

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université de Blida I**

**Institut Des Science Vétérinaire - Blida**



**Mémoire en vue de l'obtention du**

**Diplôme de docteur vétérinaire**

**Etude bibliographique sur l'application  
de l'échographie en reproduction  
bovine**

**Réalisée par :**

**Djeddou Nor El Houda**

**Devant le Jury :**

<b>President:</b>	<b>Besbaci.M</b>	<b>MAA</b>	<b>ISV BLIDA</b>
<b>Examineur :</b>	<b>Omar.S</b>	<b>MAA</b>	<b>ISV BLIDA</b>
<b>Promoteur :</b>	<b>Abdelli .A</b>	<b>MAA</b>	<b>ISV BLIDA</b>
<b>Co-promoteur:</b>	<b>Cherif.T</b>	<b>MAA</b>	<b>ISV BLIDA</b>

**Année universitaire : 2017 / 2018**

# Remerciements

---

En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH qui m'a aidé et ma donnée la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Ensuite, Je tiens à remercier tout particulièrement les membres des jury.

Particulièrement ma famille, ma mère, mon père, mon frère et ma sœur, qui m'ont accordé la liberté d'action et la patience nécessaires pour réaliser ce travail.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Je tiens à remercier sincèrement, Mr Abdelli Amine qui en tant que promoteur de mémoire, est toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi le Co-promoteur Mr Cherif Nissou pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

J'aimerais aussi remercier le corps professoral et administratif de l'institut de science vétérinaire pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tout et à toutes.

**DJEDDOU NOR EL HOUDA**

# Dédicace

---

Je dédie ce mémoire de fin d'études à mon très cher père Professeur Farhet , et ma très chère mère Dr Harcha Samia ,Pour leur soutien et leur dévouement pendant toutes ces années d'études, Qu'ils trouvent ici l'aboutissement de tous leurs efforts et le témoignage de ma profonde reconnaissance et affection.

A mon cher frère Oubayda, et ma chère sœur Dounia Pour leur soutien pendant ces années, Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma tendresse.

A promoteur Abdelli Amine, co-promoteur Cherif Nissou, pour leurs aides pendant la réalisation de cette thèse de fin d'étude.

**DJEDDOU NOR EL HOUDA**

## Résumé

La baisse significative de fertilité observée chez les bovins laitiers au cours des dernières décennies et les besoins croissants des éleveurs ont rendu indispensable un contrôle régulier de la reproduction pour identifier et résoudre d'urgence les problèmes potentiels affectant l'efficacité de la reproduction. Traditionnellement, les principales méthodes des diagnostics utilisées pour le contrôle de la reproduction chez les bovins comprenaient la palpation rectale, l'inspection des écoulements vaginaux et la vaginoscopie. Depuis les années 1990, l'utilisation de l'échographie est devenue une méthode diagnostique commune grâce aux nouveaux progrès réalisés dans le développement des dispositifs amovibles : taille plus petite, haut niveau d'autonomie, haute qualité d'image et prix accessibles. L'échographie améliore la précision du diagnostic des stades du cycle œstral, des pathologies ovariennes et utérines et du diagnostic de gestation. De plus, il facilite le diagnostic des altérations pendant la gestation (mortalité embryonnaire, malformations fœtales, etc.) et aide à déterminer le sexe fœtal à partir du 55<sup>ème</sup> jour de la gestation.

**Mots clés :** échographie, bovins, reproduction.

## ملخص:

التخفيض الكبير في معدل الخصوبة لدى البقر الحلوب خلال العقود الاخيرة وتزايد احتياجات مربّي الابقار التي أصبحت الأساسية في التحكم المنتظم للاستنساخ على تحديد وحل المشاكل المحتملة التي قد تؤثر على الفور كفاءة الاستنساخ. وجرت العادة على ان الاساليب الرئيسية المستخدمة في تشخيص السيطرة على الانجاب على الماشية تفحص شرطي، وفحص التدفقات المهبلية منذ التسعينات، أصبح استخدام الموجات فوق الصوتية طريقة شائعة تشخيصية بفضل التقدم المحرز في تطوير الاجهزة القابلة للإزالة: صغر حجمها، وارتفاع مستوى الحكم الذاتي لجودة الصورة والاسعار المعقولة. باستخدام الموجات فوق الصوتية يحسن دقة تشخيص مراحل "oestrus"، امراض المبيض وسرطان الرحم، ومدة الحمل. كما انه ييسر تشخيص التغييرات خلال الحمل (وفيات الاجنة بتشوهات الجنين، الخ)، يساعد في تحديد جنس الجنين من 55 يوم ولادتها.

**الكلمات الأساسية:** الموجات فوق الصوتية، الماشية، الانجاب.

## **Abstract**

The significant decrease in fertility observed in dairy cattle during the last few decades and increasing requirements by the farmers have made a regular control of reproduction indispensable to urgently identify and solve potential problems affecting reproductive efficiency. Traditionally, the main diagnostic methods used for reproductive control in cattle included rectal palpation, inspection of vaginal discharge and vaginoscopy. Since the 1990 s, the use of ultrasound has become a common diagnostic method as a result of the new advances made in the development of removable dispositive: smaller size, high level of autonomy, high image quality and accessible prices. Ultrasound improves accuracy in the diagnoses of stages of the estrous cycle, ovarian and uterine pathologies, and pregnancy diagnosis. In addition, it facilitates the diagnosis of alterations during pregnancy (embryo mortality, foetal malformations, etc.) and helps determining foetal sex from day 55 of pregnancy.

**Key words:** ultrasound, dairy cows, reproduction

# Sommaire

<b>Remerciement.....</b>	<b>page 2</b>
<b>Dédicace.....</b>	<b>page 3</b>
➤ Résumé en français.....	page 4
➤ Résumé en arabe.....	page 5
➤ Résumé en anglais.....	page 6
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>page 10</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>pages11 12 13 14</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>page15</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>Page 16</b>
<b>Chapitre I .....</b>	<b>page 17</b>
Rappels anatomiques, physiologiques, du tractus génital non gestant.....	pages 18
1- le sinus urogénital.....	page 18
2- le vestibule du vagin.....	page 18
3- le vagin.....	page 18
4-l'utérus.....	page 19
5-oviducte.....	page 21
6-les ovaires.....	pages 22
7-les follicules .....	page 23
8-les corps jaunes .....	page 23
9-rappels anatomiques : la gestation.....	page 24
9.1 Latéralité de la gestation.....	page 24
9.2poids de l'utérus.....	page 24
9.3. Longueur de la corne.....	page24
9.4. Epaisseur de la paroi utérine.....	page 24
10. Rappels physiologique.....	page25
10.1. Le cycle sexuel : données générales.....	page 25
10.2. Notions de vague folliculaire, recrutement, sélection et la dominance.....	page 25
10.3. Régulation hormonale du cycle sexuel.....	page 26
10.4. Maintien de la gestation.....	page 27
10.5. Déclenchement de la parturition.....	page 27

<b>Chapitre II.....</b>	<b>page 29</b>
A. L'échographie.....	page 30
1. Bases physiques de l'échographie.....	page 30
A. Les ondes ultrasonores.....	page 30
B. Formation des échos .....	page 30
C. Application à l'image échographique.....	page 32
D. Mode et traitement des échos.....	page 33
E. Qualité de l'image échographique.....	page 34
F. Traitement de l'image et réglage.....	page 35
G. Les artefacts .....	page 36
H. Innocuité des ultrasons.....	Page 36
B-principes de l'échographie.....	page 37
1-SONDES ÉCHOGRAPHIQUES.....	page 39
1.1. Principes de fonctionnement des sondes.....	page 39
1.2. Caractéristiques des sondes.....	page 40
1.2.1. Fréquence.....	page 40
1.2.2. Résolution de l'image.....	page 40
1.2.3. Différents types de sondes sont disponible .....	page 41
1.3. image échographique, acquisition et obtention d'images de bonne qualité.....	Page 43
1.4. Contraintes techniques.....	page 43
1.4.1. Choix de la sonde.....	page43
1.4.2. Différents types de sondes.....	page43
1.4.2.1. Propriétés des sondes linéaires.....	page44
1.4.2.2. Propriétés des sondes sectorielles.....	page45
1.5. Choix de la sonde par espèce.....	page45
1.6. Choix de la fréquence.....	page46
1.7. Choix de l'appareil .....	Page46 47 48
1.8. Choix des sondes en fonction de l'examen De l'animal et de la pratique en clientèle .....	page48
1.9. Profondeur de l'examen.....	page 48 49
1.10. Réglage de la focalisation .....	Page 50
1.11. Réglage du gain différentiel .....	page 51
1.12. Contraintes économiques.....	page 52
C. Mise en œuvre pratique de l'échographie.....	page 53
1. Bovin.....	page 53
a. Nécessité d'une contention.....	page 53
b. Contention des animaux.....	pages 54

c. Circuit des animaux.....	pages 56
d. Préparation de la vache et mise en place du matériel .....	Page 56 57
<b>Chapitre III.....</b>	<b>Page 58</b>
III. cas pathologique représenté par images échographiques.....	page 59
1. Pathologies utérines.....	page 59
1.1. Pyomètre.....	page 59 60
1.2. Endomètre .....	page 61 62
1.3. Retards d'involution et métrites.....	page 62 63 64 65 66 67
2. Pathologies ovariennes .....	page 68
2.1. Ovaire inactif.....	page 68
2.2. Kyste folliculaire .....	page 68 69 70
2.3. Kystes ovariens.....	page 70
2.4. Kyste lutéal.....	page 70
2.5. Tumeurs ovariennes .....	page 71
3. Anomalies.....	Page 71
3.1. Mortalité embryonnaire.....	page 71 72
3.2. Momification .....	Page 73
3.3. Hydropisie des enveloppes fœtales.....	Page 73 74
<b>Conclusion .....</b>	<b>Page 75</b>
<b>Référence bibliographique.....</b>	<b>Pages 76 77 78 79 80</b>

## Liste des tableaux :

- Tableau 1 : Fréquences des sondes en fonction des indications en gynécologies chez la vache. Page 40
- Tableau 2 : Caractéristiques des sondes requises pour l'examen des différents organes chez le bovin. Page 42
- Tableau 3 : Exemple de cout de matériel échographique. Page 47

## Listes des figures :

Figure 1 :	Représentation du vagin	Page 15
Figure2 :	Représentation de l'utérus	Page 16
Figure3 :	Représentation du corps utérin et des cornes utérines	Page 16
Figure 4 :	Représentation de l'oviducte	Page 17
Figure 5 :	Représentation de l'oviducte	Page 17
Figure 6 :	Représentation de l'ovaire et de follicule	Page 18
Figure 7 :	Représentation des ovaires	Page 19
Figure 8 :	Réflexion et réfraction de l'onde ultrasonore au niveau d'un dioptre (d'après [63])	Page 27
Figure 9 :	Représentation schématique des modes A et B (d'après [63])	Page 29
Figure 10 :	Gestation de 3 mois	Page 32
Figure 11 :	Kyste folliculaire	Page 32
Figure 12 :	Sonde échographique représente L'élément piézo-électrique	Page 33
Figure 13 :	Aspect échographique d'une interface tissu/air	Page 34
Figure 14 :	Aspect échographique d'une interface tissu/os	Page 34
Figure 15 :	Caractéristiques des sondes en fonction de leur fréquence	Page 34
Figure 16 :	Les différents types de sonde ainsi que leur surface de balayage. A : sonde linéaire ; B : sonde sectorielle	Page 35
Figure 17 :	Image échographique associée à une sonde linéaire	Page 36

Figure 18 :	Image échographique associée à une sonde sectorielle	Page 36
Figure 19 :	Image échographique associée à une sonde cardiaque (Type crayon).	Page 37
Figure 20 :	Sonde sectorielle (Décante, 1990)	Page 38
Figure 21 :	Sonde linéaire (Décante, 1990)	Page 38
Figure 22 :	Image de la région jugulaire d'une vache. La profondeur de l'examen est mal réglée et diminue ainsi la taille de la zone d'intérêt encadrée en jaune.	Page 43
Figure 23 :	La profondeur d'examen a été modifiée afin de permettre de grossir la région d'intérêt échographique. La veine jugulaire collabée (car non distendue), est alors plus facilement visible	Page 43
Figure 24 :	Certains appareils disposent d'une fonction de zoom qui permet de sélectionner une zone d'intérêt échographique (ici veine jugulaire) et de s'affranchir des zones non informatives qui peuvent nuire à l'interprétation	Page 44
Figure 25 :	Le focus de la sonde est principalement obtenu entre les 2 flèches jaunes. La résolution latérale est maximale dans cette région, mais elle est limitée	Page 44
Figure 26 :	L'image est obtenue dans la même région que le cliché précédent. Le focus, entre les 2 flèches jaunes, est adapté à l'examen des zones superficielles (ici, veine jugulaire non distendue). La zone profonde est cependant moins nette à cause de la perte de résolution latérale	Page 45
Figure 27 :	Lorsque le gain est trop élevé, on parle de saturation de l'image. Cette dernière, trop brillante, est difficilement interprétable.	Page 46
Figure 28 :	L'image obtenue lorsque le gain n'est pas assez élevé est sombre et difficile à interpréter.	Page 46

Figure 29 :	L'image obtenue avec un réglage du gain adéquat permet de mettre d'obtenir une image de bonne qualité, facilement interprétable par l'opérateur	Page 47
Figure 30 :	Organisation du chantier lorsque les vaches sont en cage de contention	Page 49
Figure 31 :	Disposition du circuit des bovins autour de la cage de contention (d'après [53])	Page 50
Figure 32 :	Le pyomètre	Page 53
Figure 33 :	Lésions endométriales	Page 53
Figure 34 :	Pyromètre	Page 54
Figure 35 :	Image échographique d'un pyromètre chez une vache à 55 jours en lactation (Sonde linéaire 8MHz; profondeur 9cm)	Page 54
Figure 36 :	Examen échographique de l'endométrite	Page 55
Figure 37 :	Les infections utérines chez la vache	Page 56
Figure 38 :	Images échographiques d'une métrite puerpérale aiguë chez une vache entre les jours 10 Et 15 après le vêlage (sonde linéaire 7.5-8 MHz ; profondeur 6cm).	Page 57
Figure 39 :	Métrite aigue postpartum (vache)	Page 57
Figure 40 :	Métrite aigue : écoulements brunâtres	Page 58
Figure 41 :	Métrite clinique : écoulement trouble (degré 1)	Page 58
Figure 42 :	Métrite clinique : écoulement mucopurulent : degré 2	Page 58
Figure 43 :	Métrite clinique : écoulement purulent degré 3	Page 58
Figure 44 :	Métrite de degré 1	Page 60

Figure 45 :	Images échographiques d'un ovaire inactif (A) et d'un ovaire en proestrus (B).	Page 61
Figure 46 :	Kyste folliculaire	Page 62
Figure 47 :	Photo d'un kyste folliculaire de 4 cm et de son apparence échographique à l'aide d'une sonde linéaire 8 MHz (profondeur de 9 cm)	Page 62
Figure 48 :	Différences échographiques entre un corps jaune cavitaire (A) et un kyste lutéinique (B) chez une vache laitière (sonde linéaire 10 MHz ; profondeur 4 cm)	Page 62
Figure 49 :	Kyste lutéal	Page 63
Figure 50 :	Mortalité embryonnaire 45 jours post insémination artificielle	Page 65
Figure 51 :	Fœtus momifié	Page 65

## Liste des abréviations:

**E2: oestradiol**

**OPU: ovum pick up**

**Gr: gramme**

**Cm: centimètre**

**DM: dominance morphologique**

**DF: dominance fonctionnelle**

**FSH: Follicule Stimulating Hormone**

**LH: hormone lutéinisante**

**PGF2a: prostaglandine**

**EPsi: Endometrial Prostaglandine Synthetase Inhibitor**

**ACTH: Adréno cortico trophic hormone**

**MTZ: mégahertz**

**OMS: organisation mondiale de la santé**

**BVD: Virus de la diarrhée virale bovine**

**% : Pour cent**

**< : Inférieur**

**>: Supérieur**

**Jr: jour**

**MB: Mégabit**

**S : Seconde**

**Sem : Semaine**

**Mo : Mégaoctets**

**M : Mètre**

**m/s : Mètre par seconde**

**ml : Millilitre**

**mm : Millimètre**

## INTRODUCTION

---

L'utilisation de l'échographie comme outil de diagnostic pour le contrôle de la reproduction du bétail n'était pas très courante jusqu'au milieu des années 1990, lorsque de petits scanners portables et abordables, avec une image de bonne qualité, sont apparus pour la première fois sur le marché. Bien que l'échographie soit utilisée dans la pratique vétérinaire depuis plus de 30 ans (Quintela et al., 2012), en particulier sur les petits animaux et les chevaux, son application sur les animaux de rente était limitée en raison de la difficulté de déplacer les lourds échographes à faible autonomie autour des exploitations bovines.

Au cours des dix à quinze dernières années, l'avènement d'appareils à ultrasons plus légers et plus petits sur le marché a encouragé de plus en plus l'utilisation de l'échographie par les praticiens vétérinaires, et par conséquent, la demande croissante d'équipements et de connaissances a stimulé le développement d'équipements à ultrasons toujours plus performants. Par conséquent, les échographes portables actuellement disponibles sur le marché sont d'excellente qualité, offrent un degré élevé d'autonomie et sont d'un prix raisonnable, et conviennent parfaitement aux vétérinaires praticiens. Ainsi, l'application de cette technologie à l'étude de la reproduction bovine représente une percée technologique qui a révolutionné les connaissances en biologie de la reproduction. De nouvelles informations de recherche générées par l'imagerie ultrasonore ont permis de clarifier la nature des processus reproductifs complexes chez les bovins, y compris la dynamique folliculaire ovarienne, la fonction du corps jaune et le développement fœtal.

Au fur et à mesure que les vétérinaires Algériens acquéraient plus de connaissances et d'expertise dans l'utilisation des échographes, ils ont progressivement abandonné le concept erroné selon lequel le principal avantage, sinon le seul, de l'utilisation d'échographie sur les vaches était la possibilité d'un diagnostic précoce de gestation. Les principales applications de l'échographie dans le domaine de la reproduction bovine seront passées en revue dans ce document et, le cas échéant, sa précision par rapport à celle de la palpation rectale.

L'objet de ce travail est de réaliser une étude bibliographique de l'échographe en reproduction bovine. Dans un but pratique et pédagogique, trois parties seront successivement abordées.

Tout d'abord, quelques rappels sur le principe de l'échographie utiles pour l'interprétation des images obtenues, ces rappels seront destinés à comprendre les bases de réglage de l'appareil pour obtenir une image de qualité, pour parvenir à un examen échographique interprétable sur des lots d'animaux, il sera nécessaire de pratiquer une bonne contention des animaux : les modalités d'organisation pratique des chantiers seront donc décrites également dans un premier chapitre.

Le deuxième chapitre sera consacré à des rappels anatomique, physiologiques, de l'appareil génital bovin, Le troisième chapitre rassemble des cas pathologiques en reproduction bovine par des images échographiques avec interprétation des images exposés.

**Chapitre I**

**Rappels anatomiques  
et physiologiques**

**Le tractus génital non  
gestant**

# Rappels anatomiques, physiologiques, du tractus génital non gestant

Le tractus génital se compose de l'arrière vers l'avant des parties suivantes :

La vulve, le vestibule du vagin, le col utérin, le corps utérin, les cornes utérines, les oviductes et les ovaires.

## 1-Le sinus urogénital

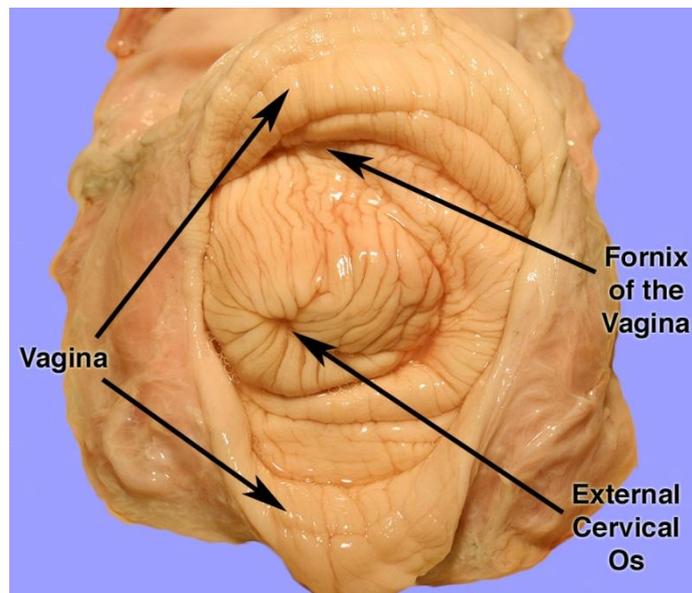
Partie commune aux appareils urinaire et génital, le sinus urogénital se compose de deux parties : La vulve et le vestibule du vagin.

## 2-Le vestibule du vagin

Le vestibule du vagin est un conduit impair d'une longueur de 8 à 10 cm dans lequel s'ouvrent tout à la fois le vagin et l'urètre (ostium large de 2cm). Orienté obliquement en direction dorsau-craniale, il possède comme le vagin des parois très distensibles. L'urètre s'y ouvre ventralement juste en arrière de l'hymen. Les ruminants et la truie possèdent un diverticule suburétral ventral dont il faut tenir compte pour le sondage de la vessie. De part et d'autre du méat urinaire, se trouvent chez les ruminants les conduits de Gartner, reliquats des conduits mésonéphrotiques, plus ou moins allongés en direction du vagin. Caudalement, à mi-longueur du vestibule s'ouvrent les deux orifices des glandes majeures ou glandes de Bartholin. Leurs sécrétions auraient pour rôle de lubrifier les voies génitales externes et de par leurs composants attireraient les partenaires sexuels. Cette glande est absente chez la jument, la chèvre et la truie, elle est inconstante chez la brebis. Ce système se trouve complété par des glandes vestibulaires mineures, l'irrigation du vestibule est assurée par les artères vaginale et honteuse interne, son innervation provient du nerf honteux et du plexus pelvien.

## 3-Le vagin (site 01)

C'est un conduit impair et médian, très dilatable d'une longueur moyenne de 30cm et d'une largeur qui ne dépasse pas 5 à 6 cm chez la vache, prolongeant vers l'avant le vestibule du vagin, s'insérant crânialement autour du col utérin ménageant ainsi autour du col un cul de sac circulaire plus au moins profond selon les individus appelé le fornix du vagin (absent chez la truie mais fort développé chez la jument), la muqueuse vaginale forme des plis longitudinaux peu visibles mais surtout des plis radiaires formant une collerette de trois à cinq replis entourant l'ouverture vaginales du col, vers l'arrière, le vagin communique avec le vestibule vaginal par l'ostium du vagin dont le pourtour est marqué par un vestige de l'hymen, cloison mince et incomplète de développement variable plus souvent distinct chez la jument et la truie que chez les ruminants, la séreuse ne recouvre que très partiellement le vagin chez les ruminants et la truie (cul de sac recto-vaginal dorsal ou cul de sac de Douglas et cul de sac vésico-vaginal ventral, la musculeuse est peu développée. La muqueuse comporte un épithélium stratifié pavimenteux. Le nombre de ses couches cellulaires augmente pendant l'œstrus. L'irrigation est assurée par l'artère vaginale, l'innervation sympathique est assurée par le nerf hypogastrique et l'innervation parasympathique par les nerfs sacraux.



**Figure 1 : représentation du vagin**

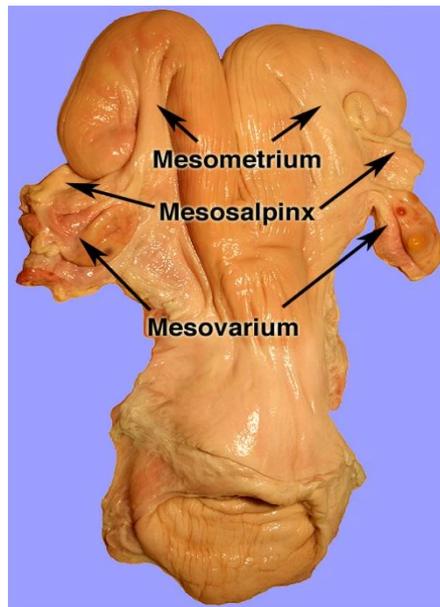
#### **4-l'utérus (site 02)**

Communément aussi appelé matrice (métra), l'utérus est l'organe de la gestation, organe creux, il se compose de deux cornes, d'un corps et d'un col, il est de type bipartite chez les ruminants les deux cornes étant unifiées caudalement sur une petite portion ou Corp utérin, isolé, l'utérus pèse en moyenne 400 grammes (200 à 550 grammes) et représente 1 /1500.

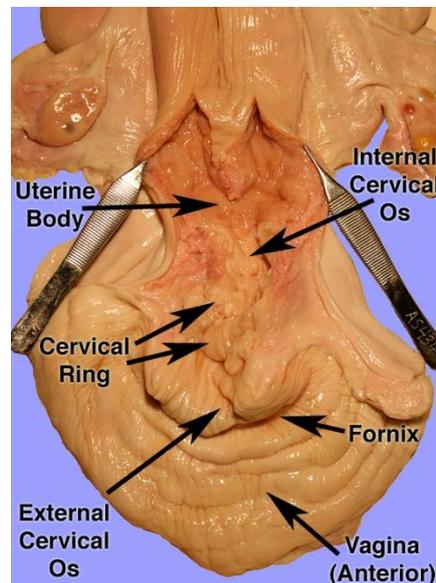
L'utérus se compose de trois tuniques une séreuse ou périmètre, une musculuse ou myomètre et une muqueuse ou endomètre, l'endomètre comporte un épithélium simple et une propria.

L'épaisseur et l'œdème de la propria diminuent au cours de la phase progestéronique du cycle et augmentent au cours de la phase oestrogéniques.

Le corps utérin est court chez la vache (3cm), d'une longueur de 35 à 45cm, les cornes utérines se rétrécissent progressivement en direction des oviductes auxquels elles se raccordent sous la forme d'une inflexion en S, elles ont en effet un diamètre de 3 à 4cm à leurs bases et de 5 à 6mm à leurs extrémités, incurvées en spirale, cette disposition positionne les ovaires à hauteur du col de l'utérus.



**Figure2 : représentation de l'utérus**



**Figure3 : représentation du corps utérin et des cornes utérines**

leur bord mésométrial (petite courbure) est concave et situé ventralement chez les ruminants, leur bord libre ou grande courbure est convexe et situé à l'opposé du précédent, les deux cornes sont unies à leur base par deux ligaments intercornaux l'un ventral et l'autre dorsal plus court que le précédent, l'utérus est principalement irrigué par (1) l'artère utérine qui prend naissance au début de l'artère iliaque interne et (2) par un rameau utérin de l'artère vaginale, dérivée comme l'artère honteuse interne plus postérieure de l'artère iliaque interne.

L'endomètre est gris rougeâtre et présente les plus souvent quatre rangées longitudinales de caroncules, plussaillantes si la femelle a été gestante, dépourvues de glandes, arrondies ou ovalaires légèrement déprimées en leur centre chez les vaches, dont le volume augmente de manière considérable pendant la gestation pour former avec le cotylédon foetal un placentome.

## 5-oviducte (site 03)

Encore appelé trompe utérine ou Salpinx ou trompe de Fallope, il constitue la partie initiale des voies génitales femelles, il reçoit l'ovocyte, s'y déroule la fécondation et les premiers stades (J1 à J4 de gestation) du développement de l'embryon, très flexueux, l'oviducte a une longueur de 30cm chez la vache et un diamètre de 3 à 4mm, il se compose d'un infundibulum s'ouvrant sur la bourse ovarique, d'une ampoule bien identifiable chez la jument, et d'un isthme de diamètre de 2mm se raccordant progressivement à la corne utérine, l'oviducte comporte une séreuse, une musculuse et une muqueuse.

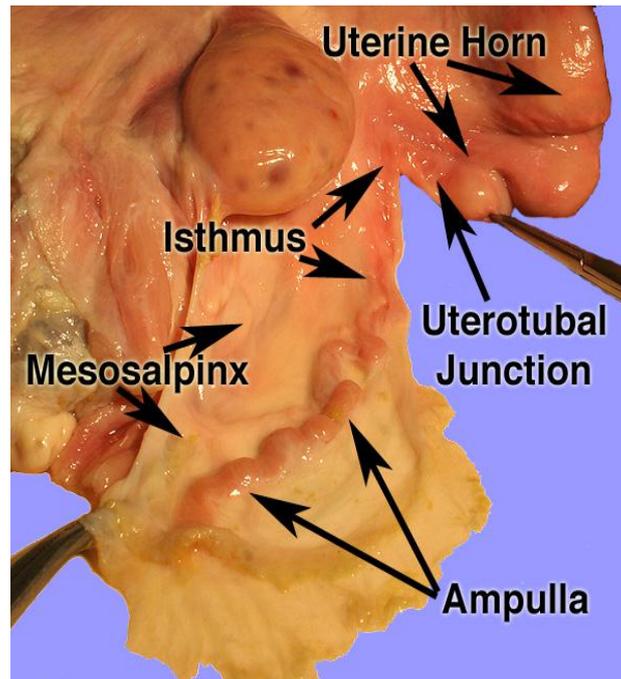


Figure 4 : représentation de l'oviducte

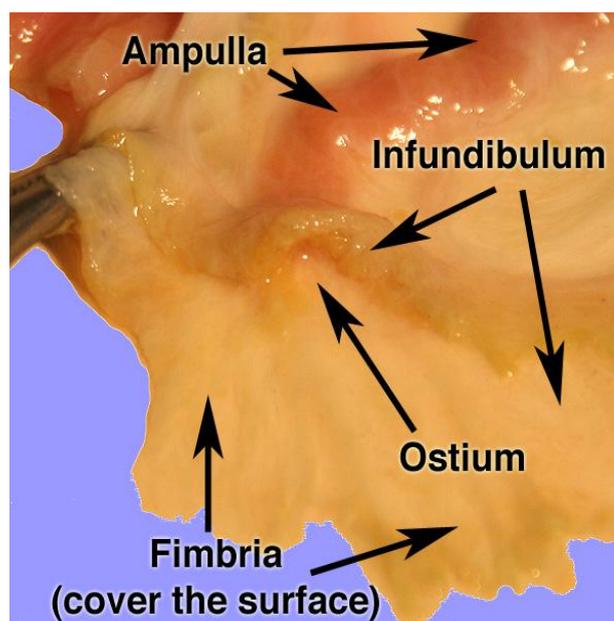
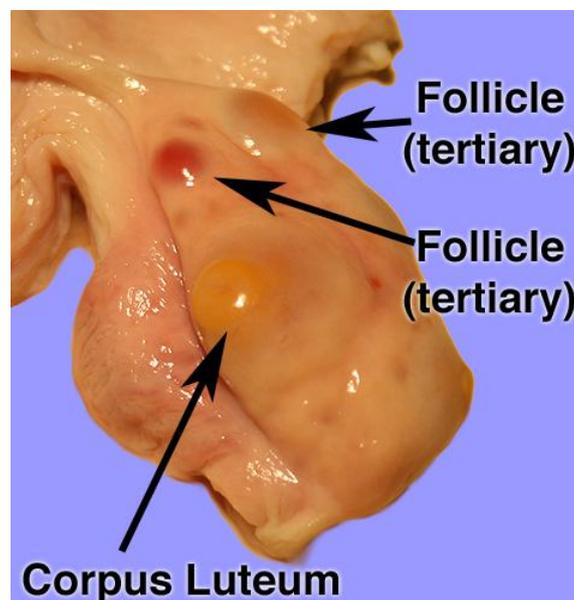


Figure 5 : représentation de l'oviducte

## 6-les ovaires (site 05) (site6)

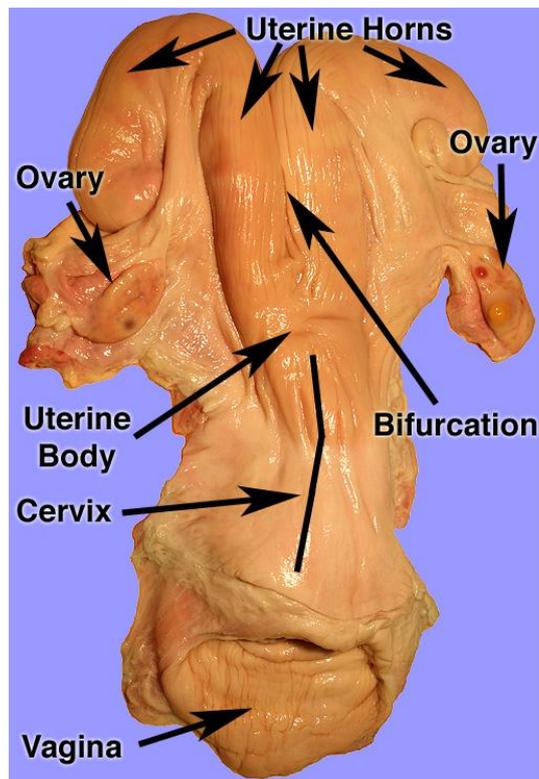
Les dimension de l'ovaire varient en fonction du développement de ses structures fonctionnelles en moyenne, sa longueur est de 35à40mm, sa hauteur de 20à25mm et son épaisseur comprise entre 15et20mm,ila une forme aplatie, ovoïde en forme d'amande, son poids de 1à2g à la naissance est de 4à6g à la puberté et d'une quinzaine de g chez l'adulte(10à20g),en général l'ovaire droit est 2à3g plus lourd que l'ovaire gauche, l'ovaire comporte un bord libre et un bord sur lequel se fixe le mésovarium,zone du hile recevant une importante vascularisation qu'il conviendra lors d'un examen échographique de ne pas confondre avec les follicules ovariens, l'ovaire comporte une zone vasculaire centrale(médulla) et une zone parenchymateuse périphérique (cortex).

La bourse ovarique est délimitée par le mésovarium d'une part ,élément de suspension de l'ovaire et par le mésosalpinx fixant l'oviducte à proximité de l'ovaire, l'irrigation de l'ovaire est assurée par l'artère ovarique issue de la partie caudale de l'aorte abdominale, elle délègue avant d'atteindre l'ovaire une petite branche utérine, au terme de nombreuses ramifications, elle atteint le hile de l'ovaire au travers du mésovarium,on précisera la coexistence étroite entre la veine utérine d'une part et l'artère ovarique d'autre part, ce plexus est directement impliqué dans la régulation du cycle, laprostaglandine, pgf2alpha passant chez la vache directement de la veine utérine dans l'artère ovarienne, ce mécanisme dit le contrecourant n'est pas spécifique à l'ovaire .



**Figure 6 : représentation de l'ovaire et de follicule**

L'ovaire renferme de manière plusieurs types d'organites physiologiques : le follicule d'une part et les corps jaunes d'autre part, dans l'un et l'autre cas, il en existe en effet de plusieurs types présentant chacun leurs caractéristiques anatomiques mais aussi hormonales, ces structures coexistent tout au long du cycle et interagissent dans sa régulation.



**Figure 7 : représentation des ovaires**

## **7-les follicules**

Les follicules sont dits primordiaux(0,04mm), primaires(0,06à0,12), secondaires (0,12à0,2), tertiaires(0,3à2mm) pré ovulatoires(2à20mm) et de Graaf(20à25mm).

Histologiquement, seuls les follicules pré ovulatoires et de Graaf sont cavitaires et donc visibles par échographie, Anatomiquement, seuls les follicules pré ovulatoires et de Graaf sont palpables manuellement.

## **8-corps jaunes**

Lors de l'ovulation, le follicule diminue de volume, sa paroi se plisse et sa cavité se remplit d'un exsudat séro- fibrineux qui ne tarde pas à coaguler , il s'en suit une importante néoformation capillaire d'une part et une importante multiplication et transformation des cellules de la granuleuse en cellules lutéales (lutéocytes)d'autre part, au cours de cette phase de développement (premiers jours du metoestrus),le coagulum initial s'infiltré de sang et justifie l'appellation de corps jaune hémorragique ou encore de corps rouge donné à cette structure de couleur rouge sombre voire noirâtre, progressivement se multiplient deux types de cellules les unes dérivées de la granuleuse(grandes cellules lutéales), les autres dérivées de la thèque (petites cellules lutéales),Après quelques jours, ces cellules refoulent en tout ou en partie le coagulum vers le centre ou il persiste sous la forme d'une simple trainée ou sous la forme d'une cavité ou moins importante telle que celle observée dans les corps jaunes cavitaires, les cellules lutéales se sont simultanément chargées en un pigment caroténoïde, la lutéine donnant au corps jaune pleinement développé sa teinte orange voir jaune

caractéristique, ce pigment est plus brunâtre chez les petits ruminants et la truie, le corps jaune atteint alors une taille de 20à25mm de large et de 25à30voire 35mm de long, vers la fin du dioestrus, le corps jaune rentre progressivement en régression, il prend une teinte plus rouille, sa saillie en surface (sigma) se réduit progressivement, il subit une dégénérescence fibreuse puis fibrohyaline qui lui donne un aspect blanchâtre (corpusalbicans).

## **9-Rappels anatomiques : la gestation**

### **9 .1.Latéralité de la gestation**

Tous les auteurs s'accordent à dire que chez la vache la corne droite est plus souvent gravide que la corne gauche, des valeurs comprises entre 57et 67% ont été avancées, une valeur moyenne de 60%pouvant être retenue, de même, le taux de gémellité est compris selon plusieurs enquêtes entre 0,5% dans le bétail à viande et 1,04% dans le bétail laitier, des pourcentages peuvent augmenter chez les sujets bien entre tenus ou plus âgés,le plus souvent il y a un fœtus dans chaque corne et un corps jaune sur chaque ovaire, des gestations unilatérales ont néanmoins été observées, dans 4à6% des cas une gestation gémellaire peut être observée avec un seul corps jaune, les triplés seraient observés dans 0,02% des gestations.

### **9.2 Poids de l'utérus**

Le poids de l'utérus avec son contenu se trouve centuplé au cours de la gestation, de 800g à la fin du premier mois, son poids serait multiplié par 15à18chez la vache, sa capacité passerait de 200ml à 55 litres en fin de gestation.

### **9.3 Longueur de la corne**

L'extension crâniale de la corne gestante est également remarquable : la distance séparant la grande courbure de l'exocol passerait de 24à96cm, l'utérus d'une vache de taille normale atteindrait 90cm environ sur son grand axe en fin de gestation , ainsi, mesurée au niveau de sa grande courbure , l'utérus atteindrait du col utérin à l'ovaire en fin de gestation 1,5m de longueur chez la vache, l'extensioncrâniales de la corne gestante ne s'accompagne pas de celle des ligaments larges qui en fin de gestation ne soutiennent plus que le tiers caudal de l'organe, laissant une importante mobilité aux deux tiers antérieurs.

Ces modifications de longueur sont responsables d'un déplacement différent des ovaires, situés normalement à environ 16cm de l'exocol, leur distance par rapport à ce dernier augmente en cours de gestation, ainsi, l'ovaire ipsilatérale à 31cm, la circonférence utérine serait de 26cm à la fin du 1<sup>er</sup> mois à 130 cm en fin de gestation.

### **9 .4 Epaisseur de la paroi utérine**

L'épaisseur de la paroi utérine serait de 5,4mm dans le cas d'un utérus non-gestant à 1,3mm au niveau de la corne gestante et 1,8mm au niveau de la corne non-gestante,lors de césarienne, la brusque rétraction de l'organe en augmenterait l'épaisseur jusque 1à2cm.

## 10. rappels physiologiques

### 10 .1. Le cycle sexuel : données générales

La femelle bovine est une espèce dite poly estrienne non saisonnière, son cycle œstral est classiquement divisé en 4 périodes, la première correspond à l'œstrus, phase d'acceptation du mâle elle se traduit par des signes majeurs et mineurs, sa durée est d'une dizaine d'heures, c'est une phase d'imprégnation ostrogénique maximale, le métoestrus d'une durée de 6 jours lui fait suite, cette phase correspond d'une part à l'ovulation (ce processus survient une quinzaine d'heures environ après la fin de l'œstrus) et d'autre part au développement lutéal, la troisième phase est le dioestrus, sa durée est d'environ 12 jours, elle correspond au développement maximal du Corps jaune, métoestrus et dioestrus sont donc des phases d'imprégnation progestéronique, le cycle se termine par la quatrième phase ou proestrus au cours de laquelle en 3 jours environ, on assiste d'une part à la régression du corps jaune et au développement du follicule pré ovulatoire, les phases d'imprégnation ostrogénique (proestrus et surtout œstrus) se traduisent cliniquement par la présence d'un écoulement muqueux de plus en plus abondant et filant, l'augmentation de la consistance des cornes (ferme puis tonique) et la présence d'un follicule pré ovulatoire ou de Graaf. Les phases d'imprégnation progestéronique se caractérisent par la présence sur l'ovaire d'un corps jaune hémorragique d'un corps jaune, d'un écoulement muco-sanguinolent (en début de métoestrus), d'une absence de sécrétions muqueuses (en dioestrus) et d'une consistance flasque des cornes utérines. La manifestation de cette activité cyclique n'est observée chez la génisse qu'après la puberté et chez la vache qu'après une période dite d'anœstrus physiologique, de même n'est-elle pas observée au cours de la gestation ou lors d'états pathologiques d'origine ovarienne (kystes) ou utérine (pyromètre). La manifestation de cette activité cyclique n'est observée chez la génisse qu'après la puberté et chez la vache qu'après une période dite d'anœstrus physiologique. de même n'est-elle pas observée au cours de la gestation ou lors d'états pathologiques d'origine ovarienne (kystes) ou utérine (pyromètre).

### 10.2 Notions de vague folliculaire, recrutement, sélection et dominance

C'est l'échographie qui a permis de confirmer la théorie des vagues folliculaires selon laquelle le développement folliculaire apparaît non pas de manière aléatoire mais sous la forme de croissance et de régressions synchrones de plusieurs follicules appelées vagues, chaque vague consiste en l'émergence, tous les 7 à 9 jours environ, de plusieurs follicules, de diamètre égal ou supérieur à 5 mm, parmi lesquels, au bout de quelques jours, apparaîtra un follicule dit dominant, ce schéma de croissance folliculaire a également été décrit lors d'autres états physiologiques tels que les 45 voire 70 premiers jours de la gestation, la période pré pubertaire et le post-partum.

Chez la vache, une à quatre vagues par cycle ont été décrites, Habituellement cependant, un cycle ne comporte que 2 voire plus rarement 3 vagues, le follicule pré ovulatoire étant issu de la dernière vague, si trois vagues sont observées, elles débutent habituellement aux jours 2, 9 et 16 du cycle, si celui-ci n'en comporte que deux, elles apparaissent aux jours 2 et 11 du cycle.

Au cours d'une vague de croissance folliculaire, le follicule est susceptible de passer par plusieurs étapes dites de recrutement, sélection et dominance. Le terme 'recrutement' s'applique à tout follicule qui a dépassé le stade auquel habituellement la plupart des follicules de la réserve folliculaire deviennent atrophiques. Il concerne 2 à 5 follicules de taille comprise entre 3 et 6 mm. La sélection fait référence au processus par lequel parmi les follicules recrutés, seuls arriveront au stade pré-ovulatoire des follicules en nombre caractéristique de l'espèce ou de la race. La dominance est tout à la fois morphologique (DM) et fonctionnelle (DF), elle est qualifiée de morphologique (DM) parce qu'elle est exercée par le plus gros follicule présent sur l'un ou l'autre ovaire, le follicule dominant a été défini comme une structure folliculaire qui croît à au moins 11 mm de diamètre et excède le diamètre des autres follicules au sein d'une même vague de croissance. Elle est également fonctionnelle (DF) parce que le follicule dominant est le seul qui soit capable de provoquer la régression de follicules en croissance ou d'inhiber la croissance d'autres follicules et d'ovuler dans un environnement hormonal approprié.

L'intégration des notions de recrutement, sélection et dominance à celle de vagues de croissance folliculaire en 4 classes, la première concerne les follicules recrutés : leur taille comprise entre 3 et 5 mm est inférieure à la taille minimale requise pour observer une ovulation. Pendant les 2 ou 3 premiers jours d'une vague, le nombre de ces follicules diminue tandis que celui des follicules de la classe 2 augmente, les follicules de la classe 2 peuvent potentiellement devenir le follicule ovulatoire, leur taille est comprise entre 6 et 10 mm, vers le 4<sup>ème</sup> jour de la vague, apparaît le follicule dominant (classe 3), sa taille est comprise entre 10 et 15 mm : il est virtuellement capable d'ovuler, sa présence s'accompagne au cours des jours suivants d'une diminution du nombre des follicules de la classe 2, progressivement apparaît le follicule pré-ovulatoire de la classe 4 de taille supérieure à 15 mm qui persistera l'ovaire pendant 5 à 7 jours avant d'ovuler ou de s'atrophier.

### **10.3 Régulation hormonale du cycle sexuel**

Après l'œstrus, au cours du métoœstrus, on observe le développement du corps jaunes et l'augmentation de la progestérone. La concentration en œstradiol diminue au cours des 48 premières heures suivant l'œstrus, il en résulte une augmentation progressive de l'FSH responsable du développement de follicules de diamètre supérieur à 4 mm au cours de la première vague de croissance folliculaire, ces follicules en croissance synthétisent de l'œstradiol mais aussi de l'inhibine, l'action conjointe de ces deux hormones se traduit par une réduction de la synthèse de FSH et responsable de la sélection progressive d'un follicule dominant, l'excédent de follicules s'atrophiant, la phase finale de la période de dominance se traduit notamment par une augmentation très nette des œstrogènes que le follicule soit (première vague) ou non (deuxième vague) sous imprégnation progestéronique, cependant si le follicule dominant se trouve en période d'imprégnation progestéronique maximale (phase dioestrale), cette synthèse d'œstradiol ne se prolonge pas dans le temps, la dominance prend fin, le follicule s'atrophie et une nouvelle augmentation de FSH, les modifications hormonales décrites lors de la première vague se répètent durant la deuxième vague, une différence essentielle est néanmoins observée, elle concerne la prostaglandine F<sub>2</sub>α, l'imprégnation

progestéronique jusqu'ici observée, a permis la synthèse de phospholipides par l'endomètre, les œstrogènes sécrétés par les follicules de la deuxième vague, vont stimuler la synthèse des enzymes phospholipase et prostaglandine synthétase responsables de la synthèse de la PGF2a, celle-ci induit la diminution de la concentration en progestérone et l'apparition de la phase proœstrale, le follicule dominant, libéré de l'imprégnation progestéronique peut ainsi poursuivre sa croissance sous l'effet de la libération cyclique de la FSH, il en résulte une synthèse maximale d'œstradiol, l'apparition d'un œstrus, une libération cyclique de LH et l'ovulation.

#### **10.4 Maintien de la gestation**

La progestérone est absolument nécessaire au maintien de la gestation dans toutes les espèces de mammifères pourvues d'un placenta, cependant, le contrôle de la sécrétion par le corps jaune pendant la période embryonnaire est différent selon les espèces animales au contraire, le maintien du corps jaune résulte d'un blocage de l'activité lutéolytique de la prostaglandine F2alpha (PGF2a), de nombreuses études ont permis de préciser le rôle réceptif des hormones impliquées et en particulier celui plus essentiel tenu par la trophoblastine, celle-ci, encore appelée selon les espèces, ovine ou bovine trophoblastine de type 1 (oTP1 et bTP1) ou par analogie structurelle interféron tau est sécrété par le blastocyste et sa présence a été identifiée dans l'endomètre, chez la truie, par contre, les œstrogènes blastocytaires sont davantage impliqués, ils induiraient en synergie avec la prolactine une synthèse de prostaglandines en direction de la lumière utérine et non pas vers la veine utérine. La diminution du nombre de récepteurs à l'ocytocine et aux œstrogènes ainsi que la réduction de la synthèse de la prostaglandine, constituent les principaux changements observés lors de gestation, il prolongerait l'effet inhibiteur exercé par la progestérone sur la synthèse de récepteurs à l'ocytocine, de même, il contribuerait à diminuer l'amplitude et la palpabilité de la PF2a en stimulant la synthèse par l'endomètre d'un inhibiteur de la prostaglandine synthétase, l'EPSI (Endometrial Prostaglandin Synthetase Inhibitor).

#### **10.5 Déclenchement de la parturition**

Le déclenchement de la parturition implique la mise en jeu de nombreuses hormones, on parle de cascade hormonale, la mère assure la gestation mais c'est le fœtus qui décide de son expulsion. En réponse à des facteurs peu précisés encore, l'hypothalamus fœtal induit la synthèse par l'hypophyse d'ACTH, ce dernier induit la synthèse de corticoïdes par les surrénales fœtales, sous l'effet des corticoïdes fœtaux, le placenta détourne la synthèse de progestérone vers celle d'œstrogènes, il en résulte au niveau plasmatique une diminution de la concentration en progestérone une semaine environ avant le part, la synthèse de relaxine par le corps jaune, il en résulte un murissement et donc une relaxation progressive du col utérin et des ligaments sacro-sciatiques (état croqué) de l'animal, les œstrogènes ont également pour effet de stimuler la synthèse de prostaglandines de type E et F notamment, la première contribue au ramollissement du col, la seconde de par son effet lutéolytique va induire la lutéolyse du corps jaune chez la vache et la chèvre (chez la brebis, la progestérone est surtout d'origine placentaire, on observe au niveau plasmatique une chute brutale de la concentration

de progestérone, il en résulte une diminution de la température corporelle 24 heures environ avant la phase 2 du part, le blocage progestéronique est ainsi complètement levé. La parturition se déclenche réellement, la PGF2a va également induire des contractions myométriales, il en résulte une progression du fœtus dans les voies génitales. La progression du fœtus dans la filière pelvienne renforce la dilatation cervicale, le col est stimulé et par le réflexe de Ferguson, on assiste à une libération de l'ocytocine, celle-ci contribue à renforcer les contractions myométriales et donc une progression supplémentaire du fœtus, cette progression a également pour effet de provoquer un étirement de l'utérus, stimulation mécanique à une synthèse supplémentaire de la PGF2a. Au stade terminal de cette évolution (phase 2 de la parturition), le fœtus est finalement expulsé sous l'effet des contractions abdominales.

# **Chapitre II**

# **L'échographie**

## A- L'échographie

### 1- Bases physiques de l'échographie

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

#### a. Les ondes ultrasonores

Le son est défini comme étant une propagation d'énergie sous la forme d'une vibration des particules d'un milieu JAUDON. JP, PERROT. C,1991.

L'onde sonore est caractérisée par :

- sa fréquence  $f$ ,
- sa longueur d'onde  $\lambda$ ,
- sa vitesse de propagation ou célérité  $c$ .

$Avec\ c = \lambda \cdot f$
-----------------------------

La fréquence correspond au nombre de compressions/expansions subies par les particules en 1 seconde et s'exprime en cycles/s ou Hertz (Hz). Les sons possédant une fréquence de plus de 20 000Hz dépassent le spectre audible par l'oreille humaine (20 à 20 000 Hz environ) et sont donc appelés ultrasons LEVEILLE. R et al. (1995).

En échographie médicale, les ondes ultrasonores utilisées varient de 2 à 15 MHz. La longueur d'onde représente la distance séparant 2 ondes successives POLLET. T,1993.

La vitesse de propagation dépend du milieu traversé et augmente avec la cohésion moléculaire de celui-ci POLLET. T,1993.

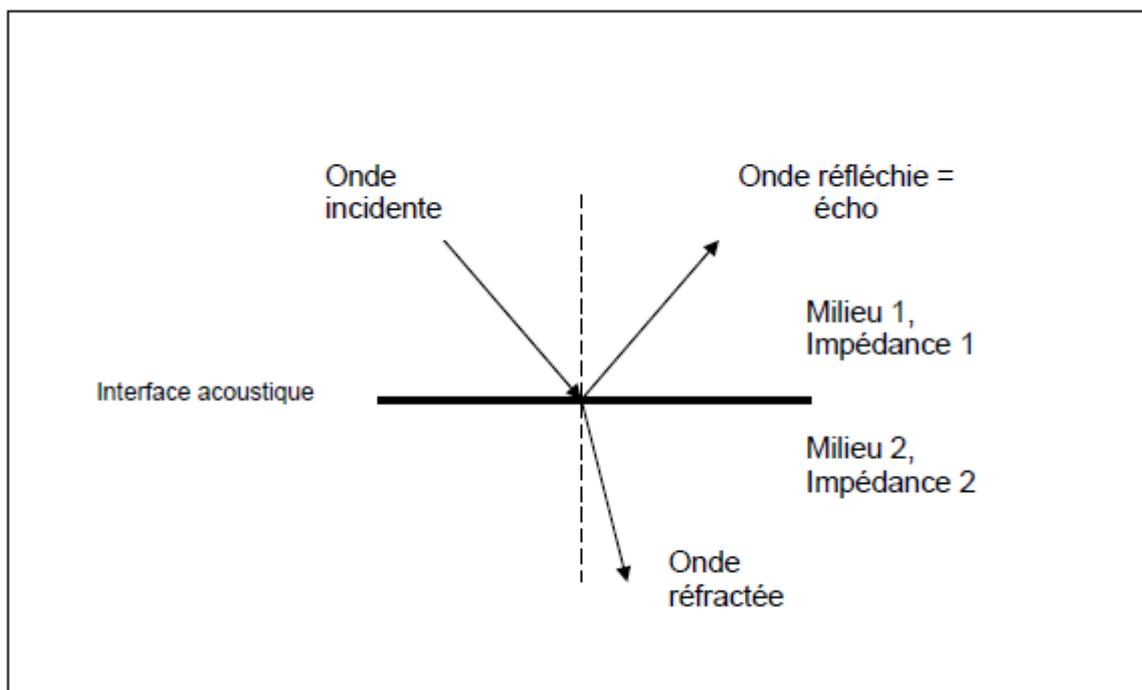
Ainsi, elle est la plus faible pour l'air (354m/s), moyenne pour les tissus mous (environ 1 540 m/s) et élevée pour l'os (3 380 m/s). Chaque milieu sera caractérisé par son impédance acoustique ( $Z$ ), égale au produit de sa densité ( $d$ ) par la vitesse de l'onde sonore ( $c$ ) dans ce milieu :

$Z = d \cdot c$
-----------------

#### b. Formation des échos

La surface séparant des milieux d'impédances acoustiques différentes s'appelle une interface acoustique MAI. W,1999. Les lois de Descartes concernant la réflexion et la réfraction au niveau d'un dioptre y sont totalement applicables. La propagation de l'onde ultrasonore s'effectuant en ligne droite dans un milieu homogène, lorsque cette onde arrive

à une interface acoustique, une partie se réfléchit (écho) tandis que l'autre se réfracte (figure8).



**Figure 8 : Réflexion et réfraction de l'onde ultrasonore au niveau d'un dioptre, d'après POLLET. T,1993**

On rencontrera deux types de réflexions :

- La réflexion de type miroir
- La réflexion de type multidirectionnel

#### **Réflexion de type miroir**

Lorsqu'un ultrason rencontre une interface acoustique, 2 situations peuvent se produire :

- L'interface peut se comporter comme un écran et toute l'énergie est alors réfléchie. Il n'y a pas de propagation au-delà de l'obstacle, ce qui entraîne une absence d'information sur les structures sous-jacentes : c'est le cas de l'interface tissus mous/os.

- Autrement, on sera en présence de la situation décrite précédemment (figure 1), où une partie du faisceau est réfléchi et l'autre réfractée, c'est-à-dire transmise. Dans ce dernier cas, il sera possible de récupérer des échos de structures plus profondes, si toutefois :

Le milieu de propagation présente des variations d'impédances Acoustiques suffisantes, le faisceau incident est perpendiculaire à l'interface (sinon le faisceau réfléchi ne sera plus dirigé vers la sonde et l'information sera perdue), le faisceau incident atteint la structure réfléchissante.

### ➤ **Réflexion de type multidirectionnel ou diffusion**

De petites particules pourront être à l'origine d'écho indépendants de l'angle d'incidence du faisceau ultrasonore. Ce mode de réflexion est très important en particulier pour la visualisation de la texture des parenchymes organiques (parenchymes hépatiques, spléniques...) ou des muscles et des parois sous incidences obliques ou tangentielles MAI .W,1999,MAI .W ,1999. Les deux types de réflexion participeront à la formation de l'image échographique. Par exemple, lors de l'échographie d'un organe arrondi, l'échogénicité sera forte pour les zones perpendiculaires au faisceau (réflexion de type miroir) et plus faible pour le reste des contours (réflexion de type multidirectionnel) MAI .W ,1994.

### ➤ **Pénétration et atténuation**

L'onde ultrasonore perd de son énergie par réflexion d'interface MAI. W,1999.

Le faisceau Ultra sonore perd donc de son énergie au fur et à mesure de sa pénétration dans les différents tissus. Cette atténuation dépend :

- de la fréquence d'émission de l'onde ultrasonore : ainsi, plus la fréquence augmente, plus l'atténuation augmente et donc plus la pénétration diminue.

- du milieu de propagation. En effet, le coefficient d'absorption est maximal lorsque la cohésion moléculaire des milieux de propagation est très faible ou très forte :

Soit le milieu conduit mal, c'est le cas de l'air, soit le milieu a une inertie trop importante, c'est le cas de l'os HINKELDEY. JA, HOPKINS. S,1996.

### **c. Application à l'image échographique**

La sonde échographique contient un ou plusieurs cristaux piézo-électriques, à la fois émetteurs d'ultrasons et récepteurs d'échos MAI. W et al.1994. 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 l'oscilloscope.

Ainsi, la sonde joue à la fois le rôle d'émetteur et celui de Le récepteur.

Principe de l'échographie repose sur la transduction : transformation d'une sorte d'énergie en une autre de nature différente. Ici, l'énergie mécanique vibratoire sera transformée en énergie électrique (et vice et versa) : c'est l'effet piézo-électrique.

Les cristaux, composant la sonde, reçoivent une énergie électrique, qui, par l'effet piézo-électrique se change en énergie mécanique, les faisant vibrer :

Ils se comportent alors comme un émetteur d'ultrasons. Entre deux stimulations électriques successives, les cristaux se comportent comme un récepteur où les échos sont transformés en courant électrique toujours par l'effet piézo-électrique. La façon dont sont traités ensuite les échos déterminera les différents modes échographiques.

## d. Modes et traitement des échos

### (1) Mode A = Amplitude

L'intensité du faisceau ultrasonore réfléchi (écho) sera appréciée par l'amplitude des « pics » sur l'écran. La profondeur, quant à elle, sera évaluée par les ordonnées respectives des différents pics, chaque pic correspondant donc à la rencontre de l'onde ultrasonore avec une interface acoustique (figure 2).

Historiquement, ce mode a été le premier utilisé en médecine humaine et en médecine vétérinaire, pour les diagnostics de gestation POLLET. T,1993.

Aujourd'hui, il est surtout employé en ophtalmologie ou en inspection des viandes pour évaluer l'épaisseur des muscles et de la graisse sous-cutanée JAUDON. JP et al.1991.

### (2) Mode B = Brillance

Les pics du mode A sont remplacés par des points lumineux, dont la brillance est proportionnelle à l'intensité de réflexion (figure9).

En pratique, on obtient à l'écran toute une gamme de gris allant du noir pour les densités liquidiennes au blanc pour les densités osseuses. On parlera d'échelle de gris JAUDON .JP et al. (1991).

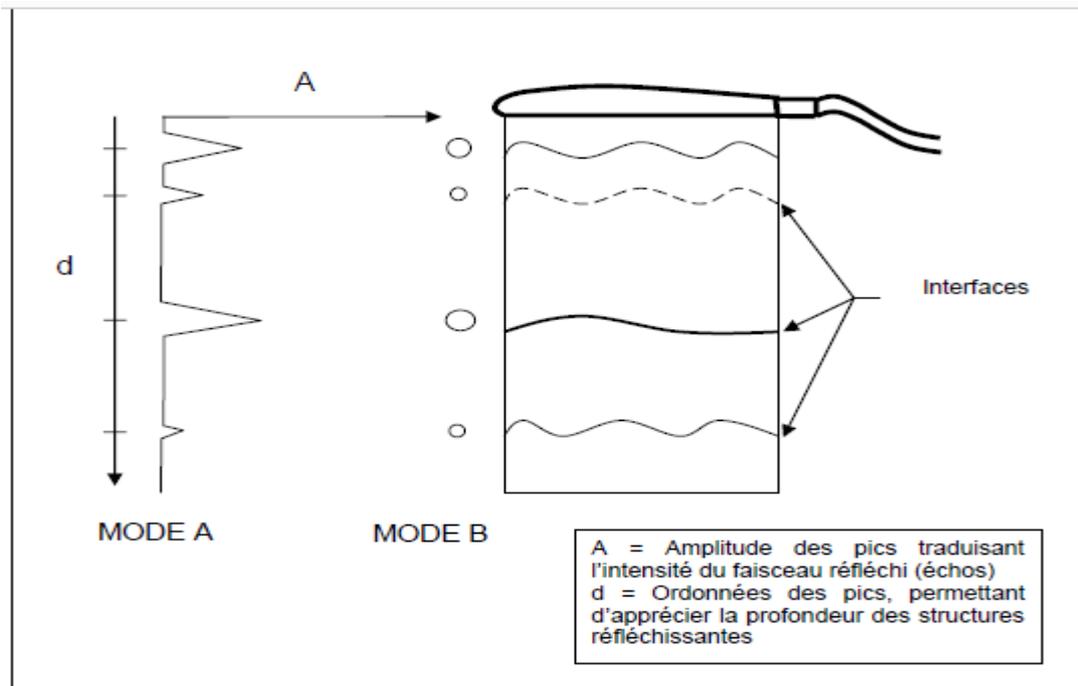


Figure 9 : Représentation schématique des modes A et B (d'après POLLET. T,1993)

### (3) Mode TM = 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 réside dans l'étude des structures en mouvement (cardiologie). En effet, celles-ci apparaîtront comme des structures

ondulantes à l'écran alors que les structures fixes apparaîtront comme des droites horizontales MAI. W et al.1994.

#### **(4) Mode BD = Bidimensionnel = en temps réel**

A partir d'un mono faisceau en mode B, l'image obtiendra sa deuxième dimension grâce à un balayage. Il existe 2 modalités de balayage MAI. W et al.1994 :

- **Balayage manuel** : la sonde est déplacée lentement par le manipulateur, et chaque image est enregistrée par l'appareil. A la fin du balayage, l'appareil effectue la synthèse des images et reconstitue un plan de coupe. Cette méthode n'est pas utilisée en médecine vétérinaire car elle nécessite l'immobilité totale du patient.
- **Balayage électronique** : c'est un balayage interne à la sonde Échographique.

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

#### **e. Qualité de l'image échographique**

##### **▪ Pouvoir de résolution**

Il correspond à la plus petite distance entre 2 points que l'appareil peut distinguer.

- La résolution axiale (entre deux points situés dans le sens de propagation du faisceau incident) est d'autant meilleure que la longueur d'onde est faible ou que la fréquence est élevée. Cependant, les fréquences élevées ont, nous l'avons vu, une Atténuation en profondeur importante. On devra donc trouver un compromis entre la profondeur des structures à visualiser et la qualité de l'image attendue JAUDON. JP et al. (1991), MAI. W,1999, MAI. W,1994, POLLET. T,1993.

- La résolution latérale dépend du phénomène de divergence : elle concerne deux points situés sur un même axe perpendiculaire à l'axe d'émission. Plus on s'éloigne de la source, plus le faisceau ultrasonore est large et donc plus l'incertitude augmente. Cependant, il est possible sur les appareils de régler la focale, axe Vertical sur l'écran : celui-ci, par des systèmes de lentilles acoustiques, focalise le faisceau sur la profondeur voulue. Ainsi, des structures profondes auront une résolution latérale nettement meilleure en réglant la « focale » sur l'élément concerné MAI. W,1999, MAI. W,1994, POLLET. T,1993.

##### **▪ Echelle de gris**

Les échographes auront dans leurs caractéristiques techniques, une échelle de gris plus ou moins étendue. Si cette échelle est suffisante, elle permettra de transcrire avec plus de nuances deux signaux d'amplitude voisine JAUDON .JP et al. (1991).

Cependant, une trop grande échelle de gris perdra en contraste. Il est donc nécessaire de trouver un équilibre.

## **f. Traitement de l'image et réglages**

### **(1) Gain**

Le gain est un système d'amplification des signaux électroniques. L'amplification peut être globale ou différentielle (par niveau). Le gain par niveau offre deux avantages JAUDON JP et al. (1991) :

- il est possible de mieux visualiser une zone donnée,
- il est possible de créer un gradient d'amplification inverse augmentant l'intensité dans les régions distales et la diminuant dans les régions proximales. En effet, nous avons vu que les échos provenant des régions profondes étaient moins intenses que ceux des régions superficielles. Le gain par niveau permet donc d'homogénéiser l'image obtenue.

### **(2) Filtres**

Ils permettent l'élimination de certains échos parasites, rendant ainsi l'image plus facilement lisible JAUDON. JP et al. (1991), POLLET. T,1993.

### **(3) 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 JAUDON .JP et al. (1991), POLLET. T,1993.

### **(4) 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 JAUDON .JP et al. (1991), POLLET. T,1993.

### **(5) Gel (freeze)**

Cette position offre la possibilité de faire un arrêt sur image permettant de mesurer certaines structures ou encore d'étudier plus longtemps une même image sans risquer de la « perdre » par un mouvement inconsidéré de l'opérateur ou de l'animal. Certains échographes offrent par ailleurs, la possibilité d'enregistrer les images « gelées » sur une disquette, une carte mémoire comparable aux cartes des appareils photo numériques, ou encore possèdent des sorties vidéos qui permettront d'enregistrer les images à l'écran JAUDON. JP et al. (1991), POLLET. T,1993.

## **g. Les artefacts**

Nous n'aborderons ici que les artefacts les plus couramment rencontrés en échographie gynécologique des ruminants.

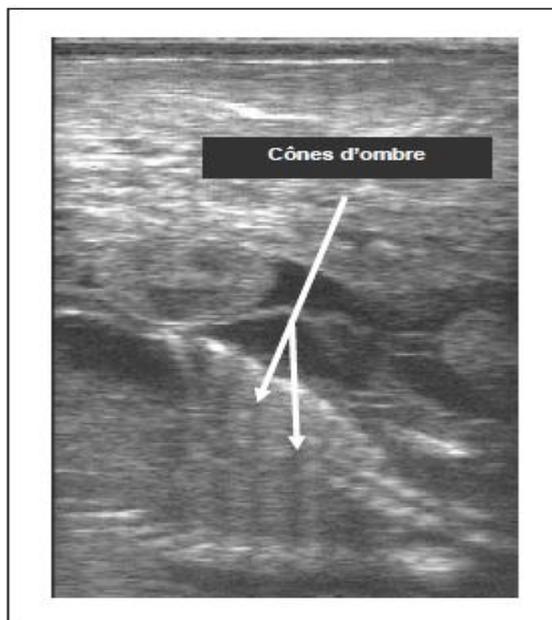
Un artefact est une représentation à l'écran qui ne correspond pas à la réalité de l'objet visualisé.

### **(1) Cône d'ombre**

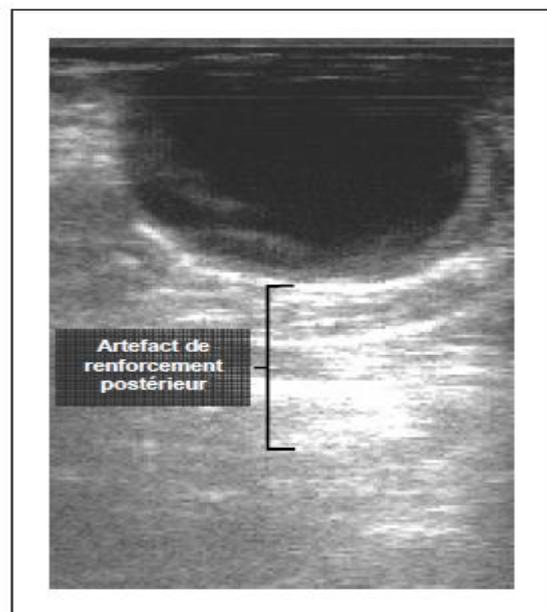
Le cône d'ombre est une image hypo ou anéchogène située au-delà de structures atténuant fortement les ultrasons : c'est le cas des interfaces entre des milieux d'impédances acoustiques très différentes, comme les interfaces tissu mou/air ou tissu mou/os (par exemple en arrière des côtes). Ces interfaces sont en effet associées à un pourcentage de réflexion important ; ainsi peu d'ultrasons sont transmis (réfractés) (figure10) MAI,1999.

### **(2) Echo de renforcement postérieur**

Le faisceau incident traversant un milieu peu échogène (par exemple liquidien) est peu atténué : ainsi, en arrivant aux structures sous-jacentes, il apparaît plus intense. C'est pourquoi, en région postérieure de cette zone, les tissus apparaîtront à l'écran plus échogènes que les tissus adjacents. C'est souvent le cas des échographies d'ovaires présentant un kyste folliculaire (figure11) JAUDON .JP et al. (1991).



**Figure 10 : Gestation de 3 mois**



**Figure 11 : Kyste folliculaire**

## **h. Innocuité des ultrasons**

L'innocuité de l'échographie a été officiellement reconnue par l'OMS en 1976 POLLET. T,1993.

En effet, nous avons vu que la sonde jouait tantôt le rôle d'émetteur et tantôt celui de récepteur. Or, la répartition de ces rôles est de 1% du temps en émission et de 99%.

En réception. Ainsi, même lors d'examen prolongé, la quantité d'ultrasons reçus par les tissus explorés reste faible et confère à cet examen une totale innocuité MAI. W, 1994, POLLET. T, 1993, ROBLOT. C,1998.

Jusqu'à aujourd'hui, lors d'examens répétés, aucun phénomène de sommation n'a été relevé POLLET. T,1993.

## **B. principes de l'échographie**

L'échographie est une technique non invasive d'imagerie médicale. L'image échographique résulte de l'analyse des échos émis par la sonde et lui revenant. L'élément piézo-électrique, contenu dans la sonde (figure12), encore appelée transducteur, est excité pendant une courte période généralement de l'ordre de 1 à 2 secondes, ce qui provoque une impulsion ultrasonore de deux ou trois cycles. A la fin de cette excitation, l'élément piézo-électrique se met au repos et le train d'ondes ultrasonores se propage dans l'organisme exploré. Des échos sont produits au cours de son trajet et une partie d'entre eux revient à l'élément piézo-électrique produisant ainsi une vibration de ce dernier, ce qui induit un courant électrique : le signal échographique.

Les échos sont donc issus de la réflexion d'interface (limite de séparation entre deux milieux de nature différente) sur les structures rencontrées lors du trajet des ultrasons. La réflexion multidirectionnelle, encore appelée diffusion, se produit lorsque la structure réfléchissante est de très petite dimension par rapport à la longueur d'onde ultrasonore. Cette réflexion permet de former l'image des structures internes des organes Mai, 1999.

L'amplitude de l'écho est proportionnelle à l'intensité de l'onde réfléchi par la structure explorée. Cette intensité dépend de la nature du tissu rencontré par l'onde et de la différence d'impédance acoustique  $Z$  ( $Z$  est égale au produit de la densité du milieu par la célérité de l'onde ultrasonore dans ce milieu) entre les divers tissus Mai, 1999. Ainsi à l'interface de deux milieux d'impédance acoustique très différente (os et tissu mou, air et tissu mou (graisse, sang, muscle.), 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. Ainsi, l'échogénéité d'un tissu est son aptitude à renvoyer plus ou moins bien l'écho ultrasonore après en avoir absorbé une partie :

Les liquides comme l'eau sont anéchogènes (c'est-à-dire qu'ils ne réfléchissent pas les ondes émises par la sonde) ou cône d'ombre et leur image apparaît en noir sur l'écran.

À l'inverse, un tissu très dense comme l'os, tendons, gaz est hyperéchogène leur image sera gris plus proche du blanc. Le liquide amniotique, lait maternel, parenchyme hépatique... sont échogènes (peu de rayons sont réfléchis) et leur image sera plus foncée. (Figures 13 et 14).

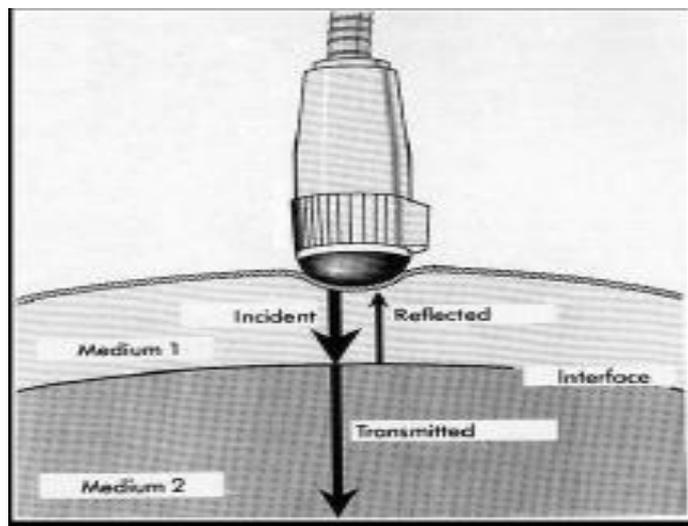


Figure 12 : sonde échographique représente l'élément piézo-électrique

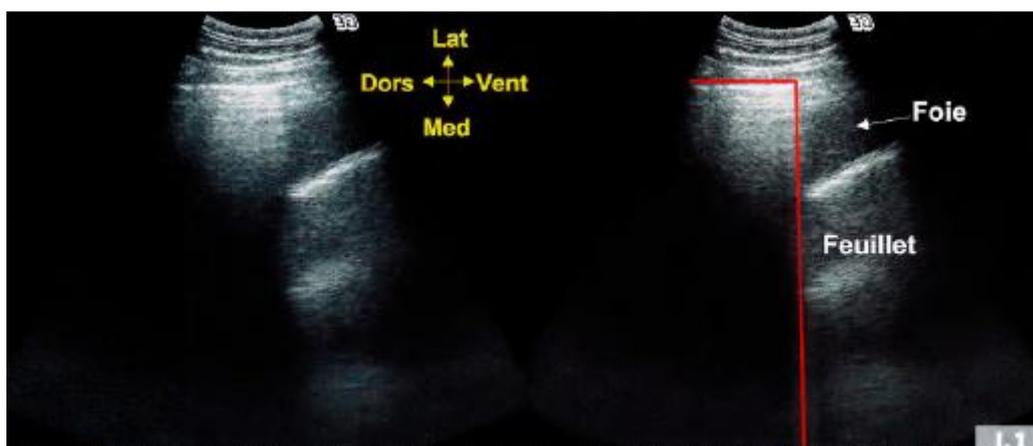
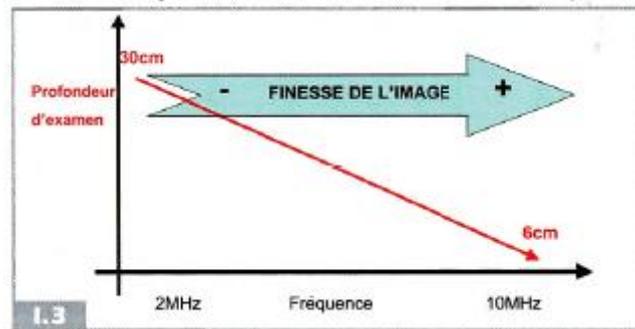


Figure 13 : Aspect échographique d'une interface tissu/air



Figure 14 : Aspect échographique d'une interface tissu/os

La réflexion des ultrasons pour obtention d'une image nécessite également que l'interface entre deux milieux différents ait une certaine épaisseur. Cette épaisseur dépend de la fréquence de la sonde échographique. Plus la sonde possède une fréquence élevée, plus sa capacité à détecter de faibles épaisseurs est grande. Ce principe explique que les sondes de fréquence élevée permettent d'obtenir une image plus fine de meilleure résolution, par rapport à des sondes de basse fréquence (Figure15).



**Figure 15 : Caractéristiques des sondes en fonction de leur fréquence.**

Outre la réflexion et la réfraction, une partie du faisceau d'ultrason est absorbé par le milieu traversé. Cette quantité d'ultrason est dissipée et participe au phénomène d'atténuation qui consiste en une limite intrinsèque à la profondeur maximale atteinte par les ultrasons. Cette atténuation est d'autant plus marquée que la sonde possède une fréquence élevée.

Ainsi, les sondes dites de basse fréquence (2-5 MHz) pourront permettre l'examen des parties profondes (réseau, abdomen, cœur). Les sondes de fréquence plus élevées (7-12 MHz) seront réservées pour l'examen de structures plus superficielles (reproduction, poumon, mamelle, membres...) (Figure15).

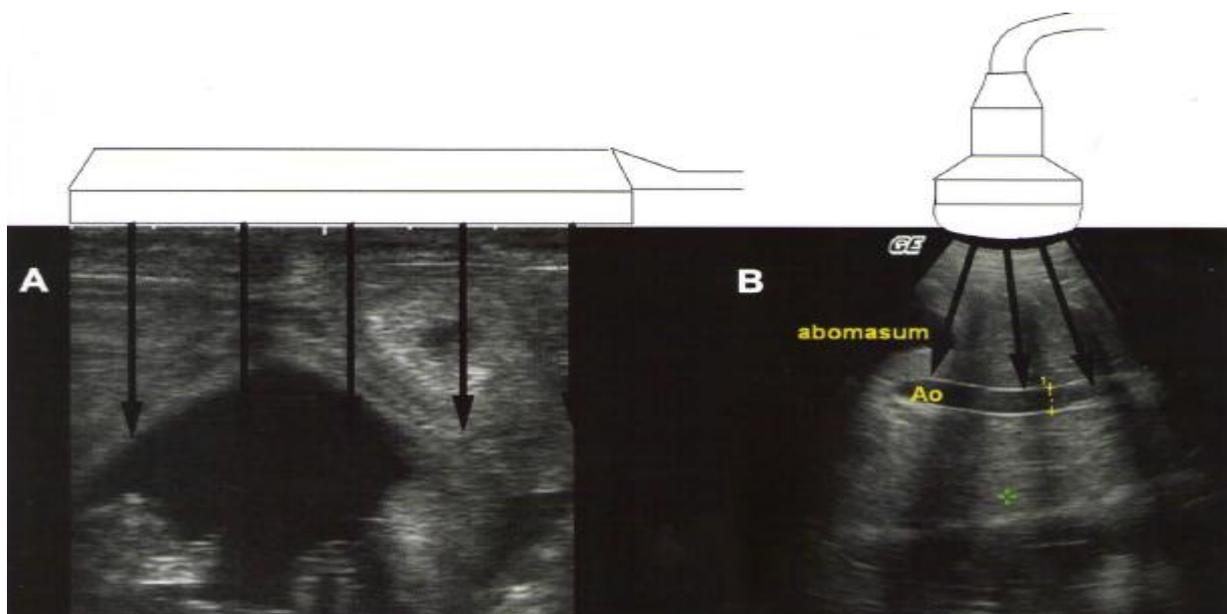
Il importe donc de savoir que l'examen échographique de structures superficielles nécessitant une haute résolution implique l'utilisation de sondes à haute fréquence (>5MHz). L'examen de structures plus profondes requière des sondes de basse fréquence qui ont une moins bonne résolution. Sébastien BUCZINSKI.,2009

## 1-SONDES ÉCHOGRAPHIQUES

### 1.1. Principes de fonctionnement des sondes

Une sonde échographique est à la fois un émetteur et un récepteur d'ultrasons permettant l'obtention d'une image échographique. Une sonde échographique est composée d'un ou de plusieurs cristaux piézo-électriques dont la fonction est d'émettre des ultrasons puis de réceptionner les ultrasons réfléchis par les milieux traversés.

Ces deux phases émission/ réception s'effectuent en alternance rapide, l'émission étant beaucoup plus brève que la phase de réception des ultrasons. Les ultrasons réceptionnés sont ensuite convertis en un signal électrique à l'origine de l'image échographique observée à l'écran. Sébastien BUCZINSKI.,2009



**Figure 16 : les différents types de sonde ainsi que leur surface de balayage.  
A : sonde linéaire ; B : sonde sectorielle. (DECANTE F,1990)**

## **1.2. Caractéristiques des sondes**

### **1.2.1. Fréquence**

Chaque sonde se caractérise par une possibilité d'émission d'ondes de fréquences fixes ou variables. En fonction des fréquences, la résolution et la profondeur maximale de pénétration des ultrasons varient comme nous l'avons vu auparavant(Figure15). Il faut se rappeler que plus la fréquence d'une sonde est élevée (>5MHz), plus la résolution des images obtenues est élevée. Cependant la profondeur des structures à explorer est limitée. Lorsque la sonde a une fréquence basse (<5MHz) cette dernière permet un examen de structures plus profondes. Une perte de résolution est néanmoins un inconvénient de ces sondes. Toutefois ces sondes sont très utiles en médecine bovine du fait de la taille des animaux et de la profondeur des structures à examiner (abdomen,cœur,foetus en fin de gestation). Une sonde de 3.5MHz permet généralement une exploration de structures situées jusqu'à 20cm de la sonde, une sonde de 7.5MHz ne permet d'explorer qu'une dizaine de centimètre (Figure15). Sébastien BUCZINSKI.,2009.

### **1.2.2. Résolution de l'image**

Comme dans tout appareil d'optique, la résolution consiste en la capacité de la sonde à distinguer 2 points très proches de façon distincte. Cette résolution est composée de deux types de résolution. La résolution axiale correspond à la capacité de la sonde à distinguer 2 points situés dans l'axe parallèle à l'axe de propagation de l'onde. Elle dépend de la fréquence de l'onde. Comme discuté précédemment, la résolution axiale est meilleure pour des sondes de haute fréquence que pour des sondes basse fréquence. La seconde composante de la Résolution consiste en la résolution latérale. Cette dernière correspond à la capacité de la sonde à distinguer deux points situés dans un axe différent de l'axe de propagation des ultrasons.

Concrètement, plus le faisceau progresse dans le milieu à explorer, plus les ondes divergent à cause du phénomène de réfraction. Ainsi cette résolution diminue en profondeur. Pour gagner en résolution latérale, des systèmes de focalisation peuvent être disponibles afin de pouvoir obtenir une meilleure

Focalisation du faisceau d'ultrason. La résolution pourra ainsi être obtenue de façon ponctuelle pour une zone donnée en modifiant la focalisation de la sonde lors de l'examen. En pratique, il peut être intéressant, lorsque cette fonction est disponible sur l'appareil, de faire varier cette focalisation en fonction de la zone d'intérêt afin d'obtenir une image de meilleure qualité au niveau de la profondeur d'intérêt. Sébastien BUCZINSKI.,2009

### 1.2.3. Différents types de sondes disponibles

De nombreuses formes de sondes sont disponibles selon l'appareil, échographique utilisé. Ces dernières ont des avantages et inconvénients que doit connaître le praticien afin de décider lesquelles conviennent le mieux à son activité. Les sondes linéaires ont la caractéristique de donner une image rectangulaire (Figure17), leur limite principale est leur peu de maniabilité notamment lors de l'examen de zones difficilement accessibles comme l'espace intercostal. Leur intérêt indéniable est néanmoins leur emploi dans la gestion de la fonction de reproduction ; ce qui les rend facilement disponibles pour le praticien rural. Les sondes sectorielles sont caractérisées par l'émission de faisceau d'ultrasons.

Qui divergent à partir de la sonde convexe. L'image obtenue est de type sectoriel (en portion de camembert (Figure18)). L'intérêt de ce type de sonde est d'être facilement maniable. C'est également le type de sonde qui peut être utilisé pour le diagnostic de gestation transabdominal des petits ruminants, ainsi que pour l'échographie abdominale bovine.

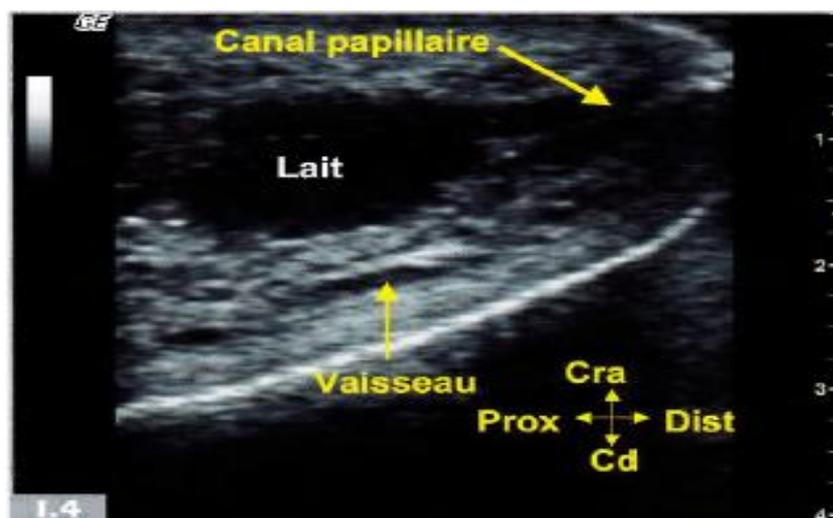
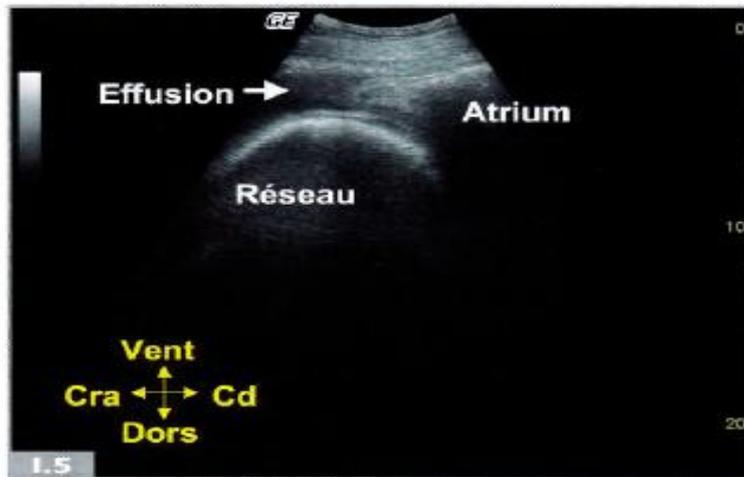
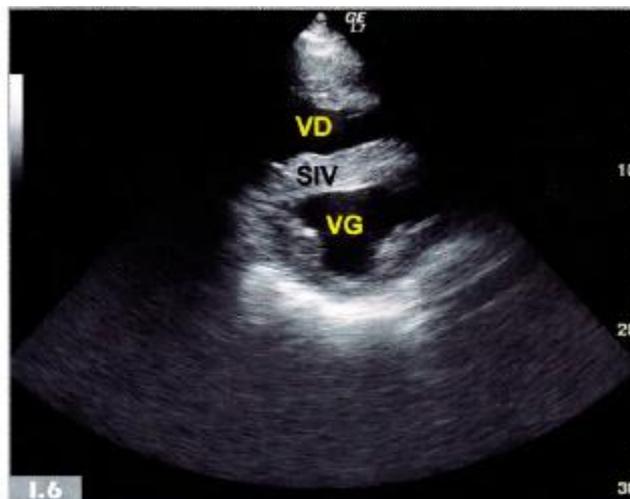


Figure 17 : Image échographique associée à une sonde linéaire



**Figure 18 : Image échographique associée à une sonde sectorielle**

Un dernier type de sonde peut être utilisable en pratique bovine, il s'agit des sondes ayant une forme particulière, dites en forme de crayon. La surface d'application de la sonde est limitée, ceci permet d'aller explorer des espaces étroits tels que les espaces intercostaux et de s'affranchir ainsi des perturbations liées aux interfaces osseuses des côtes. Le faisceau d'ultrason diverge également à partir de la sonde et permet d'obtenir une image sectorielle (Figure19). L'intérêt principal de ce type de sonde réside dans l'imagerie cardiaque.



**Figure 19 : Image échographique associée à une sonde cardiaque (type crayon) .**

Enfin, différents modèles de sondes sont également disponibles et utilisés en médecine humaine dans différentes indications. Leur intérêt en échographie bovine est cependant limité aux sondes intra vaginales pour effectuer le diagnostic de gestation chez les bovins par la voie vaginale. Sébastien BUCZINSKI.,2009

### 1.3. IMAGE ÉCHOGRAPHIQUE, ACQUISITION ET OBTENTION D'IMAGES DE BONNE QUALITÉ

Comme nous l'avons vu au début de cette partie, la sonde en tant qu'émetteur et récepteur d'ultrason est l'élément principal à l'origine de la formation de l'image échographique. Une grande partie de la qualité de l'image dépend de la qualité de la sonde échographique. Dépendamment des appareils, de nombreux réglages sont ensuite disponibles afin de maximiser la qualité de l'image. La description de tous les réglages de façon extensive dépasse le propos du présent ouvrage. Néanmoins les principaux réglages que nous présenterons sont les plus importants pour l'obtention d'une image de bonne qualité qui est le préambule indispensable à une bonne interprétation des images échographiques. Sébastien BUCZINSKI.,2009

### 1.4. Contraintes techniques

#### 1.4.1 choix de la sonde

#### 1.4.2. Différents types de sondes

De nombreuses formes de sondes sont disponibles de fonctionnement et de forme variables selon l'appareil échographique utilisé. Ces dernières ont des avantages et inconvénients que doit connaître le praticien afin de décider lesquelles conviennent le mieux à son activité.

- **Les sondes mécaniques** : sont constituées d'éléments piézo-électriques (uniques ou groupés), soit oscillants (élément unique), soit en rotation autour d'un axe (éléments uniques ou groupés). Ces sondes présentent le double avantage d'être bon marché et d'offrir une bonne qualité d'image. Le balayage est de type sectoriel et donne une image en coupe en forme de secteur (figure20).

Les sondes sectorielles sont caractérisées par l'émission de faisceau d'ultrasons qui divergent à partir de la sonde convexe. L'image obtenue est de type sectoriel (en portion de camembert (Figure18)).

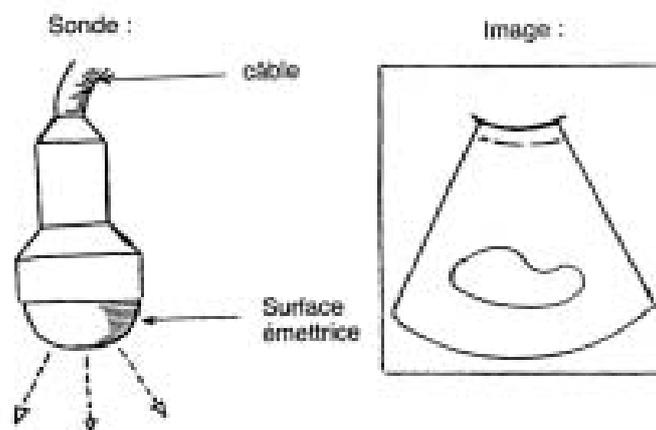


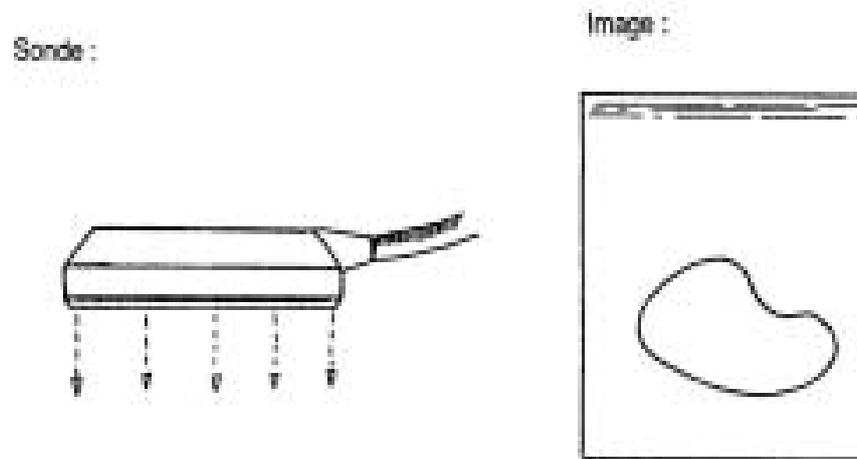
Figure 20: Sonde sectorielle (Décante, 1990)

- **Les sondes électroniques :** sont constituées d'un seul élément piézo-électrique, découpé en de multiples sous-unités. Dans la sonde « 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 (figure 21).

Les sondes linéaires ont la caractéristique de donner une image rectangulaire (Figure17),

- **Les sondes micro convexes :**

Ces sont des sondes dont le principe de construction est le même que celui des sondes linéaires, mais dont la petite taille (longueur) et la forme incurvée (convexe) les font ressembler à des sondes sectorielles. Elles forment une image en « part de tarte » avec un besoin de fenêtre acoustique petite et cependant les avantages électroniques de la sonde linéaire. Leurs indications sont les mêmes que celles des sondes sectorielles.



**Figure 21 : Sonde linéaire (Décante, 1990)**

#### **1.4.2.1. Propriétés des sondes linéaires**

Ce type de sonde présente de nombreux avantages Maillot *et al.*, 1999 :

- 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. Leur limite principale est leur peu de maniabilité notamment lors de l'examen de zones difficilement accessibles comme l'espace intercostal. Leur intérêt indéniable est néanmoins leur emploi dans la gestion de la fonction de reproduction, ce qui les rend facilement disponibles pour le

praticien rural. En revanche, la surface de contact avec la partie à examiner doit être importante et l'utilisation par voie externe transcutanée chez les petits ruminants est parfois limitée. Ce matériel est cependant idéal pour les vétérinaires l'utilisant en gynécologie bovine et équine. En revanche, leur utilisation est impossible pour certaines applications telle que l'échocardiographie chez les carnivores domestiques.

#### **1.4.2.2. Propriétés des sondes sectorielles**

L'intérêt de ce type de sonde est d'être facilement maniable. C'est également le type de sonde qui peut être utilisé pour le diagnostic de gestation Trans abdominal des petits ruminants, ainsi que pour l'échographie abdominale bovine.

Le principal avantage de ce type de sonde est sa polyvalence. Cependant, 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. Enfin, l'apprentissage de la matérialisation du plan de coupe est plus délicat. Ce matériel sera donc choisi lorsque l'échographie est pratiquée chez plusieurs espèces, les vétérinaires ayant une activité mixte réelle sont donc concernés Maillot *et al.* (1991).

Un dernier type de sonde peut être utilisable en pratique bovine, il s'agit des sondes ayant une forme particulière, dites en forme de crayon. La surface d'application de la sonde est limitée, ceci permet d'aller explorer des espaces étroits tels que les espaces intercostaux et de s'affranchir ainsi des perturbations liées aux interfaces osseuses des côtes. Le faisceau d'ultrason diverge également à partir de la sonde et permet d'obtenir une image sectorielle (Figure19). L'intérêt principal de ce type de sonde réside dans l'imagerie cardiaque

#### **1.5. Choix de la sonde par espèce**

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 les vétérinaires qui utilisent essentiellement l'échographie 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...) KAHN. W, 1994, MIALOT. JP et al. (1991), SHARKEY. S, 2001.

Chez les brebis, le type linéaire est également préféré. Les sondes sectorielles à faisceau divergent permettent d'effectuer les diagnostics de gestation mais rendent plus compliqué le dénombrement des fœtus en raison de la déformation des images KAHN. W, 1994, LEVY. I et al. (1990).

Pour les chèvres, le type linéaire est fréquemment employé mais l'utilisation d'une sonde de type sectoriel est également possible. L'examen se faisant debout, les ondes sectorielles sont par ailleurs d'utilisation très pratique en raison de leur facilité de manipulation et de leur faible surface de contact nécessaire. En effet, l'ergonomie de la sonde permet de mieux

appuyer sur l'abdomen où les poils peuvent être très fournis et gêner le contact KAHN. W,1994, MIALOT. JP et al. (1991).

Lors de l'utilisation d'une sonde linéaire aussi bien chez les bovins par voie Transrectale que chez les petits ruminants par voie Trans abdominale, il est nécessaire de souligner qu'il est impératif de prendre grand soin de la jonction entre le câble et la sonde. En effet, il est fréquent, vue la courbure prise par le câble en pratiquant une échographie Trans abdominale, de voir apparaître un faux contact nécessitant la réparation de cette jonction. C'est pourquoi, lors du choix d'une sonde, si celle-ci n'est destinée qu'à être utilisée chez la brebis ou la chèvre par voie Trans abdominale, mieux vaut opter pour les sondes linéaires dont le câble et la sonde sont en « T » ou en « L », ou encore pour une sonde sectorielle LEVY. I et al. (1995).

### 1.6. Choix de la fréquence

Il dépend du type d'examen à réaliser, de la profondeur des structures à visualiser et de la résolution attendue (nous avons vu auparavant que la résolution est d'autant meilleure que la fréquence est élevée). Il faut donc trouver un compromis entre qualité et profondeur : en effet, la sonde de 7,5 MHz a une pénétrance de 4 à 5 cm, celle de 5 MHz, de 8 à 10 cm et celle de 3,5 MHz, de 12 à 15 cm BOIN. E,2001.

- Ainsi, chez la vache, l'échographie en gynécologie par voie transrectale se fait avec une sonde de 5 ou 6 MHz (tableau 1).

Tableau 1 : Fréquences des sondes en fonction des indications en gynécologie chez la vache

D'après MIALOT. JP et al. (2003)

Indications	Fréquence <b>conseillée</b> ou possible en MHz
Diagnostic de gestation	5-6 ; 7,5
Gynécologie	5-6 ; 7,5
Sexage	5-6 ; 7,5
Ponction follicule ovarien	7,5
Suivi de gestation par voie externe transabdominale	3,5

### 1.7.- Choix de l'appareil

Pour choisir un échographe, différents critères sont à prendre en compte. Toutes les échographies se faisant chez les éleveurs, l'échographe devra forcément pouvoir être transporté dans les fermes [MIALOT. JP et al. (1991).

- Quelle sera l'espèce de destination ? Selon que les échographies seront faites sur des petits ruminants ou des vaches, le choix ne sera pas le même, notamment pour le choix de la fréquence de la sonde.

- Le poids est également un critère important surtout si un faible nombre d'exams par exploitation sera réalisé. Inversement, si les visites concernent à chaque fois un grand nombre d'animaux, que l'appareil soit léger ou non importe peu, puisqu'il faut alors pouvoir disposer d'une brouette ou d'un chariot. En effet, il est peu concevable de demander à quelqu'un de tenir l'échographe pendant 60 échographies ou plus !

Pour des diagnostics de gestation sur quelques animaux seulement, un appareil portable, en bandoulière ou en bracelet, léger et ayant une batterie, présentera un gros avantage : il évite d'avoir à tout réinstaller pour peu d'animaux. Vérifier si le poids indiqué prend en compte la batterie ou non, car celle-ci peut représenter un poids non négligeable.

- Existence ou non d'une batterie : dans certaines fermes, l'électricité n'est pas à proximité des bêtes, il est donc souhaitable d'avoir une batterie. De plus, les rallonges traînent souvent par terre, et les animaux peuvent marcher dessus. Cependant, il n'est pas rare que, lors de visite longue sur de gros troupeaux, la charge de la batterie soit insuffisante pour terminer les examens.

- Possibilité d'enregistrement des images sur disquette, carte mémoire, ou vidéo : Certains trouveront appréciable de pouvoir enregistrer leurs images. Que ce soit pour pouvoir confirmer une suspicion en consultant ultérieurement des ouvrages ou pour garder la trace d'un cas clinique intéressant.

- Qualité des images obtenues avec l'échographe. Elle dépend des caractéristiques intrinsèques de l'appareil. (Cf. supra).

- Longueur du câble : grâce à un fil suffisamment long reliant l'échographe et la sonde elle-même, il sera alors possible de placer l'échographe hors de portée des mouvements d'animaux. Il faudra alors faire attention à ce que ni la vache, ni l'opérateur ne marche dessus.

Certains câbles sont équipés d'un relais que l'opérateur porte sur lui. Celui-ci offre la possibilité de geler l'image tout en laissant l'échographe éloigné de l'animal. Si un intervenant ou un animal marche sur le câble joignant échographe et boîtier relais, la connexion au niveau de ce dernier peut être endommagée. - Etanchéité : tous les appareils actuellement vendus dans le commerce sont étanches, permettant de nettoyer, avec quelques précautions, l'appareil après usage.

- Facilité de nettoyage : on privilégiera les claviers plans, sans bouton de réglage saillant, toujours très délicats à nettoyer.

En conclusion, il est important pour le praticien de prendre le temps de réaliser les principaux réglages de l'échographe que sont la focale et le gain, pour obtenir une image de

bonne qualité. Par ailleurs, nous rappelons les fréquences et types de sondes les plus couramment employés selon l'espèce :

- chez les bovins, pour une utilisation transrectale, sonde linéaire de 5 ou 6 MHz,
- chez les ovins, pour une utilisation Trans abdominale, sonde linéaire de 3,5 MHz,
- et chez les caprins, pour une utilisation Trans abdominale, sonde linéaire ou sectorielle de 3,5 MHz.

### 1.8. Choix des sondes en fonction de l'examen de l'animal et de la pratique en clientèle

Une fois les principales caractéristiques théoriques de l'examen échographique et des sondes échographiques rappelées ; il convient, pour rester pratique, de connaître le type de sonde approprié à l'examen échographique en fonction des tissus et organes que le clinicien désire explorer. Concrètement, un bon compromis qui permet de réaliser l'examen échographique de la quasi-totalité des organes bovins d'intérêt clinique consiste en une sonde linéaire de haute fréquence (>5-8 MHz) pour l'examen reproducteur, des structures superficielles (tendons, articulations, os), de l'espace pleural, l'examen transrectal du rein et des vestiges ombilicaux du jeune veau. Une seconde sonde sectorielle de basse fréquence (<5MHz) permettra l'examen des structures plus profondes (réseau, caillette, foie, rein Trans abdominal, cœur, fœtus en fin de gestation). Les caractéristiques des sondes requises en fonction des différents organes et appareils bovins sont rappelées dans le Tableau 2. Sébastien BUCZINSKI.,2009

	Organes	Fréquence de la sonde	Forme de la sonde
ADULTE	Voies respiratoires supérieures	>5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Pièvre, poumon	>5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Vasculaire	>5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Cardiaque	2-3,5 MHz	Crayon ou sectorielle
	Noeud lymphatique externe, iliaques	>5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Noeud lymphatique mésentériques	2-3,5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Rate	4-7,5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Réseau, Rumen, Feuillet	<5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Caillette	≤5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Intestin	<5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Foie, pancréas	<5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Foie vache grasse	2-3,5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Vessie transabdominale	2-3,5 MHz	Sectorielle, linéaire
	Vessie transrectal	>5 MHz	Linéaire
	Urètre, pénis, testicules	≥5 MHz	Linéaire
Rein transabdominal	2-3,5 MHz	Sectorielle, linéaire	

Tableau 2 : Caractéristiques des sondes requises pour l'examen des différents organes chez le bovin.  
Sébastien BUCZINSKI.,2009

### 1.9. Profondeur de l'examen

La profondeur est de façon intrinsèque liée à la fréquence de la sonde utilisée. Néanmoins il est intéressant de pouvoir régler ce paramètre notamment lorsque la zone d'intérêt ne

nécessite pas la profondeur maximale atteignable par la sonde. Ceci permet en effet de grossir la zone d'intérêt à l'écran (Figure 22 et 23). Certains appareils disposent également d'une fonction de grossissement de la zone d'intérêt (Figure 24) qui peut s'avérer pratique pour isoler la zone d'intérêt échographique. Sébastien BUCZINSKI., 2009

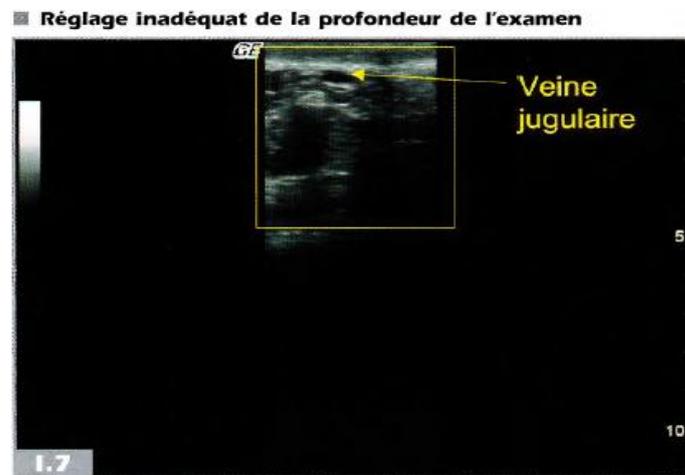
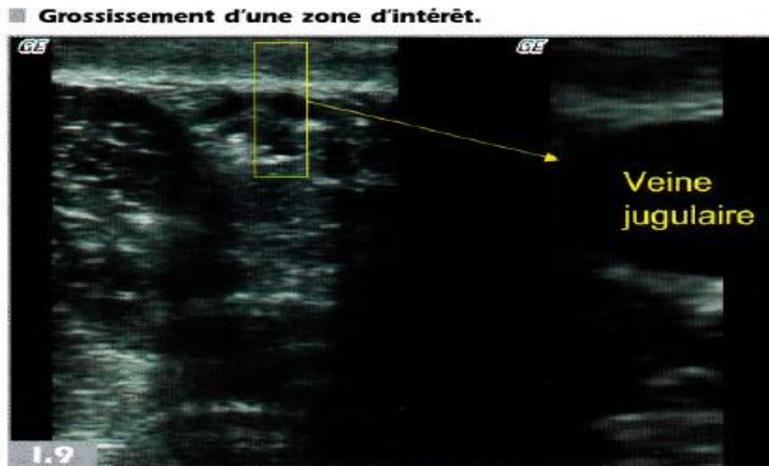


Figure 22 : Image de la région jugulaire d'une vache. La profondeur de l'examen est mal réglée et diminue ainsi la taille de la zone d'intérêt encadrée en jaune.



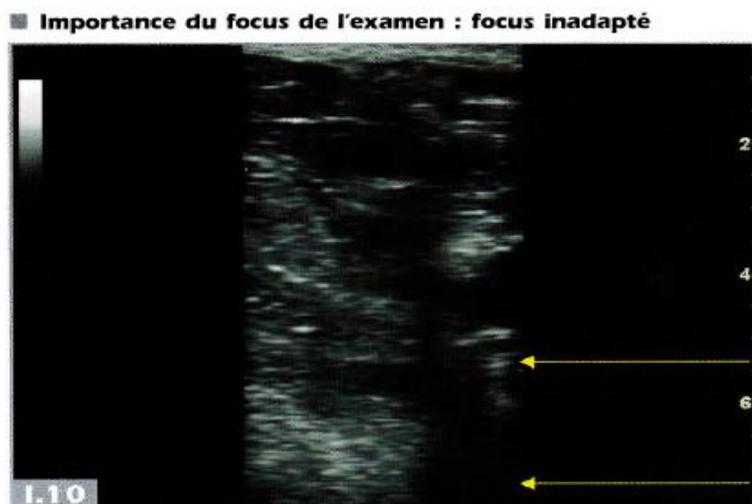
Figure 23 : La profondeur d'examen a été modifiée afin de permettre de grossir la région d'intérêt échographique. La veine jugulaire collabée (car non distendue) est alors plus facilement visible.



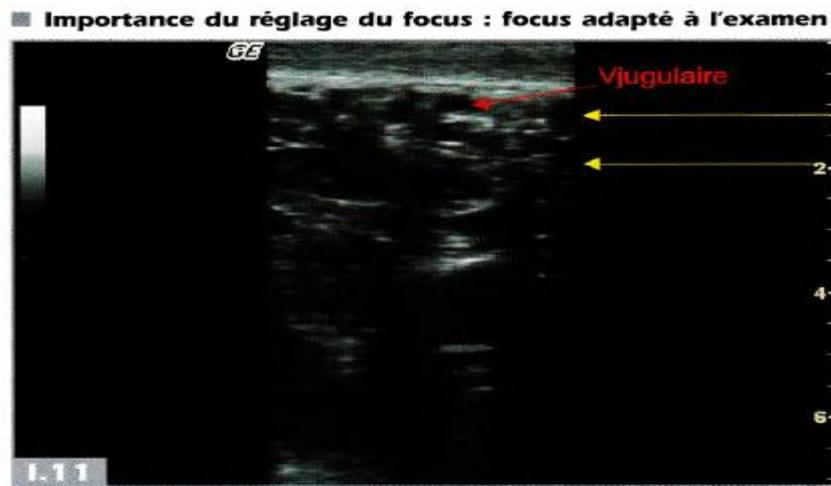
**Figure 24 : Certains appareils disposent d'une fonction de zoom qui permet de sélectionner une zone d'intérêt échographique (ici veine jugulaire) et de s'affranchir des zones non informatives qui peuvent nuire à l'interprétation**

### 1.10. Réglage de la focalisation

En fonction de la zone d'intérêt Le faisceau d'ultrasons a tendance à diverger tout au long de sa pénétration au sein des tissus du fait des phénomènes de réfraction. Cette divergence, associée à la réfraction des ondes parcourant les tissus, limite la résolution latérale et peut entraîner une perte de netteté à partir d'une certaine profondeur. La plupart des appareils disposent de système de focalisation qui permet de limiter la divergence due à la réfraction dans les tissus et ainsi obtenir à une profondeur donnée une image avec une meilleure résolution. L'avantage d'un tel système de focalisation est de pouvoir déplacer le focus de la sonde au niveau de la zone d'intérêt à une profondeur donnée afin d'obtenir une image de meilleure qualité de la zone examinée (Figure25 et26). (Sébastien BUCZINSKI.,2009)



**Figure25 : Le focus de la sonde est principalement obtenu entre les 2 flèches jaunes.La résolution latérale est maximale dans cette région, mais elle est limitée en région superficielle (plus floue).**



**Figure26** : L'image est obtenue dans la même région que le cliché précédent. Le focus, entre les 2 flèches jaunes, est adapté à l'examen des zones superficielles (ici, veine jugulaire non distendue). La zone profonde est cependant moins nette à cause de la perte de résolution latérale

### 1.11. Réglage du gain différentiel

Le réglage du gain sert principalement à obtenir une image homogène et évite ainsi le phénomène d'atténuation de l'image lié à l'absorption par les tissus d'une portion du faisceau d'ultrasons au fur et à mesure de la pénétration de ces derniers dans la zone d'intérêt. Pratiquement, un système de réglage (variable selon les appareils) permet d'augmenter la sensibilité de la sonde à la réception des ultrasons venant des zones plus profondes pour limiter l'impact néfaste d'une perte d'énergie du faisceau qui se traduirait par une visualisation plus difficile des zones profondes. Un gain trop fort donne trop de brillant à l'image et diminue les contrastes, on parle alors de saturation de l'image (Figure27) un gain trop faible rend l'image trop peu visible car sombre (Figure28). Dans ces deux cas, l'image est difficilement interprétable. Un gain bien réglé permet d'obtenir une image de bonne qualité (Figure29). Sébastien BUCZINSKI.,2009



**Figure 27** : Lorsque le gain est trop élevé, on parle de saturation de l'image. Cette dernière, trop brillante, est difficilement interprétable.



Figure 28 : L'image obtenue lorsque le gain n'est pas assez élevé est sombre et difficile à interpréter.



Figure 29 : L'image obtenue avec un réglage du gain adéquat permet de mettre d'obtenir une image de bonne qualité, facilement interprétable par l'opérateur

### 1.12 .Contraintes économiques

Le prix d'un échographe est rarement inférieur à 60 000 Francs TTC auquel il faut y ajouter le prix de la sonde. En effet, cette pièce majeure et fragile représente généralement 30 % du prix total d'achat (tableau 1). Il est donc nécessaire de bien définir tous les paramètres relatifs aux utilisations futures de son appareil au moment de l'investissement.

Après avoir choisi son appareil, le praticien doit respecter certaines conditions pour réaliser un bon examen échographique de l'appareil génital femelle chez les bovins.

Echographes	Sonde	Prix total
ULTRA SCAN 900 (Echo Control)	linéaire de 5 MHz	91 833 FF
	linéaire de 7,5 MHz	93 795 FF
ULTRA SCAN 50L (Echo Control)	linéaire de 5 MHz	83 962 FF
	linéaire de 7,5 MHz	85 924 FF
ULTRA SCAN 45L (Echo Control)	linéaire de 5 MHz	79 370 FF
	linéaire de 7,5 MHz	81 332 FF
100 FALCO Vet (Pie Médical)	linéaire de 6/8 MHz	75 000 FF
	microconvexe de 5/7,5 MHz	99 000 FF
485 ANSER (Pie Médical)	linéaire de 6/8 MHz	65 000 FF
	microconvexe de 5/7,5 MHz	89 000 FF

Tableau 3 : Exemples de coût de matériel échographique (prix 2001 donnés hors taxes) (anonyme,2001)

### ***C. Mise en œuvre pratique de l'échographie***

#### **1- Bovins**

##### **a. Nécessité d'une contention**

Pour des examens individuels comme l'échographie, le risque pour l'homme et le matériel s'est accru ces dernières années, avec l'augmentation du nombre d'animaux par éleveur, ayant pour conséquence la diminution du contact entre l'homme et l'animal. Chez les Bovins, l'augmentation du nombre de stabulations libres au détriment des étables, ne favorise pas non plus la familiarisation de l'animal avec l'homme. Ainsi les manipulations sont aujourd'hui plus difficiles et plus dangereuses CHAPPUIS. I,1987, DIMBERTON. A,1999, THUMEREL JP,2003.

C'est pourquoi, face à l'augmentation de la taille des cheptels, à la diminution de la main d'œuvre et à la nécessité d'exécuter rapidement les diverses tâches, on assiste au développement des « systèmes de contention ». Ces installations doivent permettre d'améliorer les conditions de sécurité de l'éleveur, de l'intervenant et des animaux, de maîtriser les animaux, de diminuer la pénibilité de certaines interventions et de diminuer le temps de travail. La contention représente un facteur important dans la rapidité de l'examen. En effet, on peut considérer que, si l'examineur est expérimenté et la contention de bonne qualité, la durée de l'examen échographique sera alors optimale et approximativement la même que lors d'une palpation transrectale ADAMS .GP,2000, FRICKE .PM,2002.

Ainsi, pour une durée d'examen à peu près similaire, l'échographie présente l'avantage d'apporter beaucoup plus d'informations avec une meilleure précision SAUVER. R, BERGAMNI .PF,2000.

## **b. Contention des animaux**

Il existe 2 cas, selon la mobilité ou non de l'appareil :

### **(1) Vaches en cage de contention**

L'échographe est alors fixe. La vache est placée dans une cage de contention, un box d'examen ou amenée dans la salle de traite. L'avantage majeur de cette méthode est d'avoir l'appareil hors du moyen de contention, donc protégé des mouvements d'animaux (coups de pattes, bousculades,) et des éclaboussures. Afin d'éviter le recul des animaux, il est nécessaire d'installer une barre anti-recul DECANTE. F,1990.

Amener chaque vache à la salle de traite ou même les faire passer une à une dans une cage à contention prends du temps ; ceci aura pour conséquence une durée d'examen beaucoup plus longue et donc un travail plus fastidieux. Par ailleurs, leur déplacement rend les animaux nerveux et stressés DECANTE. F,1990.

C'est pourquoi sûr de petits troupeaux, ou pour contrôler seulement quelques vaches, il est pratique d'utiliser un échographe, portable afin de pouvoir se déplacer de vache en vache et éviter ainsi les mouvements d'animaux (figure 30).

### **(2) Vaches au cornadis**

L'échographe est alors mobile, placé sur une table roulante, dans une brouette ou porté par un aide) La mise en place d'une telle installation étant assez lourde, elle sera donc principalement réservée à l'examen d'un grand nombre d'animaux MIALOT. JP et al. (2003).

Les animaux sont alors à l'attache ou au cornadis, le praticien passant derrière avec un chariot par exemple. Cette méthode offre le principal avantage d'être rapide et donc la possibilité d'examiner un grand nombre de vaches en peu de temps. Cependant l'appareil, placé juste derrière les animaux, est exposé aux coups de pieds qui pourront pour la majorité être évités en plaçant le chariot à bonne distance des vaches, les éclaboussures sont quant à elles inévitables.

Ainsi, la contention en cage (générant stress et nervosité des animaux) ou au cornadis (où l'appareil est exposé) ne sont ni l'une ni l'autre une solution idéale DECANTE. F,1990.

Pourtant, l'examen des vaches au cornadis reste le moyen de contention le plus couramment utilisé, offrant le meilleur compromis entre sécurité et rapidité. Les appareils légers, portables sur soi en bandoulière ou en bracelet, permettent de simplifier l'organisation du chantier. Ils seront plus particulièrement appréciés lors de l'examen de quelques bêtes seulement.

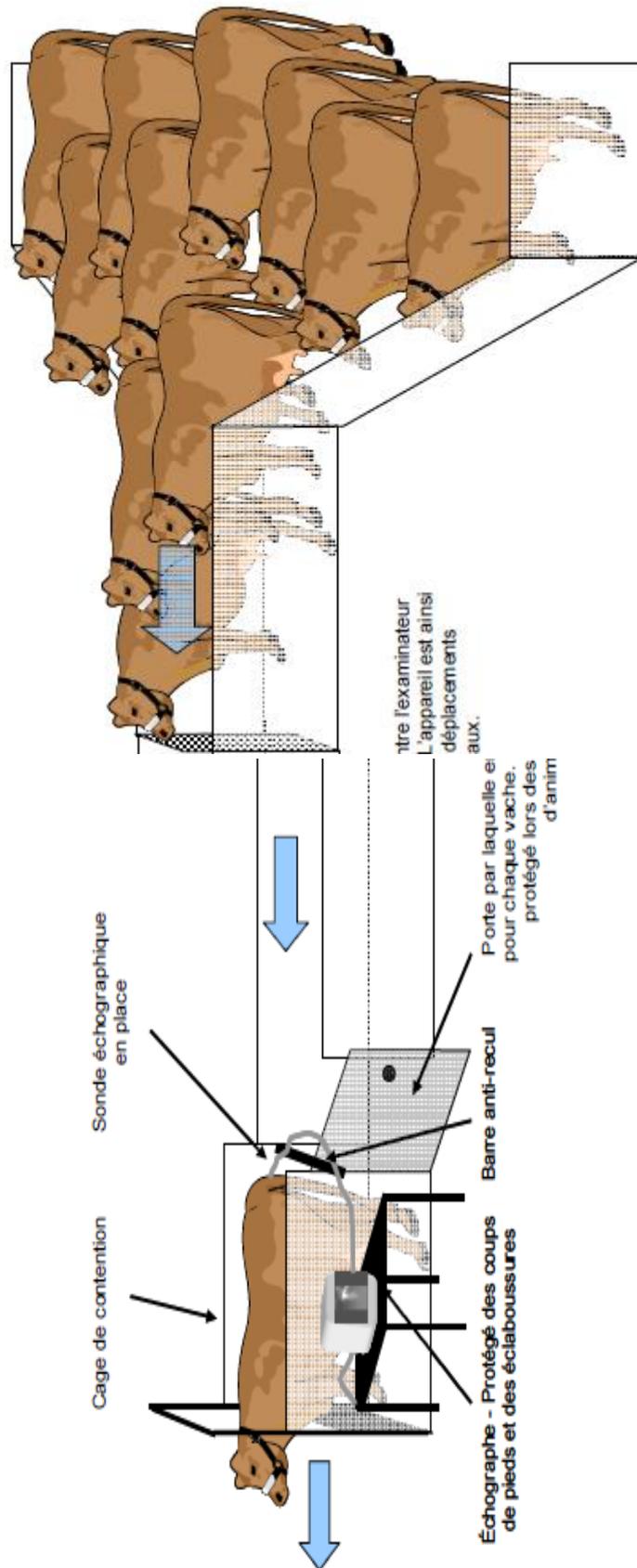


Figure 30 : Organisation du chantier lorsque les vaches sont en cage de contention

### c. Circuit des animaux :

Ceux-ci ne sont utilisés que dans le cas des examens en cage de contention. En effet, les animaux à l'attache ou aux cornadis ne seront pas déplacés. Ainsi, pour amener une vache dans la cage, il existe 2 méthodes MAYNARD. P,1978 :

- une méthode contraignante qui consiste à amener l'animal au licol
- une méthode naturelle qui consiste à aménager un circuit et à pousser les animaux vers la cage. Dans le cas de l'aménagement d'un circuit, le parc d'attente doit avoir une forme allongée pour mieux y canaliser les animaux et éviter les mouvements tournants. L'extrémité du parc, allant jusqu'au couloir de contention, sera en entonnoir (figure 31). Le couloir, quant à lui, doit avoir la largeur d'un seul animal tout en tenant compte des différents gabarits. De plus, il devrait idéalement présenter un léger coude pour éviter aux animaux de voir la cage de loin et donc de prendre peur. Bien sûr, la cage en elle-même doit être solide car l'animal se sentant pris au piège risque d'avoir des mouvements de défense assez violents.

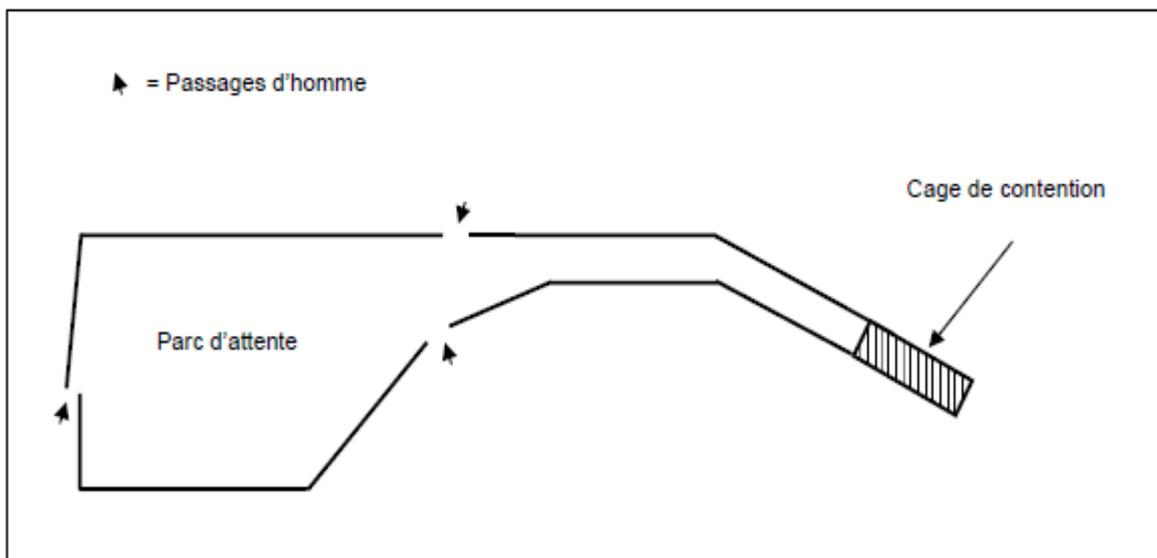


Figure 31 : Disposition du circuit des bovins autour de la cage de contention (d'après [MAYNARD. P,1978])

### c. Préparation de la vache et mise en place du matériel

Avant de commencer tout examen, il est impératif de relever les commémoratifs de la vache : date du dernier vêlage, dernières chaleurs (si elles sont connues), date de la dernière insémination artificielle (IA), retrait du taureau, traitements éventuels déjà effectués, ou en cours. L'échographe doit être placé de façon à ne pas avoir de reflets sur l'écran et à être hors de portée des mouvements éventuels des animaux (coups de pieds, éclaboussures...).

En pratique, l'échographie se fait toujours par voie transrectale chez la vache pour les diagnostics de gestation. La voie Trans abdominale, permettant le suivi de fin de gestation et la mise en évidence d'anomalies, reste utilisée expérimentalement pour le moment.

La voie Trans vaginale, quant à elle, est utilisée pour la ponction de follicules, pratique demandant une certaine technicité. Il est important de rappeler que l'échographie est un examen complémentaire de la palpation transrectale durant laquelle il est nécessaire de bien repérer les différentes structures en procédant de manière systématique, avant de mettre en place la sonde. Lors de la palpation, la vidange du rectum est contestée : plus il y a de mouvements dans le rectum, plus le risque de pneumo rectum augmente, rendant l'exploration des organes difficile. De plus, la présence d'air réduit nettement la qualité de l'image échographique HINKELDEY. JW et al. (1996).

Et les excréments sont responsables d'un mauvais contact, en particulier par la présence de grains de maïs dans les régimes à base d'ensilage. L'idéal est donc, dans la mesure du possible, de passer sous les fèces. Par ailleurs, lors de l'examen échographique, la visualisation d'une bande noire verticale sur l'écran peut résulter de la présence d'excréments collés sur la sonde. Il suffit alors de passer le doigt sous cette dernière, sans retirer la main du rectum. Si les fèces sont trop abondantes, il faudra alors retirer la sonde puis vidanger le rectum avant de la remettre en place TAINTURIER. D et al. (2000).

Le rectum offrant un milieu assez favorable au contact, le gel est préférable pour l'entrée de la main accompagnée de la sonde dans le rectum mais est moins important une fois la sonde en place. Pour des raisons sanitaires, entre chaque vache, le gant doit être changé et idéalement la sonde devrait être mise dans une housse en plastique, et remplacée, elle aussi, à chaque animal. Ceci éviterait d'une part les contaminations de vache à vache (BVD, leucose) même si ce mode de contamination est mineur et, d'autre part protégerait la sonde des produits désinfectants et des fèces. Pourtant, en pratique, il est très fréquent que le praticien n'utilise pas ces housses pour gagner du temps et leur reproche parfois la présence de bulles d'air à l'intérieur, gênant le contact. C'est pourquoi, il faudra penser à remplir la gaine de gel pour éviter ce désagrément. Si la sonde n'est pas placée dans cette protection, une désinfection est alors nécessaire entre chaque vache : passage de la sonde dans une solution de povidone iodée ou de chlorhexidine diluée. L'inconvénient majeur d'une telle pratique est la mise en contact direct de la sonde avec des produits qui pourraient, à terme, l'abîmer. De plus, la sonde est alors en contact direct avec les fèces, corrosifs à long terme MERCIER PARISOT. P et al. (1991).

# **Chapitre III**

## **Cas pathologique représenté par image échographique**

### III. cas pathologique représenté par images échographiques

#### 1. Pathologies utérines

Les principales pathologies utérines d'intérêt échographique sont d'ordre infectieux. Elles sont la métrite puerpérale aiguë, l'endométrite et le pyomètre

##### 1.1. pyomètre :

L'infection utérine peut prendre chez la vache une forme particulière : le pyomètre. Celui-ci correspond à une accumulation importante de pus dans l'utérus en présence d'un corps jaune persistant. Au cours de l'exploration rectale, l'utérus est distendu. En effet, il contient une masse liquidienne homogène, fluctuante, plus ou moins importante MIALOT .JP et al. (2001).

##### Diagnostic par PALPATION TRANSRECTALE :

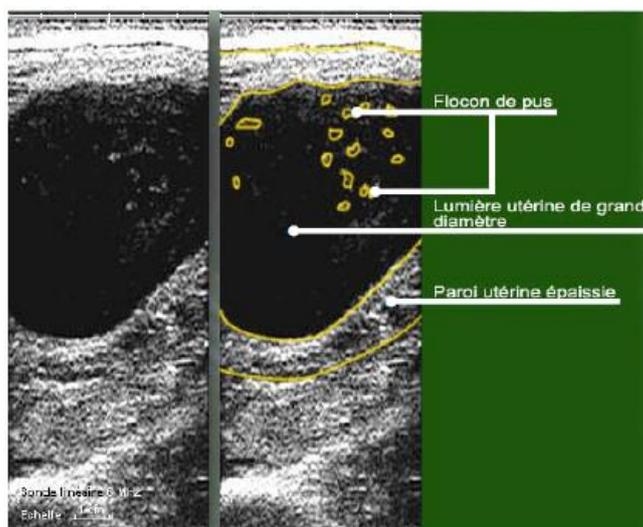
Un pyomètre très volumineux peut être difficile à diagnostiquer lors de la palpation car parfois l'utérus atteint un tel diamètre, qu'il peut être confondu avec une gestation ou avec la vessie. En effet, le col est tiré en avant et l'utérus « plonge » en avant de la filière pelvienne, comme dans le cas d'une gestation de 2-3 mois environ. L'échographie permettra alors de faire le discernement.



Figure 32 : Le pyomètre

##### - interprétation par EXAMEN ECHOGRAPHIQUE

On note une accumulation très importante dans l'utérus de liquide contenant une multitude de particules de pus échogènes en suspension, donnant un aspect floconneux. La paroi utérine est épaissie et un corps jaune est présent (figure34) LEBASTARD. D, 1096, MIALOT. JP et al. (2003).



**Figure 34 : Pyomètre**

### Diagnostic

L'endométrite et le pyomètre sont des infections utérines rencontrées au-delà de la deuxième semaine de la lactation. Lors d'un pyomètre, il y a présence d'un corps jaune, le col utérin est fermé et il ne permet pas la vidange du contenu utérin purulent.



**Figure 35 : Image échographique d'un pyomètre chez une vache à 55 jours en lactation (Sonde linéaire 8MHz, profondeur 9cm).**

### Interprétation

Veillez noter l'apparence écho génique très hétérogène du contenu utérin Avec plusieurs particules hyperéchogènes L'examen échographique de ces conditions peut présenter une accumulation variable de matériel purulent d'échogénicité hétérogène avec la présence de particules hyperéchogènes(Figure35). Le diamètre de la corne utérine infectée varie généralement entre 5 et 20 cm de diamètre quoi qu'il soit aussi possible, mais peu probable, de rencontrer un pyomètre ayant la dimension de l'utérus en fin de gestation

## 1.2. Endométrite :

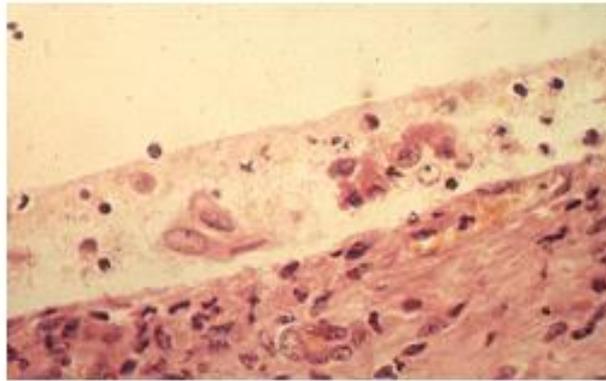


Figure 33 : Lésions endométriales

## 2 L'endomérite subclinique

État inflammatoire de l'endomètre en l'absence de sécrétions anormales dans le vagin, Apparition après l'involution histologique complète de l'utérus. Présence d'une quantité minimale voire une absence d'exsudat dans la cavité utérine. Etat inflammatoire de l'endomètre non macroscopiquement décelable.

### Diagnostic

Implique une analyse cytologique (neutrophiles)

### Examen échographique de l'endomérite

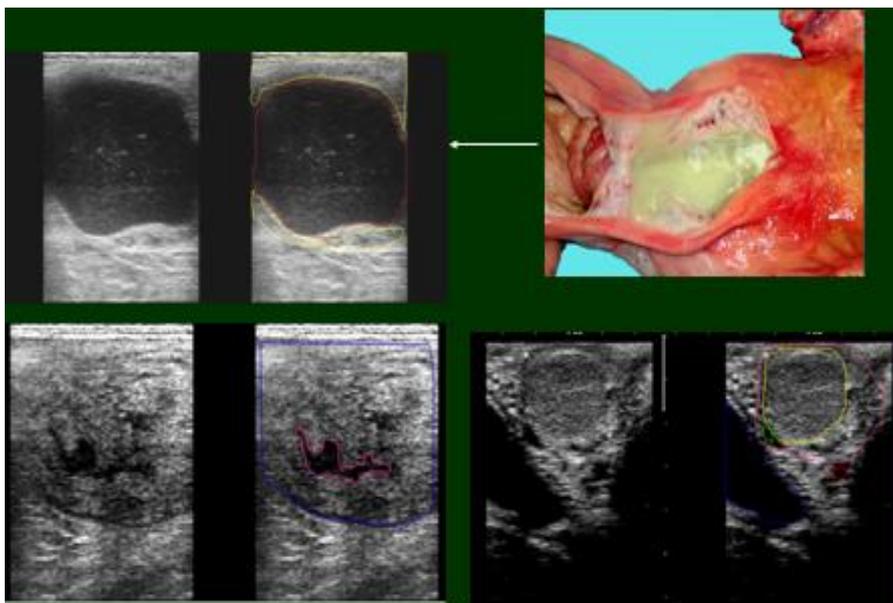


Figure 36 : Examen échographique de l'endomérite

## L'examen cytologique (Deguillaume 2007)

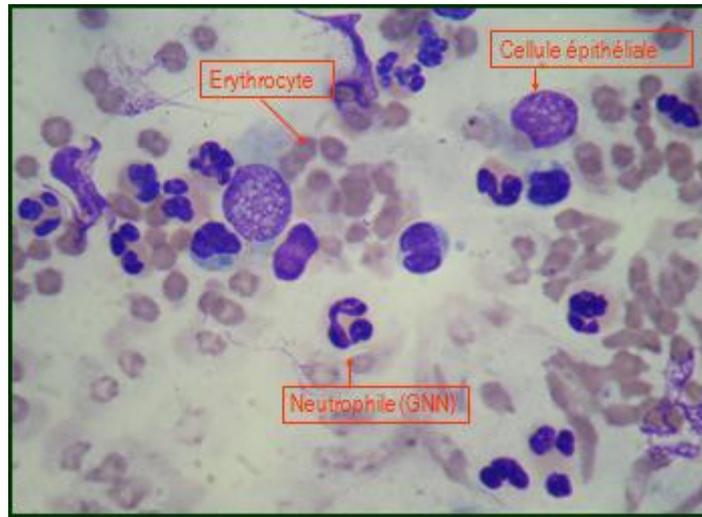


Figure37 : Prof. Ch. Hanzen - Les infections utérines chez la vache

### 1.3. Retards d'involution et métrites

#### - PALPATION TRANSRECTALE

Dans les 14 premiers jours suivant le vêlage, la vache peut être atteinte d'une infection utérine aiguë puerpérale. Cette métrite suraiguë fait le plus souvent, mais pas nécessairement, suite à une rétention placentaire ou à un vêlage dystocique. Elle est accompagnée d'une part, de signes généraux très graves avec risque de septicémie (hyperthermie, perte d'appétit, diminution de la production laitière) et d'autre part, de signes locaux (écoulements vulvaires anormaux sanieux, muco purulents et surtout malodorants) MIALOT .JP et al. (2001).

Nous avons vu Précédemment que l'involution anatomique des cornes utérines devait être complète vers 30 jours post-partum. Au-delà de ce délai, nous sommes en présence d'un retard d'involution qui traduit une métrite aiguë post-puerpérale. Elle se distingue de la métrite puerpérale proprement dite par une symptomatologie moins accentuée (hyperthermie irrégulière, production laitière stagnante et écoulements vulvaires inconstants d'odeur moins forte que la métrite puerpérale) et un moment d'apparition plus tardif (3 semaines-1 mois au lieu de quelques jours). Pour cette raison, elle est appelée métrite post-puerpérale MIALOT. JP et al. (2001).

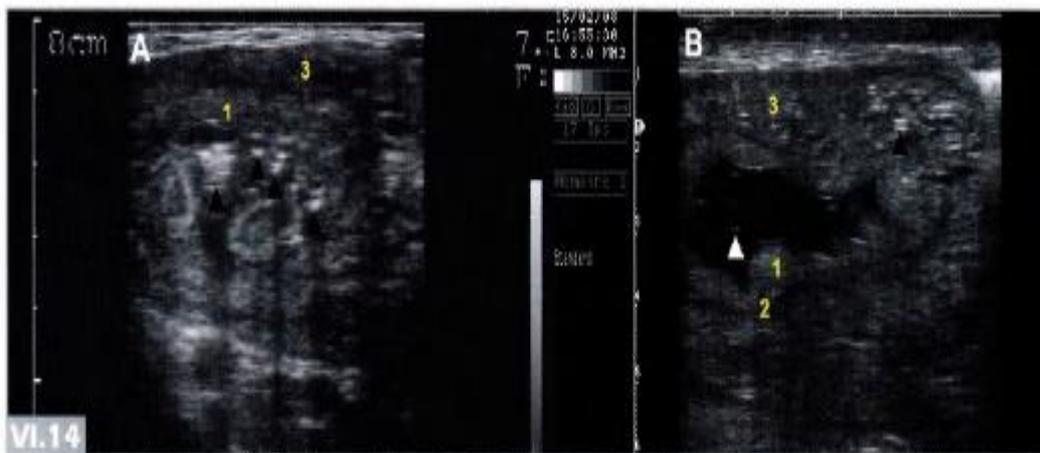
Il existe un dernier type de métrites : les métrites chroniques. Elles font suite à des métrites post-puerpérales ou apparaissent spontanément, on parle alors de métrites post-œstrales MIALOT JP et al. (2001).

Il existe 3 degrés de métrites chroniques :

- Degré 1 : C'est une endométrite aux symptômes très discrets. Elle se manifeste lors des chaleurs par un écoulement plus abondant, contenant parfois quelques flocons de pus MIALOT JP et al. (2001). Aucune modification de l'appareil génital n'est perçue lors de la palpation MIALOT JP et al. (2001).
- Degré 2 : Elle correspond à une métrite de faible importance. Les écoulements sont ici peu abondants mais purulents. A l'exploration rectale, l'utérus semble normal ou légèrement induré, hypertrophié MIALOT JP et al. (2001).
- Degré 3 : Les métrites de degré 3 sont le plus souvent diagnostiquées par palpation transrectale, avec en complément les signes cliniques (écoulements vulvaires, glaires cervicales visibles au vaginoscope...). En effet, l'utérus est plus ou moins volumineux, souvent irrégulier, à paroi indurée et épaissie.

### Le diagnostic

De cette infection utérine aiguë est réservé aux quinze premiers jours de la lactation des vaches. L'examen échographique de ce type de cas peut montrer une paroi utérine épaissie et très vascularisée, sans cotylédon, avec la présence d'un liquide d'échogénicité variable (grisâtre) dans lequel s'y retrouvent plusieurs particules hyperéchogènes (Figure38).



**Figure 38 : Images échographiques d'une métrite puerpérale aiguë chez une vache entre les jours 10Et 15 après le vêlage (sonde linéaire 7.5-8MHz ; profondeur 6cm).**

### Interprétation

Notez le liquide d'échogénicité variable sur l'image de gauche (Gracieuseté du Dr Giovanni Gnemmi), la présence de plusieurs particules hyperéchogènes et une paroi utérine 1 : endomètre 2 : zone vasculaire, myomètre épaissie (B) et très vascularisé(A).



Figure 39 : métrite aigue postpartum (vache)



Figure 40: Métrite aigue : écoulements brunâtres



Figure41 : Métrite clinique : écoulement trouble (degré 1)



**Figure42 : Métrite clinique : écoulement mucopurulent : degré 2**



**Figure 43 : Métrite clinique : écoulement purulent degré 3**

#### **Signes histologiques :**

- Endométrite du 1er degré (catarrhale) : foyers inflammatoires per glandulaires et nodules lymphocytaires
- Endométrite du 2ème degré : signes inflammatoires plus importants
- Endométrite du 3ème degré : nécrose endométriale et une infiltration leucocytaire très importante.

Expliquez la composante histologique de l'involution :

- J + 2 :

Infiltration leucocytaire : nécrose

- J -7 à J +14 :

Augmentation de la phagocytose

- J +10 à J +12 :

Fin de la dégénérescence des zones caronculaires.

Fin de la régénérescence des zones inter caronculaires.

- >J +10 :

Envahissement par des macrophages et des fibroblastes : régénérescence tissulaire

- J +10 à J +30 :

Disparition des vaisseaux caronculaires

- J 25 à J 30 :

Nouvel épithélium sur les zones caronculaires

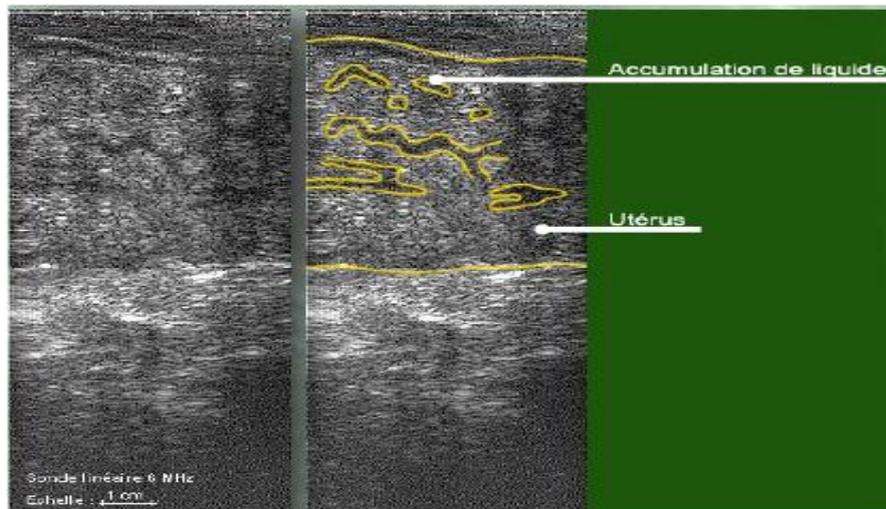
### **Interprétation par EXAMEN ECHOGRAPHIQUE**

Les images échographiques lors de métrite de degré 1 sont très proches de celles obtenues lors d'œstrus. Cependant, en cas d'endométrite, la forme linéaire de la lumière utérine est caractéristique (figure44) LEBASTARD. D, 1089.

Les différents critères permettant d'établir le diagnostic différentiel avec l'œstrus ont été décrits. Lors de métrite de 2ème degré, la muqueuse présente des contours irréguliers à bords crénelés [LEBASTARD D ,1089].

L'inflammation de l'utérus se traduit par des zones liquidiennes dont l'échogénicité est plus forte que celle des autres liquides utérins (œstraux ou foëtaux) hanzen. C et al. (1993). Quand une quantité suffisante de liquide s'accumule dans l'utérus, il est possible de voir quelques flocons échogènes flottant dans un liquide moins échogène hanzen .C et al. (1993), MERCIER PARISOT. JP et al. (1991).

La quantité de liquide est le plus souvent limitée et forme des zones anéchogènes linéaires. En cas de métrite de 3ème degré, la dilatation de la lumière devient circulaire et peut Atteindre plusieurs centimètres de diamètre. L'utérus contient en effet une grande quantité de sécrétions, se traduisant par une image à l'aspect floconneux caractéristique hanzen .C et al. (1993). Par ailleurs, l'utérus peut dans certains cas présenter un aspect spongieux.



**Figure 44 : Métrite de degré 1**

### **Conduite à tenir :**

Qualification du problèmes (Individuel, Troupeau) Les prostaglandines Approche individuelle : une injection en phase lutéale

### **Approche systématique :**

J 15 à 40 postpartum une ou plusieurs injections Résultats mitigés de l'utilisation systématique (Burton et Lean, Vet.Rec.,1995,136,90. Méta-analyse incluant 4052 vaches dans 10 différentes Études) Pas d'effets sur le taux de gestation en 1ère insém. Réduction du VIF de 3.3 jours chez 54 % des vaches sans problèmes Réduction du VIF de 2.9 jours chez 59 % des vaches à problèmes La gonadolibérine.

### **Exemple :**

Injection d'une GnRH 7 à 34 jours PP avec ou sans PGF 9 à 10 jours plus tard Pas d'influence sur la fertilité ou la fécondité Réduction de l'intervalle V-Chal et V-Insém. Réduction de la fréquence des kystes ovariens et de l'anœstrus fonctionnel A réserver aux animaux à problèmes en association avec une prostaglandine.

### **Les autres traitements**

- Calcithérapie : Lutte contre l'effet hypocalcémiant de l'endotoxine colibacillaire Drainage de la cavité utérine au moyen de solutions antiseptiques (à proscrire)
- Fluidothérapie

## 2. Pathologies ovariennes

### 2.1. Ovaire inactif

Près de 30% des vaches laitières peuvent avoir des ovaires inactifs (anœstrus vrai) dans le premier mois suivant le vêlage. Les ovaires de ces vaches ne portent pas de corps jaunes ni de gros follicules. Ils présentent plutôt de petits follicules.

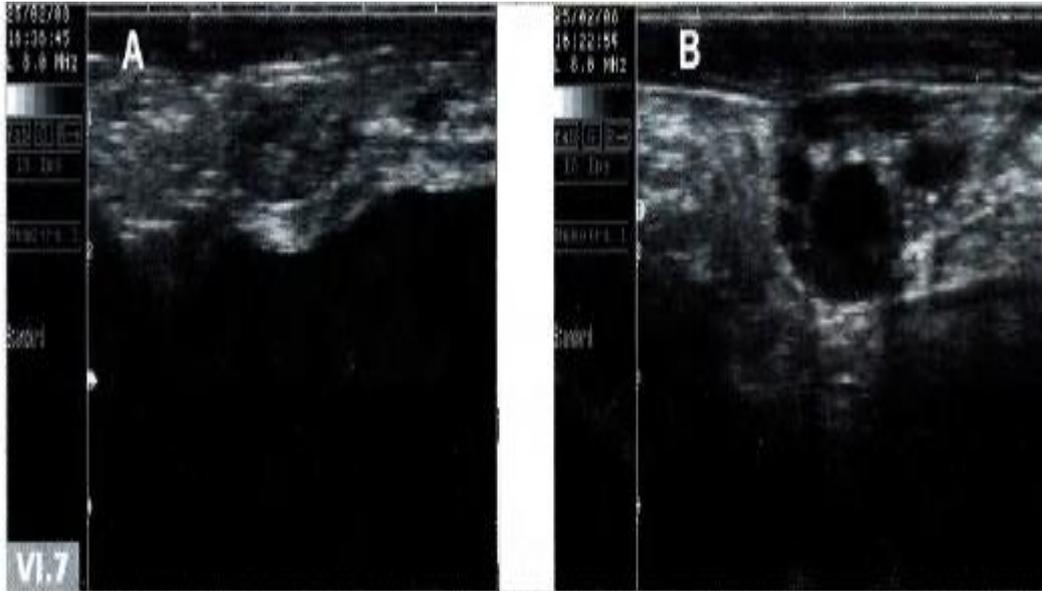


Figure 45 : Images échographiques d'un ovaire inactif (A) et d'un ovaire en proestrus (B)

### 2.2. Kyste folliculaire

Le kyste folliculaire est traditionnellement défini comme une structure folliculaire de plus de 25 mm qui persiste pour plus de 10 jours en l'absence d'un corps jaune (Figure 45). Bien que la majorité des kystes folliculaires diagnostiqués en début de lactation disparaissent sans traitement, il est généralement indiqué d'intervenir par une action thérapeutique sur les kystes folliculaires diagnostiqués après le premier mois de la lactation. Ces derniers peuvent ovuler spontanément, se lutéiniser partiellement et disparaître spontanément ou en réponse à l'utilisation de traitements hormonaux. Le kyste folliculaire qui se lutéinise en partie devient un kyste lutéal qui peut répondre à une injection de Prostaglandine F<sub>2a</sub>. La différenciation entre le kyste lutéinique et le corps jaune cavitair porte généralement sur l'épaisseur de la paroi lutéinisée de la structure qui est supérieure à 3 mm dans le cas d'un corps jaune cavitair et de moins de 3 mm pour le kyste lutéal (Figure 47). Cette différence peut être difficile à évaluer sur le terrain.



Figure 46 : Kyste folliculaire

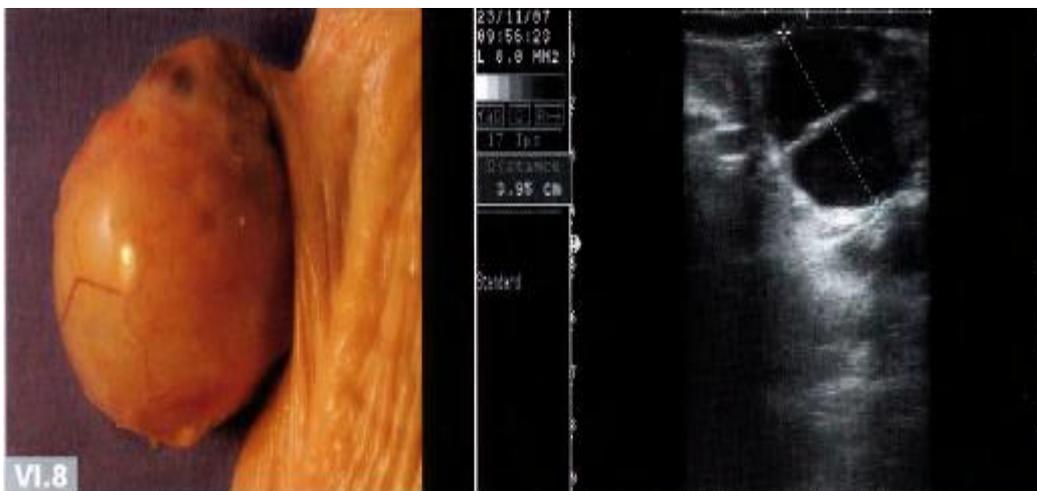


Figure 47 : Photo d'un kyste folliculaire de 4 cm et de son apparence échographique à l'aide d'une sonde linéaire 8 MHz (profondeur de 9 cm)

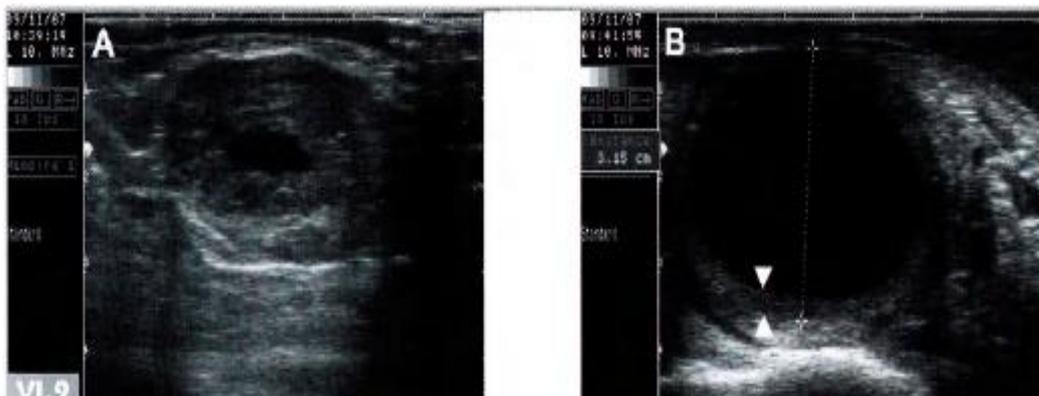


Figure 48 : Différences échographiques entre un corps jaune cavitaire (A) et un kyste lutéinique (B)

Chez une vache laitière (sonde linéaire 10 MHz ; profondeur 4 cm)

Interprétation :

- Pour la première

Notez que le kyste folliculaire est divisé en 2 cavités.

- Pour la deuxième A :
- Corps jaune cavitaire de 2.8 cm ; B : Kyste lutéinique de 3.7 cm dont la paroi est d'une épaisseur variable de 2 à 3 MM, paroi lutéinisée du kyste

### **2.3. Kystes ovariens**

Une étude réalisée par DOBSON *et al.* A montrer que l'utilisation de l'échographie améliorerait le diagnostic des kystes ovariens DOBSON .H et al. (2001).

Une méta analyse de 70 publications, étudiant les facteurs cliniques susceptibles d'affecter la fertilité, a confirmé que les kystes ovariens représentaient un facteur de risque majeur, augmentant l'intervalle vèlage-insémination fécondante (ou saillie), D'une moyenne de 20 à 30 jours FOURICHON. C et al. (2000).

Les répercussions économiques d'une telle augmentation sur un troupeau permettent de comprendre l'intérêt de l'échographie dans la recherche des kystes ovariens.

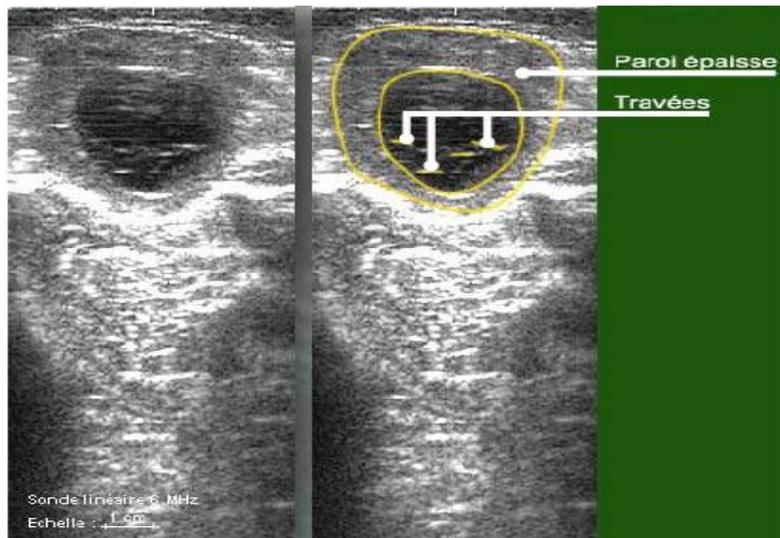
Les kystes ovariens sont des structures liquidiennes dont le diamètre de la cavité est supérieur à 25 mm et qui persistent anormalement dans le temps (plus de 15 à 20 jours) MIALOT JP et al. (2003).

Pourtant, les conditions d'apparition et d'évolution des kystes sont encore mal connues : de nombreux kystes considérés comme persistants se sont en réalité renouvelés MIALOT JP et al. (2003).

### **2.4. Kyste lutéal**

Ce kyste 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 (figure49) CHASTANT-MAILLARD. S et al. (2003).

A la différence du kyste folliculaire, il est considéré comme pathologique, quel que soit la date post partum à laquelle il est observé.



**Figure 49 : Kyste lutéal**

## **2.5. Tumeurs ovariennes**

Les tumeurs ovariennes sont rares chez la vache. Elles correspondent souvent à des tumeurs de la granulosa dont l'image échographique peut être très variable. Ces structures sont d'échogénicité hétérogène avec des zones anéchogènes ou peu échogènes : présence de tissu tumoral, de nombreux vaisseaux sanguins et d'éventuelles cavités au contenu séreux ou hémorragique HANZEN. C et CASTAIGNE. JL, 2004.

## **3. Anomalies**

### **3.1. Mortalité embryonnaire**

Elle correspond à l'interruption de la gestation durant la période embryonnaire (entre J0 et J45 chez les bovins). La mortalité embryonnaire précoce (entre J0 et J16) est indétectable par échographie. La mortalité embryonnaire tardive (J16-J45), quant à elle, pourra être mise en évidence lors de diagnostics de gestation précoces. Les mortalités embryonnaires sont parfois surestimées dans les élevages pour 2 raisons HANZEN .C et LAURENT. Y,1993.

Les vaches ne sont pas toujours réellement en chaleur lors de l'insémination (jusqu'à 23% des animaux) SHELDON .M et NOAKES. D, 2002.

Ou encore, des corps jaunes peuvent persister anormalement longtemps entraînant une réapparition plus tardive des chaleurs (d'où, confusion entre non fécondation et mortalité embryonnaire tardive). Ces mortalités embryonnaires représentent une perte économique pour l'éleveur dans la mesure où elles sont à l'origine d'augmentations de l'intervalle vêlage.

## - PALPATION TRANSRECTALE

La mortalité embryonnaire est difficile à objectiver par palpation transrectale, en raison principalement du stade de gestation à partir duquel cette technique devient réellement fiable (40-45 jours).

## - EXAMEN ECHOGRAPHIQUE

Une étude de 1991, sur l'évaluation de l'incidence de la mortalité embryonnaire dans l'espèce bovine, a montré que l'échographie permet d'objectiver la prévalence de la mortalité embryonnaire tardive en élevage bovin et, lors d'examens répétés, d'étudier la pathogénie HANZEN .C et LAURENT. Y,1993.

Plusieurs signes échographiques peuvent faire suspecter une mortalité embryonnaire (figure 50) :

- le diamètre maximal des zones anéchogènes est inférieur à celui attendu pour le stade de gestation supposé,
- l'embryon est en pleine dégénérescence (image moins échogène qu'habituellement) voire introuvable,
- les battements cardiaques ne sont plus observables lorsque le fœtus est mort, que cette mort soit récente (désorganisation du fœtus peu avancée) ou ancienne,
- éventuellement, des débris plus échogènes sont observés en suspension dans les liquides.

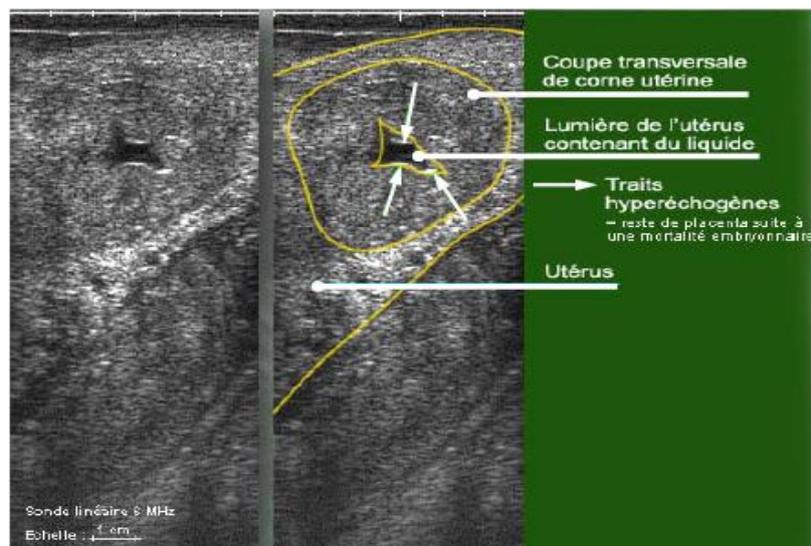


Figure 50 : Mortalité embryonnaire 45 jours post insémination artificielle

### 3.2. Momification

Elle se produit parfois sur certains fœtus morts : les liquides amniotiques et allantoïdiens se résorbent, le placenta se désengrène et se colle au fœtus. Les muscles du fœtus se rétractent, la peau s'autolyse et le fœtus apparaît alors comme une forme amorphe brunâtre. L'étiologie de la momification reste assez vague. Cependant, elle s'observe dans le premier tiers de la gestation. Elle est suspectée par l'éleveur par une non correspondance entre le stade supposé de gestation et la distension abdominale ou par le dépassement du terme (plus de 290 jours et parfois de plusieurs mois HANZEN .C et CASTAIGNE. JL,2004.

Lors du suivi de reproduction de troupeaux, il est parfois possible de détecter échographiquement une momification : la quantité de liquide visible autour du fœtus est faible, ne correspondant pas à la date d'insémination fécondante (ou de saillie). Les côtes ou une partie du squelette sont souvent visibles mais la forme habituelle d'un fœtus n'est pas retrouvée : c'est une masse, amorphe et compacte (figure51) ANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

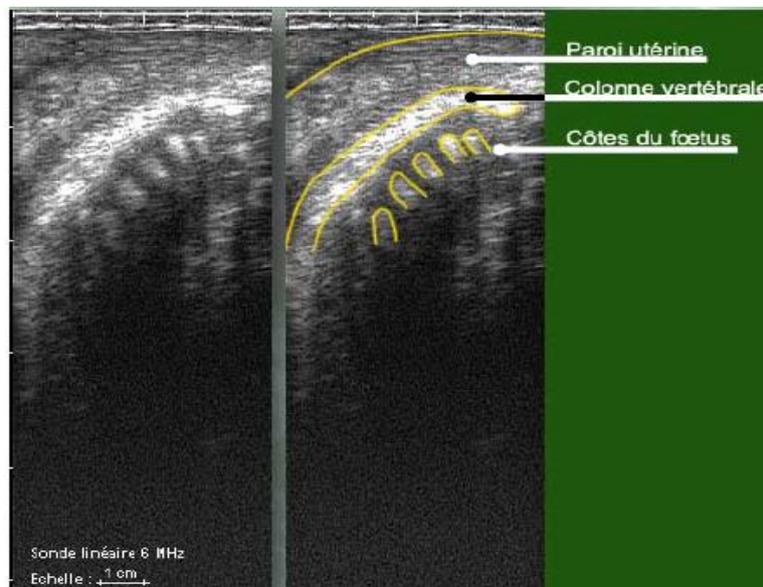


Figure 51 : Fœtus momifié

### 3.3. Hydropisie des enveloppes fœtales

Le volume du placenta, œdémateux est multiplié par 3 ou 4. Souvent, cette accumulation de liquide est associée à des dysfonctionnements vasculaires dans le placenta, plus particulièrement de la circulation veineuse de l'allantochorion HANZEN. C et CASTAIGNE. JL, 2004.

L'accumulation anormale ou excessive de liquide allantoïdien (hydrallantoïde) ou de liquide amniotique (hydramnios) se rencontre le plus souvent chez la vache au cours de la seconde moitié de la gestation. L'hydrallantoïde est beaucoup plus fréquent (90%) que l'hydramnios (10%). L'hydrallantoïde correspond à une augmentation du volume du liquide allantoïdien de 10 à 50 fois HANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

Cette pathologie représente un cas sur 7500 gestations normales pour les vaches. Dans les cas de gestations obtenues avec des embryons provenant de clonage somatique, elle touche

10 à 15% des vaches dont la gestation atteint au moins 90 jours. Le moment d'apparition privilégié est le dernier trimestre de la gestation HANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

L'étiologie reste encore jusqu'à aujourd'hui mal connue. Diverses hypothèses ont été avancées mais aucune confirmée. Cependant, l'hydropisie des membranes fœtales est souvent associée à une gestation gémellaire ou à la présence de veaux anormaux : fœtus bouledogues, coelosomiens, fœtus clonés HANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

L'implication du virus BVD a également été suspectée. Chez la vache gravide atteinte, on observe souvent une distension abdominale, des difficultés locomotrices, une anorexie et un abattement, allant jusqu'au dépérissement si la gestation n'est pas interrompue pharmacologiquement. Il s'ensuit par ailleurs presque toujours une rétention placentaire HANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

Un dépistage systématique est mis en place dans les centres de recherche manipulant des clones. Ce dépistage s'effectue par échographie trans abdominale et on observe l'augmentation de l'échogénicité des placentomes et un veau plus difficile à visualiser en raison de l'accumulation liquidienne HANZEN. C et CASTAIGNE. JL,2004.

## Conclusion et recommandation

---

En tant qu'outil de recherche, l'échographie transrectale a révolutionné notre compréhension de la biologie de la reproduction. En tant qu'outil de gestion, l'échographie transrectale peut fournir un outil de diagnostic pour améliorer la gestion de la reproduction dans les exploitations laitières. Bien qu'il existe de nombreuses applications potentielles de l'échographie pour la gestion de la reproduction des vaches laitières, la combinaison de l'échographie pour le diagnostic précoce de la gestation avec l'IA à temps fixe et la détection précoce des gestations gémellaires entraînera probablement les utilisations les plus répandues de cette technologie. La mise au point de systèmes intégrés de gestion de la reproduction qui combinent les ultrasons avec les technologies de reproduction nouvelles et existantes améliorera encore davantage les applications pratiques de l'échographie. Poursuite des recherches sur l'efficacité des protocoles qui intègrent l'échographie avec les protocoles d'IA pour la resynchronisation de l'ovulation, les stratégies de gestion différentielle pour les vaches porteuses de fœtus jumeaux et des analyses économiques approfondies sur l'utilisation de l'échographie pour la prise en charge de la reproduction des vaches laitières doivent être conduites avant que l'intégration généralisée de l'échographie ne se produise dans l'industrie laitière.

## Références bibliographiques :

- ❖ ADAMS GP. Developments in the use of ultrasonography in buiatrics. In: Giornate buiatriche, Asiago, 5, 6 et 7 mai 2000, 32, 63-68.
- ❖ Anonyme.,2001, Atlas échographique en gynécologie bovine.
- ❖ BOIN E. Atlas d'échographie en gynécologie bovine. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2001, n°86.
- ❖ CHAPPUIS I. Contribution à l'étude de la contention chez les bovins. Thèse Méd Vét., Lyon, 1987, n°67.
- ❖ CHASTANT-MAILLARD S, BOIN E, GRIMARD B, MIALOT JP. Echographie ovarienne chez la vache. Point Vét., 2003, 34 (N° spécial : « Examens paracliniques chez les bovins »), 112-117.
- ❖ DECANTE F. (1990)- Le diagnostic de gestation par échographie en clientèle rurale bovine. Bull. GTV, 4, 45-51.
- ❖ DECANTE F. (1990)- Le diagnostic de gestation par échographie en clientèle rurale bovine. Bull. GTV, 4, 45-51.
- ❖ DECANTE F. Le diagnostic de gestation par échographie en clientèle rurale bovine. Bull. GTV, 1990, 4, 45-51.
- ❖ DIMBERTON A. La sécurité de l'éleveur et le bien être des bovins pendant la contention : Etude de méthodes adaptées au comportement animal. Thèse Méd. Vét., Lyon, 1999, n°92. 202
- ❖ DOBSON H, DOUTHWAITE R, NOBLE KM, O'DONNELL MJ, RIBADU AY, TEBBLE JE et al. Cystic ovaries in cattle. Cattle Pract., 2001, 9, 185-189.
- ❖ FOURICHON C, SEEGERS H, MALHER X. Effect of disease on reproduction in the dairy cow : a meta analysis. Theriogenology, 2000, 53, 1729-1759.
- ❖ FRICKE PM. Scanning the future – Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. J.Dairy Sci., 2002, 85, 1918-1926.
- ❖ HANZEN C, CASTAIGNE JL. Les pathologies de la gestation. In : HANZEN C, CASTAIGNE JL. Obstétrique et Pathologie de la Reproduction des Ruminants, Equidés et Porcs [en ligne] (Faculté de médecine vétérinaire et de l'université de Liège), Juin 2001 (modifié le 04 Mars 2004),  
[<http://www.fmv.ulg.ac.be/oga/formation/chap18/index.htm?page=18-1.htm>], (consulté le 20 Avril 2004).
- ❖ HANZEN C, CASTAIGNE JL. Production d'embryons in vitro. In : HANZEN C, CASTAIGNE JL. Obstétrique et Pathologie de la Reproduction des Ruminants, Equidés et Porcs [en ligne] (Faculté de médecine vétérinaire et de l'université de Liège), Juin 2001 (modifié le 17

Octobre 2003), [<http://www.fmv.ulg.ac.be/oga/dloads/Doc2Notes/Ch32.doc>], (consulté le 03 Mai 2004).

- ❖ HANZEN C, CASTAIGNE JL. Propédeutique de l'appareil génital de la vache. In : HANZEN C, CASTAIGNE JL. Obstétrique et Pathologie de la Reproduction des Ruminants, Equidés et Porcs [en ligne] (Faculté de médecine vétérinaire et de l'université de Liège), Juin 2001 (modifié le 02 Février 2002), [<Http://www.fmv.ulg.ac.be/oga/formation/chap01/index.htm?page=1-1.htm>], (consulté le 20 Mai 2004).
- ❖ HANZEN C, LAURENT Y, JAKOVLJEVIC S. Applications de l'échographie en reproduction bovine. 2. L'utérus gestant et non-gestant. Ann. Méd. Vét., 1993, 137, 93-101.
- ❖ HANZEN C, LAURENT Y. Application de l'échographie bidimensionnelle au diagnostic de gestation et à l'évaluation de l'incidence de la mortalité embryonnaire dans l'espace. Ann. Méd. Vét., 1991, 135, 481-487.
- ❖ HINKELDEY JA, HOPKINS S. Using ultrasonography in bovine reproduction. Iowa State Univ. Vet., 1996, 58, 23-30.
- ❖ JAUDON JP, PERROT C, VIAUD F et CADORE J. Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale. Point Vét., 1991, 23 (135), 11-18.
- ❖ JAUDON JP, PERROT C, VIAUD F et CADORE J. Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale. Point Vét., 1991, 23 (135), 11-18.
- ❖ KAHN W. Examen échographique de la brebis et de la chèvre. In : Atlas de diagnostics échographiques. Editions Maloine, Paris, 1994, 186-210.
- ❖ KAHN W. Examen échographique des bovins. In : Atlas de diagnostics échographiques. Editions Maloine, Paris, 1994, 83-185.
- ❖ LEBASTARD D. Echographie en gynécologie bovine : utilisations possibles dans le cadre d'un exercice en clientèle rurale. Point Vét., 1997, 28 (181), 1089- 1096.
- ❖ LEVEILLE R, DIFRUSCIA R et BRETON L. L'échographie en médecine vétérinaire. I. Rappel des principes techniques. Méd. Vét. Québec, 1995, 25, 52-57.
- ❖ LEVEILLE R, DIFRUSCIA R et BRETON L. L'échographie en médecine vétérinaire. I. Rappel des principes techniques. Méd. Vét. Québec, 1995, 25, 52-57.
- ❖ LEVY I, EMERY P, MIALOT JP. Echographie et gestion des troupeaux ovins. Rec. Méd. Vét., 1990, 166, 751-764.

- ❖ MAI W, BEGON D et CHETBOUL V. L'échographie en médecine vétérinaire canine et féline. Bases physiques et applications. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité fonctionnelle de radiologie, 1994, 1-17. 205.
- ❖ MAI W, BEGON D et CHETBOUL V. L'échographie en médecine vétérinaire canine et féline. Bases physiques et applications. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité fonctionnelle de radiologie, 1994, 1-17.
- ❖ MAI W. (1999)- L'image échographique : formation et qualité. Point vét., 30, (201), 499-504.
- ❖ MAI W. L'image échographique : formation et qualité. Point Vét., 1999, 30 (201), 499-504.
- ❖ MAI W. L'image échographique : formation et qualité. Point Vét., 1999, 30 (201), 499-504.
- ❖ MAI W. Les artefacts de l'image échographique. Point Vét., 1999, 30 (202), 569-573.
- ❖ MARTINEZ MF, BOSCH P, BOSCH RA. Determination of early pregnancy and embryonic growth in goats by transrectal ultrasound scanning. Theriogenology, 1998, 49, 1555-1565.
- ❖ MAYNARD P. Contribution à l'étude de la contention des bovins : travaux et cages de contention. Thèse Méd. Vét., Alfort, 1978, n°28.
- ❖ MERCIER PARISOT P, MARTINOT S, THIRIAT F, FRANCK M. Echographie et gestion de la reproduction chez les bovins. Point Vét., 1991, 23 (135), 33-40.
- ❖ MIALOT J.P., LEVY I. et GRIMARD B. (1991)- L'échographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins. Rec. Méd. Vét., 167, (1), 21-31.
- ❖ MIALOT JP, CHASTANT-MAILLARD S, REMY D. Reproduction bovine. Infertilité femelle. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie de la Reproduction, 2001, 17-51.
- ❖ MIALOT JP, CONSTANT F, RAVARY B, RADIGUE P. Echographie : matériel utilisable en clientèle rurale ou mixte et principales indications chez les ruminants et les porcins. In : Journées Nationales des GTV, Nantes, 14, 15 et 16 mai 2003, 639-646.
- ❖ MIALOT JP, LEVY I, EMERY P. Echographie et gestion des troupeaux caprins. Rec. Méd. Vét., 1991, 167, 399-406.
- ❖ MIALOT JP, LEVY I, GRIMARD B. Echographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins. Rec. Méd. Vét., 1991, 167, 21-31.
- ❖ MIALOT JP, RADIGUE P, HOUARD J, MARCHON D, CONSTANT F, PONTER A et al. Les kystes ovariens chez la vache laitière : l'apport de l'échographie. In : Journées Nationales des GTV, Nantes, 14, 15 et 16 mai 2003, 657-664.
- ❖ MIALOT JP. La pseudogestation chez la chèvre. Point Vét., 1995, 26 (165), 1053-1060.

- ❖ PIERSON R.A. et GINTHER O.J. (1988)- Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology*, 29, 21-37.
- ❖ POLLET T. Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et foetale chez les bovins. Thèse Méd. Vét., Lyon, 1993, n°33.
- ❖ POLLET T. Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et foetale chez les bovins. Thèse Méd. Vét., Lyon, 1993, n°33.
- ❖ **Quintela, M Barrio, Al Pena, JJ Becerra, J Cainzos, PG Herradon et C Diaz.** 2012. Use of Ultrasound in the Reproductive Management of Dairy Cattle. *Reprod Dom Anim*47(Suppl. 3), 34-44 .
- ❖ ROBLOT C. Diagnostic du sexe des foetus bovins et équins par échographie. Thèse Méd. Vét., Nantes, 1998, n°99. 206
- ❖ SAUVE R, BERGAMINI PF. L'échographe, instrument de la trousse médicale. In: Giornate buiatriche, Asiago, 5, 6 et 7 mai 2000, 32, 63-68.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p39.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p40.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p41-42.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p43.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p 48.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). P48-49.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p50.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p51-52.
- ❖ Sebastien BUCZINSKI.,2009, Atlas échographique en gynécologie bovine (187). p37-38-39.
- ❖ SHARKEY S, CALLAN RJ, MORTIMER R, KIMBERLING C. Reproductive techniques in sheep. *Vet. Clin. North Am. (Food Anim. Pract)*, 2001, 17, 435- 455.
- ❖ SHELDON M, NOAKES D. Pregnancy diagnosis in cattle. *In Practice*, 2002, 24, 310-317.
- ❖ TAINTURIER D, FIENI F, BRUYAS JF, BATTUT I, BENCHARIF D. Diagnostic de gestation chez la vache par échotomographie : application au diagnostic du sexe. In : Giornate buiatriche, Asiago, 5, 6 et 7 mai 2000, 32, 63-68.
- ❖ TAINTURIER D., FIENI F., BRUYAS J-F. et BATTUT I. (1998)- Diagnostic de gestation chez la vache, application au diagnostic du sexe. Journées nationales des GTV, Tours 27, 28 et 29 mai 1998, 397-404.
- ❖ THUMEREL JP. Contribution à l'étude de la contention chez les bovins ; travaux et cage de contention. Thèse Méd. Vét., Alfort, 1978, n°27.

❖ **Site internet :**

**Site 01 :**

[http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci\\_repro/lab/female\\_anatomy/cow\\_2011/cow\\_tract\\_500w\\_excervicalos.html](http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci_repro/lab/female_anatomy/cow_2011/cow_tract_500w_excervicalos.html)

**Site 02 :**

[http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci\\_repro/lab/female\\_anatomy/cow\\_2011/cow\\_tract\\_carnucles.htm](http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci_repro/lab/female_anatomy/cow_2011/cow_tract_carnucles.htm)

**Site 03 :**

[http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci\\_repro/lab/female\\_anatomy/cow\\_2011/cow\\_tract\\_750\\_cut.html](http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci_repro/lab/female_anatomy/cow_2011/cow_tract_750_cut.html)

**Site 05 :**

[http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci\\_repro/lab/female\\_anatomy/cow\\_2011/ovary.html](http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci_repro/lab/female_anatomy/cow_2011/ovary.html)

**Site 06 :**

[http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci\\_repro/lab/female\\_anatomy/cow\\_2011/cow\\_tract\\_gen\\_label.html](http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/ansci_repro/lab/female_anatomy/cow_2011/cow_tract_gen_label.html)