

# Applications de l'échographie à la reproduction des ruminants

Prof. Ch. Hanzen

Année 2013-2014

Université de Liège

Faculté de Médecine Vétérinaire

Service de Thériogenologie des animaux de production

Courriel : Christian.hanzen@ulg.ac.be

Site : <http://www.therioruminant.ulg.ac.be/index.html>

Publications : <http://orbi.ulg.ac.be/>

## Table des matières

1.	Objectif général.....	2
2.	Objectifs spécifiques .....	2
3.	Principes de base de l'échographie .....	3
	3.1. L'onde acoustique .....	3
	3.2. Production des ultrasons .....	4
	3.3. Les types de sonde .....	4
	3.4. Interaction des ultrasons avec la matière.....	4
	3.5. Caractéristiques du faisceau ultrasonore .....	6
	3.6. Les modes échographiques .....	7
	3.7. L'échostructure tissulaire .....	7
	3.8. Les artéfacts acoustiques.....	8
	3.9. Effets biologiques des ultrasons .....	9
	3.10. Réglages de l'appareil et manipulations de la sonde .....	9
4.	L'échographie de l'ovaire.....	10
	4.1. Rappels anatomiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	4.2. Rappels physiologiques : le cycle sexuel .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	4.2.1. --Notions de vague folliculaire, recrutement, sélection et dominance	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	4.2.2. --Régulation hormonale du cycle sexuel	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	4.3. Les follicules .....	10
	4.4. Les corps jaunes.....	11
	4.4.1. --Le corps jaune hémorragique	11
	4.4.2. --Le corps jaune de dioestrus	11
	4.4.3. --Le corps jaune atrétique	11
	4.4.4. --Le corps jaune cavitaire	11
	4.5. Les kystes ovariens .....	11
	4.5.1. --Le kyste folliculaire	12
	4.5.2. --Le kyste folliculaire lutéinisé	12
	4.6. Intérêt de l'échographie appliqué à l'examen de l'ovaire.....	12
	4.6.1. --Le corps jaune hémorragique	12
	4.6.2. --Le corps jaune de dioestrus	12
	4.6.3. --Les follicules	12
	4.6.4. --Les kystes ovariens	12
5.	L'échographie de l'utérus .....	13
	5.1. Rappels anatomiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	5.2. L'utérus normal .....	13

5.3. L'endométrite .....	13
5.4. Le mucomètre .....	13
6. Applications de l'échographie à la gestation .....	13
6.1. Remarques générales .....	13
6.1.1. -- Critères de choix d'une méthode de constat de gestation	13
6.1.2. -- Evaluation d'une méthode de constat de gestation	14
6.2. Modifications anatomiques de l'utérus gestant .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.2.1. -- Modifications utérines	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.1.2.1. Latéralité de la gestation	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.1.2.2. Poids de l'utérus	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.1.2.3. Longueur de l'utérus	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.1.2.4. Epaisseur de la paroi utérine	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.2.2. -- Modifications placentaires	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.2.3. -- Evaluation de l'âge du fœtus	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.2.4. -- Modifications de l'artère utérine	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.2.5. -- Modifications de l'utérus et du foetus au cours de la gestation	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6.3. Le constat de gestation par échographie.....	14
6.3.1. -- Stratégie propédeutique	14
6.3.2. -- Caractéristiques de la vésicule embryonnaire	15
6.3.3. -- Caractéristiques échographiques générales de l'embryon	15
6.3.4. -- Caractéristiques spécifiques échographiques du développement embryonnaire et foetal	
6.3.5. -- Détermination de l'âge de l'embryon	18
6.5.3.1. Intérêts de la méthode	18
6.5.3.2. Mesures de détermination	18
6.3.6. -- Détermination du sexe fœtal	19
6.6.3.1. Rappels d'embryologie	19
6.6.3.2. Principes du sexage par échographie	19
6.4. Changements de présentation fœtale .....	20
6.5. La mortalité embryonnaire .....	20
6.6. Les anomalies fœtales .....	20
6.7. Résultats des constats de gestation par échographie.....	20
6.8. Prélèvement de liquides fœtaux.....	21
7. La ponction échoguidée des follicules ovariens .....	21
8. Applications de l'échographie chez les petits ruminants .....	22
8.1. Le mode A.....	22
8.2. Le Doppler .....	22
8.3. L'échographie bidimensionnelle (mode B) .....	22
9. Pour en savoir plus .....	23

## 1. Objectif général

L'échographie constitue une propédeutique complémentaire essentielle en reproduction bovine, ovine et caprine. Après avoir rappelé les principes généraux de l'échographie, le chapitre abordera la méthodologie de l'examen échographique chez la vache. Les caractéristiques échographiques des structures physiologiques et pathologiques ovariennes puis utérines seront présentées après de brefs rappels anatomiques et physiologiques. L'examen échographique de l'utérus gestant et de son contenu sera ensuite détaillé. Le chapitre se complètera par les applications de l'échographie chez les petits ruminants.

## 2. Objectifs spécifiques

Au terme du chapitre, l'apprenant devra être capable de

1. Enoncer les 4 propriétés des ondes acoustiques.
2. Restituer la gamme de fréquence habituellement utilisée en reproduction animale.
3. Faire le schéma d'une sonde échographique linéaire.
4. Enoncer l'échogénicité des principales structures tissulaires génitales, embryonnaires et fœtales explorées par échographie en reproduction bovine.
5. Expliquer la notion de fenêtre acoustique.
6. Expliquer la notion d'impédance acoustique
7. Expliquer les notions de réflexion, absorption, réfraction et atténuation.
8. Expliquer la notion d'artefact échographique.
9. Donner des exemples d'artefacts échographiques.
10. Expliquer la méthodologie de l'examen échographique du tractus génital de la vache.
11. Décrire les composants principaux d'un appareil d'échographie.
12. Commenter les manipulations possibles de la sonde échographique lors d'un examen transrectal.
13. Enoncer, par rapport à la palpation manuelle, les avantages de l'échographie appliquée à l'examen des ovaires chez la vache.
14. Enoncer, par rapport à la palpation manuelle, les avantages de l'échographie appliquée à l'examen de la vache gestante.
15. Décrire l'évolution histo-anatomique de la vésicule embryonnaire chez la vache au cours du 1<sup>er</sup> mois de gestation.
16. Enoncer les possibilités offertes par l'échographie appliquées à la propédeutique de l'embryon et/ou du fœtus.
17. Décrire les modifications embryologiques encourues par le foetus mâle ou femelle.
18. Expliquer le principe du sexage échographique du fœtus.
19. Expliquer le principe de l'examen échographique du tractus génital des petits ruminants.
20. Expliquer les avantages de l'échographie par rapport à d'autres méthodes propédeutiques dans le diagnostic de gestation chez les petits ruminants.

## 3. Principes de base de l'échographie

### 3.1. L'onde acoustique

Le son résulte de la vibration des particules d'un milieu autour de leur position d'équilibre. La transmission de ce mouvement d'une particule à l'autre engendre l'apparition d'un mouvement ondulatoire ou onde. L'onde acoustique se caractérise notamment par sa vitesse de propagation et sa fréquence de vibration.

La vitesse de propagation exprime la rapidité avec laquelle s'opère la transmission du changement de la position d'équilibre d'une particule à sa voisine. Elle dépend notamment de la densité et de la rigidité de compression du milieu traversé. Ainsi, le son se propage plus vite dans les os (2700-4100 m/sec) que dans l'eau (1480 m/sec), les tissus biologiques (tissus mous, muscles : 1460 à 1630 m/sec) ou l'air (330m/sec). La vitesse de propagation est indépendante de la fréquence de l'ultrason.

La fréquence de vibration exprime le nombre de fois qu'une particule se déplace et revient à sa position d'équilibre (période ou cycle) dans un temps donné. Cette fréquence s'exprime en Hertz : 1 Hertz (Hz) est égal à 1 cycle par seconde ; 1 MegaHertz (MHz) est égal à 1.000.000 cycles par seconde. On peut ainsi distinguer les infrasons (0 - 20 Hz), les sons (20 - 20000 Hz) et les ultrasons (>20KHz). L'échographie utilise des ondes d'une fréquence comprise entre 2 et 10 MHz.

La longueur d'onde représente la plus courte distance séparant deux particules vibrant en phase dans le milieu traversé par l'onde acoustique. Pour une fréquence donnée elle dépend étroitement du milieu traversé. Plus courte est la longueur d'onde et meilleure sera l'image échographique.

L'intensité absolue du son s'exprime en Watts par mètre carré. Elle représente une puissance par unité de surface ou plus explicitement, une quantité d'énergie traversant une unité de surface par unité de temps. En ce qui concerne l'unité de mesure des US, il est plus facile d'utiliser des Watts par centimètre carré. L'intensité relative d'un son se mesure en *décibel*. Il s'agit du logarithme en base 10 du rapport des intensités relatives de deux faisceaux sonores :  $dB = 10 \times \log 10 R_2 / R_1$ .

### **3.2. Production des ultrasons**

Un échographe est constitué de plusieurs parties : un premier ensemble est constitué d'un générateur, d'un amplificateur, d'un convertisseur et d'un écran. La sonde échographique est reliée à cet ensemble par un câble. Le générateur envoie des impulsions électriques à la sonde via le câble (1). Ce dernier transmet à l'amplificateur les impulsions électriques reçues de la sonde (2). L'amplificateur envoie à un convertisseur ces impulsions (3). Ce dernier envoie les impulsions converties à l'écran (4).

L'échographie est basée sur l'effet piezo-électrique. L'application d'une différence de potentiel alternative entre les deux faces d'un matériau tel que des cristaux de quartz ou de tourmaline ou encore des céramiques de zirconate de plomb et de titane entraîne la déformation et l'apparition d'US ou de sons selon la fréquence de vibration du cristal utilisé : c'est l'émission de l'onde sonore ou ultrasonore. Rencontrant l'interface de deux milieux, cette onde est réfléchie : elle constitue un écho. L'ébranlement du cristal ou de la céramique par cet écho engendre une différence de potentiel entre les deux faces du cristal. La détection de cette énergie acoustique constitue la réception. Un même cristal peut donc fonctionner comme émetteur et comme récepteur d'ultrasons. Il est aussi appelé transducteur piezo-électrique.

Une sonde ultrasonore se compose essentiellement d'un élément piezo-électrique (quartz ou céramique), d'une substance amortissante des US émis, d'une couche dite quart d'onde ayant un rôle d'adaptateur d'impédance destinée à assurer une transmission optimale des ultrasons entre le cristal et le milieu extérieur et d'électrodes ou bobine génératrice d'un champ électrique. L'adaptation d'impédance est encore améliorée par l'utilisation d'un gel de contact appliqué entre le transducteur et la région explorée.

### **3.3. Les types de sonde**

Deux types de sonde peuvent être distinguées : la, sonde linéaire (L) et la sone sectorielle (S). La sonde semi-linéaire représentant une situation intermédiaire. La sonde linéaire comporte un grand nombre (30 à 120) de cristaux pour former ce que l'on appelle une barrette multisonde. La sonde linéaire offre l'avantage d'avoir un champ échographique constant que l'on se trouve ou non à proximité de la sonde émettrice. Ce type de sonde est classiquement utilisée en reproduction bovine. La sonde sectorielle a un ou plusieurs cristaux disposés de façon à produire un faisceau qui est rapidement balayé pour former une image en quartier de tarte. La sonde sectorielle a comme avantage de ne requérir qu'une petite surface de contact avec la structure à examiner mais la coupe échographique augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la sonde émettrice. Ce type de sonde est parfait pour l'échographie externe des petits ruminants ou pour la ponction échoguidée des follicules ovariens.

Que la sonde soit linéaire ou sectorielle, les ultrasons sont émis en mode dit pulsé et non pas continu. En effet, l'émetteur joue également le rôle de récepteur. Le temps d'émission dure une microseconde pour une milliseconde d'intervalle libre mis à profit pour la réception des échos. Le cristal demeure donc en attente 99,9 % du temps pour transformer en signaux électriques les échos reçus.

### **3.4. Interaction des ultrasons avec la matière**

Divers processus appelés *réflexion*, *réfraction*, *diffusion* et *absorption* sont à l'origine non seulement (1) des échos générés par les ultrasons mais également (2) de leur atténuation partielle ou totale au cours de leur propagation. Cette atténuation est directement proportionnelle à la fréquence de la sonde. Concrètement cela signifie que le champ ultrasonore généré par une sonde de 7 MHz sera plus vite atténué que celui provenant d'une sonde de 3 MHz. Il en résulte une profondeur d'exploration moindre. Ainsi les profondeurs d'exploration sont-elles respectivement comprises entre 0 à 20 cm, 0 à 12 cm et 0 à 7 cm pour des sondes de 3 ; 5 et 7 MHz.

L'atténuation dépend également de la nature du tissu. Elle est minimale dans l'eau. Elle est respectivement 40 et 20 fois plus importante dans les poumons et dans l'os que dans le foie.

L'impédance acoustique représente le degré de « résistance » manifesté par le tissu aux US qui le traversent. Elle est fonction de la masse volumique du milieu et de la vitesse de propagation de l'onde dans ce milieu. La nature et l'importance des interactions des ultrasons dépendent du degré de différence d'impédance acoustique manifesté par les tissus traversés. La zone séparant deux tissus de densité acoustique différente s'appelle interface. Elles sont essentielles pour identifier le contour des structures explorées et donc pour en réaliser la mesure.

### La réflexion

Lorsque le faisceau ultrasonore rencontre au cours de sa propagation un tissu de densité différente de celle du milieu dans lequel il se trouve (Interface A), il est réfléchi et capté par le cristal sous forme d'écho (A') (Fig. 3). La réflexion peut être partielle ou totale. Si la différence d'impédance est faible, la réflexion n'est pas totale et une partie de l'onde incidente sera réfractée et transmise au milieu sous-jacent ou elle donnera lieu à de nouvelles réflexions : l'interface B génère la réflexion B', l'interface C génère la réflexion C'. On observe qu'au fur et à mesure de sa propagation, le faisceau perd de son énergie. Cette atténuation est due d'une part à l'absorption de l'onde qui se dissipe sous forme de chaleur et d'autre part aux réflexions spéculaires et non spéculaires. Aussi, on doit augmenter l'ajustement du gain sur l'appareil pour mieux visualiser les images provenant des structures situées plus loin de la sonde. Ce bouton de gain sert à amplifier les ondes reçues permettant ainsi de mieux visualiser les structures faiblement échogènes ou situées en profondeur. Le système TGC (Time Gain Compensation) amplifie les échos selon le temps de transmission c'est-à-dire en fait selon la profondeur de l'organe cible qui leur a donné naissance. Les gains total, proximal et distal permettent d'augmenter la qualité de la réception des échos provenant de l'ensemble de la zone explorée, de sa partie superficielle ou de sa partie profonde.

La réflexion et donc l'écho sera d'autant plus importante que les impédances acoustiques des deux milieux constituants l'interface sont différentes. La réflexion sonore devient quasi-totale. Par exemple, une interface entre les tissus mous et l'air ou entre les tissus mous et l'os présente une grande différence d'impédance acoustique réfléchissant la presque totalité de l'ultrason (Figure A). Il se crée ainsi une barrière à la transmission plus en profondeur de l'ultrason. Ainsi, seule 1 % de l'énergie risque de se propager en profondeur ; Cela justifie par exemple la mise en place d'un gel entre la sonde et la peau pour éviter cette interférence avec l'air. A l'inverse (Figure B), l'application de la sonde sur une zone liquide (urine par exemple) permettra à la majorité des ultrasons de se propager plus en profondeur. Ce principe trouve son application dans la notion de fenêtre acoustique.

Les interfaces produisant une réflexion maximale sont qualifiées de réflecteurs spéculaires (du latin spéculum miroir). Ils produisent une ligne blanche intense facilement repérable. Des réflexions spéculaires apparaissent lorsque l'ultrason rencontre des surfaces lisses et bombées remplies de liquides comme l'amnios entourant l'embryon et le kyste folliculaire. Si au contraire, le faisceau ultrasonore rencontre des surfaces irrégulières ou de petites structures telles des amas de cellules ou des particules en suspension de diamètre inférieur à sa largeur, il se produit une réflexion diffuse non spéculaire. Selon la nature des réflecteurs non spéculaires présents, l'écho enregistré produira une image plus ou moins diffuse et plus ou moins grise que l'on qualifie d'échogénicité.

### La réfraction

L'écho sera d'autant mieux capté que l'axe de l'onde ultrasonore se rapproche de la perpendiculaire à l'interface (Loi de Snell). Si l'interface rencontrée est oblique (Figure B), l'onde sera réfléchie (flèche rouge) et se propagera (flèche verte) dans une direction différente de celle du récepteur et aucune information ne sera donc captée directement.

## L'absorption

Ce phénomène donne lieu à une décroissance exponentielle de l'intensité de l'onde ultrasonore ou sonore en fonction de la distance parcourue. Les échographistes préfèrent parler d'atténuation qui exprime la perte en intensité par centimètre de tissu traversé par l'onde.

Une fois absorbée, l'onde est transformée en chaleur. A très haute fréquence, si la puissance de la source est importante, les gaz dissous et l'eau peuvent se vaporiser et donner naissance à des bulles de vapeur. Ce phénomène appelé cavitation est utilisé pour détartrer les dents par exemple. Cette absorption limite la profondeur d'exploration possible. C'est pourquoi, la fréquence de la sonde doit être adaptée à la profondeur d'exploration souhaitée

### **3.5. Caractéristiques du faisceau ultrasonore**

Le diagnostic échographique recherche deux type d'informations: la distance séparant le transducteur de la cible explorée et la taille de cette cible. La géométrie d'un faisceau ultrasonore n'est pas constante. Ainsi, le champ ultrasonore émis par un transducteur diverge progressivement et son intensité diminue au fur et à mesure qu'il s'en éloigne. Plusieurs zones peuvent donc être différenciées. La première est appelée *champ proche* (near field) ou zone de Fresnel. Son diamètre est équivalent à celui de la surface émettrice. Une seconde zone appelée zone focale lui fait suite. Enfin, le champ lointain (far field) ou zone de Fraunhofer, résulte de l'atténuation de l'intensité du faisceau ultrasonore qui en entraîne la divergence.

La Résolution est la distance minimale entre deux cibles d'échogénicité différente qu'une sonde peut distinguer. Ces deux cibles peuvent se trouver dans l'axe de propagation du faisceau ultrasonore (résolution axiale) ou lui être perpendiculaire (résolution latérale).

Dans le cas de la situation A, la distance séparant les deux cibles en rouge, est inférieure à la largeur du faisceau. Elles ne peuvent être distinguées sur l'écran gris : on parle d'un manque de résolution latérale. En réduisant la largeur du faisceau ou si celui-ci est moins large que leur taille, il est possible de les distinguer sur l'écran (situation B).

Ces deux types de pouvoirs séparateurs dépendent de la taille du cristal, de la fréquence de la sonde et de la distance des structures par rapport à la sonde puisque ces pouvoirs de résolution ne sont pas les mêmes dans les champs proche et lointain. Elle est optimale au niveau de la zone focale que l'on retrouve le long de l'axe à plusieurs centimètres au dessus et en dessous du point focal. Au-delà de ce point, le faisceau ultrasonore diverge naturellement créant une perte de résolution latérale dans le champ éloigné. Ce principe se trouve illustré dans la figure suivante présentant à gauche une barrette linéaire à trois cristaux et à droite les images correspondantes des structures se trouvant dans les champs proches et lointain et dans la zone focale.

Un mécanisme de réglage existe sur certains types d'appareils, la plupart ayant une zone focale fixe ce qui donne une résolution latérale optimale à une distance fixe. La nouvelle technologie permet d'avoir des sondes à zones focales multiples déterminées de manière électronique ou la zone focale peut être ajustée à la profondeur désirée. C'est ce que l'on appelle la focalisation acoustique (mécanique, électronique ou dynamique).

Comme le montre le tableau, les pouvoirs de résolution sont inversement proportionnels à la fréquence de la sonde émettrice. A l'inverse, et pour rappel on précisera que la profondeur d'exploration est directement proportionnelle à la fréquence de la sonde. Un compromis est donc nécessaire.

Sonde (MHz)	Résolution (mm)	Résolution (mm)	Profondeur (cm)
	axiale	latérale	
2.5	1	3	29
3.5	1	2	22

5	<1	<2	14
7.5	0.5	1	7

### 3.6. Les modes échographiques

La **mode A** (A pour amplitude) est utilisé pour des mesures précises comme par exemple en ophtalmologie. C'est une méthode de *représentation unidimensionnelle*. L'écho est représenté en ordonnée par une déflexion d'amplitude et de position variable sur l'axe des abscisses selon d'une part l'intensité de l'écho c.-à-d. la nature de la structure qui lui a donné naissance et d'autre part la profondeur de l'organe cad en fait le temps mis par l'écho pour parvenir au récepteur.

Le **mode B** (B pour Brillance ou Brightness) représente dans les deux dimensions de l'écran les échos sous forme de points de luminosité variable en fonction de l'amplitude (et donc de l'intensité) de ces échos. Ce mode est aussi appelé échotomographie. Le contour de la cible peut donc être apprécié. La construction d'une coupe échographique *bidimensionnelle* se fait le plus souvent maintenant par la technique du temps réel. En utilisant les appareils à *temps réel*, l'image mémorisée apparaît instantanément (0,01 sec) dès la réception des échos. Elle est dynamique car les échos sont constamment reçus et transposés sur l'écran. Ce mode échographique illustre bien le fait que le champ ultrasonore s'assimile à un couteau. L'image échographique est donc une image aplatie en deux dimensions d'une fine tranche de tissu alors que l'image radiographique est une superposition en deux dimensions de toute l'épaisseur de l'animal ou de l'organe observé.

En **Mode M** ou TM (Time Motion) La représentation des échos est unidimensionnelle. C'est en fait de l'imagerie de type A en mouvement. Les US balaien la coupe explorée et chaque image échographique se juxtapose à la précédente. L'étude du déplacement d'une cible en fonction du temps est ainsi possible. L'amplitude de l'écho à la différence de son déplacement, n'est plus mesurable. La principale application de cette technique est l'échocardiographie et plus particulièrement l'étude de ses structures internes telles les valvules.

### 3.7. L'échostructure tissulaire

La densité différente des tissus composant un organisme vivant sont à l'origine du caractère plus ou moins spécifique de l'image échographique à laquelle ils ont donné naissance. L'identification échographique de toute structure normale ou pathologique, doit comporter l'examen de l'échogénicité de sa structure, de ses limites et des tissus avoisinants.

On distingue trois images de base : l'image tissulaire, l'image de contour et l'image canalaire. L'image tissulaire fait référence à un ensemble tissulaire. L'image du contour est dite d'interface si elle présente une ligne de séparation entre deux milieux d'impédance acoustique différente sans paroi propre; elle est dite de cloison si elle provient d'une paroi séparant deux milieux voisins. L'image canalaire a pour origine les différentes structures canales que comporte l'organisme (vaisseaux, canaux des glandes digestives . . . ). Elle est constituée d'une image tissulaire anéchogène et d'une image de paroi.

On peut distinguer diverses échogénicités : hyperéchogène, échogène, hypoéchogène ou anéchogène. Une structure échogène résulte de la réflexion vers la sonde de l'ultrason par un tissu plus ou moins dense (réflexions non spéculaires) ou de densité différente du tissu avoisinant (réflexion spéculaire). Les termes hypoéchogènes et hyperéchogènes indiquent respectivement une atténuation et une augmentation de la trame échogène en comparaison avec les tissus avoisinants alors que le terme isoéchogène est utilisé pour décrire une trame échogène semblable au tissu environnant.

Un liquide sera dit homogène lorsqu'il ne contiendra aucune particule solide, tissulaire ou liquide en suspension. C'est le cas de la bile, de l'urine, du sang et du liquide amniotique. Excellent transmetteur sonore, ces liquides apparaîtront comme une zone sans écho (anéchogène) même à saturation c'est-à-dire avec une amplification maximale. Ils présentent par ailleurs, une zone de renforcement postérieur.

Un liquide sera dit non homogène lorsqu'il renferme des particules solides, tissulaires ou des liquides en suspension. C'est le cas du pus ou de débris nécrotiques. L'échogénicité de ces liquides est variable. Il existe également une zone de renforcement postérieur plus ou moins importante. Le tissu mou normal ou pathologique présente toujours une répartition homogène des échos tels le foie, le rein. L'analyse de l'échostructure de ces tissus met en évidence des zones d'impédance acoustique différente plus ou moins séparées par des parois et qui correspondent à des vaisseaux ou à des dépôts graisseux. Il conviendra donc d'analyser tout à la fois l'échogénicité du tissu exploré ainsi que l'homogénéité de cette échogénicité. Les structures solides sont des formations denses tels les os, cartilages ou calculs) caractérisés par une impédance acoustique élevée et donc très échogènes. La zone très échogène est habituellement suivie d'une zone anéchogène ou puits acoustique. Les gaz se comportent comme les structures solides.

Certains organes hypo ou anéchogènes peuvent être utilisé comme "fenêtres acoustiques": l'atténuation des US qui les traversent est faible et ils conservent donc suffisamment d'énergie utile à l'exploration des organes sous-jacent. La vessie remplie ou la rate en constituent des exemples.

### 3.8. Les artéfacts acoustiques

Toute image qui ne correspond pas à une structure réelle est appelée artéfact.

Les artéfacts résultent d'interférences au niveau des tissus explorés.

La réflexion multiple *ou réverbération* trouve son origine dans le fait que les US rebondissent entre une interface et la sonde émettrice ou entre deux interfaces situées en profondeur. La structure qui donne naissance à l'écho apparaît donc située plus en profondeur qu'elle ne l'est en réalité. Ce qui se traduit par des contours multiples et parallèles (écho de réverbération). C'est le cas lorsque de l'air se trouve entre la sonde et le plancher du rectum. L'air ne laisse pas passer l'ultrason. Celui-ci sera alors fortement réfléchi à l'interface du lubrifiant et de l'air. L'écho ainsi produit sera réfléchi à son tour par la surface et la sonde elle-même pour pénétrer une deuxième fois, une troisième fois et ainsi de suite jusqu'à ce que l'ultrason soit complètement atténué. Apparaîtra alors à l'écran une série de lignes parallèles à intervalles réguliers constituant de multiples réflexions ou la distance entre chaque ligne correspond à la distance entre l'air et la sonde. Chaque ligne de réverbération est plus faible que la précédente à mesure que l'écho perd de son intensité. Pour éliminer la réverbération due à un espace d'air, on peut soit changer la position de la sonde ou ajouter du lubrifiant.

Semblable artéfact de réverbération peut s'observer lorsque les interfaces sont de plus petites dimensions (bulles d'air, de gaz, plombs de chasse, aiguille...). Se forme alors un artéfact dit en queue de comète.

Lorsque l'ultrason est réfléchi sur une surface spéculaire, il sera dévié vers des structures adjacentes et produira dans certains cas un double de cette structure appelée **image en miroir**. Cet artéfact se produit quand l'ultrason rencontre une surface lisse et courbe comme l'intestin, le rumen ou le diaphragme ou quand le rumen ou l'intestin sont distendus par du gaz.

Lorsque l'écho rencontre une structure fortement échogène (os, calcul, air), il se crée au niveau de sa surface postérieure une zone d'**ombre acoustique** empêchant l'exploration des organes sous-jacents. Cela se produit également dans la zone focale quand l'ultrason rencontre une particule plus grande que la largeur du faisceau. De même, lorsque l'US est dévié de sa trajectoire en rencontrant les marges d'une structure sphérique comme un follicule, il se produit une zone d'ombrage de rebord appelée **réfraction**.

L'intensification acoustique survient lorsque l'US traverse une structure laissant passer facilement les ondes comme une structure liquidienne. L'US est moins atténué et l'écho résultant du bord postérieur de la structure sera plus intense et apparaîtra comme une zone hyperéchogène dite de **renforcement postérieur**.

L'image échographique est optimale si l'incidence de l'US est plus ou moins perpendiculaire à la cible explorée. C'est la raison pour laquelle les bords latéraux de structures arrondies apparaissent mal définis. La représentation complète de telles structures nécessite le déplacement de la sonde.

Tout mouvement de l'animal ou de la sonde peut être à l'origine d'une distorsion de l'image échographique se traduisant par l'apparition de lignes horizontales.

### **3.9. Effets biologiques des ultrasons**

Comme toute énergie, l'énergie ultrasonore est susceptible d'avoir des effets biologiques. Des effets délétères n'ont cependant pas été constatés aux intensités utilisées pour le diagnostic (3 à 10 mW / centimètre carré) ou dans un but thérapeutique (0,5 à 3 W / centimètre carré). Dans la pratique, les risques biologiques sont très faibles, puisque le temps d'émission des US ne représente que la millième partie du temps d'utilisation de l'échographe (1 microseconde toutes les secondes) soit 3,6 secondes par heures de travail.

L'absorption des US par le milieu traversé en provoque l'augmentation de température. La chaleur ainsi produite est cependant rapidement dissipée par les liquides de l'organisme et n'entraîne pas d'augmentation de la température corporelle.

La cavitation constitue un autre effet biologique des US. Tous les liquides contiennent normalement des bulles de gaz microscopiques. Sous l'effet mécanique des US, la taille de ces bulles augmente de façon constante jusqu'à l'éclatement (cavitation transitoire) ou au contraire conserve une même dimension (cavitation propre stable). Il en résulte la formation de cavités de résonance possédant une fréquence de vibration susceptible d'avoir des effets sur les membranes cellulaires et les molécules biologiques. L'énergie libérée par l'éclatement des bulles formées peut également modifier le milieu environnant. Cet effet de cavitation requiert cependant l'utilisation d'US de fréquence élevée.

Certains effets chimiques, tels l'accélération des réactions ou la rupture de macromolécules tels les polysaccharides ont également été observés.

Aux intensités habituellement utilisées, les US n'entraînent aucun effet tératogène.

### **3.10. Réglages de l'appareil et manipulations de la sonde**

Classiquement, l'examen échographique se réalise par voie transrectale. La sonde éventuellement recouverte d'un gant sera introduite dans le rectum débarrassé des matières fécales qu'il renferme. La voie transabdominale peut être utilisée lors d'examen échographique de l'utérus dans le dernier tiers de la gestation. La voie transvaginale est réservée à la ponction folliculaire.

L'**animal** sera contentionné de manière à éviter ses déplacements latéraux et antéropostérieurs.

L'**écran de l'échographe** sera placé dans un endroit aussi sombre que possible pour faciliter l'interprétation de l'image échographique obtenue. Au besoin, un para »soleil» sera utilisé. Il sera placé à gauche si le manipulateur est droitier et à droite s'il est gaucher.

L'examen échographique suppose une **connaissance minimale** de la topographie du tractus génital et des structures ovarianes normales et pathologiques. Par ailleurs, une expérience de la propédeutique manuelle du tractus génital constitue un avantage certain.

La **sonde** sera maintenue entre le pouce et la majeur, l'annulaire et l'auriculaire de la main droite ou gauche restant libres pour les manipulations de l'ovaire et de la corne utérine.

Elle sera déplacée lentement en surface des structures explorées. Il conviendra de maintenir un contact aussi étroit que possible entre la sonde et le plancher du rectum. Classiquement deux types de mouvements peuvent être opérés avec la sonde. Le glissement sera le plus souvent antéropostérieur en surface de la corne utérine. Le pivotement de la sonde permettra à un endroit donné de balayer l'organe ou la partie de l'organe exploré. Lorsque la sonde bouge, le remplacement rapide des coupes tissulaires superposées les

unes aux autre donne l'impression de mouvements comme un dessin animé. De même, en gardant la sonde stable, on aura l'impression d'un mouvement dans l'organe observé si l'animal bouge. Enfin, si la sonde et l'animal sont stables, on pourra déceler un mouvement réel comme la battement cardiaque du fœtus ou son mouvement.

La profondeur d'exploration des ovaires dépend de l'état de gravidité ou non de l'animal comme l'indique le tableau ci-joint.

Ces manipulations permettront de réaliser trois type de coupes : longitudinale, sagittale et transversale.

Plusieurs recommandations peuvent être formulées à l'encontre de l'utilisation d'une sonde échographique. Après utilisation, il convient de nettoyer la sonde au moyen d'une solution détergente et antiseptique. On évitera d'utiliser des produits à base d'alcools ou d'acides qui ne détruisent pas les spores bactériennes et sont inactifs en milieu organique. Les produits à base d'aldéhydes sont peu efficaces contre les spores bactériennes, sont cancérogènes et potentiellement toxiques. Les produits iodophores et oxydants sont également inactivés en présence de matière organique. De même, les ammoniums quaternaires sont inactifs dans les produits organiques et contre les spores et les virus.

L'introduction de la sonde dans le doigt d'un gant en plastic impliquera d'y mettre au préalable du gel pour en assurer le contact et éviter la présence de bulles d'air.

Il faut éviter les produits à base d'acides ou d'alcools. Ils ne détruisent pas les spores bactériennes et sont inactifs en milieu organique. Les produits à base d'aldéhydes sont peu efficaces contre les spores et sont cancérogènes et potentiellement très toxiques. Les produits iodophores et oxydants sont inactivés en présence de matière organique. On évitera pour les mêmes raisons d'utiliser les ammoniums quaternaires qui sont inactifs sur les spores et les virus non enveloppés

## **4. L'échographie de l'ovaire**

### **4.1. Les follicules**

Les follicules cavitaire sont aisément distingués par échographie. Il est possible d'observer des follicules d'un diamètre égal ou supérieur à 2 mm avec une sonde de 5 MHz alors qu'une sonde de 3,5 MHz ne permet pas de voir les follicules de taille inférieure à 6 mm.

Ils apparaissent comme des zones noires plus ou moins bien circonscrites, anéchogènes, de taille comprise entre 3 et 25 mm, limitées par une paroi mince. Leur forme irrégulière est due à une compression par les follicules ou le corps jaune adjacent. Les follicules peuvent être observés tout au long du cycle oestral, en post-partum, durant les premiers mois de la gestation ou lors d'un traitement de superovulation. Par convention, le diamètre d'un follicule se détermine en positionnant les repères échographiques de mesure sur la paroi interne du follicule. Il s'agit donc d'une mesure de la cavité folliculaire et non du follicule lui-même. L'échographie sous-évalue de 2 à 3 mm environ le diamètre anatomique du follicule car seule la cavité folliculaire est observable de manière précise. Une étroite corrélation existe cependant entre les mesures anatomiques et échographiques des follicules de taille supérieure à 3 mm. L'absence d'atténuation de l'onde ultrasonore par le liquide folliculaire est responsable de la présence d'une zone hyperéchogène de renforcement des échos à la partie ventrale du follicule.

Les follicules de taille comprise entre 2 et 4 mm pouvant aisément être confondus avec des vaisseaux sanguins.

L'ovulation est indirectement mise en évidence par la disparition du follicule préovulatoire ou la réduction brutale de son diamètre.

## 4.2. Les corps jaunes

### 4.2.1. Le corps jaune hémorragique

C'est habituellement 3 à 4 jours environ après l'ovulation qu'une structure lutéale bien distincte (corps jaune hémorragique) est identifiée sous la forme d'une zone anéchogène renfermant quelques points plus échogènes, bien démarquée du stroma ovarien.

### 4.2.2. Le corps jaune de dioestrus

L'échogénicité de la structure lutéale s'intensifie au cours du dioestrus. Le corps jaune de dioestrus (mid cycle corpus luteum) apparaît comme une zone grise plus ou moins échogène, à l'inverse du follicule anéchogène ou du tissu ovarien plus échogène. Il n'est pas possible de préciser par échographie le stade du dioestrus auquel l'animal se trouve. L'échographie offre la possibilité avantageuse de pouvoir quantifier, par une mesure de surface, le développement du tissu lutéal au cours du cycle. Une étude échographique associée à l'évaluation de la progestéronémie a confirmé le parallélisme du développement lutéal et de l'augmentation de la progestérone plasmatique entre les jours 2 et 8 du cycle chez la vache.

### 4.2.3. Le corps jaune atrétique

Le corps jaune cyclique est également discernable pendant sa phase de régression jusqu'en moyenne 1 à 3 jours après l'ovulation suivante (corpus albicans). L'image du corps jaune n'est pas différente chez les animaux gestants ou non gestants à ce stade du cycle.

### 4.2.4. Le corps jaune cavitaire

La présence d'une cavité centrale au sein du corps jaune (corps jaune cavitaire) a été identifiée par échographie dans 37% à 79 % des cas. L'échogénicité de cette cavité centrale est semblable à celle du follicule. Cependant, elle est habituellement moins sphérique, plus lobulée, entourée de tissu lutéal et peut renfermer des trabécules échogènes correspondant à des amas de cellules sanguines hémolysées. La cavité centrale du corps jaune cavitaire a un diamètre compris entre 2 à 22 mm (83%, 59% et 24 % des cavités ont un diamètre respectivement supérieur à 6, 9 et 20 mm). Cette cavité centrale peut persister ou au contraire disparaître au cours du cycle. En cas de fécondation, ces larges cavités peuvent être détectées jusqu'au 28ème, voire 48ème jour de gestation. Chez les animaux non-gestants, la surface de tissu lutéal des corps jaunes cavitaires est comparable quel que soit le diamètre de la cavité centrale. Par contre, la surface totale du corps jaune dépend de la dimension de la cavité centrale, que l'animal soit gestant ou non.. La présence d'un corps jaune cavitaire n'influence ni le délai de retour en chaleurs, ni la progestéronémie au 10ème jour du cycle, ni le pourcentage de gestation. Il n'existe pas une tendance à voir apparaître une cavité centrale d'un cycle à l'autre chez un même animal.

Le diagnostic différentiel entre un corps jaune cavitaire et un kyste folliculaire lutéinisé repose sur plusieurs éléments. La cavité du corps jaune cavitaire est habituellement inférieure à 25 - 30 mm et l'épaisseur du tissu lutéal périphérique est comprise entre 5 et 10mm. La cavité centrale du corps jaune cavitaire revêt un aspect ovale, à la différence de celui du kyste folliculaire lutéinisé qui est davantage sphérique. La cavité du kyste folliculaire lutéinisé comporte quant à elle beaucoup plus fréquemment des trabécules conjonctifs et la couche périphérique de tissu lutéal est plus irrégulière. Enfin, la cavité centrale du corps jaune cavitaire tend à régresser à partir du 10ème jour du cycle.

## 4.3. Les kystes ovariens

La palpation manuelle des ovaires permet de considérer comme kystique tout follicule dont la taille est supérieure à 2,5 cm et/ou dont la présence peut être décelée pendant au moins une semaine (kyste folliculaire). La paroi de ces kystes est mince. Une étude hormonale a précisé que dans 23 % des cas, ces follicules kystiques présentent des traces de lutéinisation (kyste folliculaire lutéinisé) qui contribuent à augmenter l'épaisseur de la paroi du kyste.

Le diagnostic différentiel des kystes ovariens par palpation manuelle n'est pas aisé. Il est cependant important pour le choix d'une thérapeutique appropriée.

#### 4.3.1. Le kyste folliculaire

Le kyste folliculaire présente les mêmes caractéristiques échographiques que le follicule et ne s'en différencie que par l'évaluation de son diamètre. Le kyste folliculaire a un diamètre supérieur à 25 mm et une paroi qui n'est pas identifiable par échographie. Leur configuration est sphérique, ovoïde ou polygonale en fonction des pressions relatives exercées par les kystes adjacents sur l'ovaire. La forme sphérique est habituellement rencontrée lors de la présence d'un seul kyste. Les kystes folliculaires sont anéchogènes. Comme dans le cas des follicules, une zone hyperéchogène (artefact de transmission) peut être observée à la partie ventrale du kyste.

#### 4.3.2. Le kyste folliculaire lutéinisé

Le kyste folliculaire lutéinisé ou kyste lutéal possède à sa périphérie du tissu lutéal, d'une épaisseur de quelques mm (< 5mm), entourant une cavité centrale anéchogène, d'un diamètre égal ou supérieur à 25 mm. Cette cavité est dans certains cas entrecoupée par des trabécules conjonctifs échogènes. Des formes intermédiaires ont été signalées et sont d'un diagnostic plus difficile.

### **4.4. Intérêt de l'échographie appliquée à l'examen de l'ovaire**

L'établissement d'un diagnostic correct et le choix d'une thérapeutique appropriée dépendent notamment d'une interprétation exacte des structures ovariennes normales ou pathologiques.

#### 4.4.1. Le corps jaune hémorragique

La détection d'un corps jaune hémorragique ou d'un corps jaune en voie de lutéolyse est difficile, que ce soit par palpation manuelle ou par échographie. La difficulté de détection du corps jaune hémorragique par palpation manuelle est imputable à sa petite dimension et à sa faible échogénicité lors de son diagnostic par échographie. En phase de régression, l'échogénicité du corps jaune est semblable à celle du stroma ovarien ce qui en explique la difficulté diagnostique par échographie. Il est donc utile d'examiner également le reste du tractus génital pour préciser le diagnostic à ces stades du cycle.

#### 4.4.2. Le corps jaune de dioestrus

Par rapport à la palpation manuelle, l'échographie constitue une méthode de diagnostic plus exacte pour confirmer la présence (degré d'exactitude: 85 à 91 % vs 73 à 88 %) ou l'absence (degré d'exactitude : 78 à 88% vs 70 à 93%) d'un corps jaune âgé de 5 à 16 jours. L'une et l'autre méthode permettent de confirmer la présence d'un corps jaune fonctionnel mieux que son absence.

#### 4.4.3. Les follicules

Bien qu'il soit possible, de diagnostiquer par échographie (sonde de 5 ou 7,5 MHz) les follicules de taille inférieure à 5 mm, cette technique ne permet de dénombrer que 34 % des follicules ovariens de diamètre compris entre 5 et 10 mm. Une amélioration de cette détermination peut être obtenue par l'utilisation d'une sonde de 7.5 MHz ou par l'analyse d'enregistrements vidéos. Comparée à la palpation manuelle, l'échographie est significativement plus performante pour la détection des follicules de diamètre supérieur à 10 mm, puisque ces derniers ont été diagnostiqués dans 96 % des cas par échographie et dans 72% des cas par la palpation manuelle.

#### 4.4.4. Les kystes ovariens

L'examen échographique permet de faire de manière plus précise que l'examen par palpation manuelle le diagnostic des kystes ovariens qu'ils soient de nature folliculaire ou lutéale. Comparée à la palpation manuelle (sensibilité 50% et spécificité 62%), l'échographie permet de détecter de manière plus exacte les kystes lutéaux que les kystes folliculaires (sensibilité 92%, spécificité 70%).

## 5. L'échographie de l'utérus

### 5.1. L'utérus normal

L'examen de l'utérus au moyen d'une sonde linéaire permet d'obtenir une image longitudinale des deux tiers postérieurs de la corne utérine gauche ou droite et une image transversale de leur tiers antérieur, qui est davantage spiralé.

Les caractéristiques échographiques de l'utérus changent au cours du cycle. L'épaisseur de la paroi du corps utérin augmente 3 à 4 jours avant l'ovulation, c'est-à-dire vers le 17ème jour du cycle, et diminue à partir du jour précédent l'ovulation jusqu'au 3ème jour du cycle suivant pour demeurer constante tout au long du dioestrus.

Au cours de la période perioestrale, la paroi utérine présente une échostructure beaucoup plus hétérogène que celle mise en évidence pendant la phase dioestrale, suite à l'augmentation de la vascularisation et à l'œdème des cornes utérines. La quantité de liquides utérins et vaginaux augmente entre le 17ème et le 18ème jour du cycle.

Au cours du dioestrus, l'endomètre apparaît habituellement moins échogène que le myomètre. Au cours de cette phase d'imprégnation progestéronique, les cornes utérines sont davantage circonvoluées, ce qui augmente le nombre de sections transversales de l'utérus qu'il est possible d'observer par échographie.

Tout au long du cycle, il est possible d'identifier des vaisseaux sanguins au sein du myomètre.

La différentiation échographique du myomètre et de l'endomètre est également possible lors de l'involution utérine. Au cours du post-partum, les cotylédons en voie d'involution peuvent être identifiés par échographie. Leur centre est moins échogène que leur périphérie.

### 5.2. L'endométrite

L'endométrite et donc le pyomètre est habituellement diagnostiquée échographiquement par la mise en évidence de liquides utérins avec des particules échogènes en suspension. La facilité du diagnostic dépend de la quantité de liquides présente et donc du degré de l'endométrite . Les diagnostics doivent être confirmés par examen vaginal.

### 5.3. Le mucomètre

En cas de pyomètre, de mucomètre ou d'hydromètre, la quantité de liquides utérins est importante, et dans certains cas, un épaissement de la paroi utérine est mis en évidenceLa distinction entre ces trois pathologies est basée sur l'examen bactériologique.

## 6. Applications de l'échographie à la gestation

### 6.1. Remarques générales

L'identification précoce des animaux non-gestants constitue une étape obligée vers la réduction de l'intervalle entre vêlages et donc l'optimisation du potentiel de production des élevages laitiers et viandeux. Les méthodes de diagnostic de gestation peuvent se répartir en deux groupes. Le premier rassemble ceux basés sur les modifications hormonales inhérentes à la gestation tandis que le second comporte les méthodes basées sur les modifications physiques de l'animal ou de l'utérus gravide.

#### 6.1.1. Critères de choix d'une méthode de constat de gestation

Le choix d'une méthode de diagnostic de gestation repose essentiellement sur la triple notion de précocité, de praticabilité et d'exactitude.

La notion de précocité ne s'applique pas de la même façon aux constats de gestation et de non-gestation. Plus le constat de non-gestation est précocement posé et plus rapidement pourra être mise en place une démarche zootechnique ou thérapeutique visant à raccourcir le délai entre le vêlage et l'insémination fécondante. A l'inverse, la confirmation précoce de la gestation est entachée du risque supplémentaire de mortalité embryonnaire précoce ou tardive.

La  praticabilité de la méthode doit également être prise en considération. Elle implique tout à la fois l'expérience de l'utilisateur, les conditions pratiques de contention et de notation des données dans l'élevage, les investissements possibles par le vétérinaire et l'éleveur, l'appareillage nécessaire, l'application potentielle de ce dernier dans un autre cadre que le diagnostic de gestation...

La notion d'exactitude de la méthode revêt une importance pratique certaine. En fait, les méthodes de diagnostic de gestation peuvent être évaluées au moyen de 4 critères que sont .la sensibilité et la spécificité, le degré d'exactitude des diagnostics de gestation et de non-gestation. Alors que les deux premiers évaluent la méthode, les deux derniers évaluent davantage leur utilisateur.

#### 6.1.2. Evaluation d'une méthode de constat de gestation

En présence d'un animal à examiner et eu égard au résultat de cet examen, quatre situations sont possibles

Animal gestant	Animal non gestant
----------------	--------------------

Diagnostic +	a                      b
--------------	--------------------------

Diagnostic -	c                      d
--------------	--------------------------

Situation a: le constat de gestation s'est révélé exact: vrai positif

Situation b: le constat de gestation s'est révélé inexact: faux positif

Situation c: le constat de non-gestation s'est révélé inexact: faux négatif

Situation d: le constat de non-gestation s'est révélé exact: vrai négatif

La sensibilité de la méthode évalue sa capacité à détecter les animaux positifs. Elle s'exprime par le rapport entre a/a+c. Parmi les animaux réellement gestants, elle détermine le pourcentage d'animaux qui ont été diagnostiqués gestants par la méthode utilisée.

La spécificité de la méthode évalue sa capacité à détecter les animaux négatifs: elle s'exprime par le rapport d/b+d. Parmi les animaux réellement non-gestants, elle détermine le pourcentage d'animaux qui ont été diagnostiqués non-gestants par la méthode.

Les degrés d'exactitude (+ ou -) de la méthode ont davantage une valeur pronostique. Le degré d'exactitude des constats de gestation s'exprime par le rapport a/a+b et celui des constats de non-gestation par le rapport d/c+d. Ces rapports expriment la probabilité que le diagnostic posé se révèle exact ou inexact. Il convient de rappeler l'antagonisme existant habituellement entre la précocité de la méthode et le degré d'exactitude des diagnostics positifs; Du fait en effet du risque d'interruption de gestation, plus la précocité est élevée et moins l'exactitude des diagnostics de gestation sera grande.

#### 6.2. Le constat de gestation par échographie

##### 6.2.1. Stratégie propédeutique

La première étape consistera à identifier la présence ou l'absence d'une zone anéchogène (vésicule embryonnaire ou conceptus). L'examen sera le cas échéant poursuivi jusque l'identification de l'embryon et de la présence d'un corps jaune. Ces éléments complémentaires permettront le cas échéant de lever le doute quant à la possibilité d'une gestation.

Selon le stade de gestation auquel est réalisé l'examen, on cherchera à déterminer la position et l'orientation du fœtus. Il faut s'efforcer de "rechercher le mâle". La méthode consiste à localiser le cordon et à mettre en évidence le renflement postérieur correspondant au pénis (tubercule génital). Le scrotum est ensuite recherché. Il sera aisément identifié au moyen d'une coupe transversale. Si rien n'est visible, "la

fémelle est alors recherchée". En coupe transversale de la région pelvienne du foetus, les trayons apparaissent en relief.

#### 6.2.2. Caractéristiques de la vésicule embryonnaire

La vésicule embryonnaire bovine peut être détectée avec une sonde de 7.5MHz dès le 9ème jour suivant le jour de l'ovulation (J0) et dès le 12ème jour avec une sonde de 5MHz. La vésicule se présente à ce moment sous la forme d'une zone anéchogène de 2mm de hauteur et de 7 à 12mm de longueur. Elle est sphérique dans 73% des cas et ovale dans 27% des cas. Cependant, l'échographie à ce stade de la gestation ne possède pas un degré d'exactitude suffisant que pour en envisager une application routinière.

Alors que son diamètre demeure constant (2 à 4 mm en moyenne) entre le 12<sup>ème</sup> et le 20<sup>ème</sup> jour de gestation, la vésicule embryonnaire subit au cours de cette période une importante élongation qui l'amène à occuper entièrement la corne ipsilatérale au corps jaune vers le 17ème jour suivant l'ovulation. L'entièreté de la corne contralatérale est occupée par la vésicule entre le 20ème et le 32ème jour de gestation. Il existe une grande variabilité dans le degré d'élongation de la vésicule embryonnaire qui, au 16ème jour de gestation, peut être d'une longueur comprise entre 70 et 240 mm de longueur. Cette élongation est nécessaire pour augmenter la surface de contact entre la vésicule embryonnaire et l'endomètre.

Vers le 19ème jour, un renflement de 3 mm environ d'épaisseur, situé plus ou moins à l'endroit de localisation future de l'embryon, apparaît vers le milieu de la corne ipsilatérale. Ce renflement correspond à l'allantoïde qui remplit l'intégralité du sac chorionique de la corne ipsilatérale vers le 32<sup>ème</sup> jour de gestation.

L'amnios est identifiable vers le 30-32<sup>ème</sup> jour de gestation. Sa détection avant le 30<sup>ème</sup> jour est impossible à cause de son accollement étroit avec l'embryon. Le contenu de l'amnios est anéchogène durant les deux premiers mois de la gestation. A la fin du second mois, quelques zones plus échogènes sont souvent visibles. Le contenu de l'amnios devient alors progressivement plus échogène.

L'allantoïde, par contre, est anéchogène durant la première moitié de la gestation, son échogénicité augmentant à partir du 6ème mois de gestation.

Les placentomes ont vers le 35<sup>ème</sup> jour de gestation une longueur moyenne de 6 mm et une épaisseur de 2mm. Ils se présentent sous forme de petits renflements de la paroi utérine. Au 60<sup>ème</sup> jour de gestation leur longueur est d'environ 20mm.

#### 6.2.3. Caractéristiques échographiques générales de l'embryon

L'embryon peut être détecté au plus tôt vers le 20<sup>ème</sup> jour de gestation avec une sonde de 5 MHz. Il se présente à ce moment sous la forme d'une ligne plus échogène d'environ 4mm de longueur. Cependant, sa détection ne devient cependant habituellement effective que vers le 28<sup>ème</sup> jour de gestation.

Les premiers battements cardiaques peuvent être détectés aux environs du 21ème jour de gestation. La fréquence cardiaque est à ce moment d'environ 190 battements par minute. Entre le 25<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jour de gestation, celle-ci est comprise entre 150 et 170 battements par minute et entre 130 et 140 battements par minute au cours des 3 derniers mois de la gestation. Il faut cependant noter la présence de grandes variations individuelles ainsi que des variations d'un jour à l'autre. La visualisation des battements cardiaques est un signe important de détermination de la viabilité de l'embryon ou du foetus.

Entre les jours 22 et 30, l'embryon présente une configuration en C résultant de la flexion de ses parties antérieures et postérieures. Au cours de la semaine suivante, l'allongement du cou et le redressement de la tête de l'embryon contribuent à lui donner un aspect en L.

Dans les semaines qui suivent, diverses modifications de l'embryon, du foetus et de leurs enveloppes peuvent être identifiées par échographie.

Précocité de la détection des structures embryonnaires et placentaires (Génisses laitières, sonde de 5MHz)  
(Adapté d'après Curran et al. 1986)

	N examens	Moyenne (Jours)	Ecart
Embryon	15	20	19-24
Battements cardiaques	15	21	19-24
Allantoïde	9	23	22-25
Aspect en C de l'embryon	11	25	22-30
Colonne vertébrale	14	29	26-33
Ebauches des membres antérieurs	14	29	28-31
Amnios	14	30	28-33
Cavités orbitaires	14	30	29-33
Ebauches des membres postérieurs	13	31	30-33
Aspect en L de l'embryon	12	33	29-39
Placentomes	6	35	33-38
Cristallin	12	40	37-44
Onglons	10	45	42-49
Mouvements fœtaux	9	45	42-50
Côtes	7	53	51-55

Stade de gestation (J) et taille de la vésicule amniotique (VA) et de la longueur de la tête (nez-nuque) chez la vache

		VA	Tête
½ doigt de large	0.7 cm	35 J	
1 doigt de large	1.5 cm	42	70 J
2 doigts de large	3.5 cm	49	80
3 doigts de large	5.5 cm	53	90
4 doigts de large	7.5 cm	58	100
Largeur de main (- pouce)	9.0 cm	60	110
Largeur de main (+ pouce)	10.0 cm	65	120

#### 6.2.4. Caractéristiques spécifiques échographiques du développement embryonnaire et foetal

- Les membres antérieurs et postérieurs de l'embryon ont une longueur respective de 3 et 2 mm environ au 31<sup>ème</sup> jour de gestation. Au 60<sup>ème</sup> jour de gestation, leur longueur respective est de 21 et 12 mm. Ils sont à ce moment aisément reconnaissables. Vers le 3<sup>ème</sup> mois de gestation, les différentes parties des membres antérieurs et postérieurs ont une longueur moyenne comprise entre 12 et 16mm. Leur croissance devient par la suite exponentielle pour atteindre vers le 6ème mois de gestation une longueur comprise entre 55 et 65 mm.
- La colonne vertébrale de l'embryon peut être mise en évidence dès la 5<sup>ème</sup> semaine de gestation. Au fur et à mesure que son ossification progresse, des zones d'ombre acoustique apparaissent lors de l'examen échographique. Le développement de la forme en L entre le 29<sup>ème</sup> et le 39<sup>ème</sup> jour de gestation résulte du redressement de la région cervicale et de l'allongement de la tête de l'embryon.
- Au 40ème jour de gestation, la cavité orbitaire anéchogène est bien identifiable. Une à deux semaines plus tard, le cristallin est visible en section transversale de la tête. Les cavités orbitaires ont, sous cet angle, un aspect sphérique mais ovalaire en coupe longitudinale. Leur diamètre est respectivement de 4mm au 2<sup>ème</sup> mois de gestation, de 10mm au 3<sup>ème</sup> mois et de 3 cm en fin de gestation.
- Les premières structures osseuses hyperéchogènes de la tête apparaissent au niveau de la bouche puis au niveau du crâne entre les 50<sup>ème</sup> et 60<sup>ème</sup> jour de gestation. A la fin du 3<sup>ème</sup> mois de gestation, les différentes structures de la tête sont aisément reconnaissables. Les diamètres internes et externes de la cavité crânienne sont respectivement de 10 et 17 mm au 2ème mois de gestation. Au 6ème mois de gestation, leurs valeurs moyennes sont comprises entre 63 et 76 mm et au 7ème mois entre 80 et 96 mm. La cavité crânienne ne peut habituellement pas être visualisée au cours des deux derniers mois de la gestation. Les mouvements des paupières, de la langue et des mâchoires de l'embryon peuvent être ensuite progressivement observés et constituent autant de signes de la viabilité fœtale.
- Des centres d'ossification apparaissent au niveau du bassin aux environs du deuxième mois de gestation. Trois à quatre semaines plus tard, l'ilium et l'ischium peuvent être identifiés sous la forme de quatre bâtonnets hyperéchogènes, l'ischium étant un peu plus courts que l'ilium. Au 3<sup>ème</sup> mois de gestation, leur longueur est comprise entre 8 et 10mm et entre 35 et 45mm vers le 6<sup>ème</sup> mois de gestation.
- Avec la colonne cervicale, la trachée constitue la structure la plus développée du cou. En coupe longitudinale, elle se présente comme une structure cylindrique anéchogène bordée de points plus échogènes que sont ses parois cartilagineuses. Son diamètre est d'environ 4mm au 100<sup>ème</sup> jour de gestation et de 10mm vers le 6<sup>ème</sup> mois de gestation.
- Les poumons et le foie présentent une échogénicité similaire. Le foie, traversé par de multiples vaisseaux anéchogènes, et l'estomac occupent la partie postérieure de la cavité thoracique. Les différentes parties de ce dernier sont aisément identifiables dès le second mois de gestation. Par la suite, le contenu gastrique devient échogène et des phénomènes de turbulence peuvent y être observés.
- Le cordon ombilical peut être détecté dès la 6<sup>ème</sup> semaine de gestation. Aux environs du 3ème mois de gestation, les artères et les veines qui le composent peuvent être distinguées et la pulsation artérielle est aisément observable. Son diamètre est d'environ 5 à 10mm au 3ème mois de gestation et de 5cm vers le 7<sup>ème</sup> mois.
- Le scrotum peut être identifié vers le 50<sup>ème</sup> voire le 60<sup>ème</sup> jour de gestation.. Les testicules ne sont visualisés que vers le 4ème mois de gestation. Leur échogénicité est habituellement inférieure à celle du scrotum qui les entoure. La descente testiculaire s'opère chez les bovins entre le 3ème et le 5ème mois de gestation.
- L'ossification du crâne et des côtes apparaît entre le 55<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jour de gestation. Entre le 61<sup>ème</sup> et le 65<sup>ème</sup> jour de gestation les mâchoires, les vertèbres cervicales, thoraciques, lombaires et sacrées et les membres s'ossifient également. Les épaules, les iliums et les ischioms deviennent visibles entre le 66<sup>ème</sup> et le 70<sup>ème</sup> jour. Les vertèbres de la queue sont ossifiées entre les jours 71 et 80, le sternum et les phalanges entre les jours 81 et 85.
- Les reins sont identifiables dès le 4ème mois de gestation. Leur cortex est échogène et leur médullaire

anéchogène. La vessie est rarement identifiable. Par ailleurs, son diamètre interne est variable, comprise entre 3 et 10 mm vers le 3<sup>ème</sup> mois et entre 20 et 30 mm au 7<sup>ème</sup> mois.

#### 6.2.5. Détermination de l'âge de l'embryon

##### 6.5.2.1. Intérêts de la méthode

Cette application de l'échographie revêt une importance certaine dans les élevages pratiquant la monte libre. Dans les élevages viandeux de type intensif (race Blanc Bleu Belge), la détermination du stade de gestation permet une meilleure préparation (vaccination, traitement antiparasitaire, nutrition) et détection du vêlage. Dans les élevages viandeux de type extensif (races Charolaises, Limousines, Hereford, Aberdeen Angus...) le regroupement des vêlages sur une période de 20 à 60 jours permet d'augmenter l'âge et le poids des veaux au sevrage, de trier, de vacciner voire d'écorner des animaux au même stade de gestation et donc ce faisant de minimiser les risques d'avortement, d'optimiser l'occupation des locaux d'accouchements et d'adapter cette période aux ressources alimentaires et aux prix du marché.

##### 6.5.2.2. Mesures de détermination

La détermination de la distance comprise entre la base de la tête et l'attache de la queue constitue une mesure classique.

Au cours du deuxième et du troisième mois de la gestation, la taille de l'embryon évaluée par la longueur entre la base de la tête et la base de la queue augmente régulièrement de 1,1 à 1,4 mm par jour et de 2,5 à 3 mm par jour respectivement.

Cette distance est d'environ 15mm vers le 35ème jour de gestation, 28mm vers le 45ème jour et 48mm au 55ème jour de gestation. Vers le 45ème jour, l'embryon présente de nombreux mouvements d'étirement et de flexion ce qui en rend la mensuration plus difficile. Par ailleurs, la mesure de ce paramètre est limitée d'une part par la profondeur de pénétration de l'onde ultrasonore et d'autre part par l'impossibilité de visualiser entièrement des foetus de taille supérieure à 10cm. Aussi ce paramètre ne peut-il être évalué que jusqu'au 70ème jour de gestation.

Bien qu'utilisable pendant une période limitée de la gestation, la longueur entre la base de la tête et la queue (X) présente une corrélation étroite avec l'âge fœtal (Y) ( $r = 0,98-0,99$ ) et des équations de détermination de l'âge fœtal ont été proposées :  $(Y = -13,2 + 0,315 X - 0,00061 X^2)$ ,  $Y = 2.85 \times Lg \text{ (cm)} + 4.08$ .

Une étude plus spécifique de la croissance fœtale a montré que les corrélations les plus élevées avec l'âge fœtal ont été obtenues par la mesure de la longueur du foetus, du fémur, du métacarpe, du tibia, de l'épaule, de l'ischium et le plus large diamètre de la cavité orbitaire, de la boîte crânienne, du tronc et du cordon ombilical ( $r = 0,97$ ).

Relation entre la longueur de l'embryon et l'âge (Hughes et Davies 1989)

AGE (Sem)	n	Moyenne (cm)	Min	Max
4	25	0.89	0.6	1.1
5	35	1.28	0.8	1.9
6	50	2.02	1.6	2.6
7	47	2.77	2.3	3.6
8	41	4.55	3.6	5.2
9	48	6.24	3.9	7.1
10	43	8.74	6.1	10.1
11	39	10.65	9.5	11.8
12	32	12.18	10.7	13.7

### 6.2.6. Détermination du sexe foetal

La détermination du sexe foetal revêt une importance économique croissante en reproduction bovine, notamment dans le cadre de la commercialisation des receveuses d'embryons, de la prise de décision d'une réforme d'une vache âgée ou mais moins souvent il est vrai en cas de gémellité pour diagnostiquer le free-martinisme).

#### 6.6.2.1. Rappels d'embryologie

L'appareil génital externe (fourreau et pénis chez le mâle et lèvre vulvaires et clitoris chez la femelle) résultent de l'évolution de deux structures spécifiques que sont le tubercule génital (génital tubercule) et les bourrelets urogénitaux (urogenital fold), structures présentes dans les deux sexes au stade indifférencié. A partir du 40<sup>ème</sup> jour de gestation, le tubercule génital s'allonge ventralement. Cet allongement s'accompagne de l'apparition en région basale du tubercule, des replis ou bourrelets urogénitaux. Plus latéralement, les zones labioscrotales (labioscrotal swelling) donneront chez la mâle le scrotum et les grandes lèvres chez la femelle. A ce stade soit vers le 47<sup>ème</sup> jour de gestation, le tubercule génital se trouve localisé plus ou moins à mi-distance entre l'ombilic et la base de la queue.

Chez le mâle, le tubercule génital va s'allonger vers l'avant cad vers la région ombilicale qu'il atteint vers le 56-58ème jour de gestation. Cette migration se traduit donc chez le mâle par une augmentation de la distance entre la queue et le tubercule génital. Suite à cette migration du tubercule génital, les bourrelets urogénitaux sont maintenus en position caudale par rapport au tubercule. Progressivement, ils fusionnent pour former le canal de l'urètre et le prépuce.

Pour mémoire, cette migration antérieure du tubercule génital ne s'observe pas chez le chat ce qui explique l'orientation différente de son pénis. Les testicules se retrouvent, après migration, dans le scrotum vers le 140<sup>ème</sup> jour de gestation.

Chez la femelle, le tubercule génital migre vers la région caudale où il est identifié vers le 54ème jour. Il donne naissance au clitoris. Les bourrelets urogénitaux ne fusionnent pas et donneront naissance aux petites lèvres.

#### 6.6.2.2. Principes du sexage par échographie

Le sexage se base sur la détermination de la localisation du tubercule génital par rapport au cordon ombilical ou à la queue du foetus.

Le tubercule génital peut dès le 40<sup>ème</sup> jour de gestation être mis en évidence sur une coupe frontale, sagittale ou, plus aisément, transversale de l'embryon. Le tubercule se présente sous la forme d'une structure hyperéchogène, bilobée, chaque partie ayant une forme ovale dont les extrémités peuvent se rejoindre donnant au tubercule une forme en V. L'identification de la tête du foetus, du battement cardiaque, de la pulsation du cordon ombilical, des membres postérieurs et de la queue rend plus aisée celle du tubercule génital. Latéralement, à mi-distance entre le tubercule génital et l'ombilic, on peut identifier les bourrelets génitaux.

Vers le 47<sup>ème</sup> jour de gestation, on peut noter chez le mâle un changement d'apparence du tubercule génital. La structure bilobée observée plutôt durant la gestation fait place à une structure quadrilobée à la suite de la visualisation du tubercule génital et des bourrelets urogénitaux à l'origine respectivement du pénis et du prépuce. Cette structure à l'origine du scrotum apparaît sous la forme de deux petites lignes blanches de part et d'autre de la ligne médiane entre les membres postérieurs.

La localisation du tubercule génital peut être évaluée par l'attribution d'une cote de 1 à 5 (1: localisation près de la région ombilicale, 2: à mi-distance entre l'ombilic et les membres postérieurs, 3: entre les membres postérieurs, 4: à mi-distance entre les membres postérieurs et la queue, 5: sous la queue).

La détermination du sexe basée sur la mise en évidence du tubercule génital est possible dans l'espèce bovine entre le 50ème et le 100ème jour de gestation. Idéalement cependant le diagnostic est effectué entre le 55-60ème et le 65-70ème jour de gestation. En effet, avant le 55ème jour, il est difficile de

déterminer la position antérieure (mâle) ou postérieure (femelle) du tubercule génital. Au-delà du 100 à 120ème jour de gestation, la position déclive du foetus en rend la détermination du sexe difficile voire impossible.

La détermination du sexe foetal basée sur la mise en évidence (mâle) ou non (femelle) du renflement scrotal renfermant les testicules ou sur l'identification des bourgeons mammaires chez la femelle est également possible entre le 73<sup>ème</sup> et le 120<sup>ème</sup> jour de gestation.

La détermination échographique du sexe foetal par un clinicien expérimenté requiert moins de 2 minutes en moyenne. Elle peut être réalisée avec un degré d'exactitude compris entre 94 et 100 %.

### **6.3. Changements de présentation foetale**

L'échographie a permis de préciser les changements de présentation du foetus au cours de la gestation. Alors qu'au 2ème mois de gestation, les présentations postérieures sont deux fois plus fréquentes (60%) que les présentations antérieures (30%), au cours des 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> mois de gestation, leur fréquence devient pratiquement équivalente (43 vs 44%). Au 5ème mois de gestation, les présentations antérieures deviennent prédominantes et leur fréquence augmente jusqu'au moment de l'accouchement. Les présentations transversales se rencontrent dans 10 à 15 % des cas jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de gestation puis deviennent occasionnelles par la suite. Les changements de présentation sont particulièrement fréquents entre le 2ème et le 5ème mois de gestation. Ils diminuent après le 5<sup>ème</sup> mois et ne sont jamais observés au cours des deux derniers mois de la gestation.

### **6.4. La mortalité embryonnaire**

La fréquence de la mortalité embryonnaire au cours de la période comprise entre le 28ème et le 59ème jour de gestation a été estimée à 9 %.

L'absence de battements cardiaques constitue le signe le plus évident d'une mortalité embryonnaire. Celle-ci est habituellement précédée d'une diminution de la fréquence cardiaque.

Lors d'une mortalité embryonnaire primaire (atteinte de l'embryon ou de ses membranes naturelles ou induites par une injection intra-utérine de colchicine ou par la rupture manuelle des enveloppes), le corps jaune se maintient, l'embryon présente des signes de dégénérescence et les liquides sont retenus dans l'utérus pendant 4 à 5 semaines.

La mortalité embryonnaire secondaire résulte d'une lutéolyse et se caractérise par l'expulsion rapide de l'embryon et de ses enveloppes: l'animal revient en chaleurs au cours des 2 à 3 jours suivants.

Dans les deux cas cependant, l'embryon et ses enveloppes sont plus fréquemment expulsés au travers du col utérin que résorbés.

### **6.5. Les anomalies foetales**

Bien que rares, les anomalies foetales telles les siamois, le schistozomus reflexe et la môle hydatiforme (*Amorphus globosus*) peuvent parfois être observées par échographie. De même est-il possible d'identifier l'hydrocéphalie, l'ascite foetale, l'épanchement péricardique

En cas de foetus momifié, on observe un épaississement très net de la paroi utérine et la présence de structures hyperéchogènes accolées à sa face interne. Le foetus n'est pas systématiquement visualisé.

La présence d'un foetus macéré s'accompagne habituellement d'une différence dans l'échogénicité des liquides allantoïdiens et amniotiques. Alors que les premiers sont habituellement anéchogènes, les seconds contiennent des particules échogènes résultant de la décomposition foetale. Les contours du foetus ne sont pas identifiables.

### **6.6. Résultats des constats de gestation par échographie**

L'intérêt majeur de toute méthode de diagnostic de gestation réside dans la détection précoce des animaux non-gestants. Il est également indispensable que le degré d'exactitude des méthodes diagnostiques effectuées soit maximal pour éviter une interruption thérapeutique intempestive de la gestation ou une réforme de l'animal considéré à tort comme non-gestant.

D'une revue des données de la bibliographie, il résulte que la méthode échographique est plus apte à détecter les animaux gestants (Sensibilité : 91%: 51 à 99) que non-gestants (Spécificité : 79%: 74 à 95). Le degré d'exactitude des constats de gestation (91%: 70 à 99) est supérieur à celui des constats de non-gestation (80%: 57 à 97), le degré d'exactitude totale étant de 87 % (63-98).

L'interprétation des résultats de constat de gestation dépend du stade de gestation auquel le diagnostic a été posé, de la fréquence de la mortalité embryonnaire tardive, de la fréquence d'émission de la sonde échographique, des critères de diagnostic de gestation retenus, ainsi que de l'âge de l'animal.

Une comparaison des résultats des diagnostics de gestation et de non-gestation posés avant et après le 35ème jour de gestation permet de constater au cours de cette seconde période une augmentation de 47 % de la sensibilité de la méthode, le maintien de sa spécificité et une augmentation de 16, 46 et 29 % de l'exactitude des diagnostics de gestation et de non-gestation et de l'exactitude totale respectivement. Par ailleurs, la spécificité de la méthode est habituellement supérieure à sa sensibilité avant le 35ème jour. Après le 35ème jour, la sensibilité est supérieure à la spécificité.

La faible sensibilité du diagnostic échographique de gestation appliqué avant le 35ème jour de gestation peut s'expliquer par le nombre élevé de faux constats de non-gestation effectués à ce stade. Le constat de gestation repose essentiellement sur la mise en évidence de modifications physiques de l'utérus. Il dépend donc de l'importance des modifications liées au stade de gestation mais également de la possibilité de mettre ces modifications en évidence. La fréquence d'émission de la sonde est donc aussi un facteur important. Les liquides utérins ne peuvent être détectés au moyen d'une sonde de 5MHz avant le 20ème jour de gestation.

La spécificité du diagnostic échographique ainsi que la valeur prédictive des diagnostics de gestation posés dépendent de plusieurs facteurs. La présence de liquides utérins peut être révélatrice d'un état œstral de l'animal ou d'une pathologie utérine telle le pyomètre ou le mucomètre. Il est utile en cas de doute de vérifier par échographie le caractère fonctionnel du corps jaune et la présence éventuelle d'un follicule. La spécificité de la méthode pourrait être améliorée par la recherche systématique de l'embryon dont la détection n'est habituellement possible que vers le 28ème jour de gestation au moyen d'une sonde de 5 MHz. Cependant, cette façon de faire risque de prolonger la durée de l'examen.

La fréquence de la mortalité embryonnaire est également susceptible de modifier le degré d'exactitude des diagnostics de gestation posés par échographie.

L'âge de l'animal n'exerce aucune influence sur l'efficacité de la méthode puisque aucune différence significative de la spécificité et de la sensibilité n'a été constatée entre les génisses et les vaches. D'autres auteurs ont cependant rapporté une diminution de l'exactitude du diagnostic en fonction de l'âge. Il ne semble pas que l'importance des modifications induites par la gestation par rapport à la dimension des cornes utérines, les conditions d'examen plus difficiles ou encore la fréquence de pathologies utérines plus fréquentes chez les vaches, puissent modifier la précision des résultats.

## **6.7. Prélèvement de liquides fœtaux**

La détermination du sexe fœtal et les études physiopathologiques relatives à la gestation constituent autant d'indications justifiant le prélèvement de liquides amniotique ou allantoïdien. Le prélèvement de liquides allantoïdien et amniotique est possible respectivement dès le 32ème et 44ème jour de gestation. Cependant, le risque de mort fœtale secondaire à une contamination bactérienne de l'utérus ou à la manipulation intempestive de celui-ci n'est pas à négliger.

## **7. La ponction échoguidée des follicules ovariens**

Le lecteur consultera avec profit la synthèse consacrée à ce sujet à savoir :

**Annexe 3 :** Hanzen Ch., Goffin L. Application de l'échographie à la ponction des follicules ovariens. Ann.Méd.Vét., 1998, 142, 81-91.

## **8. Applications de l'échographie chez les petits ruminants**

L'échographie s'est rapidement imposée comme méthode de diagnostic de gestation chez les petits ruminants. Elle sera envisagée dans le chapitre relatif aux applications de l'échographie chez les ruminants.

Aussi, depuis une vingtaine d'années, les *méthodes échographiques* ont-elles connu un succès croissant et se sont-elles imposées comme méthode essentielle de diagnostic de la gestation chez les petits ruminants.

### **8.1. Le mode A**

Initialement furent utilisés des appareils fonctionnant en Mode A (A pour amplitude). L'écho est représenté en ordonnée par une défexion d'amplitude et de position variable sur l'axe des abscisses selon d'une part l'intensité de l'écho c'est-à-dire la nature de la structure qui lui a donné naissance et d'autre part la profondeur de l'organe c'est-à-dire en fait le temps mis par l'écho pour parvenir au récepteur. Sur certains appareils, l'écho est transformé en signal sonore. Compte tenu du manque de spécificité de la méthode (Tableau 11), ce système fut rapidement abandonné.

### **8.2. Le Doppler**

Le principe de l'écho Doppler fut également appliqué dans le cadre du diagnostic de gestation pour détecter le battement cardiaque foetal, les mouvements foetaux, le thrill artériel ou encore le flux de sang dans les artères placentaires. L'écho est transformé en signal audible. L'examen peut se faire le plus souvent par voie transabdominale ou par voie transrectale, la sonde émettrice étant dans ce cas située au bout d'une sonde rigide. La voie transrectale est plus exacte que la voie transabdominale au cours de la première moitié de la gestation. Habituellement le diagnostic peut être posé à partir du 35<sup>ème</sup> voire 40<sup>ème</sup> jour de gestation. Par voie transabdominale, le degré d'exactitude du diagnostic de gestation est pratiquement égal à 100 au-delà du 55<sup>ème</sup> jour de gestation.

### **8.3. L'échographie bidimensionnelle (mode B)**

Des sondes sectorielles ou linéaires (3.5 à 7.5 MHz) peuvent être utilisées par voie transabdominale (le plus souvent) ou par voie transrectale. Cette seconde voie autorise un diagnostic dès le 18<sup>ème</sup> voire 20<sup>ème</sup> jour de gestation. Une étude récente a confirmé qu'un diagnostic de degré d'exactitude maximale pouvait au moyen d'une sonde de 7.5 MHz être ^posé chez la brebis à partir du 19<sup>ème</sup> jour suivant la saillie . Cependant, la détermination du nombre de foetus est plus difficile par cette voie compte tenu du fait que le déplacement vers l'abdomen de l'utérus gestant n'en permet pas toujours l'exploration complète.

Autant que faire se peut, il faudra prendre quelques dispositions préalables : éviter les facteurs de stress (pas de chiens), mettre les animaux à jeun pendant 12 heures, avoir des aides compétents pour le rassemblement et la manipulation des moutons, offrir à l'opérateur des conditions d'examen optimales.

Par voie transabdominale, la brebis sera examinée en position debout ou en position assise voire sur le dos, cette seconde méthode nécessitant plus de travail mais offre l'avantage de pouvoir poser un diagnostic plus précocement (- 5 jours), de mieux déterminer le nombre de foetus (notamment avec une sonde sectorielle) et de procéder à l'examen des ovaires (sonde de 7.5 MHz). Classiquement, la chèvre sera examinée en position debout. La sonde sera appliquée dans la région inguinale droite. Chez la chèvre, les poils seront au besoin rasés. L'application d'un gel entre la peau et la sonde est indispensable pour faciliter la pénétration des US dans les tissus sous-jacents. Le champ ultrasonore sera d'abord dirigé vers l'entrée de la cavité pelvienne et progressivement orienté vers le bas et vers l'avant par un mouvement de rotation et de déplacement latéral de la sonde. La vessie (anéchogène) constitue un bon point de repérage.

Un diagnostic est possible vers le 30<sup>ème</sup> jour de gestation. La confirmation se basera sur l'identification de l'un ou l'autre des trois signes suivants : les liquides (anéchogènes), les cotylédons et le foetus. La vésicule embryonnaire est le principal signe de gestation entre le 30<sup>ème</sup> et le 45<sup>ème</sup> jour. Les battements cardiaques du foetus peuvent être identifiés vers le 35ème jour. Les cotylédons commencent à se développer vers le 22ème jour et sont identifiables vers le 40<sup>ème</sup> jour sous la forme de zones échogènes en forme de C ou de O selon l'angle d'incidence. Le squelette du foetus est observable vers le 45<sup>ème</sup> jour. La détermination du

stade de gestation est basée sur la mesure de la longueur du foetus (base de la tête - base de la queue) ou du diamètre bipariétal (présence des deux orbites sur l'image requise). Le développement fœtal est relativement constant jusqu'au 80<sup>ème</sup> jour de gestation quel que soit le nombre de foetus présent.

La détermination du nombre de foetus requiert davantage d'expérience. Elle sera idéalement réalisée entre le 40<sup>ème</sup> et le 70<sup>ème</sup> jour de gestation. L'attention de l'opérateur sur la possibilité d'une gestation gémellaire sera attirée par le fait que dans ce cas le nombre de cotylédons est plus élevé. Le degré d'exactitude de cette détermination diminue nettement après le 90<sup>ème</sup> jour de gestation.

L'intérêt pratique du diagnostic de gestation gémellaire réside dans la possibilité ainsi offerte à l'éleveur d'adapter le régime alimentaire au nombre de fœtus et d'éviter ce faisant le risque de toxémie de gestation encore appelée maladie des agneaux doubles. Liée à l'augmentation des besoins énergétiques, cette pathologie apparaît au cours des 2 à 4 dernières semaines de gestation. L'isolement de l'animal, des troubles oculaires (absence de fermeture des paupières en cas de stimulation), l'odeur de pomme dans l'étable due à l'acétone, un état comateux en sont les symptômes dominants. Cette pathologie est décrite plus en détail dans la partie du cours de médecine interne traitant des maladies métaboliques.

## **9. Pour en savoir plus**

- Hanzen Ch. Applications des ultrasons et de l'effet Doppler à la physiopathologie de la reproduction en médecine vétérinaire. Ann.Méd.Vét., 1980, 124, 477-488.
- Hanzen Ch., Delsaux B. Use of transrectal B-Mode ultrasound imaging in bovine pregnancy diagnosis. Vet.Rec., 1987, 121, 200-202.
- Hanzen Ch., Laurent Y. Application de l'échographie bidimensionnelle au diagnostic de gestation et à l'évaluation de l'incidence de la mortalité embryonnaire dans l'espèce bovine. Ann.Méd.Vét., 1991, 135, 481-487.
- Hanzen Ch., Laurent Y., Jakovljevic S. Applications de l'échographie en reproduction bovine. 1. L'examen des ovaires. Ann.Méd.Vét., 1992, 137, 13-18.- Hanzen Ch., Laurent Y., Jakovljevic S. Applications de l'échographie en reproduction bovine. 1. L'utérus gestant et non-gestant. Ann.Méd.Vét., 1993, 137, 93-101.
- Hanzen Ch., Drion PV, Lourtie O., Depierreux C., Christians E. La mortalité embryonnaire. 1. Aspects cliniques et facteurs étiologiques dans l'espèce bovine. Ann.Méd.Vét., 1999, 143, 91-118.
- Hanzen Ch., Lourtie O., Drion PV, Depierreux C., Christians E. La mortalité embryonnaire. 2. Implications hormonales. Ann.Méd.Vét., 1999, 143, 179-189.
- Hanzen Ch., Lourtie O., Drion PV, Depierreux C., Christians E. La mortalité embryonnaire. 2. Implications hormonales. Ann.Méd.Vét., 1999, 143, 179-189.
- Vidéo : Bovine ultrasonography Brad Stroud Stroud video productions, 6601 Grandbury Highway Weatherford TX 76087 USATél 817 599 77 21
- Vidéo : Ginther OJ Ultrasonic imaging and reproductive events Equiservices, 4343 Garfoot road, Cross Plains WI 53528 USA, Tél 6087 798 49 10.
- Cunningham W., Marsh D. Pregnancy diagnosis. In : Current therapy in large animal theriogenology. Youngquist R.S., W.B. Saunders Company, 1997. pp 612-616.
- Matsas D. Pregnancy diagnosis in the goat. In : Current therapy in large animal theriogenology. Youngquist R.S., W.B. Saunders Company, 1997. pp 514-520.
- Buckrell B.C. Applications of ultrasonography in reproduction in sheep and goats. Theriogenology, 1988, 29, 71.

Tableau 6: Résultats comparés des diagnostics de gestation par échographie

			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>TOT</b>
Stade (Jours)			21-70	NP	92-202	21-60	26-33	24-81	21-33	26-70	16-31	10-24	
Sonde (MHz)			3.0		3.5	3.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Echo	F.R.												
+	+	(a)	129	166	173	166	43	222	56	125 2	80	92	2379
+	-	(b)	3	32	1	9	5	14	11	126	35	12	248
-	-	(c)	62	102	3	102	36	61	64	349	107	65	951
-	+	(d)	7	9	2	32	1	7	17	39	77	48	239
<b>n examens</b>			201	309	179	309	85	304	148	176 6	299	217	3817
<b>n animaux</b>			201	309	179	100	85	304	148	176 6	200	34	3326
<b>Sensibilité</b>			95	95	99	84	98	97	77	97	51	65	91
<b>Spécificité</b>			95	76	75	92	88	81	85	74	75	84	79
<b>Exactitude +</b>			98	84	99	95	90	94	84	91	70	88	91
<b>Exactitude -</b>			90	92	60	76	97	90	79	90	58	57	80
<b>Exactitude totale</b>			95	87	98	87	93	93	81	91	63	72	87

1. Taverne et al. 1985; 2. Humblot et Thibier 1984

3. White et al. 1985; 4. Chaffaux et al. 1986,

5. Willemse et Taverne 1989; 6. Hanzen et Delsaux 1987

7. Pieterse et al. 1990; 8. Hanzen et Laurent 1991

9. Badtram GA et al. 1991; 10. Kastelic et al. 1989

NP: non précisé

Tableau 7 : Résultats comparés des diagnostics posés par échographie avant le 35ème jour de gestation

			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	Total
Stade (Jours)			28-35	< 30	21-33	< 30	16-31	10-24	< 30	<35
Sonde (MHz)			3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	
Echo	FR									
+	+	(a)	27	12	56	42	80	92	13	322
+	-	(b)	0	5	11	6	35	12	16	85
-	-	(c)	24	3	64	7	107	65	32	302
-	+	(d)	7	1	17	2	77	48	8	160
<b>n examens</b>			58	21	148	57	299	217	69	869
<b>Sensibilité</b>			79	92	77	95	51	65	62	67
<b>Spécificité</b>			100	38	85	54	75	84	67	78
<b>Exactitude +</b>			100	71	84	88	70	88	45	79
<b>Exactitude -</b>			77	75	79	78	58	57	80	65
<b>Exactitude totale</b>			88	71	81	86	63	72	65	72

1. Taverne et al. 1985; 2. Hanzen et Delsaux 1987

3. Pieterse et al. 1990; 4. Hanzen et Laurent 1991

5. Badtram GA et al. 1991; 6. Kastelic et al. 1989

7. Chaffaux et al. 1986

Tableau 8 : Résultats comparés des diagnostics posés par échographie après le 35ème jour de gestation

		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Total</b>	
<b>Stade (Jours)</b>		40-49	40-49	36-49	40-49	50-59	60-70	> 35	
<b>Sonde (MHz)</b>		5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0		
<b>Echo FR</b>									
<b>+</b>	<b>+</b>	(a)	73	32	43	444	232	32	856
<b>+</b>	<b>-</b>	(b)	2	10	3	39	17	1	72
<b>-</b>	<b>-</b>	(c)	17	22	17	129	60	21	266
<b>-</b>	<b>+</b>	(d)	1	0	0	8	3	1	13
<b>n examens</b>		93	64	63	620	312	55	1207	
<b>Sensibilité</b>		98	100	100	98	98	97	99	
<b>Spécificité</b>		89	69	85	77	77	95	79	
<b>Exactitude +</b>		97	76	93	92	93	97	92	
<b>Exactitude -</b>		94	100	100	94	95	95	95	
<b>Exactitude totale</b>		97	84	95	93	94	96	93	

1. Hanzen et Delsaux 1987; 2. Chaffaux et al. 1986

3. Taverne et al. 1985; 4. Hanzen et Laurent 1991