MAI, 1999). Les lignes d'échos réfléchis n'étant pas parallèles, la résolution latérale change en fonction de la profondeur d'exploration. Par ailleurs, les structures de grandes dimensions sont de visualisation plus difficile à proximité de la sonde (BOIN, 2001). En avantage, la fenêtre acoustique nécessaire, correspondant à l'air de contact, est petite (CALAIS et DRENO, 2004).

IV.3.1.2. Sondes électroniques

Les sondes électroniques sont constituées d'un seul élément piézo-électrique, découpé en multiples sous-unités (MAI, 1999).

IV.3.1.2.1. La sonde linéaire

Dans la sonde linéaire ou « barrette », l'élément piézo-électrique est découpé en petits éléments rectangulaires qui sont assemblés pour former un réseau linéaire. La forme de l'image obtenue est rectangulaire.

Ce type de sonde présente de nombreux avantages:

- L'apprentissage de la manipulation et de la représentation dans l'espace du plan de coupe est rapide ;
- Le plan de coupe étant constitué de lignes d'échos réfléchis toutes parallèles entre elles, la résolution latérale est bonne et constante sur toute la profondeur du champ examiné ;
- Il est possible de visualiser des structures de plusieurs centimètres même à proximité immédiate de la surface de la sonde, situation fréquente en gynécologie bovine. En revanche, la surface de contact avec la partie à examiner doit être importante.

- Ce matériel est cependant idéal en gynécologie bovine et équine (CALAIS et DRENO, 2004).

IV.3.1.2.2. La sonde annulaire

Les éléments piézo-électriques de ces sondes sont assemblés en cercles concentriques pour former un réseau annulaire. Chaque élément est connecté à un module d'émission-réception. Ainsi, la fréquence d'émission des cristaux est différente d'un cercle à l'autre, ce qui permet d'obtenir une image d'une très bonne définition sur toute la profondeur d'exploration. Avec ce type de sonde, l'image affichée à l'écran est un cône (CROS, 2005).

IV.3.2. Choix de la sonde

Le choix de la sonde échographique se fait en fonction de deux critères : le type de sonde et la fréquence des ultrasons.

IV.3.2.1. Le type de sonde

L'échographie par voie transrectale s'effectue à l'aide de sondes linéaires ou sectorielles, qui épousent bien la paume de la main. Une sonde linéaire permet un apprentissage rapide de la manipulation et de la représentation dans l'espace du plan de coupe. Si les sondes linéaires sont fortement recommandées pour l'exploration tendineuse du cheval, leur utilisation pour l'examen abdominale et/ou thoracique des veaux et des carnivores domestiques reste difficile car le rayon de courbure de l'abdomen et la présence des côtes au niveau thoracique, empêchent un bon contact avec la peau, à l'origine d'artéfacts de type réverbération. L'échocardiographie est réalisée avec des sondes sectorielles car la fenêtre acoustique (espace intercostal) est petite (CROS, 2005).

Chez la vache, le type préféré sera la sonde linéaire. De par sa forme, c'est le matériel idéal pour les examens par voie transrectale pour la gynécologie des bovins. La sonde sectorielle est préférentiellement choisie lors d'une utilisation en activité mixte, ou pour des interventions spécialisées (ponction folliculaire) (CALAIS et DRENO, 2004).

IV.3.2.2. Le choix de la fréquence

Il dépend du type d'examen à réaliser, de la profondeur des structures à visualiser et de la résolution attendue (la résolution est d'autant meilleure que la fréquence est élevée). Il faut donc trouver un compromis entre qualité et profondeur (CALAIS et DRENO, 2004).

En médecine vétérinaire, les sondes de 3,5 MHz, 5 MHz et 7,5 MHz sont majoritairement utilisées. La pénétrance d'une sonde de 7,5 MHz n'est que de 4 à 5 cm,

seules les structures proches de la sonde peuvent donc être examinées précisément (follicules, corps jaune, petits embryons). Une sonde de 5 MHz a une pénétrance de 8 à 10 cm, permettant de visualiser les ovaires, l'utérus et les éléments structuraux de début de gestation. La pénétrance de la sonde de 3,5 MHz est de 12 à 15 cm, elle permet d'examiner des gestations plus avancées et les états pathologiques de l'utérus tel que le pyomètre (BOIN, 2001).

Lorsque la fréquence diminue, la pénétrance devient plus importante mais la résolution diminue, c'est-à-dire que pour distinguer deux structures, il faut que leurs distance soit accrue (PIERSON et al., 1988).

V.INTERPRETATION DE L'IMAGE ECHOGRAPHIQUE

L'interprétation des images ultrasonores repose sur l'observation de structures d'échogénités différentes. L'échogénicité d'un tissu ou d'une interface est sa faculté à générer un écho. Nous distinguons :

- Des structures anéchogènes, ou vides d'écho, qui apparaissent noires à l'écran,
- Des structures hypoéchogènes qui apparaissent relativement sombres (gris foncé),
- des structures hyperéchogènes qui sont à l'origine d'une réflexion importante des ultrasons et qui forment une image claire sur l'écran (CROS, 2005).

V.1. Images de contours et de tissus divers

Les images d'interfaces sont formées par la réflexion d'ultrasons dans une zone qui sépare deux milieux d'impédance acoustique différente. Sur l'écran de l'échographe, cette zone de séparation se visualise par une ligne échogène qui délimite ainsi le contour de l'organe. Cette ligne est d'autant plus visible que le faisceau incident est perpendiculaire à l'interface (MASSOT, 2006).

Une image de paroi ou de cloison présente une ligne plus ou moins échogène, quelle que soit l'incidence du faisceau. Cette image sera visible même si la paroi ou la cloison sépare deux milieux d'impédance acoustique voisine. Un vaisseau sanguin en coupe transversale formera un disque noir, cerclé d'une ligne échogène. En coupe longitudinale, il formera une image canalaire noire, bordée de blanc (MASSOT, 2006).

Les tissus mous (muscles, parenchymes organiques) sont représentés par une image de texture granuleuse, alternant des taches blanches, grises et noires; plus au moins contrastées.

Cette texture, appelée « speckle » est due à la diffusion des ondes ultrasonores au sein du tissu (LORIOT et al., 1995).

L'os est un tissu à forte cohésion moléculaire avec une impédance acoustique élevée. La différence d'impédance acoustique entre l'os et les tissus avoisinants est telle que la réflexion des ultrasons au niveau de son interface est très importante. Le tissu osseux apparaît ainsi sur l'écran sous forme d'une plage hyperéchogène délimitant la surface de l'os, associée à une zone sous-jacente anéchogène (CROS, 2005).

Les calculs sont des tissus calcifiés qui présentent les mêmes caractéristiques que l'os (cohésion moléculaire forte, impédance acoustique élevée). Ils apparaissent sur l'écran sous la forme d'un arc hyperéchogène, plus ou moins visible selon l'incidence du faisceau ultrasonore, associée à une zone sous-jacente vide d'écho (cône d'ombre) (CROS, 2005).

V.2. Images des liquides et des gaz

En échographie, certains liquides, qualifiés de « purs », sont assimilables à de l'eau. Ils transmettent parfaitement les ultrasons. A l'écran, ce sont des zones anéchogènes: c'est-à-dire, vides d'échos. Elles apparaissent donc en noir. En revanche, des liquides à cellularité élevée ou contenant des particules en suspension, tels que le pus ou certains épanchements, sont qualifiés d'« impurs ». A l'écran, ils paraissent piquetés de blanc (MASSOT, 2006).

A l'interface d'un milieu gazeux, les ultrasons sont réfléchis dans leur totalité. Ceci se traduit à l'écran par une image d'interface hyperéchogène, suivie d'un cône d'ombre. Ce type d'image s'observe fréquemment en échographie digestive, mais aussi en début d'examen échographique lorsque le contact entre la peau et la sonde n'est pas correct. L'application de gel échographique améliore le contact (MASSOT, 2006).

V.3. Les artéfacts

Les artéfacts sont des images « parasites » qui peuvent rendre difficile, ou fausser l'interprétation des images échographiques. Les altérations de l'image sont dues à des phénomènes physiques inhérents aux lois de propagation des ultrasons, mais qui ne correspondent à aucune lésion ou anomalie de structure (MASSOT, 2006)

V.3.1. Artéfact de bruit

Ils sont représentés par des échos d'aspect différents, de petites à moyennes tailles. Ils sont provoqués par un réglage trop élevé du gain et apparaissent dans les zones anéchogène.

Ils sont supprimés en réduisant le temps-gain-compensation (TGC) (NAUTRU et TOBIAS, 2005).

V.3.2. Artéfact de réverbération

L'artéfact de réverbération se traduit par une succession de courbes parallèles hyperéchogènes. De multiples réflexions se produisent entre deux interfaces très réfléchissantes, ou lors d'un mauvais contact entre la sonde et la peau. Seul le premier écho correspond à une structure réelle. Les suivants en sont des copies conformes, d'intensité plus faible (MASSOT, 2006). En échographie génitale des grands animaux, cet artéfact est observé en présence de pneumo-rectum, lorsque la sonde n'est pas bien collée à la muqueuse rectale mais aussi quand le faisceau ultrasonore rencontre des anses intestinales remplies de gaz (CROS, 2005).

V.3.3. La « queue de comète »

C'est un artéfact de réverbération particulier qui est constitué de petites lignes équidistantes d'échogénicité décroissante, mais très rapprochées, situées en région sous-jacente d'une structure très échogène. La « queue de comète » se rencontre principalement quand le faisceau ultrasonore rentre en contact avec des bulles de gaz (dans le tube digestif), ou des petites surfaces minéralisées ou métalliques (CROS, 2005).

V.3.4. Image en miroir

C'est une forme de réverbération. Ils apparaissent à l'interface diaphragmatique et concernent principalement le foie et le cœur. Pour les supprimer, il faut réduire le gain général et le TGC (NAUTRU et TOBIAS, 2005).

V.3.5. Ombre acoustique de bord

L'ombre acoustique de bord est une zone anéchogène. Cet artéfact est observé sur le bord des structures arrondies. Les ultrasons qui rencontrent la paroi de la structure arrondie de manière tangentielle sont déviés et ne retournent pas au transducteur. La zone en dessous du point de déviation (bord de la structure arrondie) ne reçoit plus d'ultrasons et ne génère pas d'échos. Il en résulte une « ombre de bord », souvent bien visible au niveau du rein, de la vésicule biliaire et du bord crânial de la vessie (CROS, 2005).

V.3.6. Le renforcement postérieur

Lorsqu'une image plus échogène est observée en aval d'une structure qui n'atténue pas les ultrasons: la vessie, par exemple, on parle de « renforcement postérieur » des ondes ultrasonores. Sous une structure liquidienne, les ondes se comportent comme si elles avaient été amplifiées. Les échos sont donc plus puissants et la structure sous-jacente apparaît plus échogène que la structure adjacente (MASSOT, 2006).

V.3.7. Le trou noir échographique

Le trou noir échographique qualifie une image vide d'échos et donc noire. Elle est obtenue lorsque le faisceau ultrasonore est parallèle à une paroi. L'onde n'est pas réfléchiée et aucune représentation n'est possible. Il faut alors changer d'incidence avant de tirer des conclusions trop hâtives (MASSOT, 2006).

DEUXIEME PARTIE

Echographie de l'appareil génital chez la vache

L'utilisation de l'échographe nécessite une connaissance au préalable de l'anatomie et une bonne maîtrise ainsi que de la physiologie et de la physiopathologie de l'appareil génital femelle.

Cette partie est destinée à la préparation du praticien pour l'examen échographique de l'appareil génital de la vache et d'aborder en détail l'examen des différentes structures de l'appareil reproducteur à l'état normal et à l'état pathologique sous les différents abords à savoir transrectal et abdominal en fonction de l'intérêt de l'examen.

I. EXAMEN ECHOGRAPHIQUE TRANSRECTAL

I.1. Préparation pour l'examen échographique transrectal

L'animal doit être attaché dans un cornadis, avec un licol ou une barre anti-recule dans un travail afin de réduire ses possibilités de mouvement et les risques pour le manipulateur et son appareil. La sonde transrectale est protégée par un gang transrectal dont un des doigts est préalablement rempli de gel lubrifiant utilisé pour l'examen transrectal. La sonde est alors déposée dans le doigt de gant contenant le gel. La main gantée du vétérinaire peut alors prendre la sonde et l'introduire dans le rectum pour débiter l'examen. Dans ce cas, le gel lubrifiant transrectal est suffisant pour obtenir des images de bonne qualité, le milieu observé étant très riche en eau et moins hostile aux ultrasons que la peau (DESCOTEAUX et al., 2009).

I.2. Choix de la sonde échographique pour un examen transrectal

Pour l'examen de l'appareil reproducteur bovin, la sonde linéaire rectale de 5 MHz est l'outil le plus versatile et le plus couramment utilisé. Certains praticiens préfèrent des sondes avec des fréquences plus élevées (de 7,5MHz à 10 MHz). Les appareils plus récents s'accompagnent souvent de sondes multifréquences qui fonctionnent dans la plage de 5 à 10 MHz (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Le tableau suivant représente les caractéristiques et les indications des sondes linéaires transrectales de différentes fréquences utilisées en reproduction bovine.

Tableau 2 : Caractéristiques et indications des sondes linéaires transrectales de différentes fréquences utilisées en reproduction bovine (DESCOTEAUX, 2009)

5MHz	7 à 10 MHz
– Profondeur de champs (0-12 cm)	– Profondeur de champs (0-7 cm)
– Bonne résolution	– Résolution plus élevée
– Examen reproducteur et diagnostic de gestation en routine	– Follicules et corps jaunes
– Sexage foetal	– Diagnostic de gestation
	– Sexage foetal

I.3. Examen échographique des ovaires

L'examen précis des ovaires est essentiel pour déterminer si une vache est cyclée, en anoestrus ou pour expliquer l'absence de chaleurs. De cet examen dépendent les prises de décisions du praticien et éventuellement, les traitements à mettre en place. Cependant, lors d'un examen unique, l'ultrasonographie permet de détecter 87,7 % des femelles cyclées et 85,7 % des non-cyclées. Notons que la spécificité est meilleure chez les primipares (PÉRIÉ, 2009).

L'échographie des ovaires pourra être réalisée avec une sonde linéaire de 5 MHz. Néanmoins les images seront de meilleures définitions si une sonde sectorielle est disponible et si sa fréquence est de 7,5 MHz (FIENI et al., 1998).

I.3.1. Diagnostic d'un follicule

La coupe échographique du follicule est caractérisée chez la vache par la surface ronde et presque noire de la cavité folliculaire. Le contenu liquide ne contient généralement pas d'échos. On ne peut que rarement reconnaître la paroi du follicule incluse dans le parenchyme ovarien échogène (Kähn, 1994).

L'échographie ne permet de visualiser que l'antrum rempli du liquide folliculaire, ce qui sous évalue de 2 à 3 mm la taille réel du follicule. Il n'est pas rare d'observer jusqu'à 12 follicules de tailles différentes sur un même ovaire, ce qui entraîne souvent une compression du follicule pré-ovulatoire qui perd sa forme sphérique naturelle (FIENI et al., 1998). Selon Pieterse et al. (1990) cité par (BOIN, 2001), 34,3 % des follicules de 5 à 10 mm et 95 % des

follicules de plus de 10 mm de diamètre peuvent être détectés par échographie. Grygar et al. (1992) cité par (BOIN, 2001), obtenaient avec une sonde de 5 MHz la détection de 88,9 % des follicules mesurant de 6 à 10 mm de diamètre.

Le stroma des ovaires lisses et petits apparaîtra grisâtre et homogène, éventuellement bordé de follicules. Cependant, la présence de ces follicules n'est pas suffisante pour conclure à une « activité ovarienne » réelle (BOIN, 2001). En effet, même les gros follicules peuvent subir l'atrésie : leur présence permet donc de conclure à l'existence de vagues folliculaires mais on ne sait pas si l'ovulation aura lieu. L'ovulation ne sera repérée lors d'un suivi échographique, que par la disparition d'une image circulaire anéchogène observée peu avant (CALAIS et DRENO, 2004).

I.3.2. Diagnostic d'un corps jaune

A l'examen échographique, les corps jaunes apparaissent comme des structures bien délimitées, granuleuses et d'échogénicité plus faible que l'ovaire. 30 % d'entre eux présentent une cavité centrale anéchogène de taille variable. Avec cette technique, le diagnostic est correct dans 95 % des cas. A l'échographie, les corps jaunes en formation sont irréguliers et faiblement échogènes. Les corps jaunes en régression sont mal délimités car leur échogénicité est semblable à celle du stroma ovarien. La sensibilité et la spécificité de cette technique sont excellentes (proches de 90 %) et font de cet examen la technique de choix pour évaluer l'âge d'un corps jaune (PÉRIÉ, 2009).

Plusieurs publications montrent que la présence d'une cavité dans le corps jaune n'affecte ni la durée du cycle, ni la fertilité, ni le taux de progestérone de l'animal (BOIN, 2001). Il est à noter qu'aucune différence n'est observée entre les corps jaunes cycliques et les corps jaunes gestatifs (bien qu'ils soient plus gros en général). Cependant, on ne rencontre presque jamais de corps jaune cavitare chez la vache gestante (CALAIS et DRENO, 2004). C'est seulement 3 à 4 jours environ après l'ovulation qu'une structure lutéale bien distincte est identifiée sous la forme d'une zone renfermant quelques points échogènes et bien démarqués du stroma ovarien. L'échogénicité de la structure lutéale s'intensifie au cours du dioestrus et le corps jaune est ainsi discernable jusqu'en moyenne un à trois jours après l'ovulation suivante (Pierson et Ginther, 1984) cité par (BOIN, 2001). La détection des petits corps jaunes (inférieur à 10 mm) pose problème en raison de la faible différence d'échogénicité avec le stroma ovarien (Pieterse et al., 1990) cité par (BOIN, 2001).

I.3.3. Diagnostic d'un kyste ovarien

Un kyste ovarien est une structure remplie de liquide, de taille importante (dont la cavité est souvent supérieure à 25 mm de diamètre), persistant pendant plus de 10 jours. Deux types de kystes sont décrits : les kystes folliculaires et les kystes lutéaux. A l'échographie, les kystes folliculaires ont une paroi fine (**< 3 mm**) et une cavité homogène anéchogène. Les kystes lutéaux ont une paroi épaisse (**< 3 mm**) avec parfois des brides échogènes dans la cavité. Dans une étude récente, 85 % des kystes étaient correctement identifiés par échographie (PÉRIÉ, 2009).

Le kyste folliculaire possède les mêmes caractéristiques échographiques que le follicule : structure anéchogène à paroi mince (**1 à 2 mm**) mais dont le diamètre est supérieur à 25 mm et qui persiste dans le temps. Sa forme est souvent sphérique, voire elliptique sous la pression de la sonde échographique. Le contenu est anéchogène, mais lorsque le kyste folliculaire est partiellement lutéinisé, on observe des flocons grisâtres en suspension et des travées conjonctives dans la cavité. Il est courant de rencontrer plusieurs kystes folliculaires sur un même ovaire (CALAIS et DRENO, 2004).

Le kyste lutéal possède une paroi épaisse (**3 à 5 mm**), critère pour le différencier du kyste folliculaire. Il présente une cavité centrale anéchogène dont le diamètre dépasse 25 mm. Cette cavité peut être parcourue par des travées conjonctives échogènes. A la différence du kyste folliculaire, il est considéré comme pathologique, quel que soit la date post-partum à laquelle il est observé (CALAIS et DRENO, 2004).

Il n'est pas toujours possible de différencier avec certitude un gros corps jaune cavitairé d'un kyste lutéal à moins que des sessions quotidiennes d'échographies aient prouvé que l'expulsion de fluide folliculaire a réellement eu lieu lors de l'ovulation (DESCOTEAUX et al., 2009). La différence entre eux porte généralement sur l'épaisseur de la paroi lutéinisée de la structure qui est supérieure à 3 mm dans le cas de corps jaune cavitairé et de moins de 3 mm pour le kyste lutéal (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

I.4. Examen échographique de l'oviducte

A l'échographie, l'oviducte n'est pas visible et il le devient seulement pour les cas pathologiques : salpingite, dilatation kystique, tumeur et plus particulièrement hydrosalpinx. Cette dernière pathologie pouvant être confondue, lors de la palpation transrectale, avec une

gestation peu avancée (45-50 jours), l'échographie est alors déterminante : l'absence de fœtus, la position très distale de la dilatation (qui parfois inclut l'ovaire), sont des éléments permettant le diagnostic différentiel. Il est à noter que les inflammations des oviductes sont assez fréquentes et *constituent une cause non-négligeable d'infertilité, mais sous diagnostiquée, chez la vache*. Cependant, même avec l'aide de l'échographie, la mise en évidence des salpingites reste difficile (CALAIS et DRENO, 2004).

I.5. Examen échographique de l'utérus non-gravide

Les variations cycliques des concentrations sanguines de progestérone et d'œstrogène sont responsables de modifications de l'aspect échographique de l'utérus au cours du cycle œstral (DESCOTEAUX et al., 2009).

I.5.1. Diagnostic d'une période périœstrale

L'apparence échographique de l'utérus se traduit par une plus grande hétérogénéité dans les tons de gris ainsi qu'une apparence boursouflée de la paroi utérine. La présence d'une plus grande surface de l'utérus ayant des zones foncées, anéchogènes, identifiant les aires œdémateuses et plus vascularisées sous l'endomètre est également caractéristique de cette période (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Dans la période périœstrale, il est possible de visualiser une image en cocarde. Le terme de cocarde correspond à la présence de coupes transversales de replis endométriaux dans lesquelles on distingue du centre vers la périphérie : une zone anéchogène de faible épaisseur, environ 1-2 mm, de forme étoilée qui traduit la présence de liquide dans l'utérus puis l'endomètre lui-même sous la forme d'un cercle gris d'échogénicité homogène d'environ 10 mm et enfin une fine zone anéchogène sous la muqueuse (DESCOTEAUX et al., 2009).

Autour de l'œstrus, l'œdème de la muqueuse, l'augmentation de la vascularisation de la sous-muqueuse et la présence de liquide dans la lumière utérine (secrétions des glandes endométriales) donnent une échogénicité moindre à la partie interne de la paroi utérine. Le contraste des formes « en cocarde » augmente donc. Lors d'œstrus, la lumière utérine devient nettement visible sous la forme d'une étoile anéchogène de quelques millimètres d'épaisseur. Les collections liquidiennes sont situées préférentiellement à l'extrémité des cornes. Elles peuvent être confondues avec les collections de liquide infectieux lors de métrite de faible importance (métrite de degré 1) (CALAIS et DRENO, 2004).

Attention à l'examen des ovaires pendant les chaleurs est fortement déconseillée puisque leur manipulation modifie la position de l'infundibulum et empêche la captation de l'ovocyte ovulé (PÉRIÉ, 2009).

I.5.2. Diagnostic d'une période dioestrale

En phase dioestrale, la paroi de l'utérus est plus mince qu'à la période précédente et l'utérus peut être plus difficile à balayer complètement avec les doigts libres puisqu'il est généralement replier sur lui-même. Il aura normalement perdu son liquide endométrial et son apparence échographique est plus homogène (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

I.5.3. Diagnostic d'une période d'involution utérine

Les premiers jours après la parturition, il est possible de visualiser les caroncules hyper échogènes, des lochies dans la lumière utérine et les cornes utérines épaissies ayant une apparence boursouflée et d'échogénicité hétérogène (DESCOTEAUX et al., 2009).

D'après Bekana et al. (1994) cité par (BOIN, 2001), les cotylédons en voie d'involution ont un centre moins échogène que leur périphérie. Jusqu'au quinzième jour après le vêlage, l'utérus présente une paroi oedémateuse et une lumière importante contenant des lochies. La faible échogénicité de ces structures (image noire) donne à l'utérus un aspect spongieux.

I.5.4. Diagnostic d'une pathologie utérine

Les principales pathologies utérines d'intérêt échographique sont de l'ordre infectieux. Elles sont la métrite puerpérale aigue, l'endométrite et le pyomètre (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

I.5.4.1. Diagnostic d'une métrite puerpérale

L'examen échographique d'une métrite puerpérale peut montrer une paroi utérine épaisse et très vascularisée, sans cotylédon, avec la présence d'un liquide d'échogénicité variable (grisâtre) dans lequel s'y retrouvent plusieurs particules hyperéchogènes (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

I.5.4.2. Diagnostic d'une endométrite et d'un pyromètre

L'examen échographique dans ces conditions peut présenter une accumulation variable de matériel purulent d'échogénicité hétérogène avec la présence de particule hyperéchogène (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Les sécrétions de l'endométrite se distinguent par leur plus forte échogénicité des autres liquides utérins. Des liquides anéchogène n'apparaissent en règle générale que dans les états physiologiques. On voit des échos en flocons dans les liquides pathologiques, ils peuvent s'accroître et donner une image en « *tempête de neige* » ou même être très intense et presque blanc. L'observation prolongée des collections liquides importantes permet d'y observer des turbulences (Kähn, 1994).

Lors de pyromètre, les sécrétions utérines sont parsemées d'échos diffus en flocons. Quand les sécrétions sont très épaisses et riches en cellules, leur échogénicité peut ressembler à celle de la paroi utérine (Kähn, 1994).

Néanmoins, l'échographie reste un examen peu spécifique pour la plupart des endométrites chroniques : « seul un quart des vaches présentant une image échographique anormale (ligne, éponge, cocarde) sont effectivement atteintes d'endométrite ». En effet, les kystes folliculaires, les mortalités embryonnaires et l'œstrus sont également à l'origine de la présence de liquides dans la lumière utérine (PÉRIÉ, 2008).

I.6. Examen échographique de l'utérus gravide

I.6.1. Diagnostic de gestation précoce et détermination de l'âge du fœtus

Même s'il est possible de visualiser dès 27 jours des images de gestation (voir même plus tôt chez la génisse), il n'en est pas pour autant possible d'effectuer un diagnostic de gestation si tôt car l'exactitude négative de l'examen est faible à ce stade. On considère que l'exactitude positive et négative est de l'ordre de 95 à 100 % vers 30-35 jours de gestation. (CHASTANT-MAILLARD, 2003).

Le diagnostic de gestation précoce par échographie est basé, pour toutes les espèces, sur la détection de la vésicule embryonnaire liquidienne, anéchogène, puis de l'embryon, tâche échogène au sein des liquides fœtaux (MERCIER-PARISOT et al., 1991) cité par (CROS, 2005).

La vésicule embryonnaire bovine peut être détectée avec une sonde de 7,5 MHz dès le 9^{ème} jour suivant l'ovulation (Boyd et al. 1988) cités par (JUILLIEN, 2003) et dès le 12^{ème}

jour avec une sonde de 5 MHz. Elle se présente sous la forme d'une zone anéchogène de 2 mm de hauteur et de 7-12 mm de longueur. Elle est sphérique dans 73% des cas et ovale dans 27% des cas (Curran et al., 1986) cités par (JUILLIEN, 2003).

L'embryon peut être détecté au plus tôt vers le 20^{ème} jour de gestation avec une sonde de 5 MHz. Il se présente sous la forme d'une ligne plus échogène d'environ 4 mm de longueur. Entre le 22^{ème} et le 30^{ème} jour, l'embryon présente une configuration dite « en C » due à la flexion de ses parties postérieures et antérieures. Au cours de la semaine suivante, avec l'allongement du cou et le redressement de la tête, l'embryon adopte une forme « en L ». Les premiers battements cardiaques peuvent être observés chez l'embryon vers le 21^{ème} jour de gestation (Curran et al., 1986) cités par (JUILLIEN, 2003).

Cette détermination peut se faire de manière globale, en fonction des structures visualisées en connaissant leur date d'apparition à l'échographie. Curran et al. 1986 (cité par JUILLIEN, 2003) ont ainsi échographié 15 génisses Holstein quotidiennement entre 20 et 60 jours de gestation et ont noté pour chaque organe le premier jour de sa détection. Leurs résultats sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Premier jour de détection des caractères du fœtus bovin par échographie. (Curran et al., 1986 cités par (JUILLIEN, 2003).

Caractères	Nombre de génisses	Premier jour de détection		
		Moyenne	Ecart type	Intervalle
Embryon	15	20,3	0,3	19-24
Battement cardiaque	15	20,9	0,3	19-24
Allantoïde	9	23,2	0,3	22-25
Allure en C de l'embryon	11	25,4	0,8	22-30
Moelle épinière	14	29,1	0,5	26-33
Ebauche des antérieurs	14	29,1	0,3	28-31
Amnios	14	29,5	0,5	28-33
Orbite	14	30,2	0,4	29-33
Ebauche des postérieurs	13	31,2	0,3	30-33
Allure en L de l'embryon	12	32,7	1,1	29-39
Placentomes	6	35,2	1,0	33-38

Séparation des onglons	10	44,6	0,7	42-49
Mouvements fœtaux	9	44,8	0,8	42-50
Côtes	7	52,8	0,5	51-55

De nombreux auteurs ont cherché à mettre en relation une mesure échographique objective, chiffrée, avec l'âge du fœtus. La mesure la plus utilisée est la longueur tête-croupe : il existe en effet une excellente corrélation entre cette longueur et l'âge ($r = + 0,98$) (Hansen et Delsaux 1987 cités par JUILLIEN, 2003). Cette corrélation peut s'exprimer de façon pratique en équation. (Hugues et Davies, 1989) la présentent sous la forme :

$$A = G * \ln (L) + C$$

$$A = 2,85 * \ln (L) + 4.08$$

Où : A = âge en semaines, G = coefficient de croissance, L = longueur en cm, C = constante.
L'analyse de leurs résultats, sur des vaches Frisonnes, leur donne l'équation suivante :

Il suffit alors de mesurer la longueur du fœtus et l'insérer dans l'équation pour avoir une estimation de son âge.

I.6.2. Diagnostic d'une gestation gémellaire

Si l'examen échographique est réalisé entre le 40^{ème} et le 60^{ème} jour de gestation, il est possible de savoir avec un bon degré d'exactitude si la gestation est gémellaire ou non. Il est cependant nécessaire pour cela d'observer les deux conceptus sur la même image (CHASTANT-MAILLARD, 2003).

Un examen approfondi du tractus génital dans son intégralité est nécessaire pour identifier les jumeaux. Il est préférable de commencer avec un examen des ovaires. 50% des vaches gravides avec deux corps jaunes auront des jumeaux. Les jumeaux monozygotiques représentent moins de 5% des cas de gémellité bovine et ils se retrouvent le plus souvent ensemble sur la même corne utérine. Donc visualisés même si il y'a un seul corps jaune.

L'examen de l'utérus peut révéler une quantité de liquide plus élevée, des membranes amniotique et/ou allantoïdiennes plus développées que celles observées lors de gestation simple, ou une ligne de gémellité. Cette ligne représente la membrane chorio-allantoïque commune aux deux fœtus. Elle n'est pas toujours observée, mais en sa présence, il est important de faire un examen approfondi pour mettre en évidence des jumeaux (DESCOTEAUX et al., 2009).

Des erreurs sont cependant possibles quand le premier embryon masque le second ou quand le seul fœtus présent est coupé deux fois par le faisceau ultrasonore (CROS, 2005).

I.6.3. Diagnostic du sexe du fœtus

Certains opérateurs bien entraînés établissent le diagnostic du sexe du fœtus grâce à un examen échographique pratiqué entre 55^{ème} et 110 jours de gestation. Chez le mâle, un bourgeon fortement échogène est présent entre 55 et 75^{ème} jour de gestation immédiatement en arrière de l'insertion du cordon ombilical dans l'abdomen ; chez la femelle, ce bourgeon migre en direction de la queue. Plus tard en recherche à l'échographie la présence du scrotum, des testicules ou des bourgeons mammaire (CHASTANT-MAILLARD, 2003).

I.6.3.1. Sexage entre 55 et 65 jours de gestation

Le tubercule génital migre à partir du 50^{ème} jour de gestation vers l'arrière du cordon ombilical chez le mâle (il donnera le fourreau et le pénis), et vers la base de la queue chez la femelle (il donnera la vulve et le clitoris). La migration se termine au 60^{ème} jour de gestation.

Le sexage peut commencer à partir de 55 jours de gestation, lorsque la migration est à moitié avancée, le tubercule génital se présente comme une structure hyperéchogène, ovale et bilobée, en forme de « = » à l'écran. Chaque lobe est allongé et mesure de 3 à 4 mm de 55 à 72 jours de gestation (CALAIS et DRENO, 2004)

Chez le mâle, le diagnostic sera facilité par la présence des bourrelets scrotaux identifiables à 60 jours de gestation environ, sous la forme de deux points échogènes entre les membres postérieurs. Le corps du pénis est également visible en coupe frontale après 60 jours de gestation (CALAIS et DRENO, 2004).

Chez la femelle il y a absence des bourrelets scrotaux et du pénis. Le tubercule génital est bien visible jusqu'à 65 jours de gestation. Après 70 jours, il devient hypoéchogène. C'est pourquoi on évitera la pratique du sexage entre 65 et 80 jours (CALAIS et DRENO, 2004).

I.6.3.2. Sexage entre 80 et 100 jours de gestation

I.6.3.2.1 Sexage Chez le mâle

On recherchera la présence du scrotum et du pénis (entièrement formé à partir du 75^{ème} jour de gestation). Toutefois, seule son extrémité est nettement visible comme étant une structure circulaire et échogène en arrière de l'ombilic (CALAIS et DRENO, 2004).

I.6.3.2.2. Sexage Chez la femelle

Des bourgeons mammaires sont représentés par 4 points hyperéchogènes dans la région inguinale. Bien qu'anatomiquement présents chez le mâle, ils ne sont pas échographiquement visibles pour ce sexe. En pratique, on réalise des coupes transversales avec recherche du scrotum entre les membres postérieurs et s'il n'est pas observé, on réalise alors des coupes frontales pour rechercher les bourgeons mammaires (CALAIS et DRENO, 2004).

Lors de sexage tardif, les erreurs sont moins fréquentes mais la grande taille du fœtus rend le diagnostic plus difficile. Ainsi, au-delà de 100 jours de gestation, le fœtus étant souvent trop loin et trop grand, l'examen en vue du sexage est difficile et, après 120 jours, il est impossible (CALAIS et DRENO, 2004).

Tableau 4 : Diagnostic du sexe du fœtus bovin entre 70 et 120 jours de gestation : éléments de diagnose et fiabilités relatives des diagnostics. (Lebastard, 1998) cité par (JUILLIEN, 2003).

Eléments fœtaux observables (ou non observables)	Diagnostic	Fiabilité
Scrotum	Mâle	++
Scrotum + pénis	Mâle	+++
Absence de scrotum et de pénis	Femelle	+
Absence de pénis et de scrotum + trayons	Femelle	+++

I.6.4. Diagnostic d'une mortalité embryonnaire

Les premiers signes d'une mortalité embryonnaire sont une taille trop petite de celui-ci et des liquides embryonnaires réduits.

On peut diagnostiquer d'une manière fiable la mort de l'embryon quand on ne voit plus d'activité cardiaque. Au cours de la résorption de l'embryon la quantité des liquides embryonnaires diminue et leur échogénicité augmente. Les échos en flocons du début de la résorption se transforment en « tempête de neige ». Le profil de l'embryon devient indistinct (Kahn, 1994).

I.6.5. Diagnostic d'une momification

En cas de momification l'échographie n'a généralement qu'une valeur informative limitée quant au contenu utérin. On peut observer des structures fortement échogènes immédiatement au-dessous de la paroi utérine. Les ultrasons ne pénètrent que de quelques centimètres dans le fœtus momifié, si bien qu'on n'en voit qu'une étroite bande périphérique fortement échogène. Les parties plus profondes ne donnent pas d'échos et apparaissent en noir. Entre la surface du fœtus momifié et la paroi de l'utérus on ne voit pas de zone anéchogène indiquant la présence de liquides fœtaux (Kahn, 1994).

I.6.6. Diagnostic d'une macération

Le liquide allantoïdien apparaît noir du fait de son manque d'échogénicité alors que des échos intenses régulièrement répartis tourbillonnent dans la vésicule amniotique. Cela serait dû à l'augmentation du contenu cellulaire du liquide amniotique résultant de la composition des tissus fœtaux. À l'intérieur du liquide amniotique échogène, on reconnaît des parties du fœtus. Le profil du fœtus est moins net en raison de la forte échogénité du liquide amniotique l'entourant (Kahn, 1994).

I.7. Diagnostic différentiel face à une zone anéchogène en région pelvienne chez la vache

Différentes affections ou éléments anatomiques peuvent se manifester à l'échographie par une zone anéchogène en région pelvienne. Le tableau ci-dessous illustre le diagnostic différentiel face à une zone anéchogène en région pelvienne chez la vache (CHASTANT-MAILLARD, 2003).

Tableau 5 : Diagnostic différentiel face à une zone anéchogène en région pelvienne chez la vache (CHASTANT-MAILLARD, 2003).

Affection Ou élément anatomique	Caractéristiques de la zone anéchogène : Particularités de la structure	Caractéristiques de la paroi entourant la zone anéchogène
Gestation	– Lumière à peu près circulaire (au moins jusqu'à 45 jours) – Visualisation de l'embryon – et /ou des cotylédons	– Echogénicité tissulaire (grisâtre) – Epaisseur d'environ 5mm
Œstrus	– Lumière de faible dimension – Linéaire ou en étoile	– Echogénicité tissulaire (grisâtre) – Epaisseur d'environ 5mm
Pyromètre	– Contenu floconneux	– Echogénicité tissulaire (grisâtre) – Epaisseur souvent augmentée
Vessie	– Lumière piriforme	– Paroi fine (2-3 mm) parfois multi lamellaire
Vaisseaux utérins	– Pouls visible – Lumière prenant une forme allongée lors du changement d'orientation de la sonde	– Paroi inférieure à 5mm, très échogène
Kyste folliculaire	– Contours de l'ovaire visibles – Parfois flocons grisâtre en suspension	– Paroi de 1 à 2 mm
Kyste lutéal	– Contours de l'ovaire visibles – Souvent présence de travées conjonctives traversant la lumière	– Paroi épaisse

II.EXAMEN ECHOGRAPHIQUE TRANSABDOMINAL

II.1 Préparation pour l'examen échographique transabdominale

L'animal doit être tondu à droit, ventralement à partir d'une ligne horizontale passant un travers de main au dessus du grasset s'étendant cranialement jusqu'à l'hypochondre. La zone de tonte se prolonge ventralement d'un travers de main à gauche de la ligne blanche. Cette zone correspond à la zone de projection de l'utérus gravide en fin de gestation. Ensuite la zone tondue est nettoyée puis application de gel échographique sur la zone d'intérêt (BUCZINSKI et DESCOTEAUX 2009)

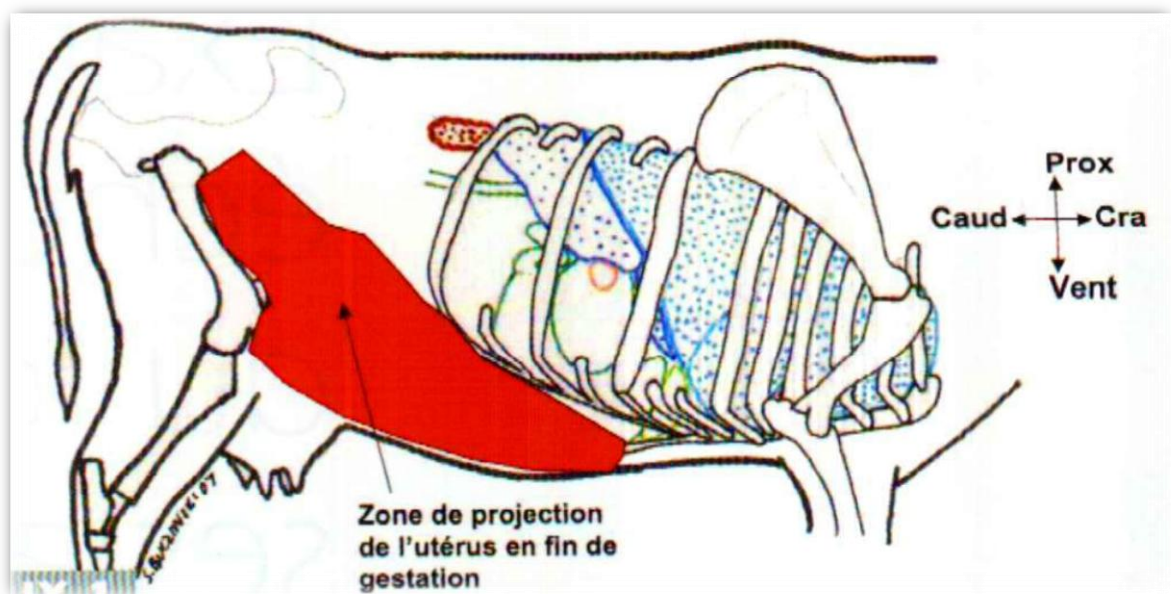


Figure n°4 :Topographie abdominale chez une vache gravide en fin de gestation : (BUCZINSKI et DESCOTEAUX 2009)

II.2. Choix de la sonde échographique pour un examen transabdominal

L'équipement nécessaire pour réaliser cet examen consiste en une sonde transabdominale de basse fréquence (2-3, 5MHz) avec une profondeur de pénétration adéquate. En effet, il est nécessaire d'avoir une bonne profondeur d'examen afin de pouvoir examiner la plus grande portion possible de l'abdomen bovin et ainsi augmenter les chances de visualiser les différentes parties du fœtus et ses annexes.

II.3 Diagnostic de gestation tardif et détermination de l'âge du fœtus

Les mesures de différents organes peuvent permettre d'apprécier l'âge de l'embryon ou du fœtus. Lors de la mesure, il est important de faire apparaître la plus grande section de l'organe à l'écran. Toutes les mesures doivent se faire entre deux points en ligne droite (Kähn, 1994) :

- **Longueur vertex–coccyx**

Il s'agit de la distance entre le vertex (sommet du crâne) et la 1ère vertèbre coccygienne. Ce paramètre de mesure est le plus précis. Cependant il n'est utilisable que sur une courte période : en effet vers 3 mois, sa longueur est de 12 cm, donc supérieure à la dimension de l'écran. En moyenne, l'augmentation de ce paramètre est de 1,4 mm par jour au début du 2^{ème} mois, et de 2,5 à 3 mm par jour durant le 3^{ème} mois (Kähn, 1994).

- **Œil**

Il faut rechercher son plus grand diamètre. Cet organe a l'avantage d'être facilement visualisable tout au long de la gestation. Sa mesure est en moyenne de 4 mm à 60 jours de gestation, 10 mm à 90 jours et 30 mm vers la fin de la gestation (Kähn, 1994).

- **Cavité crânienne**

La mesure se fait selon le plus grand diamètre interne de la cavité crânienne, facile à observer et à identifier. Son utilisation est permise jusqu'à 7 mois de gestation ; au delà, les os du crâne réfléchissent tous les ultrasons. Le diamètre interne est de 10 mm à 60 jours de gestation et atteint 63 à 76 mm au 7^{ème} mois (Kähn, 1994).

- **Tronc**

La mesure se fait dans la région des dernières côtes, en regard du foie et de l'estomac : soit en mesurant le diamètre sur une coupe transversale (section parfaitement ronde), soit en calculant la hauteur sur une coupe horizontale de fœtus. Le diamètre du tronc est de 20 à 30 mm vers 60–70 jours et augmente de 0,9 mm par jour, pour atteindre 100 mm au 150^{ème} jour de gestation. Au-delà, il n'est plus entièrement visible à l'écran (Kähn, 1994).

- **Cordon ombilical**

Son plus grand diamètre transversal permet l'évaluation de l'âge du fœtus entre 2 et 6 mois de gestation environ (Kähn, 1994).

- **Vertèbres**

La mesure doit se faire sur un segment de plusieurs vertèbres, aussi long que possible car la croissance individuelle de chacune d'entre elles est trop minime. (Kähn, 1994).

– Membres antérieurs et postérieurs

Il faut alors mesurer les os longs des membres et plus précisément leur partie hyperéchogène, correspondant à la diaphyse. En effet, les os longs ont en moyenne tous la même longueur et une croissance comparable. Ainsi, leur longueur est d'environ 12–16 mm à 90 jours de gestation et atteint 55–65 mm le 180^{ème} jour. Ces paramètres sont mesurables jusqu'au 7^{ème} mois de gestation (Kähn, 1994).

– Fréquence cardiaque

La prise de la fréquence cardiaque est possible tout au long de la gestation. La fréquence diminue avec l'approche du terme. En effet, elle est en moyenne de 160 battements par minute le 60^{ème} jour, de 150 le 90^{ème} jour et de 130 à 140 du 5^{ème} au 9^{ème} mois (Kähn, 1994).

– Cavité anéchogène de l'estomac

L'évaluation de son diamètre est possible dès le 2^{ème} mois et, jusqu'au 6^{ème} (Kähn, 1994).

– Scrotum

Sa plus grande largeur permet l'estimation de l'âge du fœtus entre le 60^{ème} jour et le 7^{ème} mois de gestation (Kähn, 1994).

Les équations de régression, permettant d'établir la relation entre les mesures de ces différents organes fœtaux et le stade de gestation, sont reprises dans le tableau.

Tableau 6 : Relation (régression) entre les mesures des organes fœtaux et le stade de gestation (Kähn, 1994)

Organe fœtal	Equation de régression	Période d'enregistrement des données (jours)	r =	n
Diamètre externe	$y = -13,91 + 0,523 x$	(61-209)	0.97	104

Echographie de l'appareil génitale chez la vache

du crâne (Ø mm)				
Diamètre interne du crâne (Ø mm)	$y = -16,18 + 0,438 x$	(61-196)	0,96	105
Longueur vertex- coccyx (longueur en mm)	$y = -10,76 + 0,0199 x^2$	(31-83)	0,99	107
OEil (Ø mm)	$y = -13,20 + 0,315 x - 0,00061 x^2$	(60-268)	0,97	249
Fémur (longueur en mm)	$y = -0,74 + 0,00187 x^2$	(60-201)	0,99	108
Fréquence cardiaque (bat/min)	$y = -193,96 - 0,609 x + 0,00153$	(60-252)	0,70	261
Humérus (longueur en mm)	$y = -125 + 0,00193 x^2$	(60-191)	0,96	78
Métacarpe (longueur en mm)	$y = -1,33 + 0,00165 x^2$	(65-217)	0,98	108
Métatarse (longueur en mm)	$y = -0,52 + 0,00166 x^2$	(63-190)	0,96	54
Ilium (longueur en mm)	$y = -0,09 + 0,00135 x^2$	(67-201)	0,95	52
Ischium (longueur en mm)	$y = -0,0003 + 0,00109 x^2$	(60-211)	0,97	50
Radius et cubitus	$y = -1,32 + 0,00187 x^2$	(63-206)	0,96	103
Côte (Ø mm)	$y = -5,20 + 0,105 x$	(61-208)	0,96	189
Scapula (longueur en	$y = -2,71 + 0,00215 x^2$	(63-208)	0,97	65

mm)				
Scrotum (Ø mm)	$Y = -7,78 + 0,197 x$	(62-211)	0.92	53
Estomac (Ø mm)	$y = -29,70 + 0,623 x$	(60-211)	0.96	153
Tibia (longueur en mm)	$Y = 1,01 + 0,00208 x^2$	(63-201)	0.98	86
Trachée (Ø mm)	$y = -2,57 + 0,065 x$	(87-252)	0.81	58
Tronc (Ø mm)	$y = -13,81 + 0,495 x + 0,00173 x^2$	(31-163)	0,97	185
Cordon ombilical (Ø mm)	$y = 2,24 + 0,00121 x^2$	(60-206)	0.97	228
Vessie (Ø mm)	$y = 5,13 + 0,149 x$	(60-201)	0,94	86
Veine cave (Ø mm)	$y = -6,49 + 0,099 x$	(65-201)	0,93	64
Vertèbres cervicales (Ø mm)	$y = -5,40 + 0,106 x$	(61-246)	0.95	137
Coccygiennes (Ø mm)	$y = -5,75 + 0,099 x$	(88-191)	0.99	7
Thoraciques (Ø mm)	$y = -4,44 + 0,095 x$	(62-132)	0.91	18
lombaires (Ø mm)	$y = -3,53 + 0,081 x$	(84-211)	0,92	21

II.4. Evaluation du bien-être fœtal en fin de gestation normale

La technique d'examen du fœtus bovin et de ses annexes en fin de gestation dérive des profils de bien-être fœtal utilisé en médecine humaine et en médecine vétérinaire chez le cheval et les ovins (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Tableau 7 : les différents paramètres échographiques utilisés lors de l'évaluation du bien-être chez la femme, la jument et la vache (DESCOTEAUX et al., 2009).

Femme	Jument	Vache
Mouvement fœtaux	Activité fœtale globale	Activité fœtale globale
Variabilité de la fréquence cardiaque fœtale	Variabilité de la fréquence cardiaque fœtale	Fréquence cardiaque fœtale (3à 5 mesures)
Profondeur maximale du liquide amniotique	Profondeur maximale des liquides utérine	Profondeur maximale des liquides utérins et leur échogénicité
Tonus fœtal	Diamètre aortique fœtal	Taille moyenne et aspect de 4 placentomes
Mouvement respiratoire fœtaux	Epaisseur utéro-placentaire et apparence	Epaisseur de la membrane allanto-amniotique

II.4.1. Profondeur des liquides fœtaux

Les liquides fœtaux sont dépendants de leur production par le fœtus et ses annexes. Le liquide amniotique contient de nombreuses petites particules échogènes en comparaisant avec la liquide allantoïde qui est anéchogène. La quantité de liquide fœtale peut être affectée par de nombreux désordres maternels ou fœtaux. Leur quantité peut être évaluée en mesurant la poche de liquide la plus profond observé à l'examen échographique. La profondeur de cette poche de liquide est généralement supérieure à 20 cm après le 7^{ème} mois de gestation (DESCOTEAUX et al., 2009).

II.4.2. Evaluation placentaire

L'évaluation placentaire est réalisée en examinant les placentome, notamment leur forme, leur taille ainsi que leur échogénicité. La taille normale des placentomes est d'environ 6 cm de large pour 8 à 10 cm de long. Ils apparaissent ovoïdes avec une échogénicité homogène (DESCOTEAUX et al., 2009).

II.4.3. Fréquence cardiaque fœtale (FCF)

La fréquence cardiaque fœtale est un indicateur de santé fœtale important. La FCF peut s'évaluer lors de l'examen échographique du thorax fœtal et en comptant les battements cardiaques pendant 15 secondes ou plus simplement à l'aide du mode temps-mouvement quand ce dernier est disponible. Une variabilité importante de la FCF est un indicateur intéressant pour définir un fœtus en bonne santé qui adapte sa fréquence cardiaque en fonction de son activité au fur et à mesure de son développement neurologique.

Toutefois, des mesures ponctuelles de la FCF ont une valeur limitée puisque les variations de la FCF ne sont pas évaluables facilement et que la FCF peut être affectée par divers stimuli (DESCOTEAUX et al., 2009).

La FCF bovin moyenne est de 105 bat/mn et varie généralement de 90 à 125 bat/mn durant le dernier mois de gestation. Cependant des variations importantes ont été enregistrées en particulier lors de contractions utérines au cours de la parturition (de 60 à 220 bat/mn) (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

II.4.4. Activité fœtale

L'activité fœtale constitue une part importante de l'évaluation du bien être fœtal. Au fur et à mesure du développement du système nerveux fœtal les mouvements du fœtus s'accompagnent d'une augmentation de la FCF afin d'augmenter le débit cardiaque associé à toute activité musculaire. Du fait de la taille du fœtus et de la profondeur abdominale maternelle, il est difficile d'évaluer de manière quantitative la complexité du mouvement fœtal effectué. Cependant la plupart du temps on pourra seulement reconnaître que le fœtus a bougé pendant un certain temps de l'examen. En fonction de la proportion du temps pendant lequel le fœtus bouge, une échelle de graduation en 4 grades a été établie. Un score de 0 est attribué aux fœtus immobiles pendant la durée de l'examen (environ 30 mn), un score de 1 pour le fœtus ayant bougé moins d'un tiers de la durée d'examen, un score de 2 pour les fœtus bougeant entre 1/3 et 2/3 de la durée d'examen, un score de 3 pour les fœtus actifs plus de 2/3 de la durée d'examen (DESCOTEAUX et al., 2009).

Le fœtus est généralement actif moins d'un tiers du temps de l'examen ou entre 1/3 et 2/3 du temps de l'examen échographique au cours des deux derniers mois de la gestation (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

II.5. Evaluation du bien-être fœtal en fin de gestation à risque

Une gestation à risque se définit comme étant une gestation où le devenir de la gestation est incertain, pour des raisons maternelles, utérines, annexielles ou fœtales.

Des données préliminaires sur un faible nombre de gestation à risque ont montré que la FCF évaluée ponctuellement n'était pas différente de celle observée lors de gestations normales. L'absence de battements cardiaques était un signe de mortalité fœtale (DESCOTEAUX et al., 2009)

Des données parcellaires ont montré l'intérêt du suivi des mouvements fœtaux. Ainsi lors de la durée totale d'un examen, tous les fœtus inactifs (score 0) étaient morts ou sont morts nés, que ce soit sur des gestations clones ou des vache malades. De plus les fœtus actifs de façon permanente sans aucune période de repos (score 3) ont également eu un mauvais pronostic (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

La présence de grandes quantités de débris hyper-échogènes dans les liquides fœtaux est également indicatrice de détresse fœtale (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

Des irrégularités de formes des placentomes (placentomes bosselés, irréguliers en formes) sont fréquemment accompagnées d'autres anomalies fœtales ou annexielles (hydroallantoïde) (BUCZINSKI et DESCOTEAUX, 2009).

PARTIE PRATIQUE

Matériels et Méthodes

I. MATERIELS

I.1. Echographe

Le matériel utilisé est un échographe de model **Wed-3000V**, doté de cinq modes d'affichage sur un écran TFT-LCD de 6,4 pouces et 256 de l'échelle d'ombre. Le système peut traiter en temps réel, l'affichage de l'image, le gel, l'enregistrement ainsi que le chargement. Cet échographe est accompagné d'un programme instalable sur micro-ordinateur pour extraire et traiter les images.

I.2. Sonde linéaire

Une sonde linéaire de **6,5 MHz**, reliée à l'échographe a été utilisée lors de la prise d'images échographiques. Les images ont été numérisées sur l'échographe en vue de leur traitement ultérieur. Les images échographiques obtenues sont rectangulaires (sonde linéaire).

I.3. Appareil photographique

Un appareil photo SAMSUNG ST60 a été utilisé lors de la photographie des utérus, ovaires et fœtus recueillis.

II. METHODES

II.1. Echographies en bain d'eau

Des échographies en bain d'eau ont été réalisées sur des matrices récupérées de l'abattoir d'El-Harrach et traitées au niveau du laboratoire de reproduction de l'ENSV, ces images sont réalisées en deux étapes.

Tout d'abord, les utérus, ovaires et fœtus recueillis ont été photographiés, ensuite, ces éléments ont été placés dans un lavabo de la paillasse remplie d'eau et examinés par l'échographe.

Il nous a donc était possible de juxtaposer les photographies des pièces anatomiques étudiées et les images échographiques correspondantes.

II.2. Traitement des images

Les images échographiques sont traitées puis récupérées de l'échographe au moyen d'un logiciel approprié (*WelldUltrasound.ink*) joint à l'échographe.

Toutes les images recueillies (échographiques et photo) ont été triées, numérisées, détourées et recadrées avec le logiciel *Paint.ink*.

Dans un but didactique, toutes les images présentées sont légendées.

RESULTATS & DISCUSSION

I. EXAMEN DES OVAIRES

I.1. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale de la sonde sur l'ovaire

Pour la réalisation de ces images, nous avons appliqué la sonde, réglée à 6,5 MHz de fréquence, longitudinalement sur l'ovaire de façon à pouvoir mettre en évidence le contour de ce dernier (ovoïde) et d'apprécier l'activité ovarienne (folliculaire et lutéale).

Les contours de l'ovaire nous ont été très bien circonscrits, les follicules, de forme sphérique et de contenu liquidien (liquide folliculaire dans l'antrum), étaient anéchogène, contrairement au stroma qui est de couleur grisâtre et de structure assez homogène. Le corps jaune, quant à lui, était bien délimité et d'échogénicité plus faible que le stroma ovarien.

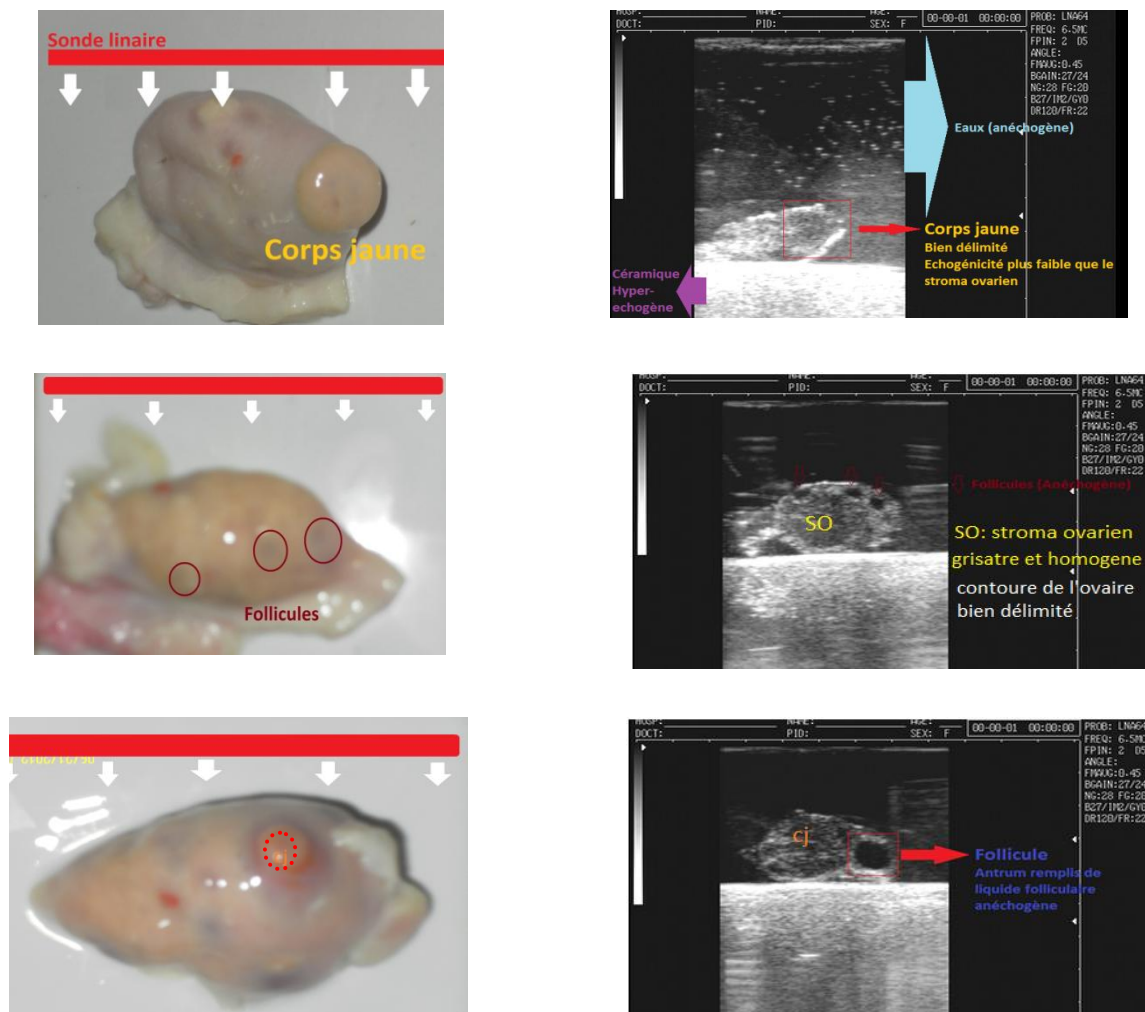


Figure n°5 : Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement sur l'ovaire avec la fréquence de 6,5 MHz (Clichés personnels)

II. EXAMEN DE L'UTERUS

II.1. Examen du col

II.1.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur le col de l'utérus

Pour la réalisation de ces images, nous avons appliqué la sonde d'une manière transversale puis longitudinale sur le col de l'utérus avec une fréquence de 6,5 MHz. L'objectif de ces imageries est de sonder la conformation globale du col (présence d'anneaux) et d'apprécier le degré d'ouverture de ce dernier, cet élément est de nature à nous aider à poser un diagnostic lors d'un pyromètre et d'évaluer l'évolution du prodrome.

Sur la figure 06, on voit bien les anneaux cartilagineux qui apparaissent hyperéchogènes, la lumière qui est d'une apparence faiblement échogène (col fermé et peu de liquides) (**figure n°6**).

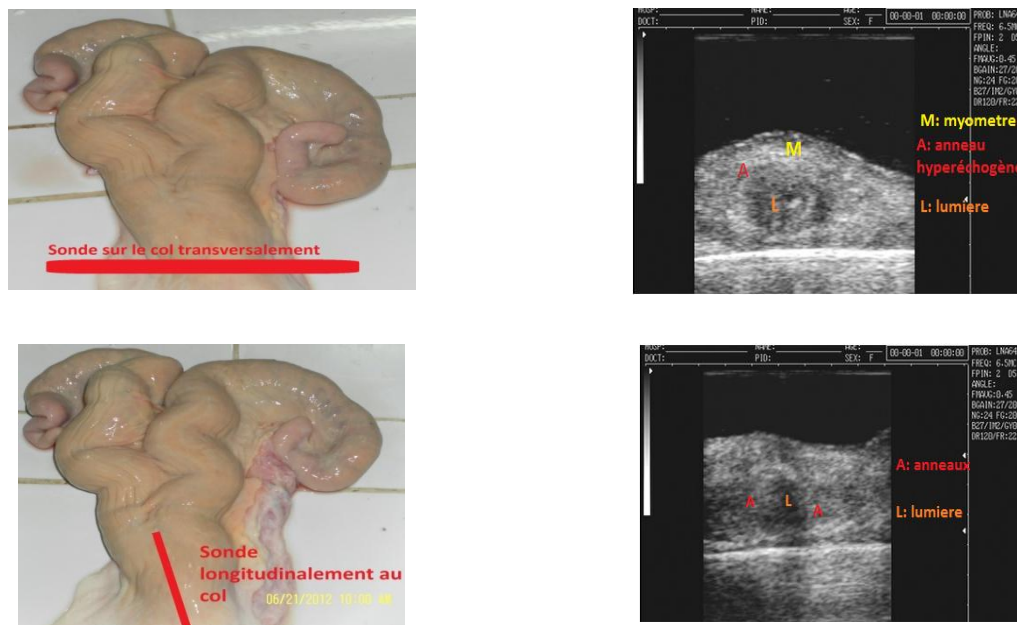


Figure n°6 : Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur le col de l'utérus avec la fréquence de 6,5 MHz. (Clichés personnels)

II.2. Examen de corps de l'utérus

II.2.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur le corps de l'utérus

L'application de la sonde d'une manière longitudinale et transversale sur le corps de l'utérus nous permet d'observer la conformation de celui-ci et d'en apprécier le contenu en vue de déceler d'éventuelles pathologies utérines. Dans ces figures, nous pouvons clairement apprécier la lumière du corps de l'utérus, de structure anéchogène, indiquant la présence de liquides, le myomètre d'une structure échogène et l'endomètre d'échogénicité moindre par rapport au myomètre (**figure n°7**).

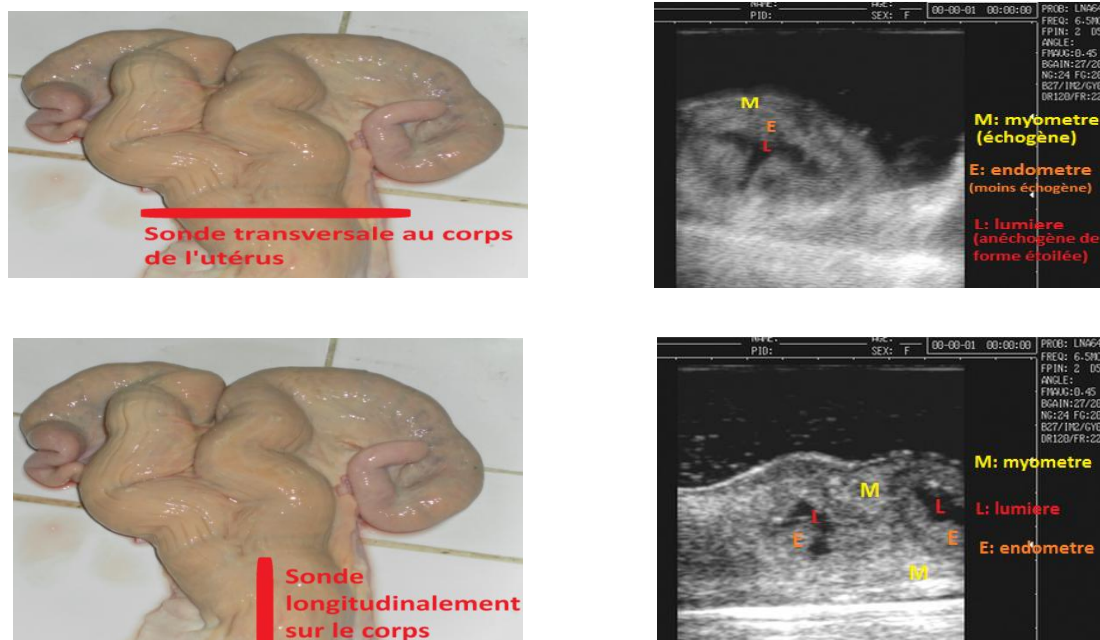


Figure n°7 : Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur le corps de l'utérus avec la fréquence de 6,5 MHz.

II.3. Examen des cornes utérines

II.3.1. Imageries obtenues par une orientation longitudinale et transversale de la sonde sur les cornes utérines

Nous avons appliqué, à différents niveaux, la sonde de façon longitudinale et transversale sur les cornes utérines afin d'observer leurs conformations, leurs symétries et leurs contenus et cela afin de diagnostiquer d'éventuelles gestations ou pathologies.

Résultats & Discussion

Dans ces figures, la lumière de la corne de l'utérus, de structure anéchogène, et étoilée sur coupe transversale indique la présence de liquides dans la lumière, le myomètre d'une structure échogène et l'endomètre d'échogénicité moindre par rapport au myomètre.

On peut trouver sur la même image échographique deux zones anéchogènes qui peuvent correspondre soit aux lumières des deux cornes utérines ou bien à la lumière d'une seule corne et cela est dû à la forme repliée et courbée de la corne contrairement à la sonde qui est droite (les ultrasons traversent la lumière à des endroits différents) (**figure n°8**)

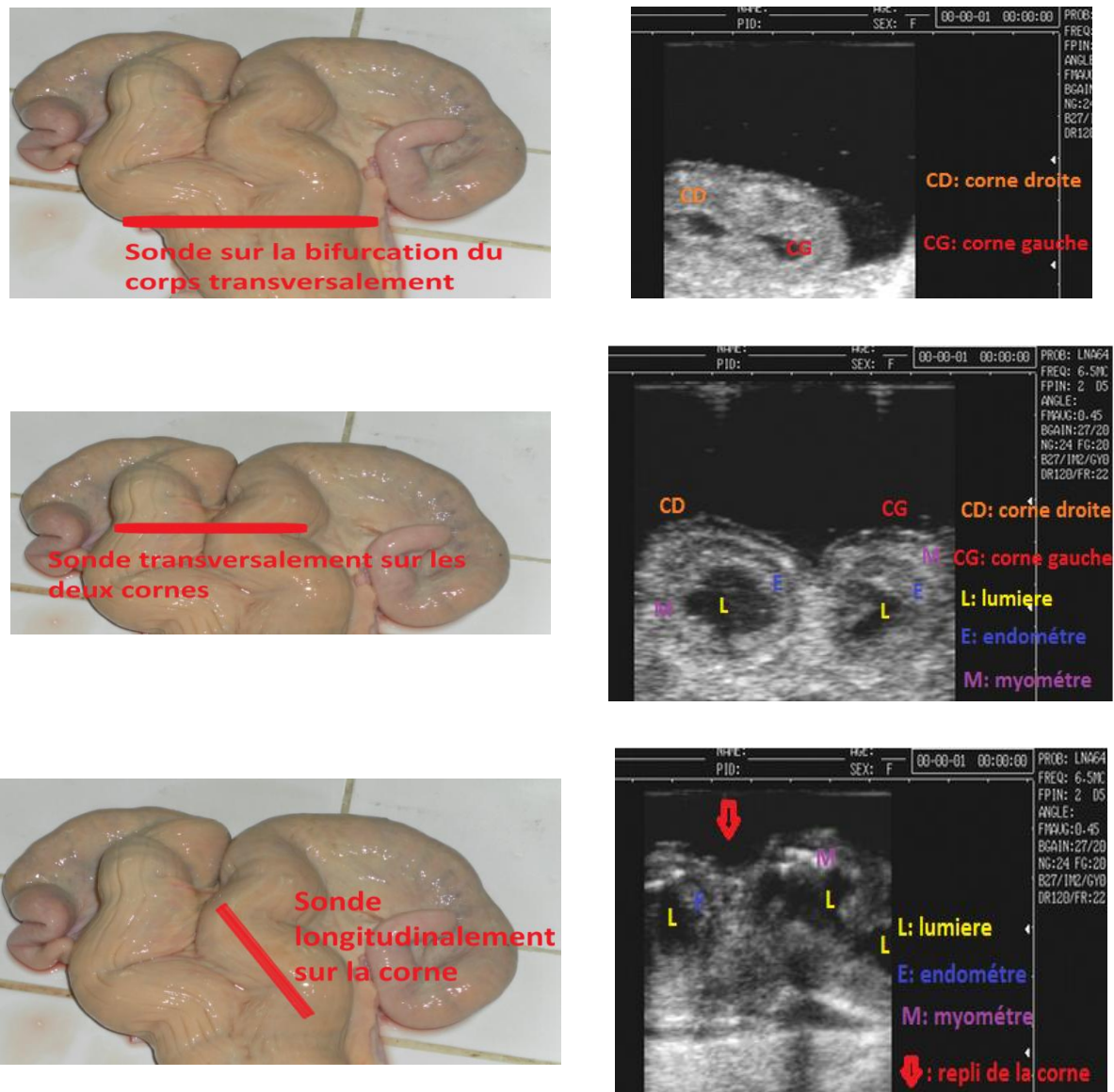


Figure n°8: Images échographiques correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et transversalement sur les cornes utérines avec une fréquence de 6,5 MHz.

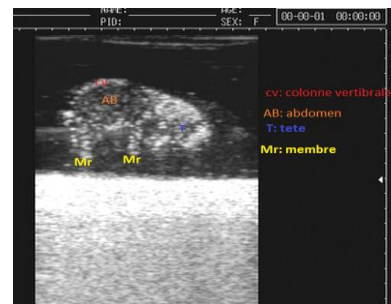
III. EXAMEN D'UN FŒTUS BOVIN DE 40 JOURS D'ÂGE

III.1. Imagerie obtenue par une orientation longitudinalement dorsale de la sonde sur le fœtus

Pour la réalisation de cette image, on a appliqué la sonde d'une manière longitudinale sur le dos du fœtus avec une fréquence de 6,5 MHz. L'objectif de cette imagerie est de sonder la conformation globale du fœtus afin d'en estimer l'âge par le calcul de la distance « tête-croupe » comme cité par JUILLIEN, 2003. On voit clairement la conformation du fœtus en « L » qui est caractéristique de cette période du développement. Les membres (Mr), la tête (T) ainsi que la colonne vertébrale (CV) sont hyperéchogènes contrairement à l'abdomen (AB) qui est d'échogénicité faible et homogène (**figure n°9**).



(a) photo réelle du fœtus de 40 j et orientation de la sonde



(b) image échographique correspondante.

Figure n°9: Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et dorsal sur le fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

III.2. Imagerie obtenue par une orientation longitudinalement et latérale de la sonde sur la tête, membres et abdomen du fœtus

L'application de la sonde échographique d'une manière longitudinale et sur le côté latéral du fœtus de façon à sonder la tête, les membres et l'abdomen nous permet de déterminer le sexe de l'animal en se basant sur la présence le bourgeon génital dans la région scrotale (mâle) ou des ébauches mammaires (femelle), mais cela à un âge plus avancé : 55 – 65 jours. Sur la figure 07, on voit bien l'os du crâne et les membres qui sont hyperéchogènes ainsi que l'abdomen ayant une échogénicité plus faible et homogène (**figure n°10**).

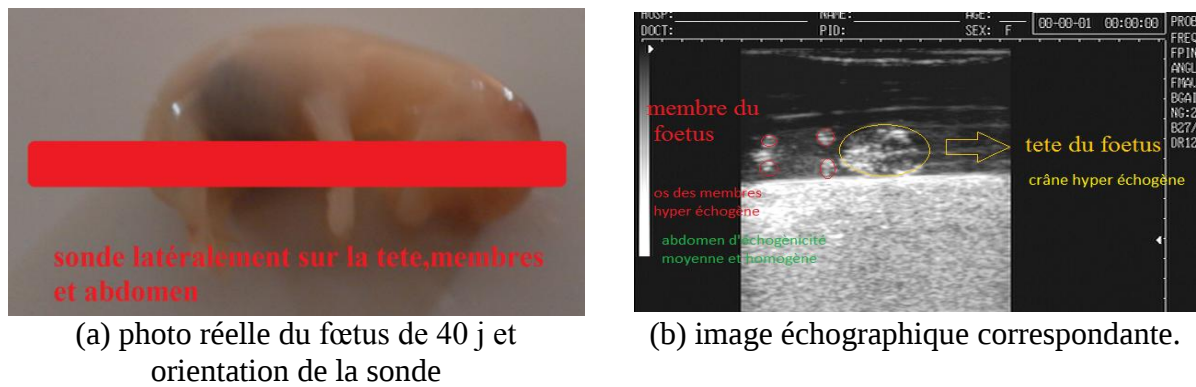


Figure n°10 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et latérale sur la tête, les membres et l'abdomen du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

III.3. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur le thorax et les membres antérieurs du fœtus

L'application de la sonde d'une manière transversale et latéralement au niveau du thorax et les membres antérieurs du fœtus, nous permet d'observer le thorax, qui est d'une structure faiblement échogène, et les membres antérieurs et sternum qui sont échogènes. Ce type de sondage n'est pas recherché pour l'examen du fœtus lui-même mais lors du diagnostic de gestation, une image pareille peut être rencontrée indiquant une gestation dont il faut changer l'orientation de la sonde afin de rechercher d'autres éléments révélateurs (figure n°11).

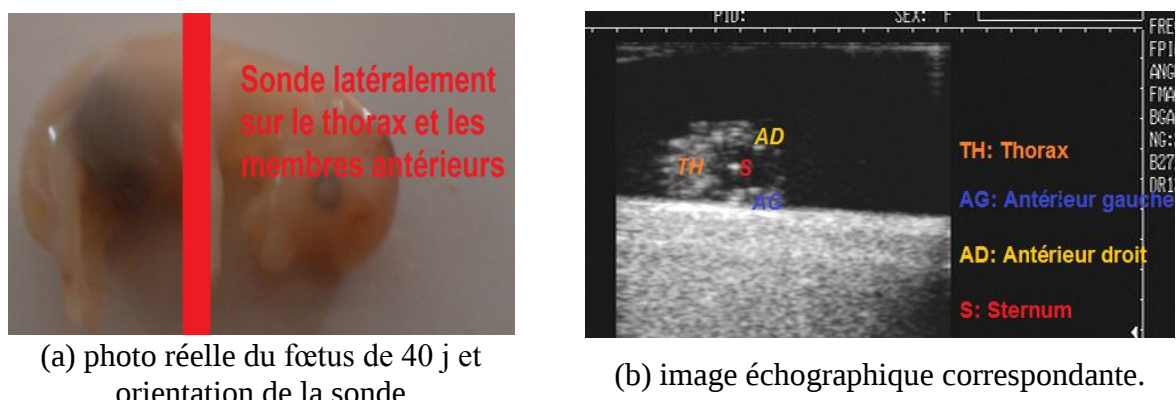


Figure n°11 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur le thorax et les membres antérieurs du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz

III.4. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et ventrale de la sonde sur le fœtus

L'application de la sonde d'une manière longitudinale et ventrale par rapport au fœtus, nous permet d'observer la conformation en « L » de ce dernier, sa tête, ses membres, son abdomen ainsi que sa colonne vertébrale représentés dans la figure 12. Il faut noter que cette orientation est l'image inversée de celle prise dorsalement et longitudinalement

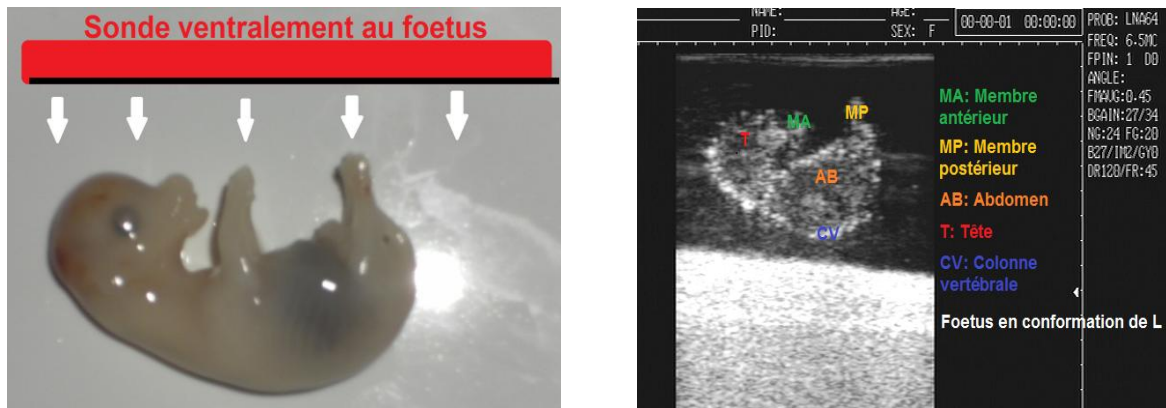


Figure n°12 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et ventrale sur le fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz. voir)(figure n°4) (**figure n°12**).

IV. EXAMEN DE LA TÊTE DU FŒTUS BOVIN

L'examen de la tête permet, en pratique vétérinaire, de déterminer l'âge du fœtus par la prise de mesures au niveau de l'œil en recherchant son plus grand diamètre, ainsi qu'au niveau de la cavité crânienne selon son plus grand diamètre interne.

IV.1. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur au niveau de l'encolure du fœtus :

Lors de l'application de la sonde d'une manière transversale et latérale sur l'encolure du fœtus, on observe le cou (C) et la mâchoire inférieure (MI) qui sont hyperéchogènes (**figure n°13**).

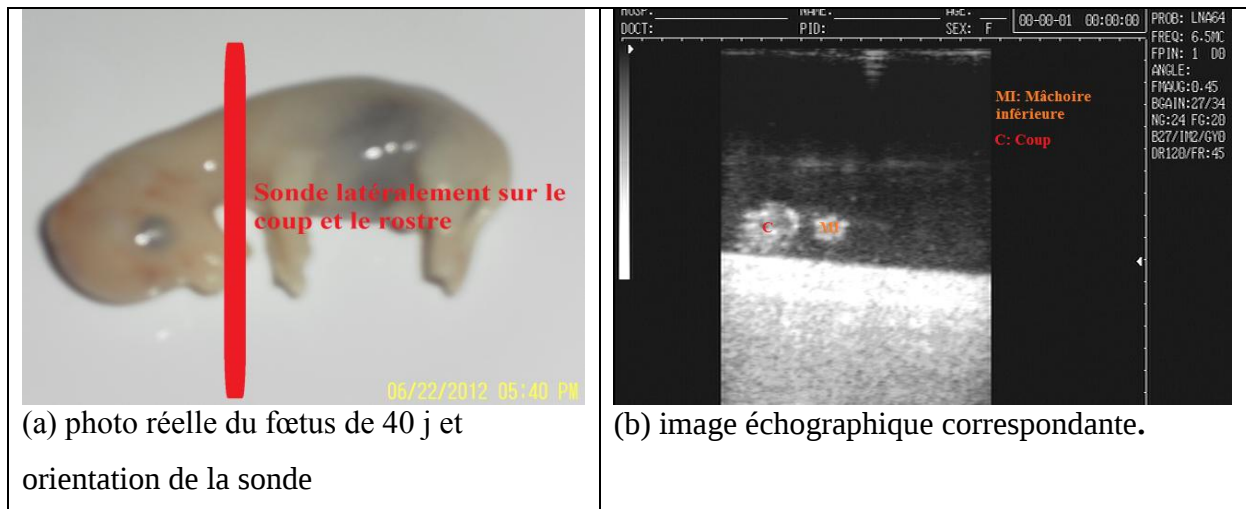


Figure n°13 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur l'encolure du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

IV.2. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde sur au niveau de la tête du fœtus :

L'application de la sonde d'une manière transversale et latérale sur la tête du fœtus permet de visualiser sur la **figure n°14** les globes oculaires (GO) et la boîte crânienne (BC) qui sont anéchogènes.

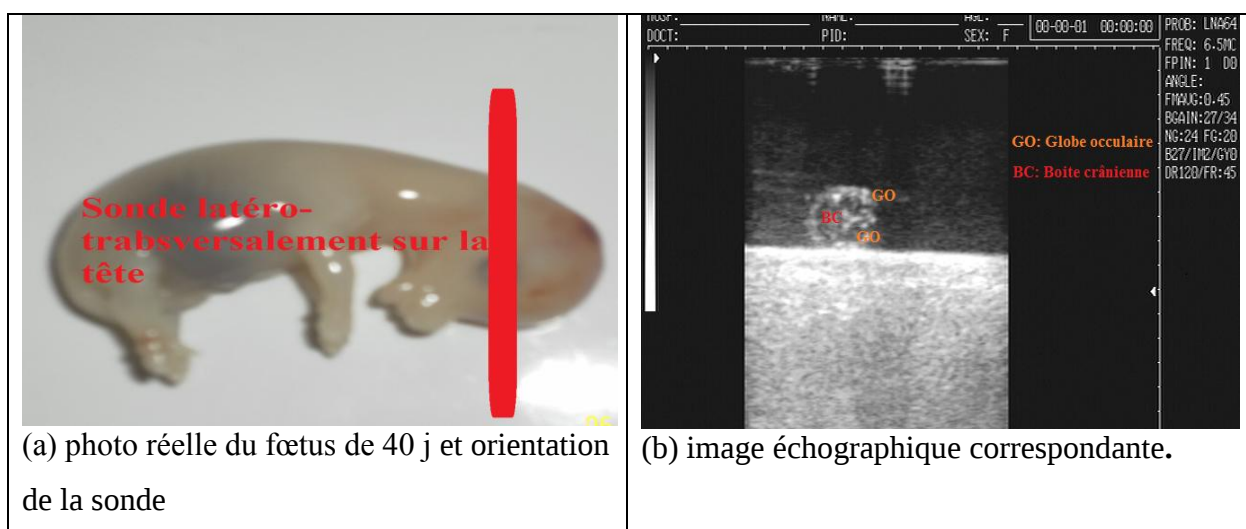


Figure n° 14: Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur la tête du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

V. EXAMEN D'UN FŒTUS PLUS OU MOINS AGE

V.1. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale de la sonde au niveau de la tête (sur la joue) du fœtus

L'application de la sonde d'une manière transversale et latérale sur la tête du fœtus permet de observer sur la **figure n°15** les mâchoires supérieures (MS) qui sont hyperéchogènes, ainsi que les globes oculaires (GO) et la boite crânienne (BC) qui eux, sont anéchogènes.

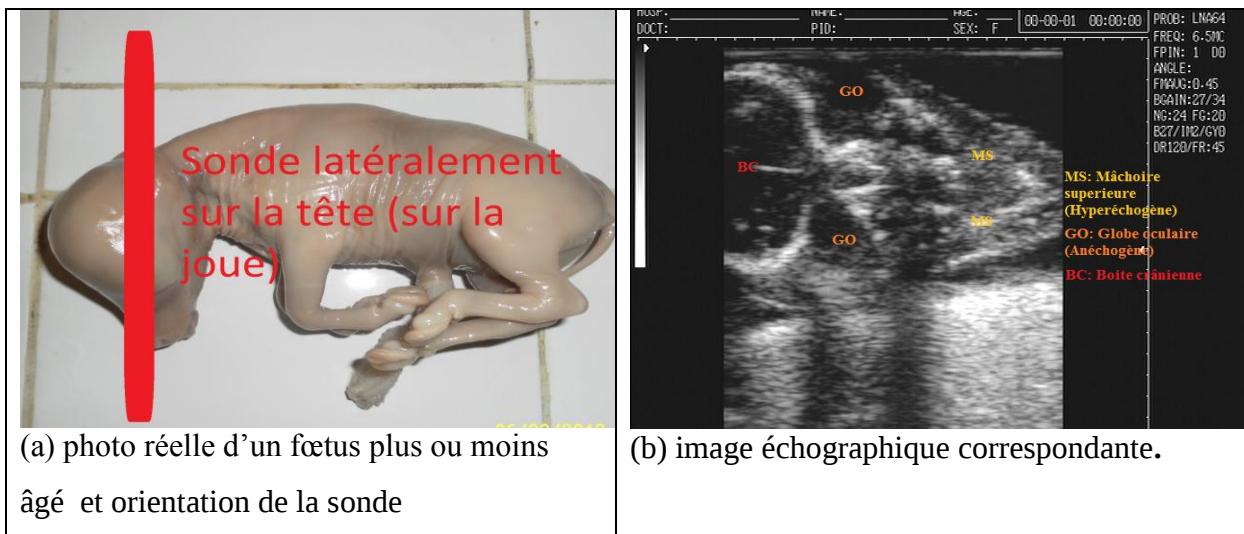


Figure n° 15 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur la tête (joue) du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

V.2. Imagerie obtenue par une orientation transversale et latérale gauche de la sonde sur l'abdomen du fœtus :

L'application de la sonde d'une manière transversale et latérale sur l'abdomen du fœtus a pour but; la détermination de l'âge du fœtus par l'évaluation du diamètre de la cavité anéchogène de l'estomac. Sur la **figure n°16** on observe le rumen (R) qui est anéchogène, les vertèbres (V); hyperéchogènes et les autres organes abdominaux (OA) ; d'échogénicité faible et homogène.

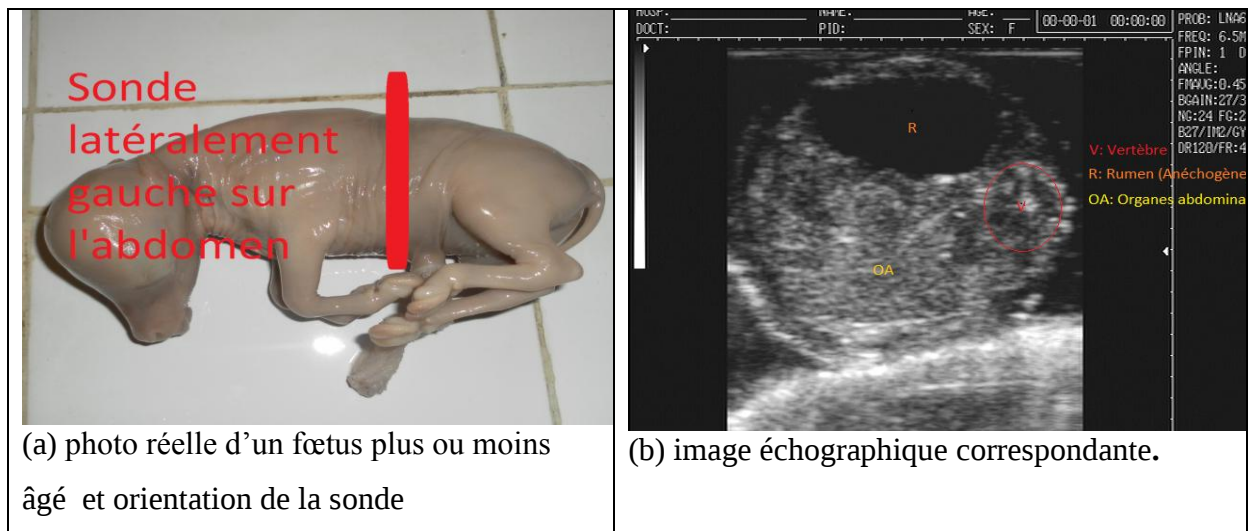


Figure n°16: Image échographique correspondant à l'application de la sonde transversalement et latérale sur l'abdomen du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

V.3. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et latérale gauche de la sonde sur la cuisse du fœtus :

L'application de la sonde d'une manière longitudinale et latérale gauche sur la cuisse du fœtus a comme objectif, en pratique, la détermination du sexe du fœtus en se basant sur la présence le bourgeon génital dans la région scrotale (mâle) ou des ébauches mammaires (femelle). Sur la **figure n°17** on remarque des bourgeons mammaires (BM) et des membres postérieurs (MPD et MPG) fortement échogènes et un abdomen (AB) d'échogénicité faible et homogène.

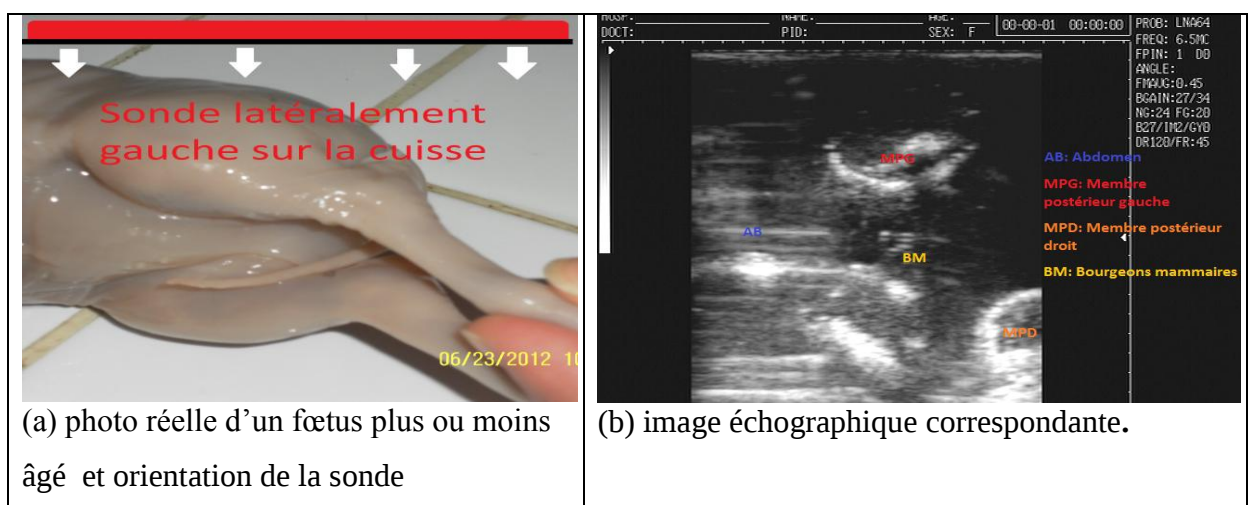


Figure n°17: Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et latérale gauche sur la cuisse du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

V.4. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et dorsale de la sonde sur fœtus

On applique la sonde longitudinalement sur le dos du fœtus afin d'estimer l'âge par la mesure d'un segment de plusieurs vertèbres, ici thoraciques ou par les battements cardiaques. Cette application permet aussi l'évaluation du bien-être fœtal en fin de gestation normale par la fréquence cardiaque fœtale. Les vertèbres thoraciques (VTh) apparaissent hyperéchogènes, le cœur anéchogène et le poumon qui est d'échogénicité moyenne (**figure n°18**).

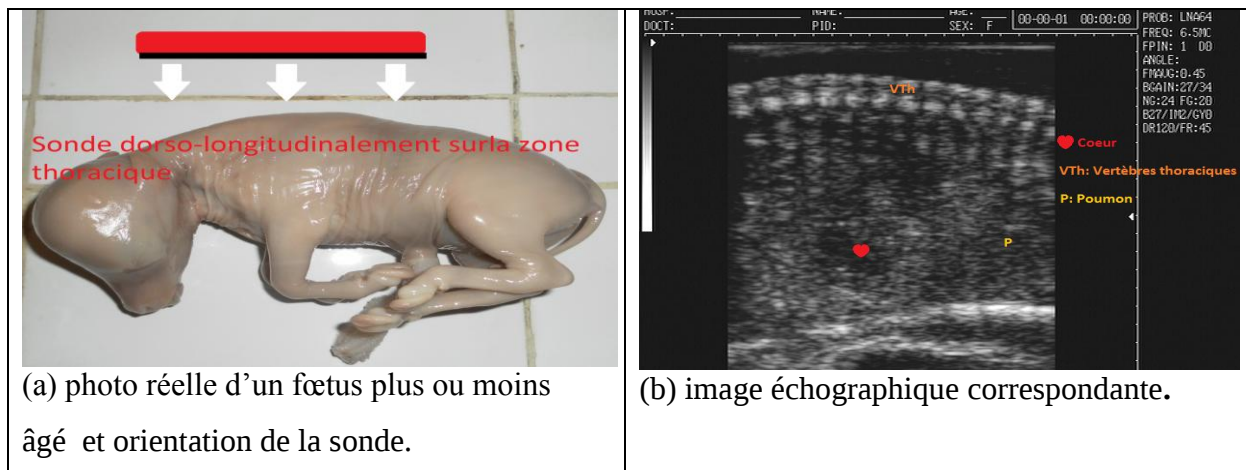


Figure n°18 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et dorsale du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

V.5. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale et ventrale de la sonde sur le membre postérieure gauche du fœtus

L'application de la sonde d'une manière longitudinale ventrale sur le membre postérieure gauche du fœtus a pour but la détermination de l'âge du fœtus en mesurant les os longs des membres et plus précisément leur partie hyperéchogène, correspondant à la diaphyse. Sur la **figure n°19** la cuisse (CU) est d'échogénicité faible, le jarret (J), sabot(S) et métatarse (Mt) sont hyperéchogènes.

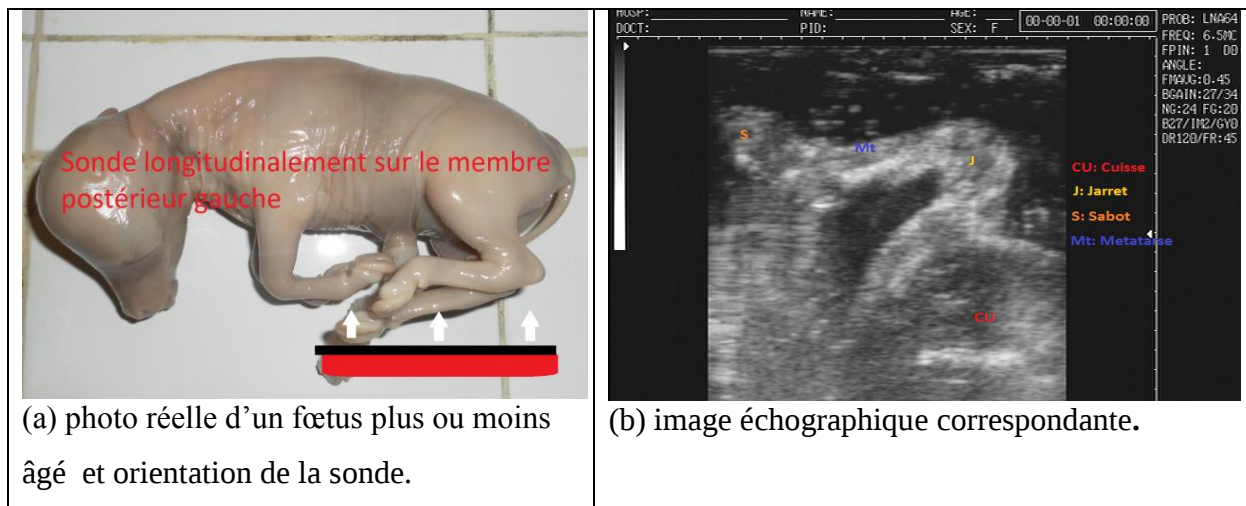


Figure n°19: Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement et ventrale sur le membre postérieure gauche du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

I.6. Imagerie obtenue par une orientation longitudinale de la sonde sur le placenta et placentomes du fœtus

L'application de la sonde d'une manière longitudinale sur le placenta et les placentomes permet le diagnostic de gestation précoce et la détermination de l'âge du fœtus, ainsi que l'évaluation placentaire et le bien-être fœtal en fin de gestation. Sur cette **figure n°20** on observe les placentomes (PL) d'échogénicité homogène et les membranes placentaires (MP) échogène.

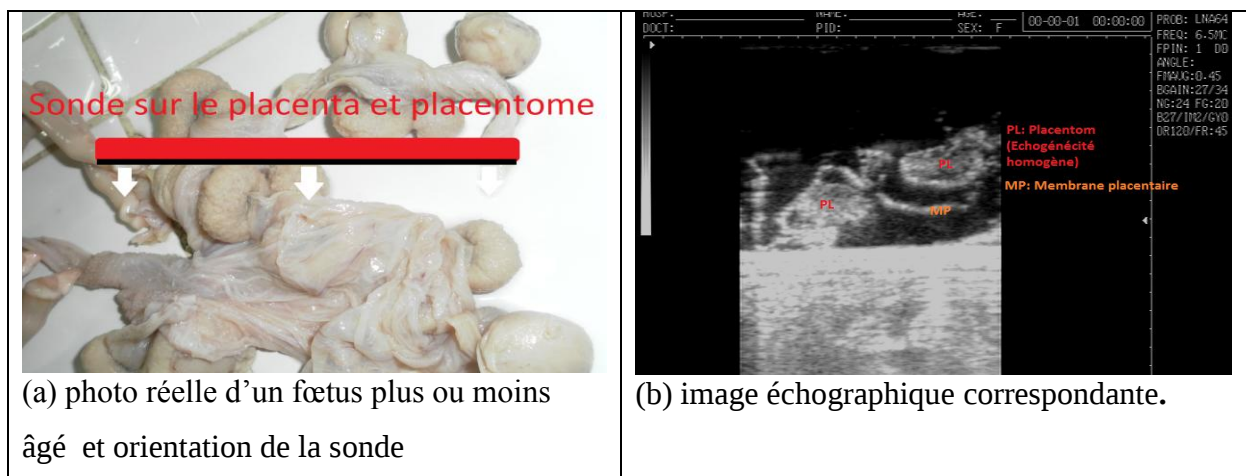


Figure n°20 : Image échographique correspondant à l'application de la sonde longitudinalement sur le placenta et placentomes du fœtus avec la fréquence de 6,5 MHz.

Conclusion

Conclusion

Chez les bovins, les utilisations de l'échographie pour l'examen de l'appareil génital sont nombreuses, parmi elles, l'examen des ovaires, les diagnostics de gestation et les contrôles d'involution. Par rapport à la simple palpation transrectale, la fiabilité de l'échographie est plus importante.

La réalisation d'images échographiques en bain d'eau permet d'obtenir des images qui constituent une source de référence en vue d'une interprétation plus précise des échographies réalisées in vivo.

Ce travail mérite d'être complété d'un côté par la genèse d'images échographiques réalisées sur des animaux et dans des contextes de reproductions physiologiques ou pathologiques et d'autre côté par l'usage de l'échodoppler dans la reproduction des bovins tant chez le mâle que chez la femelle.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographies

BASSET L., 2003 : Imagerie de la mamelle chez la vache : radiographie, échographie, endoscopie. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

BOIN E.M., 2001 : Atlas d'échographie en gynécologie bovine. Thèse pour doctorat vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Alfort.

BUCZINSKI S., DESCOTEAUX L., 2009 : Echographie des bovins. Editions du Point Vétérinaire 2009.

CARAI E.I., DRENO C., 2004 : L'échographie en gynécologie bovine, ovine et caprine : réalisation d'un cd-rom didactique. Thèse pour doctorat vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Alfort.

CHASTANT-MAILLARD S., 2003 : Gestation de la vache : l'apport de l'échographie. L'Action Vétérinaire. n°1652. 8 octobre 2003. pp 19-21.

CROS N., 2005 : Le sexage du fœtus par échographie chez la vache : Etude de l'utilisation pratique sur le terrain. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire Lyon.

DESCOTEAUX L., GEMMI G., COOTTON J., 2009 : Guide pratique d'échographie pour la reproduction des ruminants. MED'COM ; 2009.

FIENI. F., 1998 : Journées Nationales des GTV. CD-ROM. 27-28-28 Mai 1998.

HAGEN N., GAYRARD V., TOUTAIN PL., 2000 : Echographie de l'appareil génital de la vache, polycopiés de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

JAUDON J.P., PERROT C., VIAUD F. et CADORE J.L., 1991 : Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale. Le Point Vétérinaire, 23, n°135, PP 11-18.

JULLIEN C., 2003 : Intérêts diagnostique et pronostique de l'échographie fœtale chez les bovins clonés. Thèse doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire Alfort.

KAHN W., 1994 : Atlas de diagnostics échographiques. Edition MALOINE, Paris 1994 pp 252.

LRIOT N., MARTINOT S., FRANK M., 1995 : Echographie abdominale du chien et du chat. MASSON, PP 1-14.

MAI W., 1999 : L'image échographique : formation et qualité. Le Point vétérinaire, vol.30, n°201, juillet-août 1999, PP 499-504.

Références bibliographies

MASSOT J.R.A., 2006 : Apport de l'échographie dans le diagnostic des affections de l'appareil digestif chez les bovins : étude bibliographique. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

PÉRIÉ A., 2009 : Examen de l'ovaire : choisir la bonne technique. La Dépêche Vétérinaire, n°1019. Du 31 janvier au 6 février 2009.

PÉRIÉ A., 2008 : Mieux diagnostiqué une métrite chronique. La Dépêche Vétérinaire, n°997. Du 30 août au 5 septembre 2008.

PIERSON R A., KASTELIC J.P. et GINTHER O.J., 1988: Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. Theriogenology, 29, 3-20.

POLLET T., 1993: Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et fœtale chez les bovins. Thèse Méd. Vét., École Nationale Vétérinaire Lyon.

Résumé

Depuis une quinzaine d'années, l'échographie se développe en gynécologie bovine, en particulier, dans le cadre de suivi de reproduction. Cette technique fiable et rapide permet un examen de l'appareil génital chez la vache, en particulier celui des ovaires et de l'utérus. Elle permet aussi un diagnostic de gestation plus précoce que la palpation transrectale, ainsi que le dénombrement et le sexage des fœtus. Ce projet comporte trois parties orientées autour d'un même objectif : proposer un outil didactique de référence en échographies gynécologiques chez la vache. Ainsi, la première partie commente le principe du fonctionnement de l'échographie, puis les diverses applications de cette technique sont successivement abordées dans la deuxième partie. Enfin, la troisième partie présente des images échographiques réalisées au laboratoire sur des matrices sous l'eau. Celles-ci sont présentées avec des légendes explicatives, avec leurs pièces anatomiques correspondant. Cette présentation répond au souhait majeur de ce travail qui était de faciliter la lecture et l'interprétation de chacune des images.

Abstact

For fifteen years, ultrasound is growing in bovine gynecology, especially in the monitoring of reproduction. This technique allows a fast and reliable examination of the reproductive system in cows, especially the ovaries and uterus. It also allows an earlier pregnancy diagnosis than rectal palpation, counting and sexing of fetuses. This project has three parts oriented around a common aim: to offer a tool didactic for the use of ultrasound in the diagnosis in the gynecological cow. Thus, the first part discusses the principle of operation of the ultrasound, and then the various applications of this technique are discussed successively in the second part. The third part presents ultrasound images performed in the laboratory on matrices under water. These are presented with explanatory legends, with their corresponding anatomical parts. This presentation reflects the major desire of this work who was to facilitate the reading and interpretation of each image

الملخص

طوال خمسة عشر عاما، الموجات فوق الصوتية في أمراض النسل يتزايد البقري، وخصوصا في رصد الاستنساخ. تسمح هذه التقنية لفحص سريعة وموثوق بها من الجهاز التناسلي في الابقار، وخصوصا المبيض والرحم. كما يسمح تشخيص الحمل في وقت مبكر من التشخيص اليدوي للحمل والعد تحديد الجنس للجنين من الأجنة. هذا المشروع من ثلاثة أجزاء التوجه نحو هدف مشترك: لتقديم مرجع أداة تعليمية في الموجات فوق الصوتية في أمراض النساء والبقر. وبالتالي، الجزء الأول يناقش مبدأ عمل الموجات فوق الصوتية، ثم يتم مناقشة مختلف التطبيقات لهذه التقنية على التوالي في الجزء الثاني. الجزء الثالث ويعرض صور الموجات فوق الصوتية التي أجريت في المختبر على المصفوفات تحت الماء. وتعرض هذه الأساطير مع التفسيرية، مع أجزائها التفسيرية المقابلة. هذا العرض يعكس رغبة من هذا العمل الذي كان كبيرا لتسهيل قراءة وتفسير كل صورة.