

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahleb -Blida
Faculté des Sciences Agro – Vétérinaires
Département des Sciences Vétérinaires

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire

THEME

**SUIVI FOLLICULAIRE PAR ECHOGRAPHIE CHEZ DEUX VACHES
PIE NOIRES DE LA STATION EXPERIMENTALE APRES INDUCTION
DES CHALEURS PAR PGF_{2α}**

Présenté par:

KADA BENSOLTANE Ahmed Abdelaziz

BENOTSMANE Hamza

JURY

President:	Adel .D	M.A.A	USDB
Examineur :	Kaidi. R	Professeur	USDB
Promoteur :	Ammi .M	M.A	USDB

Blida, Juillet 2010



REMERCIEMENTS

Nos premiers remerciements reviennent à dieu le tout puissant, le miséricordieux qui nous a aidé, qui a enrichi notre savoir et qui nous a permis de réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'achèvement de ce travail.

Nos remerciements vont aussi à notre promoteur Dr Ammi Mohamed pour avoir proposé et dirigé ce travail. Nous le remercions vivement pour sa gentillesse, ses précieux conseils et sa disponibilité.

A Monsieur ADEL Djalal pour nous avoir aidés lors de l'utilisation des Hormones et pour avoir accepté de présider ce jury.

A monsieur Kaidi Rachid pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également:

Mme CHAOUIA Cherifa. Directrice de la Station de nous avoir permis de réaliser notre expérimentation au niveau de la station.

Nous n'oublierons pas Mme Boukert, vétérinaire de la Station pour son aide lors de la synchronisation des chaleurs chez la vache.

Tout le personnel de la station expérimentale.

Sans oublier SADOK BOUZIANE Rédha, vétérinaire praticien a Sidi Lakhdar qu'il nous a beaucoup aidé.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents "Abdelkader" et "Fatma Zohra "et mes grands parents, pour leur amour, leur confiance et pour les valeurs qu'ils m'ont transmises.

A mes sœurs et frères ainsi que mes beaux frères, belles sœurs, mes neveux et mes nièces.

A toute ma grande famille, mes oncles et tantes.

A mon binôme Hamza et sa famille.

A tous mes amis et mes collègues surtout les étudiants de 5^{ème} année vétérinaire promotion 2009/2010.

Abdelaziz

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail a ceux qui ont fait de moi ce que je suis et qu'ils sont toujours présents pour me soutenir a tout les moments : mes parents que dieu les garde et les préserve.

A mes frères : Abdelhadi, Mohammed, Ilyes, Abdennour, Salim, Sidahmed et ma sœur Ikram.

A mes jolies neveux et nièces : Romayssa, Rawnak, Islem, Abderraouf et Belkiss.

A toute la famille BENOTSMANE et la famille BERKAT.

A Boussefiane Hocine, vétérinaire praticien a Khemis Miliana qui m'a beaucoup aidé.

A mes amis : Brahim, Abderrahmane, Hamza, Mohammed, Ahmed et Yacine sans oublier mon cher ami et binome Abdelaziz.

A tous les étudiants de 5^{ème} année vétérinaire promotion 2009/2010.

A tous ceux qui m'aiment et me respectent.

Hanna

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

RESUME

INTRODUCTION

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

I - ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

I-1. ANATOMIE ET TOPOGRAPHIE.....	2
I-2. PHYSIOLOGIE.....	5
I-2.1. Notion de vagues folliculaires.....	5
I-2.2. La folliculogenèse	5
I-2.3. Le cycle sexuel de la vache.....	8
I-2.3.1. L'axe hypothalamo-hypophyso-ovaro-utérin.....	8
I-2.3.2. Le cycle oestral.....	9

CHAPITRE II

II - MAITRISE DU CYCLE ET SYNCHRONISATION

II-1. HORMONOLOGIE.....	10
II-1.1. L'axe hypothalamo- hypophysaire.....	10
II-1.2. Les hormones de la reproduction.....	10
II-2. METHODES DE SYNCHRONISATION.....	11
II-2.1. Les prostaglandines F2 α	11
II-2.2. Les associations GnRH/PGF2 α	12
II-2.3. Les associations œstrogènes/progestagènes/eCG.	12

CHAPITRE III

III - L'APPLICATION DE L'ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE

III-1. BASES PHYSIQUES DE L'ECHOGRAPHIE.....	14
III-1.1. Les ondes ultrasonores	14
III-1.2. Interaction des ultrasons avec la matière.....	14
III-1.3. Formation des échos	14
III-1.4. Caractéristique du milieu.....	15
III-2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA SONDE.....	16
III-2.1.Principe de base : la Transduction.....	16
III-2.2.Emission et réception des ultras-sons	17
III-2.3. Reconstruction de l'image échographique.....	17
III-2.4. Représentation de l'image ultrasonore.....	17
III-2.5. Qualité de l'image : résolution.....	17
III-2.6.Artéfacts.....	18
III-2.6.1.Types d'artéfacts.....	18
III-2.6.2. Artéfacts utilisés en échographie gynécologique bovine.....	18
III-3. CONTRAINTES TECHNIQUES	19
III-3.1. Choix de la sonde	19
III-3.2. Choix de la fréquence des ultrasons	20
III-3.3. Conditions d'un bon examen échographique	21
III-4.L'UTILITE DE L'ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE	22
III-4.1.Echographie des ovaires	22
III-4.2. Echographie d'utérus	27
III-4.3.Diagnostic différentiel.....	28

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Introduction.....	29
II. Objectifs	29
III. Lieu et période.....	29
IV. Matériel et méthode.....	29
IV-1. Les animaux.....	30
IV-2. Les hormones.....	30
IV-3. Le matériel d'imagerie.....	30
IV-4. Le matériel de contention des animaux.....	31
IV-5. Méthodes de travail.....	31
V. Résultats et interprétations.....	33
V.1. Résultats de la Détection des chaleurs.....	33
V.2. Résultats de l'échographie.....	34
VI. Discussion.....	43
VII. Conclusion.....	43
VIII. Recommandations.....	44

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

Figure 01 : Schéma du tractus génital de la vache [8].....	4
Figure 02 : schéma de l'axe hypothalamo-hypophysio-ovariens [13]	8
Figure 03:La relation entre l'évolution des organites ovariennes et le cycle oestral... 9	
Figure 04 :Répartition des chaleurs après traitement à base de prostaglandine F2 α et saillie naturelle sur chaleurs observées chez des vaches cyclées [17].....	13
Figure 05 : Schéma d'une sonde sectorielle [36]	19
Figure 06 :Schéma d'une sonde linéaire [36]	19
Figure 07 Schéma d'Echographe sur support mobile [36]	21
Figure 08 : Schéma d'Echographe sur support fixe [36]	22
Figure 09 : Echographie in vivo de vache en anœstrus [38]	24
Figure 10 : Echographie in vivo d'un ovaire portant des follicules [38]	24
Figure 11 : Echographie d'un ovaire portant un corps jaune et un follicule [38].....	25
Figure 12 : Echographie in vivo d'un ovaire portant un corps jaune cavitaire [38].....	25
Figure 13 : Echographie in vivo d'un ovaire avec un kyste folliculaire [38].....	26
Figure 14 : La vache 07002, image(A), la vache 07004, image(B).....	30
Figure 15 : Appareil échographe et sa sonde linéaire.....	30
Figure 16 : Vache immobilisée dans la cage de contention.....	31
Figure 17 : L'examen échographique transrectal.....	32
Figure 18 : La vache PN n°07004 immobile devant le taureau inséminateur.....	33
Figure 19 : La saillie de la vache PN n°07004.....	33
Figure 20: PN N°07002 OVD	34
Figure 21: PN N°07002 OVG.....	34
Figure 22: PN N° 07002 OVD à J1 du cycle induit.....	35

Figure 23: PN N ⁰ 07002 OVG à J1 du cycle induit.	35
Figure 24: J1 PN N ⁰ 07002 Vessie vide.....	36
Figure 25 : PN N ⁰ 07002 vagin.....	36
Figure 26 :PN N ⁰ 07004 CJ.....	37
Figure 27: PN N ⁰ 07004 OVG.....	37
Figure 28: PN N ⁰ 07004 col à J1 du cycle induit.	38
Figure 29: PN N ⁰ 07004 Artefact en queue de comète.....	38
Figure 30: PN N ⁰ 07004 OVD à J1 du cycle induit.	39
Figure 31: PN N ⁰ 07004. OVG à J1 du cycle induit.	39
Figure 32: PN N ⁰ 07004 OVD à J3 du cycle induit.	40
Figure 33: PN N ⁰ 07004 OVD à J3 du cycle induit.	40
Figure 34: PN N ⁰ 07004 OVG à J3 du cycle induit.	41
Figure 35: PN N ⁰ 07004 corne à J3 du cycle induit.	41
Figure 36: PN N ⁰ 07004 corps de l'utérus à J3 du cycle induit.	42

Liste des tableaux :

Tableau I : Impédance acoustique de différents milieux [29]	15
Tableau II : choix de la fréquence selon l'indication [39]	21
Tableau III : diagnostic différentiel des organites ovariens par échographie chez la vache [49]	28

LISTE DES ABREVIATIONS

- C** : célérité
- CJ**: Corps jaune
- EGF**: Epidermal growth factor
- f**: fréquence
- FSH**: follicule stimulating hormone
- IM**: Intramusculaire
- J**: Jour
- LH**: Luteinizing hormone
- MHz**: Mégahertz
- OV**: Ovaire
- OVD**: Ovaire droit
- OVG**: Ovaire gauche
- PGF2 α** : prostaglandines
- PN**: Pie noire
- μM** : micromètre
- Z** : impédance acoustique
- λ** : longueur d'onde

RESUME

Tenant une part importante dans l'imagerie médicale l'échographie apparue il y a une trentaine d'années est maintenant une technique bien connue par les praticiens vétérinaires, surtout dans le domaine de la reproduction.

Cette technique utilise les ultrasons. Le signal transmis correspondant aux différentes structures rencontrées (écho) sera traité par un processeur et restitué en temps réel sur l'écran.

C'est dans la perspective de l'utilisation clinique de cette technique d'imagerie en gynécologie bovine que s'inscrit notre travail. Des connaissances anatomiques et physiologiques de l'appareil génital femelle de la vache ainsi que les bases physiques de l'échographe sont nécessaires afin d'utiliser de façon optimale l'échographe et de savoir interpréter les images rendues.

Notre travail comporte d'abord une étude bibliographique, puis une étude expérimentale réalisée au niveau de la Station expérimentale de l'Université de BLIDA.

Notre étude a débuté par une période pré expérimentale qui consiste en l'application d'une méthode de synchronisation des chaleurs des vaches à base de prostaglandine suivie d'une période expérimentale proprement dite comportant les différentes séances d'échographie:

La palpation manuelle transrectale des différentes parties du tractus génital pour chaque vache qu'elle précède toujours les séances d'échographie et l'interprétation des images obtenues sur l'écran de l'échographe et à la prise des mesures des différentes structures ovariennes observées.

Mots-clés : Vache/Echographie/Follicule/Ovaire.

المخلص

ظهرت تقنية التصوير بالموجات ما فوق صوتية منذ ما يفوق الثلاثين سنة وقد أصبحت حاليا مستعملة بكثرة في مجال الطب البيطري خاصة في المجال التناسلي.

تعتمد هذه التقنية على الموجات فوق صوتية المنبعثة من المسبار ذي التذبذبات المختلفة، حسب العضو المشخص، ثم تعود هذه الموجات لتستقبل مرة ثانية من طرف هذا المسبار.

تختلف الإشارة المنبعثة حسب نوعية الأنسجة وتحلل بواسطة جهاز الحاسوب، الذي يعمل على تحويل هذه الإشارة الصوتية إلى إشارة مرئية على شكل صورة تظهر من خلال شاشة.

ويصدد استعمال هذه التقنية التصويرية في مجال دراسة الأجهزة التناسلية للأبقار، قمنا بإنجاز هذا العمل الذي يعتمد أيضا على معارف تشريحية وفيزيولوجيا الجهاز التناسلي للبقرة، وتعتمد كذلك على القواعد الفيزيائية للجهاز لفهم أفضل لمبدأ عمل و تشغيل هذا الأخير.

تتقسم دراستنا هذه إلى جزئين، جزء نظري وآخر عملي تم إنجازه على مستوى المحطة التجريبية لجامعة البليدة.

كما تنقسم دراستنا هذه على مرحلتين:

مرحلة قبل تجريبية و المتمثلة في العلاج الهرموني لتحقيق توافق مرحلة الشياح بواسطة هرمون البروستاغلاندين ; متبوعة بمرحلة تجريبية محضة و المتمثلة في حصص التصوير بالموجات فوق الصوتية، وتنقسم هذه المرحلة بدورها إلى:

مرحلة تقويم الأعضاء التناسلية الداخلية عبر المسبار ومرحلة ثانية متمثلة في حصص التصوير الفوق صوتي وأخذ مختلف القياسات للأنسجة المبيضية.

الكلمات الرئيسية: البقرة/الموجات فوق صوتية/جريب/المبيض.

Abstract

Holding a significant stake in the medical imaging ultrasound there appeared some thirty years is now a well known technique for veterinary practitioners, especially in the field of reproduction.

This technique uses ultrasound which will be sent by a probe with variable frequencies depending on the organ to be explored and approved by the same probe. The signal corresponding to the different structures encountered (echo) will be processed by a computer and rendered in real time on the screen.

In view of the clinical use of this imaging technique in gynecology veal that guides our work. Knowledge of anatomy and physiology of the female genital tract of the cow and the physical basis of ultrasound are needed to make optimal use of this device what the ultrasound and know how to interpret the images rendered by him it. Our work involves firstly a literature review and an experimental study conducted at the Experimental Station of the University of BLIDA.

Our study began with an experimental pre is the application of a method for synchronization of oestrus in cows with prostaglandines followed by proper experimental sessions with different ultrasound over two main stages namely:

- Manual transrectal palpation of various parts of the genital tract of each cow before the ultrasound and whose purpose is to know the status of the tract and ovaries.

- The second stage corresponds to the ultrasound sessions, the interpretation of the images on the screen of the ultrasound and measurement of different ovarian structures observed.

Key-words: Cow/Ultrasound/Follicle/Ovary.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis une quinzaine d'années, l'échographie se développe en gynécologie bovine, en particulier, dans le cadre de suivis de reproduction. Cette technique fiable et rapide permet un examen gynécologique en vue de la détermination de l'état physiopathologique de l'appareil génital femelle des bovins en particulier celui des ovaires et de l'utérus. Par ailleurs, elle permet un diagnostic de gestation plus précoce que la palpation transrectale. Elle permet également le dénombrement et le sexage des fœtus. L'échographie est également utilisée dans les biotechnologies de pointe lors de la ponction des follicules ovariens (en vue de la collecte des ovocytes), de la ponction du follicule dominant ou des kystes folliculaires.

Notre étude s'articule autour d'une partie bibliographique sur l'anatomie et la physiologie de la reproduction chez la vache, la maîtrise de l'œstrus, ainsi que sur les principes de fonctionnement de l'échographe, et d'une partie expérimentale concernant la mise en évidence par échographie des structures ovariennes durant la phase folliculaire.

Recherchant les bénéfices apportés par cette technique nous avons essayé tout au long de notre étude de tirer le plus grand profit et expérience en manipulant d'abord l'appareil échographique et sa sonde sur des pièces anatomiques, en l'occurrence des tractus génitaux issus des abattoirs en échographiant sous eau ces pièces, pour débiter notre apprentissage puis sur les animaux vivants désignés pour notre expérimentation

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

CHAPITRE I

I. ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

I-1. ANATOMIE ET TOPOGRAPHIE:

L'appareil génital femelle des bovins est constitué de trois sections à savoir : la section glandulaire (ovaires), la section tubulaire (voies génitales proprement dites: trompes, utérus et vagin) et la section urogénitale (vestibule du vagin et vulve).

La reproduction est un processus physiologique complexe résultant d'une chaîne de réactions bien synchronisées contrôlé harmonieusement par une diversité d'hormones sécrétées par plusieurs organes [1].

Le système reproducteur de la vache est composé des ovaires et d'un réseau de canalisation comprenant les oviductes, les cornes utérines, le cervix et le vagin.

- La vulve :

Elle constitue la partie externe de l'appareil génital femelle, elle occupe la partie ventrale du périnée [2].

La vulve est le lieu où débouche l'urètre par le méat urinaire ainsi que les canaux excréteurs des glandes lubrifiant plus abondamment le vagin au moment de l'oestrus [3].

- Le vagin :

C'est un conduit musculo-membraneux de 30 cm de long. ses parois minces et plissées en contact l'une avec l'autre, peuvent se dilater considérablement au moment de la mise bas [3].

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 [2].

- Le col utérin :

C'est un canal musculéux de 7 à 8 cm qui fait protrusion à l'intérieur du vagin par un épais bourrelet aux stries concentriques qui le qualifient de « fleur épanouie » [3].

Il se trouve sur le plancher du bassin, près du sommet du pubis, souvent un peu à droite de la ligne médiane. Sa consistance est ferme chez les vaches, il est plus petit et mou chez les génisses [6].

- L'utérus :

C'est le lieu de la gestation ; l'œuf y vit à l'état libre à partir du quatrième jour, et s'y fixe au bout d'un mois. Il est formé :

a- Du corps de l'utérus ; très court (5 cm).

b- De deux cornes utérines (25 cm de long) se prolongeant par les oviductes [3] et recourbées vers le bas [4].

S'étend de la région sous lombaire à l'entrée du bassin. Les cornes utérines et le corps utérin sont fixés à la paroi dorsale de l'abdomen et du bassin par les ligaments larges. Ils renferment également une importante vascularisation et des fibres élastiques impliquées dans le déplacement d'utérus en fin de gestation [7].

Situer tout entier dans la cavité pelvienne chez les jeunes femelles, l'utérus gagne la cavité abdominale à la suite des gestations [4].

La paroi de l'utérus de la vache se compose de trois tuniques ; une séreuse ou péritoine, une musculuse ou myomètre et une muqueuse ou endomètre [2].

De l'intérieur l'utérus de la vache a un aspect plissé et porte une centaine de tubercules arrondis ; les cotylédons, sur lesquels viendra se fixer l'enveloppe externe du fœtus ; le chorion [3].

- L'oviducte :

Encore appelé trompe utérine ou salpinx ou trompe de Fallope, constitue la partie initiale des voies génitales femelles [2]. Les oviductes sont des longs tuyaux étroits, qui débouchent l'une dans la cavité abdominale, et l'autre dans la matrice par deux ouvertures [5].

Il est constitué du pavillon qui capture l'ovule pondu par l'ovaire lors de l'ovulation, de l'ampoule et de l'isthme relié à la corne utérine [3].

- L'ovaire:

L'ovaire représente l'organe essentiel de la reproduction chez la femelle; c'est à son niveau que se différencient et se développent les ovules [4].

Les ovaires sont des organes pairs, de forme ovale, suspendue dans la région lombaire avec les oviductes et la matrice par les mêmes ligaments [5].

Ils sont aplatis, du volume d'une noix [4]. En forme d'amande, bosselés, et dépourvus d'échancrure [4]. Leur poids de 1 à 2 g à la naissance, passe de 4 à 6 g à la puberté et d'une quinzaine de grammes (10 à 20 g) chez l'adulte. En général l'ovaire droit est légèrement plus lourd que le gauche [2].

Situés au niveau de la branche montante de l'ilium, ils peuvent être palpés en suivant l'enroulement des cornes utérines, ou en les recherchant latéralement, de 2 à 5 cm de part et d'autre de la bifurcation utérine. La taille des ovaires varie en fonction des organites présents : environ de 3 à 5 cm de longueur et de 2 à 4 cm de largeur [7].

Chaque ovaire comporte une zone vasculaire centrale (médulla) et une zone parenchymateuse périphérique (cortex), [2].

- Les vaisseaux de l'appareil génital femelle:

Tout le sang artériel de l'appareil génital est fourni par trois artères principales:

a- L'artère utéro-ovarienne: naît de l'aorte postérieure, au voisinage de la petite mésentérique. Elle s'engage entre les deux lames du ligament large et se divise près de l'ovaire en deux branches, dont l'une très flexueuse est canalisée dans l'épaisseur de cet organe, tandis que l'autre gagne la corne utérine [4].

b- L'artère utérine: issue de l'iliaque externe, passe entre les deux lames du ligament large et gagne la petite courbure ou elle se divise en rameaux antérieurs et postérieurs, [4].

c- L'artère vaginale: naît de la honteuse interne, se porte sur la paroi du vagin et remonte jusqu'au corps de l'utérus pour s'anastomoser à ce niveau avec les rameaux postérieurs de l'utérine [4].

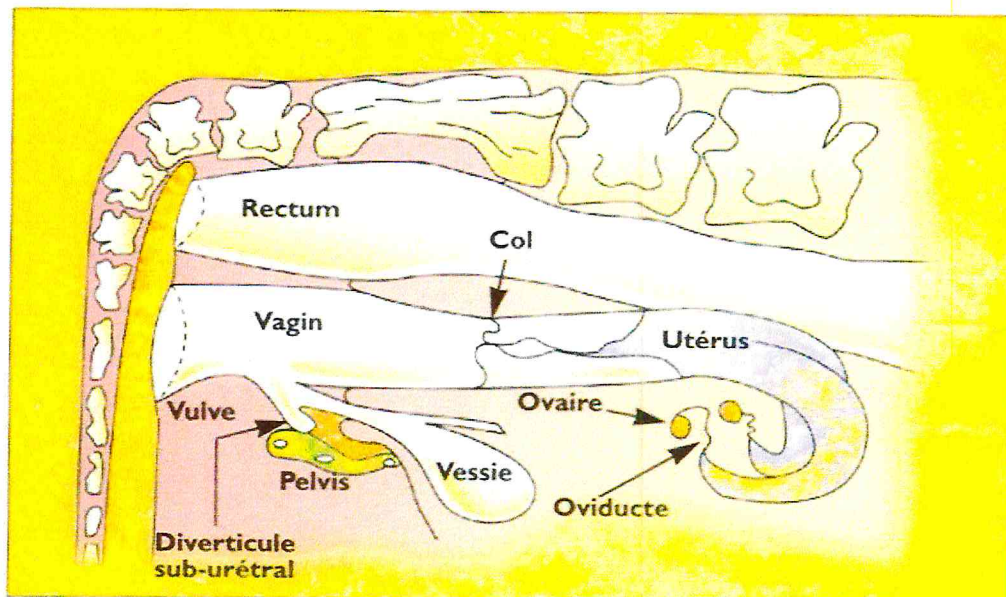


Figure 01 : Schéma du tractus génital de la vache [8].

I-2. PHYSIOLOGIE

I-2.1. Notion de vagues folliculaires :

Ces dernières années, la mise au point et le recours de plus en plus intensif à l'échographie ont permis de décrire de manière plus précise la cinétique de la croissance folliculaire en confirmant la théorie de vagues selon laquelle le développement folliculaire apparaît non pas de manière aléatoire mais sous la forme de croissance et de régression synchrones de plusieurs follicules appelés vagues.

Chaque vague consiste en l'émergence, tous les 7 à 9 jours environ, de plusieurs follicules, de diamètre égal ou supérieur à 5mm, parmi lesquels au bout de quelques jours apparaîtra un follicule dit dominant [9].

La présence de deux ou trois vagues de croissance folliculaire entraîne des différences cliniquement décelables, le cycle (12.5 vs 19.5 jours) et la phase lutéale (18 vs 16.7 jours) sont allongés si trois vagues de croissance folliculaire sont observées, de même dans ce cas la deuxième vague de croissance folliculaire apparaît plus précocement (9.4 vs 10.7 jours), le diamètre du follicule dominant de la première vague est moindre (12.8 vs 14.4 mm) et l'intervalle entre le moment où émerge le follicule dominant de la troisième vague et l'ovulation est plus courte (7 vs 11 jours) [10].

I-2.2 La folliculogénèse :

La folliculogénèse est la succession des différentes étapes du développement du follicule ovarien, depuis le moment où il sort de la réserve jusqu'au moment de sa rupture à l'instant de l'ovulation ou à son involution. Ce phénomène s'opère de façon continue, puisque chaque jour des follicules entrent dans une phase de croissance.

Chez les mammifères domestiques, la croissance folliculaire implique la présence de trois phénomènes bien distincts les uns des autres soit : le recrutement, la sélection et la dominance folliculaire. L'œstradiol et l'inhibine, dont la sécrétion augmente avec la croissance folliculaire, condamnent la sécrétion de FSH. La phase folliculaire couvre l'intervalle entre le début de la régression du corps jaune et l'ovulation [11].

- Follicules Primordiaux

L'ensemble de ces follicules représente la réserve non renouvelable de follicules pour la vie reproductive des vaches. Le follicule primordial, contient l'ovocyte (ovule immature) et constitue l'unité de développement fondamentale des ovaires de vaches. Le diamètre des follicules primordiaux est d'environ 40 à 50 μM et contient un ovocyte immature de moins de 30 μM de diamètre.

Ces follicules contiennent tous des ovocytes incapables de reprendre leur méiose. L'apparition des follicules primordiaux dans l'ovaire a lieu durant l'embryogénèse. Chez le bovin, ce phénomène se produit autour du 90^{ème} jour de gestation.

Ce type de follicule se caractérise par un ovocyte au stade dictyé entouré par une seule couche de cellules épithéliales aplaties: les cellules de la pré-granulosa.

La présence des cellules de la granulosa serait nécessaire pour que l'ovocyte puisse survivre et croître.

Le cortex périphérique de l'ovaire contient les follicules primordiaux. Lorsque les follicules et les ovocytes commencent à prendre du volume et à s'expanser, ils se déplacent plus profondément à l'intérieur du cortex. Chez le bovin, ils grossiront à l'intérieur du cortex jusqu'à ce que l'antrum redevienne visible en périphérie. Les facteurs biochimiques responsables de la croissance sélective de certains follicules demeurent encore inconnus [12].

- Follicules primaires

Les follicules primordiaux seront activés pour devenir follicules primaires par un mécanisme d'activation qui demeure encore inconnu [12]. Les groupes de follicules primordiaux commencent à se développer pour devenir follicule primaire avant la naissance. Ce phénomène se produit indépendamment des hormones pituitaires gonadotrophines et ne semble pas être soumis qu'au contrôle ovarien.

Chez le bovin, ce phénomène se produit vers le 140^{ème} jour de gestation. Les ovocytes des follicules primaires ne diffèrent pas significativement en volume de ceux que l'on retrouve au stade primordial. Ils contiennent des ovocytes entourés de cellules de la granulosa. Les ovocytes ne commenceront à prendre du volume qu'au moment où il y aura un nombre suffisant de cellules de granulosa, soit environ 40 cellules chez le bovin. Les cellules de la granulosa possèdent à ce stade des sites de liaison.

À ce stade, le diamètre folliculaire a progressé et des changements importants prennent place lors du développement du follicule primaire. De plus, c'est à ce stade que l'on observe la première trace de formation de la zone pellucide qui n'entoure pas encore tout à fait l'ovocyte. Elle finira de se former pour ceinturer complètement l'ovocyte au moment où le follicule atteindra son stade préantral. [12].

- Follicules secondaires

Les follicules primordiaux, primaires et secondaires constituent ensemble 95% de la population folliculaire. Chez le bovin, les follicules secondaires apparaissent vers le 210^{ème} jour de gestation.

Les cellules de la thèque deviennent clairement identifiables à la face externe du follicule, favorisant ainsi le développement du réseau capillaire entourant l'ovocyte. Des sites de liaison à la FSH, au bFGF et à l'EGF sont présents sur les cellules de la granulosa, alors que les cellules de la thèque comportent plutôt des sites pour la LH chez le bovin. Bien que les sites de liaisons aux gonadotrophines soient présents à ce stade, il est bien reconnu que les premiers stades de croissance folliculaire sont indépendants des hormones gonadotropes. [12].

- Follicules tertiaires (antraux ou de De Graaf)

Les follicules secondaires deviendront tertiaires lorsqu'il y aura formation d'une cavité à l'intérieur du follicule connue sous le nom d'antra (ou antrum). Le stade tertiaire correspond à la phase de recrutement folliculaire. C'est au 270^{ème} jour de gestation que les premiers follicules antraux apparaissent.

Le follicule antral est composé de plusieurs couches de cellules.

Quand la zone pellucide entourant l'ovocyte devient complète des projections de cellules de la corona radiata s'invaginent à la surface de l'ovocyte pour traverser la zone pellucide et former des jonctions communicantes ou gap junctions. Cette association permet l'échange de facteurs régulateurs de la maturation ovocytaire. Juste avant l'ovulation un espace péri vitellin se forme entre l'ovocyte et la zone pellucide.

Des caractéristiques stéroïdogéniques différentes ainsi qu'une distribution différente des récepteurs démarquent les cellules du cumulus des cellules de la granulosa. Les cellules de la granulosa possèdent des récepteurs à la FSH, tandis que les cellules de la thèque possèdent des récepteurs à la LH à leur surface. La stéroïdogénèse folliculaire est régulée par ces deux types cellulaires.

C'est la théorie des deux cellules-deux gonadotrophines. Les cellules de la thèque produisent des androgènes une fois activées par leur récepteur LH. Les cellules de la granulosa, sous l'influence de la FSH utilisent les androgènes produits par les théques. La granulosa synthétise les œstrogènes grâce à l'enzyme qu'elles possèdent, soit l'aromatase, qui transforme l'androstenedione en oestradiol. Les follicules au stade antraux deviennent dépendants des gonadotrophines.

Les gonadotrophines peuvent influencer le développement des follicules antraux à partir du 60^{ème} jour post natal. [12]

- Le corps jaune

Structure ovarienne de forme sphérique ou ovoïde apparaissant après l'ovulation, et sécrétant la progestérone. Par exploration manuelle transrectale, il apparaît comme une structure à surface lisse et de consistance ferme (hépatique), de diamètre compris entre 2 et 3 cm. présentant souvent une papille plus saillante. (0,5 à 1 cm) en surface de l'ovaire. Le corps jaune de gestation est d'avantage enfoui dans l'ovaire et légèrement plus mou.

L'échographie montre une structure homogène. iso-échogène, de diamètre supérieur à 2 cm. Cependant, 60 % des corps jaunes présentent, à l'intérieur une paroi de plus de 5 mm d'épaisseur, une cavité de diamètre compris entre 2 et 22 mm (corps jaune cavitare). Cette structure appelée à tort corps jaune kystique n'a pas de signification pathologique.

- a- Le corps jaune hémorragique : structure de consistance molle de diamètre inférieur à 2 cm correspondant à un corps jaune en formation. Son identification par exploration manuelle transrectale est difficile.
- b- Le corps jaune atrophique : corps jaune ayant régressé se présentant sous la forme d'une structure dure, fibreuse, de 2 à 4 mm de diamètre, difficile à identifier par palpation manuelle.
- c- Le corps jaune persistant : structure lutéale présente, en dehors de la gestation ou d'un pyromètre et en l'absence d'un retour en chaleurs de l'animal, au même endroit sur le même ovaire et de taille comparable lors de deux examens réalisés à 15 jours d'intervalle. Le diagnostic du corps jaune persistant étant exceptionnel, ce terme est employé de manière excessive [13].

I-2.3. Le cycle sexuel de la vache :

I-2.3.1. L'axe hypothalamo-hypophysio-ovario-utérin:

Au début d'un cycle, l'hypothalamus sécrète la gonadolibérine GnRH qui stimule, juste au-dessous de lui, la sécrétion par l'hypophyse de FSH et LH. Ces deux hormones se répandent par le sang dans l'organisme.

Réaction de l'ovaire : un follicule (ou plusieurs) se développe et sa thèque interne sécrète l'œstradiol.

Cette sécrétion d'œstradiol "prévient" l'hypothalamus pour intensifier sa sécrétion de GnRH, ce qu'il fait aussitôt : l'hypophyse à son tour renforce la production de FSH et LH, et la thèque interne du follicule intensifie sa sécrétion d'œstradiol. Il arrive un moment où ce renforcement mutuel (œstradiol - GnRH - FSH et LH) aboutit à une telle montée du taux de FSH et LH (montée qui, sur une courbe, forme deux "pics") que l'ovulation se produit.

A la place du follicule ovulé s'installe donc le corps jaune, qui se met à sécréter activement la progestérone, et aussi l'œstradiol. Mais cette fois, c'est l'action de la progestérone qui domine alors que l'œstradiol excitait l'hypothalamus, la progestérone freine la sécrétion de GnRH d'où diminution des taux de FSH et LH. L'ovaire, de ce fait, diminue sa sécrétion d'œstradiol et de progestérone : le corps jaune régresse. Lorsqu'il a suffisamment régressé, le frein qu'exerçait la progestérone sur l'hypothalamus se desserre, et la production de GnRH reprend : un nouveau cycle se met en route.

S'il y a fécondation : l'embryon sécrète une hormone d'effet comparable à celui de LH : *Trophoblastine*. Le corps jaune est stimulé et devient corps jaune gestatif. Et au bout d'un mois, c'est le placenta qui prend le relais des ovaires en sécrétant progestérone et oestrogènes [03].

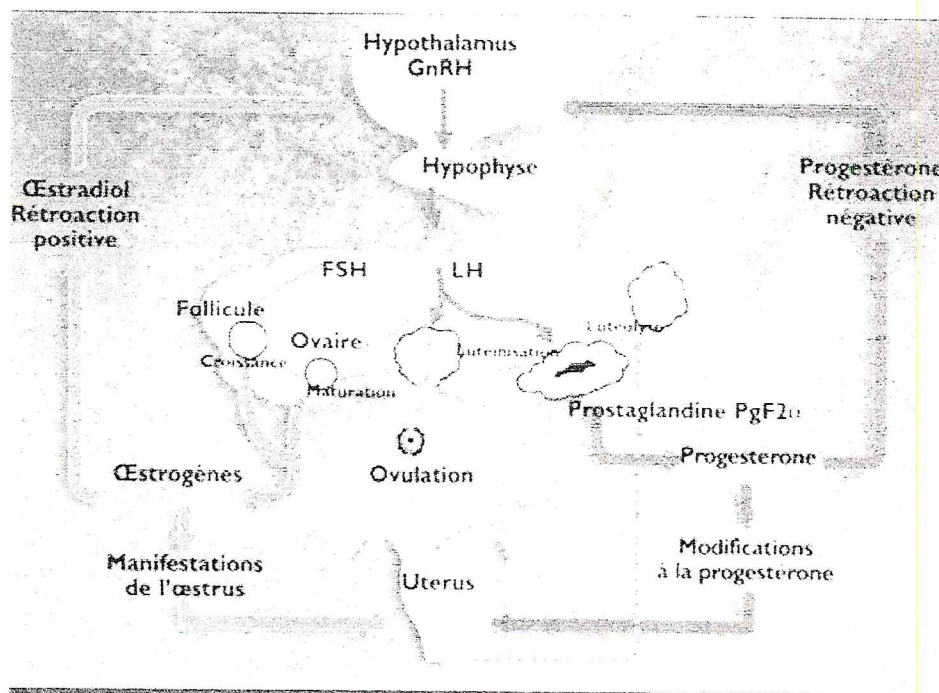


Figure 02 : schéma de l'axe hypothalamo-hypophysio-ovariens [13]

I-2.3.2. Le cycle oestral :

Le cycle œstral est la période de temps entre deux œstrus ou chaleurs, il dure en moyenne 21 jours, peut varier de 18 à 24 jours. Il est divisé en 2 étapes distinctes marquées par une phase folliculaire et une lutéale. Elles comprennent 4 phases dont la plus longue est le dioestrus [14].

- Le pro-œstrus:

Représente la période de transition entre la fin d'un cycle et le début du cycle suivant. Cette phase dure un à trois jours [14]. (Cf. Fig. 2)

- L'œstrus

C'est la période de réceptivité sexuelle, (15 h en moyenne et 30h max). Les glandes utérines, cervicales et vaginales sécrètent du mucus et hyperhémie de l'épithélium vaginal et endométrial, le cervix se relâche ; l'ovulation a lieu 12h en moyenne après la fin des chaleurs. Le proestrus et l'œstrus sont appelés en général la phase folliculaire [14]. (Cf. Fig. 2)

- Le métoestrus:

Cette phase dure environ trois jours et succède à l'œstrus. La lutéinisation de l'emplacement du follicule ovulatoire entraîne la formation du corps jaune [14].

- Le di œstrus:

Durant cette étape le corps jaune en plein fonctionnement sécrète de la progestérone. Les sécrétions du tractus génital sont rares et collantes. La muqueuse vaginale devient pâle. Le dioestrus dure 12 à 15 jours (jours 6 à 18 du cycle). C'est la phase lutéale [14].

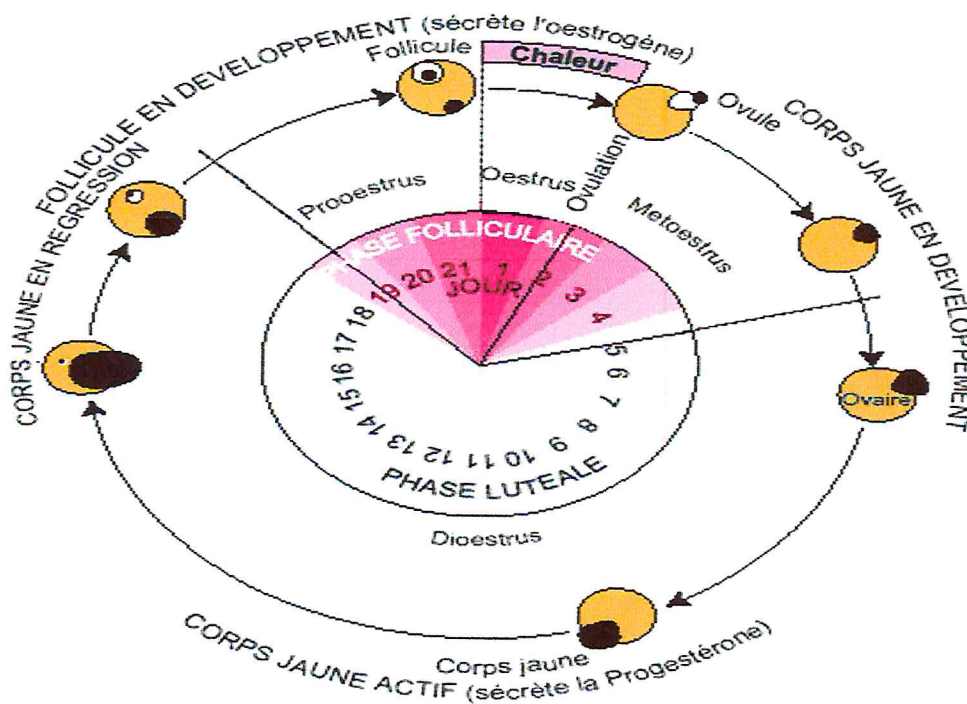


Figure 03: La relation entre l'évolution des organites ovariennes et le cycle oestral [8].

CHAPITRE II :

MAITRISE DU CYCLE ET
SYNCHRONISATION

CHAPITRE II

II- MAITRISE DU CYCLE ET SYNCHRONISATION.

II-1. HORMONOLOGIE :

II-1.1. L'axe hypothalamo- hypophysaire

L'hypothalamus apparaît comme véritable carrefour entre le système nerveux et l'appareil endocrinien; il reçoit des informations d'origine externe appartenant à toutes les modalités sensorielles (lumière, températures...). Ses connexions préférentielles avec le système hypophysaire en font la zone clef des coordinations neuroendocriniennes, il apparaît ainsi comme le véritable (chef d'orchestre) du système hormonal [15].

II-1.2. Les hormones de la reproduction :

Quatre organes ont la faculté de sécréter des hormones qui jouent un rôle dans le fonctionnement sexuel de la femelle : l'hypothalamus, l'hypophyse antérieure, l'ovaire et enfin le corps jaune en cas de gestation ainsi que le placenta.

- a) *L'hypothalamus ou plancher du cerveau* : Il sécrète la LRH (Luteining Releasing Hormon) appelée gonadolibérine ou GnRH. Cette hormone stimule les sécrétions hormonales de l'ante-hypophyse située juste sous l'hypothalamus [16].
- b) *L'ante-hypophyse ou adénohypophyse ou hypophyse antérieur* : petite glande située juste sous le plancher du cerveau, sécrète 2 hormones, la *follitropine* ou FSH (Follicule Stimulating Hormone) et la *lutropine*, ou LH (Luteostimulating Hormone). Ces deux hormones sont sécrétées aussi bien par le mâle que par la femelle, mais chez la femelle elles agissent sur les deux formations ovariennes, le follicule et le corps jaune [3].

➤ Rôles de FSH :

- Induit le recrutement des follicules.
- Assure la croissance et intervient pour stimuler la sécrétion d'œstrogène folliculaire.

➤ Rôles de LH :

- Assure la maturation folliculaire.
- Provoque l'ovulation et la reprise de méiose de l'ovocyte.
- La formation du corps jaune et la production de progestérones [14].

- c) *L'ovaire* : sécrète deux hormones : les oestrogènes et la progestérone.

- Les oestrogènes de l'ovaire sont synthétisés au niveau de la thèque interne ; ils favorisent la maturation de tout l'appareil génital femelle: développement de l'utérus, des trompes, du vagin et des mamelles. Au cours du cycle, les oestrogènes stimulent la croissance de l'endomètre, la sécrétion de la glaire cervicale par le col utérin.

- La progestérone (synthétisée par les cellules lutéiniques du corps jaune): elle est également synthétisée par le placenta, elle apparaît après l'ovulation et la fécondation. Elle prépare la nidation, entraîne une transformation sécrétoire de l'endomètre dont les glandes deviennent tortueuses et sécrètent du glycogène et du mucus. Elle diminue la contractilité du myomètre, entraîne la coagulation de la glaire cervicale qui devient imperméable aux spermatozoïdes [16].

d) *Autres hormones* : La prostaglandine PGF_{2α} est synthétisée par différents tissus, elle intervient dans des situations variées telles que l'implantation (vasoconstriction) la reproduction, la coagulation, le tonus musculaire des muscles lisses bronchiques ou digestif. Les prostaglandines du sperme entraînent un relâchement du col utérin pour permettre le passage des spermatozoïdes. La sécrétion de PGF₂ ; en fin de cycle provoque :

- La lutéolyse du corps jaune qui décroît.
- Freine momentanément la sécrétion hypophysaire de LH et prolactine (ces deux hormones entretiennent le corps jaune).
- Déclenche les contractions de l'utérus [16].

II-2. METHODES DE SYNCHRONISATION :

Le contrôle de la durée de cycle sexuel s'appuie sur deux principes : le contrôle de la croissance folliculaire et le contrôle de la durée de vie de corps jaune ou la phase de l'imprégnation progestéronique .de nombreuses hormones utilisées seules ou associées, permettent de synchroniser et parfois d'induire l'ovulation pour obtenir une fécondation en inséminant sur chaleurs observées ou a l'aveugle à des moments bien précis après l'arrêt du traitement.

II-2.1. Les prostaglandines F_{2α} :

L'effet lutéolytique de la prostaglandine est connu depuis 1972.La PGF_{2α} est administrée entre j5 et j17 du cycle sexuel provoque la régression du corps jaune, la fréquence des pulses de LH augmente alors, provoquant une élévation significative de la sécrétion de l'œstradiol par le follicule dominant, l'apparition de l'œstrus et l'ovulation.

Malgré la lutéolyse rapide (24heures), l'intervalle entre l'injection et les chaleurs est variable et dépend du stade de croissance du follicule au moment du traitement..Les animaux qui possèdent un follicule dominant au moment de l'injection présentent des chaleurs dans 2 a 3 jours. Si l'injection a lieu pendant la phase de recrutement, le follicule dominant se forme dans 2 a 4 jours et l'intervalle entre l'injection et l'œstrus est plus long et plus variable.

La prostaglandine F_{2α} et ces analogues n'étant efficaces que entre j5 et j17.seuls 60% des individus d'un lot d'animaux cyclés sont susceptibles de répondre correctement a une injection.

Aussi les protocoles de synchronisation conseillés comprennent –ils 2 injections à 11-14 jours d'intervalle ,toute les femelles étant alors en phase de dioestrus au

moment de la deuxième injection .la plupart des animaux expriment des chaleurs entre 48h et 96 h après l'arrêt du traitement et peuvent être inséminés a l'aveugle a 72 et 96 h [17] (Cf.fig03).

Le traitement a base de $\text{PGF}_{2\alpha}$ se révèle d'être le moins couteux, mais ne peut être utilisés que si les vaches sont cyclées .les résultats seront d'autant meilleures que la détection des chaleurs est bonne au sein de l'élevage, une partie des animaux pouvant être inséminés sur chaleurs observées.

II-2.2. Les associations GnRH/ $\text{PGF}_{2\alpha}$:

L'idée de synchroniser la folliculogenèse avant l'administration de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ a amene a utiliser le GnRH.Le protocole ,maintenant classique ,est le suivant, l'injection de la GnRH en j0, $\text{PGF}_{2\alpha}$ 7 jours plus tard ,GnRH 48 h après l'injection de $\text{PGF}_{2\alpha}$.en fonction du stade de croissance de follicule dominant ,le GnRH provoque soit de l'atrésie soit de l'ovulation ou la luteinisation des gros follicules présents dans l'ovaire au moment du traitement et une nouvelle vague de croissance folliculaire émerge dans les 3-4jours .une injection de $\text{PGF}_{2\alpha}$ est pratiquée 7 jours après la 1ère injection de GnRH entraine la luteolyse au momont ou un follicule dominant est présent et celui-ci devient préovulatoire.l'injection de GnRH réalisée 48h après l'injection de $\text{PGF}_{2\alpha}$ provoque un pic de LH et l'ovulation 24 a 32h plus tard pour 87 a 100% des vaches.l'insémination peut être pratiquée entre 12 et 24h après la seconde injection de GnRH[2].

La synchronisation des chaleurs est alors meilleure qu'avec les $\text{PGF}_{2\alpha}$ seules et permet l'insémination systématique sans détection des chaleurs.

II-2.3. Les associations œstrogènes/progestagènes/eCG :

Deux dispositifs diffusant des progestagènes sont disponibles. L'implant Crestar® (Inlervet, 3 mg de norgestotnet), la spirale vaginale PRID®(Progesterone Intra vaginal Device, Ceva, 1,55 g de progestérone). Ces dispositifs sont mis en place pendant 9 à 12 jours .Le traitement est complété par l'administration d'un oestrogène en début de traitement (injection de 5 mg de valérate d'oestradiol par voie infra-musculaire (IM) dans le cas du Crestar®, capsule contenant 10 mg (le benzoate d'œstradiol associée au dispositif intravaginal pourle PRID® ; et d'une surcharge de progestagène dans le cas du Crestar® (3 mg de norgestornet).

L'association (oestrogène + progestagène agit à la fois sur la croissance folliculaire et sur la durée de vie du corps jaune.Administrés en début de cycle, les œstrogènes ont une activité antilutéotrope, ils provoquent la disparition d'un corps jaune en début de formation qui pourrait persister après le retrait du dispositif et ainsi diminuer le taux de synchronisation des chaleurs. Administrés en présence d'un corps jaune fonctionnel, les œstrogènes ont une activité lutéolytique. L'introduction de ces hormones en début de protocole a permis de réduire la durée du traitement progestatif et d'améliorer la fertilité à l'œstrus induit.

L'utilisation des $\text{PGF}_{2\alpha}$ permet de plus de réduire la durée de traitement à 7 jours chez les vaches cyclées .

L'association œstrogène + progestérone en début de traitement exerce une rétro-action négative et diminue les concentrations circulantes de FSH et LH provoquant

l'atréisie du follicule dominant. Ceci permet le redémarrage d'une nouvelle vague de croissance folliculaire 3 à 5 jours plus tard .

Enfin les oestrogènes favorisent l'absorption vaginale de la progestérone ce qui permet d'atteindre des concentrations élevées en début de traitement avec les spirales vaginales PRID® sans injection supplémentaire de progestérone [18] .

Une injection d'eCG (Equine Chorionic Gonadotropin, anciennement PMSG) est conseillée au moment du retrait du dispositif, surtout si les vaches sont en anoestrus avant traitement (400 à 600 UI selon l'âge, le type génétique et la saison). L'effet FSH et LH de l'eCG va soutenir la croissance folliculaire terminale, la production endogène d'oestrogènes et va favoriser l'ovulation. L'association oestrogènes progestagènes-eCG est alors susceptible d'induire l'ovulation chez les animaux non cyclés avant traitement.

Après le traitement de synchronisation, 85 % environ des vaches qui expriment des chaleurs le font entre 36 et 60 heures. Il est alors possible d'inséminer en aveugle une fois 56 h après retrait ou deux fois 48 et 72 h après retrait.

Le traitement permet d'avancer les vêlages par rapport à des inséminations sur chaleurs observées, que ce soit chez la vache laitière (selon : gain de 15 jours sur l'intervalle vêlage-insémination fécondante) ou allaitante (selon: intervalle vêlage-vêlage réduit de 43 jours chez les primipares, pas d'effet sur celui des multipares). Le traitement Permet aussi d'améliorer le regroupement des vêlages [19].

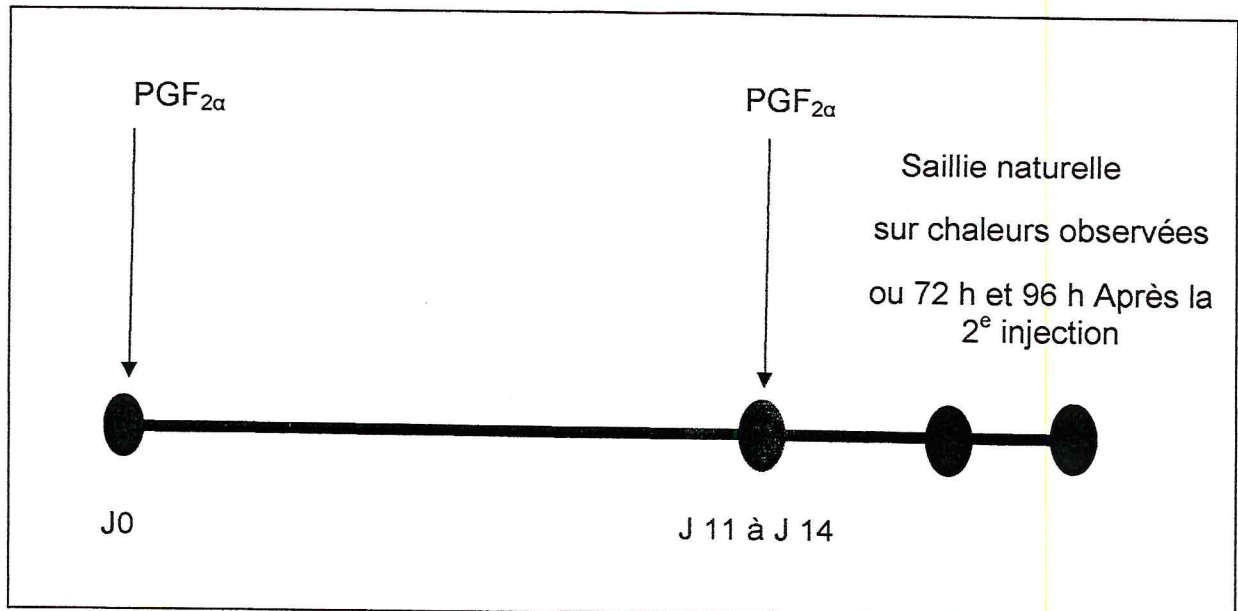


Figure 03: Répartition des chaleurs après traitement à base de prostaglandine F2 α et saillie naturelle sur chaleurs observées chez des vaches cyclées [17] .

CHAPITRE III :

L'APPLICATION DE L'ECHOGRAPHIE
EN GYNECOLOGIE BOVINE

CHAPITRE III

III- L'APPLICATION DE L'ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE

Dans ce chapitre, nous abordons les bases physiques de l'échographie, le principe et le fonctionnement d'un échographe afin de comprendre comment fonctionne ce genre d'appareils et ainsi sa utilisation en gynécologie bovine .

III-1. BASES PHYSIQUES DE L'ECHOGRAPHIE :

III-1.1. Les ondes ultrasonores :

L'onde ultrasonore est définie comme étant une propagation d'énergie sous la forme d'une vibration des particules d'un milieu ; elle se caractérise par :

Sa fréquence, sa longueur d'onde et sa vitesse de propagation ou célérité.

- La fréquence.

La fréquence de l'onde sonore correspond au nombre de compressions et d'expansions que subissent en une seconde les molécules du milieu. Elle s'exprime cycle/seconde [20] et son unité de mesure est l'Hertz (Hz).

La nature de l'onde sonore (*infrasons, sons, ultrasons, hypersons*) est définie par sa fréquence. En échographie, les ultrasons utilisés ont une fréquence qui oscille entre 1 et 10 MHz [21].

- La longueur d'onde :

La longueur d'onde d'un faisceau ultrasonore représente la distance entre deux ondes successives [22].

- La célérité de l'onde

La célérité de l'onde correspond à la vitesse de propagation de l'onde dans le milieu .Elle varie en fonction du milieu considéré [23].

III-1.2. Interaction des ultrasons avec la matière :

- La propagation des ultrasons :

Dans un milieu homogène, la propagation des ultrasons se fait en ligne droite dans une zone de champ proche (zone de Fresnel) [21]. Puis, dans un champ lointain (zone de Fraunhofer), les bords du faisceau ultrasonore ne sont plus parallèles mais sont divergents [24]. Lorsque les tissus à explorer sont situés dans la zone de Fresnel, l'utilisation des ultrasons est optimale.

III-1.3. Formation des échos :

La surface séparant des milieux d'impédances acoustiques différentes s'appelle une interface acoustique. Les lois de Descartes concernant la réflexion et la réfraction au niveau d'un dioptre y sont totalement applicables.

Lorsque l'onde ultrasonore propagée en ligne droite dans un milieu homogène, arrive à une interface acoustique, une partie (écho) se réfléchit tandis que l'autre se réfracte [25]. On rencontrera deux types de réflexions :

- Réflexion de type miroir :

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

L'interface peut se comporter comme un écran et toute l'énergie est alors réfléchi. Il n'y a alors 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 tissu mou/os.

Autrement, on sera en présence de la situation décrite précédemment [25], une partie du faisceau est réfléchi et l'autre réfractée, c'est-à-dire transmise.

- Réflexion de type multidirectionnel ou diffusion :

De petites particules pourront être à l'origine d'échos 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 [26].

III-1.4. Caractéristique du milieu :

- L'impédance acoustique

Les tissus de l'animal examiné constituent des milieux différents que doivent traverser les ultrasons. Ces milieux sont caractérisés par un paramètre physique : l'impédance acoustique (Z).

Ce paramètre se définit comme la résistance que le milieu oppose au cheminement de l'onde ultrasonore [27].

L'impédance acoustique (Z) correspond au produit de la densité (d) du milieu par la célérité (c) de l'onde sonore exprimée par la formule suivante [28]

$$Z = d \times c$$

Tableau I : Impédance acoustique de différents milieux [29].

Milieu	Impédance acoustique Z (g.cm ⁻² .s ⁻¹)
Air	0.0004 x 10 ⁵
Graisse	1.38 x 10 ⁵
Sang	1.61 x 10 ⁵
Rein	1.62 x 10 ⁵
Muscle	1.70 x 10 ⁵
Os	1.80 x 10 ⁵

Le tableau I montre que les tissus mous ont des impédances voisines.

En revanche, l'air et l'os ont des impédances extrêmes par rapport aux tissus mous.

- Pénétration des ultrasons :

La pénétration des ultrasons dans les tissus de l'organisme dépend de la fréquence de l'onde ultrasonore. Plus la fréquence de la sonde est élevée, moins le faisceau d'ultrasons pénètre dans les tissus.

Il apparaît donc que la fréquence est un critère majeur dans le choix de la sonde.

Si l'organe étudié est profond, la fréquence de la sonde doit être basse (2.5 à 5 MHz). Au contraire, si l'organe examiné est superficiel, la fréquence de la sonde doit être élevée (7.5 à 10 MHz).

- Atténuation des ultrasons :

Le faisceau d'ultrasons s'atténue et perd de l'énergie (frottements, non élasticité des chocs) avec la profondeur d'exploration [30]. L'atténuation de l'onde dépend :

- a- De la fréquence d'émission des ultrasons : plus la fréquence de l'onde augmente, plus la profondeur d'exploration est faible, donc plus l'atténuation est élevée.
- b- De la distance parcourue : l'atténuation de l'onde ultrasonore décroît exponentiellement avec la distance parcourue. Les tissus ou matériaux ayant une très faible ou une très forte cohésion moléculaire (air, os) ont un coefficient d'atténuation maximal.

Par conséquent, l'atténuation est beaucoup plus importante dans l'air et l'os que dans les tissus mous ; elle est minime dans les liquides et c'est pour cette raison qu'ils sont utilisés comme fenêtre acoustique facilitant l'examen des structures plus profondes [31].

III-2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA SONDE :

III-2.1. Principe de base : la Transduction

Un transducteur est un élément qui transforme une forme d'énergie en une autre. Pour les sondes d'échographie, l'énergie électrique est convertie en ultrason et vice versa. Le transfert d'énergie utilise l'effet piézoélectrique [32].

- Effet piézoélectrique

Certains matériaux, comme les cristaux de quartz, ont la propriété de se charger lorsqu'ils sont comprimés et, inversement, de se déformer (comprimer) lorsqu'ils sont chargés. Les transducteurs contenus dans les sondes d'échographie sont généralement des céramiques de Plomb Zirconate de Titane (PZT).

En appliquant un courant alternatif sur un cristal piézoélectrique, le cristal se comprime et se décomprime alternativement et émet donc un son. Le cristal entre alors en résonance et émet des ultrasons dont la fréquence dépend de l'épaisseur du cristal. La fréquence est d'autant plus élevée que le cristal est mince [32].

III-2.2. Emission et réception des ultras-sons:

Le même cristal piézoélectrique est utilisé pour émettre des ultrasons à partir d'une impulsion électrique et pour transformer en courant électrique les ultrasons qui reviennent vers la sonde après avoir été réfléchis. La sonde n'émet donc pas des ultrasons en continu, mais en salve. L'onde ultrasonore est raccourcie à, l'aide d'un matériel d'amortissement placé derrière le cristal. Pendant le reste de temps, la sonde est "à l'écoute" pour capter les ultrasons.

La durée des salves est très courte, de l'ordre de quelques microsecondes, et correspond à l'émission de 3 à 4 cycles en moyenne. La durée de la salve est un élément très important car elle détermine en grande partie la résolution de l'image échographique. Plus elle est courte, meilleure est l'image. La durée de la salve dépend de la fréquence des ultrasons (donc du cristal) et du matériel d'amortissement placé derrière le cristal, et que l'on peut comparer à une main placée sur la cloche [32].

III-2.3. Reconstruction de l'image échographique :

L'image ultrasonore est reconstituée à partir des informations recueillies par la sonde et transmises à l'appareil. Les informations sont traitées par un logiciel complexe qui permet de déterminer la position et l'intensité de l'écho et de représenter l'image (ou le signal) pour être interprétée par l'opérateur [32].

III-2.4. Représentation de l'image ultrasonore :

III-2.4.1. Echographie unidimensionnelle : le mode le plus ancien et qui est de moins en moins utilisé est "le mode A" [33].

III-2.4.2. Echographie bidimensionnelle : appelée aussi "le mode B". dans ce domaine deux techniques bien distinctes existent :

- a- L'échographie a balayage.
- b- L'échographie en temps réel ou à balayage automatique. Celle ci est elle-même différenciable en :
 - Echographie linéaire utilisant des sondes en formes de barrettes. Celles-ci sont les plus souvent de type électronique.
 - Echographie dite séctorielle, les sondes utilisés sont dites mécaniques.

Les fabricants d'appareils d'échographie ont mis les deux systèmes dans la même machine facilitant ainsi l'exploitation de sondes différentes [33].

III-2.4.3. Echographie à trois dimensions :

C'est la révolution de l'image. en effet, l'utilisation d'un tel système, permet de mettre en relief des détails échographiques insoupçonnés encore et de permettre l'étude du fœtus ou d'une partie fœtale en trois dimensions [33].

III-2.5. Qualité de l'image : résolution:

En échographie mode B, on peut définir 2 types de résolution : la résolution axiale et la résolution latérale.

- Résolution axiale

La résolution axiale de l'image bidimensionnelle dépend essentiellement de la fréquence des ultrasons. Plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est petite et plus la résolution axiale est bonne. Plus la sonde est de basse fréquence (3,5 - 5 MHz), plus la profondeur d'exploration est importante, mais moins bonne est la qualité de l'image [26].

- Résolution latérale

La résolution latérale de l'image bidimensionnelle dépend de la taille (épaisseur) du faisceau ultrasonore. Le faisceau ultrasonore n'a pas la même épaisseur tout le long de son trajet [26].

III-2.6. Artéfacts :

Les artéfacts sont des altérations de l'image produites artificiellement lors d'un examen. Ils ne correspondent à aucune anomalie ou lésion. Afin d'éviter toute erreur d'interprétation, il est essentiel de les connaître.

Certains artéfacts sont nuisibles car ils dégradent la qualité de l'image et rendent l'interprétation plus compliquée. Ils résultent d'une mauvaise préparation de l'animal, d'un réglage incorrect de l'appareil ou d'une mauvaise méthode d'exploration avec la sonde.

D'autres artéfacts sont utiles car ils résultent d'interactions spécifiques des ultrasons avec la matière et leur reconnaissance apporte des informations sur les structures examinées [34].

III-2.6.1. Types d'artéfacts :

Les différents types d'artéfacts de l'image échographique sont rencontrés :

- Le renforcement postérieur
- Le cône d'ombre
- La queue de comète
- L'image en miroir
- Lobes accessoires
- Artéfact de vitesse constante [35].

III-2.6.2. Artéfacts utilisés en échographie gynécologique bovine :

Nous n'aborderons ici que les artéfacts les plus couramment rencontrés en échographie gynécologique bovine.

- 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 tissu mou/air ou tissu mou/os (par exemple en arrière des côtes) [26].

- Echo de renforcement postérieur

Le faisceau incident traversant un milieu peu échogène (liquidien par exemple) 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 [20].

III-3. CONTRAINTES TECHNIQUES

III-3.1. Choix de la sonde :

Différentes sondes, de fonctionnement et de forme variables, sont à la disposition du praticien :

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 (figure 05).

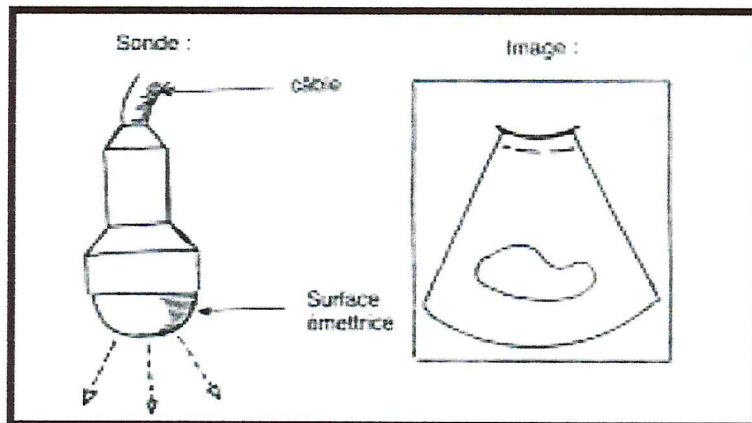


Figure 05 : Schéma d'une sonde sectorielle [36].

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. l'image obtenue est rectangulaire (figure 06).

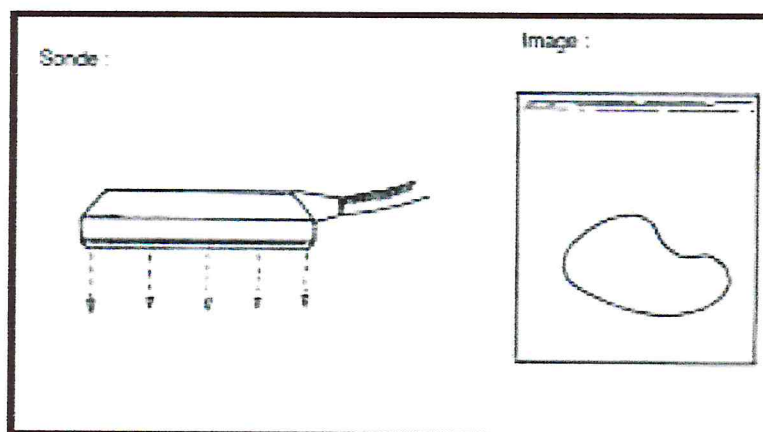


Figure06 : Schéma d'une sonde linéaire [36]

L'essentiel de la littérature décrit des échographes équipés de sondes linéaires, quelques publications font toutefois référence à l'emploi de sonde sectorielle en gynécologie bovine. Les deux types d'appareils sont utilisables chez les bovins, en clientèle vétérinaire mais aussi dans les programmes de recherche, le choix de l'échographe doit être raisonné en fonction des applications envisagées [36].

- Propriétés des sondes linéaires

Ce type de sonde présente de nombreux avantages [37] :

L'apprentissage de la manipulation et de la représentation dans l'espace du plan de coupe est rapide ; le plan de coupe étant constitué de lignes d'échos réfléchis toutes parallèles entre elles, la résolution latérale est bonne et constante sur toute la profondeur du champ examiné ; il est possible de visualiser des structures de plusieurs centimètres même à proximité immédiate de la surface de la sonde, situation fréquente en gynécologie bovine.

En revanche, la surface de contact avec la partie à examiner doit être importante 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 telles que l'échocardiographie chez les carnivores domestiques.

- Propriétés des sondes sectorielles

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.

III-3.2. Choix de la fréquence des ultrasons:

En médecine vétérinaire, les sondes de 3,5 MHz, 5 MHz et 7,5 MHz sont majoritairement utilisées. La pénétrance d'une sonde de 7,5 MHz n'est que de 4 à 5 cm, seules les structures proches de la sonde peuvent donc être examinées précisément (follicules, corps jaune, petits embryons). Une sonde de 5 MHz a une pénétrance de 8 à 10 cm, permettant de visualiser les ovaires, l'utérus et les éléments structuraux de début de gestation. La pénétrance de la sonde de 3,5 MHz est de 12 à 15 cm, elle permet d'examiner des gestations plus avancées et les états pathologiques de l'utérus tel que le pyomètre.

Lorsque la fréquence diminue, la pénétrance devient plus importante mais la résolution diminue, c'est-à-dire que pour distinguer deux structures, il faut que leur distance soit accrue [38].

Enfin, les sondes commercialisées peuvent émettre deux fréquences différentes. De plus un même échographe peut être équipé de différentes sondes de types (sectoriel ou linéaire) et de fréquences différents.

Tableau II : choix de la fréquence selon l'indication [39]

Indications	Fréquence conseillée ou possible en MHz
Diagnostic de gestation	5-6 ; 7.5
Gynécologie	5-6 ; 7.5
Sexage	5-6 ; 7.5
Ponction du follicule ovarien	7.5
Suivi de gestation par voie externe transabdominale	3.5

III-3. Conditions d'un bon examen échographique :

III.3.1. Choix du local d'examen

La lumière doit être évitée. Les reflets sont en effet un frein à la bonne visualisation de l'image apparaissant à l'écran. L'obscurité permet d'utiliser au maximum toutes les nuances de gris, donnant une qualité optimale de l'image. Il convient donc de placer l'appareil à l'ombre, et à gauche de l'opérateur s'il est droitier [36].

III.3.2. Contention des animaux

Deux modalités sont possibles [36] :

Lorsque les animaux sont à l'attache (cornadis), les déplacements latéraux des femelles au cours de l'examen sont évités. En revanche, l'appareil doit être mobile. Il est alors soit porté par un aide, soit placé sur une brouette ou une table rouillante (figure 06). Il n'est pas toujours possible dans ces conditions de protéger l'écran de la lumière : certains fabricants lui ont alors prévu un pare-soleil.

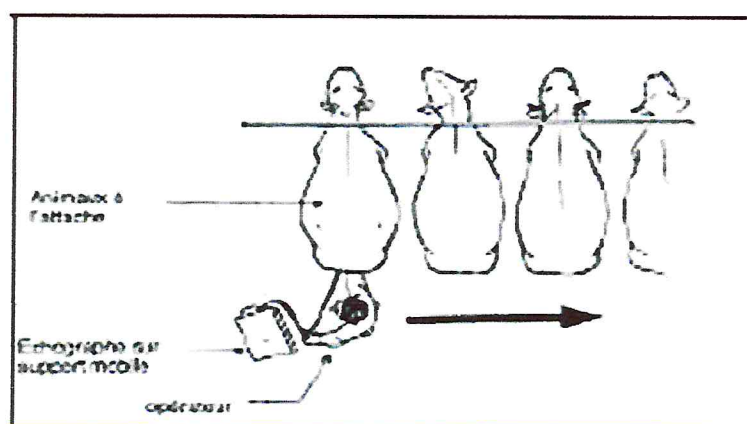


Figure 07 : Schéma d'Echographe sur support mobile [36].

L'autre possibilité est de disposer d'un endroit précis à l'écart du troupeau comme un couloir de contention disposant d'une prise électrique à proximité. L'échographe reste en position fixe et ce sont les animaux qui sont déplacés un à un. L'appareil reste ainsi en sécurité (figure 07).

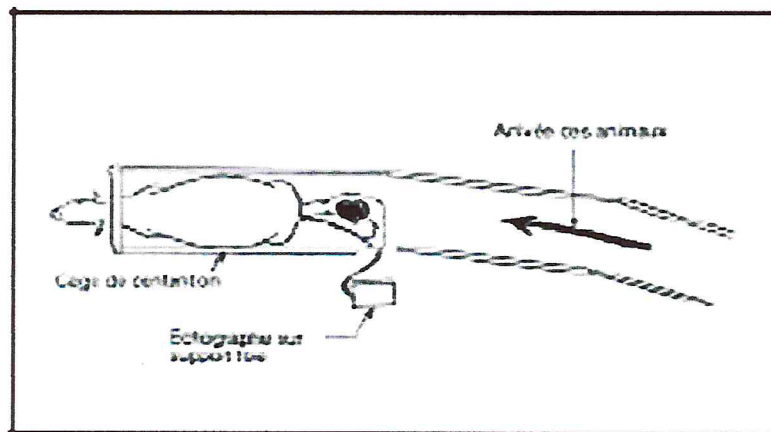


Figure 08 : Schéma d'Echographe sur support fixe [36].

En élevage laitier, en stabulation à logettes, l'échographe peut être placé dans une logette et les vaches sont présentées dans la logette voisine.

III.3.3.Nécessité d'un examen transrectal préalable

La main et le bras de l'opérateur sont recouverts d'un gant protecteur à usage unique qui doit être lubrifié au moyen d'un gel.

Tout d'abord, le rectum est vidé partiellement des fécès qu'il contient. Le tractus génital (col, cornes utérines puis ovaires) et la vessie sont palpés. Cet examen préliminaire permet d'estimer les différents rapports existants entre ces organes, de repérer leur position dans la filière pelvienne et de noter d'éventuelles modifications anatomiques liées à un processus physiologique ou pathologique.

L'examen des ovaires consiste à rechercher par palpation sa taille, sa mobilité, sa position et les structures présentes (corps jaune, follicules, kystes ou tumeur). L'examen de l'utérus consiste à déterminer la taille des cornes, leur position par rapport au pubis, leur consistance, leur symétrie et éventuellement la présence d'éléments figurés dans l'utérus. L'examen peut ensuite débiter [38].

III-4.L'UTILITE DE L'ECHOGRAPHIE EN GYNECOLOGIE BOVINE

III-4.1.Echographie des ovaires :

Lors des suivis de troupeaux, certaines vaches seront présentées pour anœstrus ce sont les vaches non revues en chaleur par l'éleveur.

Dans ce cas, outre l'exploration de l'utérus, les ovaires seront plus particulièrement examinés. Il est alors nécessaire d'évaluer le statut de ces animaux : sont-ils cyclés ou non ? La présence d'un corps jaune de diamètre supérieur à 2 cm sur un des deux ovaires en dehors de la période périovulatoire permettra de déclarer cet animal comme cyclé, et donc d'adapter le traitement.

L'exactitude de l'identification des organites ovariens est nettement améliorée par l'utilisation de l'échographie. Le diagnostic est correct dans 90% des cas pour les corps jaunes et dans 75% pour les follicules [39].

De plus, l'échographie sera intéressante lors de la présence d'ovaires lisses à la palpation, pour la mise en évidence d'éventuels organites internes [40]. Si l'ovaire est petit, l'identification de l'organite interne importe peu car l'ovaire est déclaré non fonctionnel. Cependant, si l'ovaire est gros, l'échographie permettra de préciser la nature de cet organite : corps jaune ou kyste [41].

De plus, la différenciation entre kyste folliculaire et lutéal est plus délicate, mais rendue possible grâce à l'échographie.

Cependant, il est important de souligner que l'échographie est pratiquée dans les élevages à un temps T de l'activité sexuelle des ovaires.

Or, certaines structures normales à un moment donné peuvent se révéler pathologiques si elles persistent ; c'est notamment le cas des kystes. C'est pourquoi dans le cadre de suivis de troupeaux réguliers, généralement tous les mois, il est courant de demander à revoir une vache à la visite suivante pour préciser le diagnostic et, éviter ainsi un traitement superflu [40] [41].

III-4.1.1. Echographie des follicules :

Les follicules sont aisément distingués par échographie [42]. Ils apparaissent comme des zones anéchogènes (noires) mais plus ou moins bien circonscrites, de taille inférieure à 25 mm de diamètre, limitées par une paroi très mince. Ils sont en général de section ronde, mais si plusieurs follicules sont présents, leur forme irrégulière est due à une compression par les follicules ou les corps jaunes adjacents [42]. Le manque d'atténuation de l'onde ultrasonore par le liquide folliculaire est responsable de la présence d'une zone de renforcement des échos à la partie ventrale du follicule [43],[44].

L'échographie sous-estime de 2 à 3 mm environ le diamètre anatomique du follicule car seule la cavité folliculaire est observable de manière précise. Par convention, le diamètre d'un follicule se détermine par la mesure de la cavité folliculaire et non du follicule lui même.

Selon Pierson et Ginther [45], il est possible d'observer des follicules d'un diamètre supérieur ou égal 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 moins de 6 mm. Selon Pieterse et al [46], 34,3 % des follicules de 5 à 10 mm et 95 % des follicules de plus de 10 mm de diamètre peuvent être détectés par échographie. Grygar et al [47] obtenaient avec une sonde de 5 MHz la détection de 88,9 % des follicules mesurant de 6 à 10 mm de diamètre.

L'échographie est une bonne méthode pour étudier la croissance folliculaire au cours du cycle ou en début de gestation [45], ou lors de traitement de super ovulation [45].

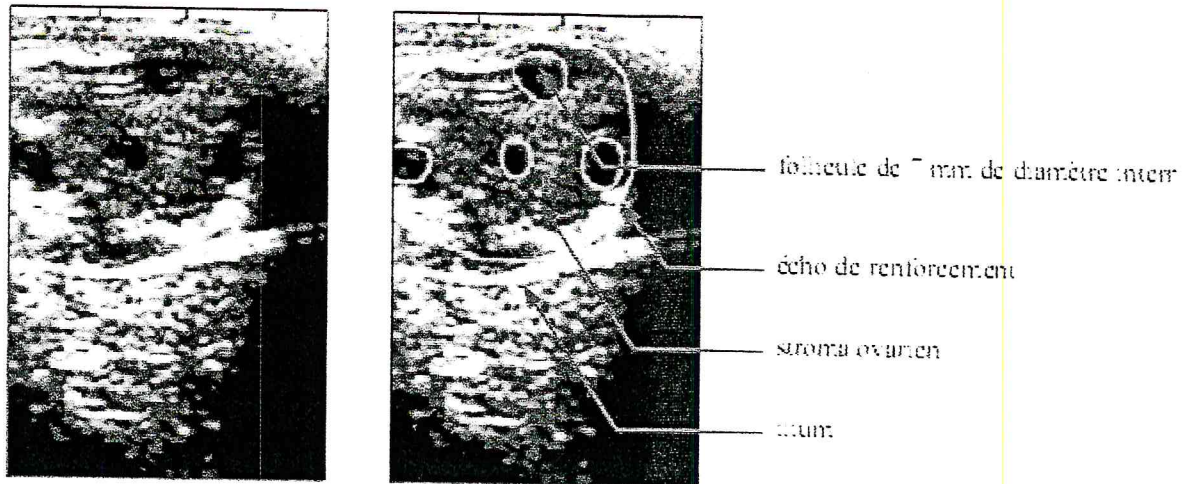


Figure 09 : Echographie in vivo de vache en anoestrus [38].

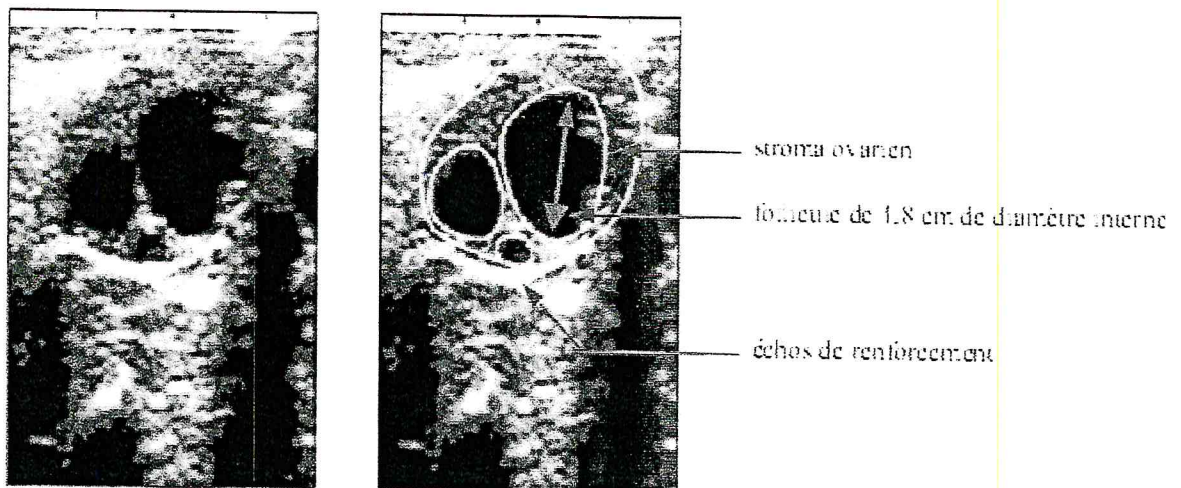


Figure 10 : Echographie in vivo d'un ovaire portant des follicules [38].

III-4.1.2. Echographie du corps jaune

Il existe 3 types de corps jaunes visibles:

- plein et uniformément homogène (Figure 11)
- plein, avec un trait échogène central allongé,
- cavitaire (Figure 12)

Le corps jaune fait suite à la lutéinisation des cellules de la granulosa après l'ovulation. En début de formation, on parle de « corps hémorragique » car il se forme un caillot dans la cavité antrale, dont l'aspect est hétérogène. Un corps jaune fonctionnel présente un diamètre supérieur à 2 cm.

Echographiquement, le corps jaune ne devient individualisé et visible qu'à partir de 4 jours après l'ovulation, lorsque la cavité a été comblée par des cellules de la granulosa lutéinisées [48]. Il se présente alors sous la forme d'une surface ovale grise, grossière, granuleuse et nettement délimitée du tissu ovarien.

Son échogénicité est homogène (moins intense que celle du stroma ovarien) et varie au cours du cycle: elle est plus importante en début et fin de cycle.

Plusieurs corps jaunes simples ou cavitaires, de même taille et de même échogénicité, peuvent coexister sur un ovaire, lors d'une double ovulation par exemple [49]. Il est à noter qu'aucune différence n'est observée entre les corps jaunes cycliques et les corps jaunes gestatifs (bien qu'ils soient plus gros en général). Cependant, on ne rencontre presque jamais de corps jaune cavitaire chez la vache gestante [50]. Lorsqu'il s'agit d'un corps jaune cavitaire, on observe une cavité anéchogène entourée d'une paroi épaisse. Celle-ci est ovale, parfois ronde et centrale. Son diamètre peut mesurer de quelques millimètres à 2 cm maximum. Le volume du corps jaune cavitaire est en général supérieur à celui du corps jaune plein.

Les corps jaunes cavitaires représentent 40% des corps jaunes et ne sont pas pathologiques.

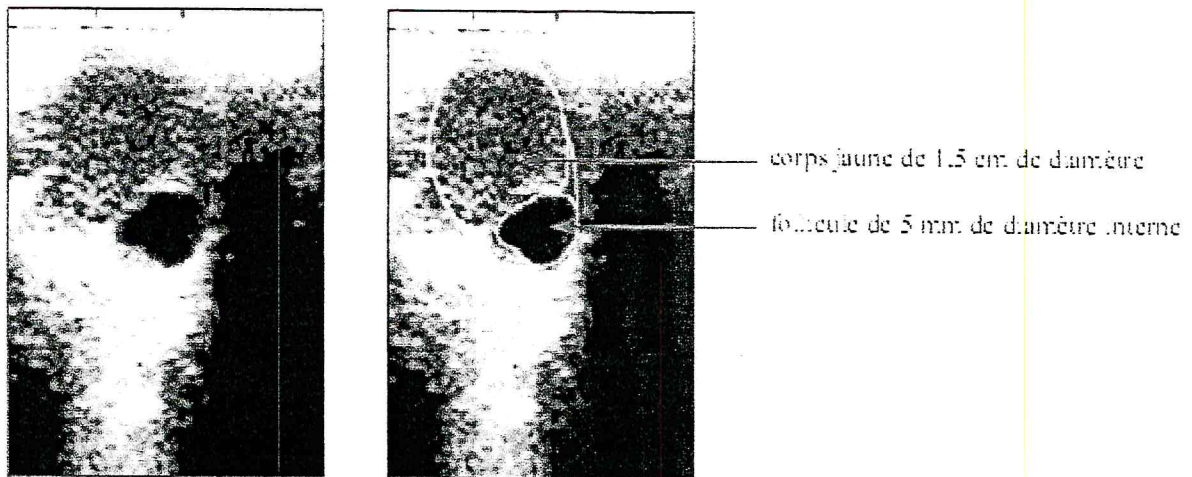


Figure 11: Echographie in vivo d'un ovaire portant un corps jaune et un follicule [38]

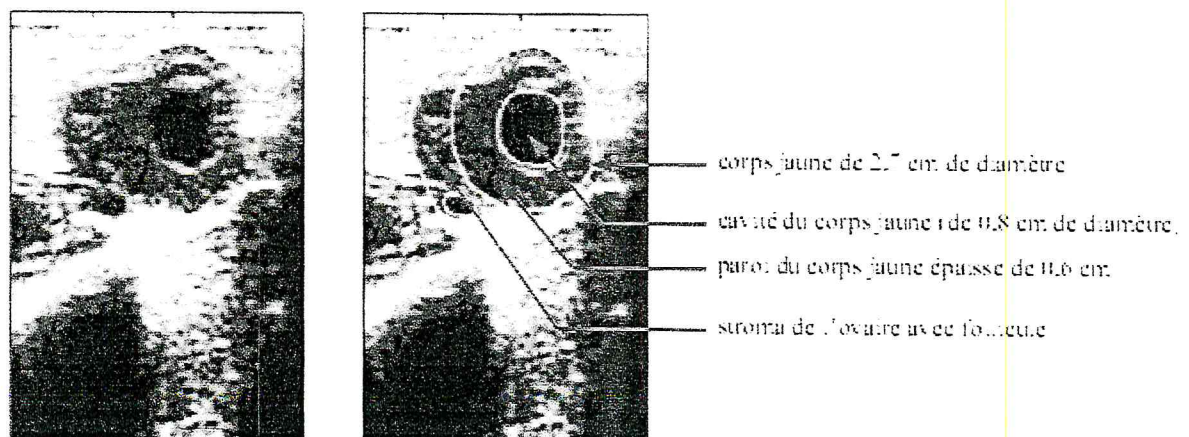


Figure12 : Echographie in vivo d'un ovaire portant un corps jaune cavitaire [38]

III-4.1.3. Echographie des kystes ovariens :

Les kystes ovariens se définissent comme des structures liquidiennes dont le diamètre est supérieur à 25 mm. Ils persistent sans évoluer et en l'absence de corps jaune pendant plus de dix jours. Deux types de kystes ovariens sont décrits : folliculaire ou lutéal. L'échographie constitue une méthode de choix pour établir un diagnostic différentiel entre les différents types de kystes ovariens ainsi que pour suivre l'évolution de ces kystes après un traitement hormonal [51].

Les kystes folliculaires présentent les mêmes caractéristiques échographiques que les follicules dont ils ne se différencient que par leur taille et par leur persistance sans évolution. Ils sont anéchogènes et comme dans les cas de follicule, une zone hyperéchogène peut être observée à la partie ventrale du kyste [52]. Ces kystes ont un diamètre supérieur à 25 mm et une paroi dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm selon [52] ou inférieure à 3 mm selon [53]. Ils sont plus ou moins sphériques en fonction des pressions exercées par les structures adjacentes présentes sur l'ovaire et, à l'échographie par la pression de la sonde ou la compression par les doigts. La forme sphérique est typiquement rencontrée lors de la présence d'un seul kyste.

Le kyste lutéinisé ou lutéal possède quant à lui à sa périphérie une paroi épaisse, de l'ordre de 5 mm selon [52], ou supérieur à 3 mm selon [53], entourant une cavité centrale anéchogène d'un diamètre supérieur ou égal à 25 mm. Cette cavité peut, dans certains cas, être parcourue par des trabécules conjonctifs échogènes.

Ces kystes lutéaux doivent être différenciés des corps jaunes cavitaires. Le diagnostic repose sur la taille et sur la forme de ces structures. Le corps jaune cavaire possède une cavité habituellement inférieure à 25 – 30 mm et une paroi d'épaisseur comprise entre 5 et 10 mm. Elle est généralement ovalaire alors que celle du kyste est plus sphérique. Enfin, la cavité centrale du corps jaune tend à régresser à partir du dixième jour du cycle et le corps jaune lui-même disparaît après le 18^{ème} jour, tandis qu'un kyste lutéal persiste sans évoluer.

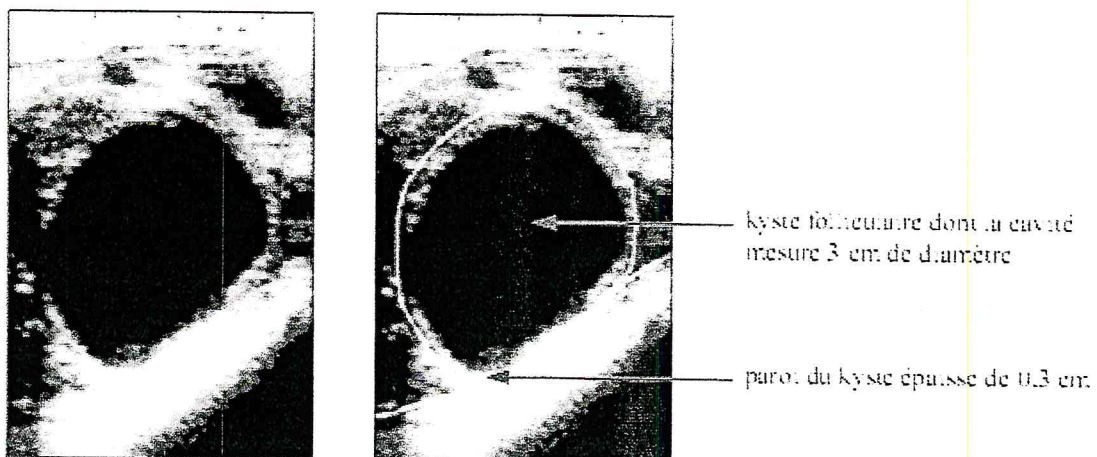


Figure13 : Echographie in vivo d'un ovaire avec un kyste folliculaire [38].

III-4.2. Echographie de l'utérus :

III-4.2. 1. Echographie de l'utérus non gravide :

L'utérus bipartitus de la vache est caractérisé par la longueur de ses cornes, qui varie de 35 à 45 cm, et leur rétrécissement progressif en direction des trompes utérines. Chacune d'elles est, en effet, large de 3 à 4 cm à sa base et seulement 5 à 6 mm à son extrémité ovarique. Le corps est beaucoup plus court (3 à 4 cm) qu'il ne le paraît extérieurement, car les cornes sont accolées l'une à l'autre sur 10 cm environ. La paroi de ces dernières s'amincit également en s'éloignant du corps : son épaisseur est de l'ordre d'une douzaine de millimètres à la base et d'un à deux millimètres près de la trompe. Dans l'ensemble, l'utérus est peu volumineux. Isolé chez l'adulte en dehors de la gestation, il pèse en moyenne autour de 400 grammes.

Les cornes étant incurvées en spirale, l'examen de l'utérus à l'aide d'une sonde linéaire permet d'obtenir une image longitudinale de la partie distale de la corne gauche et droite, et des images transversales de l'extrémité des cornes [01].

III-4.2. 2. Echographie de l'utérus gravide :

Elle nécessite un investissement matériel important au départ, mais permet d'établir des diagnostics de gestation précoces. Cet examen est également très démonstratif pour l'éleveur, qui peut voir « en direct » les images de gestation.

Elle se pratique à partir de 30-35 jours de gestation avec une bonne exactitude : 98% pour les diagnostics positifs après 35 jours de gestation et 100% dans le cas des diagnostics après 45 jours. Néanmoins, un utilisateur expérimenté obtient une même exactitude à 35 ou 45 jours [37]. A la différence des analyses de laboratoire citées précédemment, le résultat est immédiat.

L'échographie est ainsi une des techniques utilisées les plus précoces pour le diagnostic de gestation. Pourtant, elle reste une méthode relativement tardive chez la vache comparée à la jument. En effet, chez cette dernière, alors que la gestation dure 11 mois, le diagnostic est possible à partir du 14ème jour suivant la mise à la reproduction [54] Ceci s'explique par des développements de conceptus différents,

en effet la vésicule embryonnaire est bien circonscrite chez la jument alors qu'elle s'étale et s'allonge dans la corne utérine chez la vache.

L'examen échographique d'une vache gravide permet de proposer différents services [55] :

- diagnostic de gestation avec mise en évidence possible à certaines périodes d'examen de gémellité,
- estimation de l'âge du fœtus,
- sexage du fœtus.

III-4.3. Diagnostic différentiel :

Il est important de pouvoir différencier les éléments à échographier ces derniers sont exposés dans le Tableau III.

Tableau III : diagnostic différentiel des organites ovariens par échographie chez la vache [49].

Affection ou élément anatomique	Caractéristiques de la zone anéchogène particularités de la structure	Caractéristiques de la paroi entourant la zone anéchogène
Follicule	<ul style="list-style-type: none"> - Contours de l'ovaire visible sur l'écran - Zone sphérique. - Contenu parfaitement anéchogène entouré d'une paroi fine 	Paroi 1 à 2mm
Corps jaune	<ul style="list-style-type: none"> - contours de l'ovaire visible sur l'écran - sphérique +/- bouchon de champagne - échogénicité moyenne (sauf renforcement anéchogène en son centre) - dans 40% des cas, cavité anéchogène entouré d'une paroi épaisse 	Si la cavité existe paroi 5 mm au minimum
Kyste folliculaire	<ul style="list-style-type: none"> - zone anéchogène >25 mm - parfois flocons grisâtres en suspension - fréquemment plusieurs sur le même ovaire 	Paroi 1 à 2mm
Kyste lutéal	<ul style="list-style-type: none"> - zone anéchogène >25 mm - souvent travées conjonctives traversant la lumière 	Paroi épaisse >3-5 mm
Vaisseaux artériels	<ul style="list-style-type: none"> - poulx visible et palpable - lumière prenant une forme allongée lors du changement de l'orientation de la sonde 	Paroi 1 à 2mm très échogène
Gestation précoce	<ul style="list-style-type: none"> - lumière à peu près circulaire (au moins jusqu'à 35 j) - visualisation de l'embryon et/ou des cotylédons - position de la sonde ! 	Echogénicité tissulaire (grisâtre) épaisseur d'environ 5mm
Vessie	<ul style="list-style-type: none"> - lumière piriforme - éléments en suspension - position de la sonde ! 	Paroi fine 2-3mm parfois multilamellaire

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Introduction :

L'échographie est une technique de visualisation médicale utilisant des ultrasons et permet d'explorer un organe ou une région du corps.

Le but de notre travail est de faire une exploration par échographie de l'appareil génital femelle, plus particulièrement des ovaires ainsi que leurs structures internes que sont les follicules en suivant leur évolution durant un cycle.

A fin de visualiser régulièrement ces structures ovariennes, les vaches ont été soumises à une synchronisation hormonale à un même moment, puis suivie par échographie entre 24 et 72 heures aux mêmes moments et selon un planning échelonné pendant un cycle sexuel.

II .Objectifs

Les objectifs que nous recherchons par notre travail consistent a:

- Se familiariser avec cette technique de diagnostic moderne afin de : maîtriser l'outil échographique.
- L'apprentissage de l'interprétation des images échographique des différents organes.

III. Lieu et période :

Notre étude a été réalisée au niveau de l'étable de la Station Expérimentale de l'Université de Blida entre le 19 avril 2010 et le 12 mai 2010.

IV. Matériel et méthode :

Pendant notre expérimentation, il nous est arrivé de subir l'indisponibilité de l'échographe à sonde de 5 Mhz, pour des raisons indépendantes de notre volonté, nous étions alors dans la contrainte d'utiliser un appareil échographique à sonde de 6 Mhz. Notamment lors de la séance du 19 Avril 2010.

IV.1. Les animaux :

Notre travail a porté sur deux vaches appartenant à la station, la première est une génisse âgée de 03 ans et identifiée sous le numéro 07004, et la deuxième primipare du même âge que la précédente et identifiée sous le numéro 07002, les deux de robe pie-noire, d'un poids moyen d'environ 350 à 400 Kg.

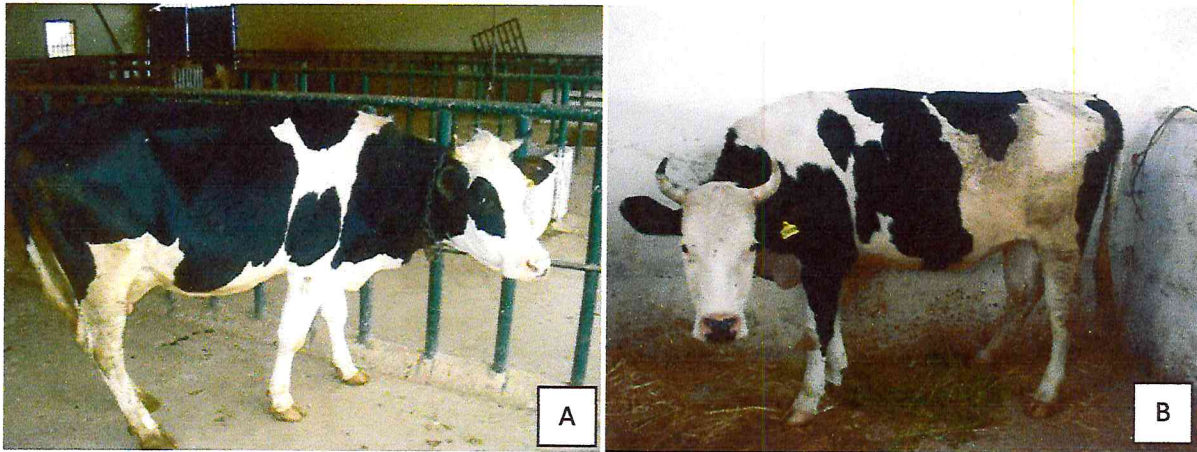


Figure 14: La vache 07002, image(A), la vache 07004, image(B)

IV.2. Les hormones :

Pour la synchronisation des chaleurs des deux vaches, on a utilisé de la Pgf2 α (ESTRUMATE[®]) sous forme d'une solution injectable par voie intramusculaire.

IV.3. Le matériel d'imagerie

- Echographes : (un appareil de type TOSHIBA équipé d'une sonde linéaire à fréquence de 5 Mhz) et un autre PIE MEDICAL 800 avec une sonde linéaire à fréquence de 6 Mhz) et un appareil photo numérique.

- Toile noire servant d'écran pour les reflets de lumière parasite, câble rallonge d'électricité.

- Seau d'eau non métallique, gants pour le fouiller rectal, gel lubrifiant, papier absorbant, bloc-notes, table de travail pour le matériel, cordes pour attacher les vaches au cornadis.



Figure 15 : Appareil échographe et sa sonde linéaire

IV.4. Le matériel de contention des animaux:

Un travail métallique de contention pour bovins ; permettant de contenir l'animal dans un espace réduit pour éviter les déplacements de l'animal et faciliter l'examen transrectal manuel et échographique des organes abdominaux en sécurité.

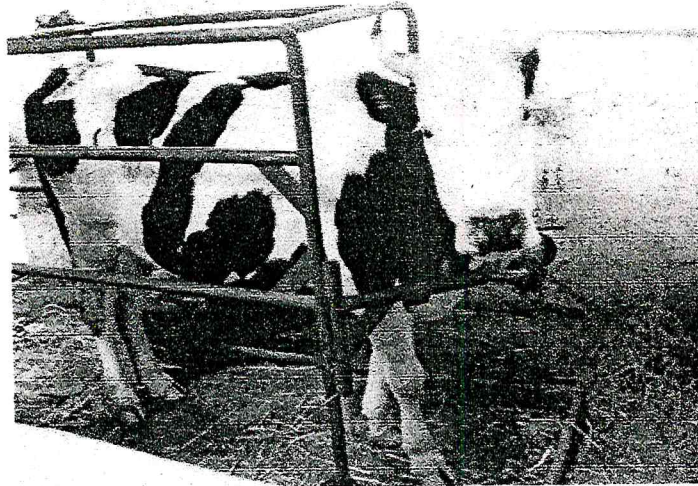


Figure 16 : Vache immobilisée dans la cage de contention

IV.5.Méthodes de travail

IV.5.1.Synchronisation des chaleurs

La synchronisation des chaleurs des deux vaches a été réalisée selon un planning établi en accord avec le vétérinaire de la Station:

- Le 19/04/2010: nous avons confirmé par échographie que les 02 vaches étaient vides.
- Le 25/05/2010 : Nous avons procédé à la première injection de PGF2 α .
- Le 09/05/2010 : La deuxième injection de PGF2 α .
- Le 12/05/2006 : Apparition des chaleurs chez les deux vaches avec signes caractéristiques.

IV.5.2.Méthodologie d'échographie des vaches :

Les deux vaches ont été échographiées dans la salle de nurserie, endroit obscur et calme permettant ainsi une manipulation facile des vaches mises dans le travail de contention.

L'examen échographique des bovins nécessite la connaissance de l'anatomie et de la topographie des organes pelviens de la vache. Après avoir enfilé des gants de fouille, la main est introduite prudemment dans le rectum en le vidant de ses fèces. Pendant cette étape, il faut éviter de retirer trop souvent le bras afin d'éviter de provoquer l'aspiration de l'air qui favoriserait la distension des parois de l'ampoule rectale.

On procède à une Palpation superficielle du tractus génital pour localiser le vagin, le col, la vessie et les cornes utérines puis les ovaires. La palpation est effectuée de façon lente, complète et systématique lors de chaque examen échographique.

La sonde échographique lubrifiée avec du gel est alors introduite doucement dans le rectum en évitant de la pousser lorsque l'animal « pousse ». La sonde est déplacée lentement avec une application ferme pour optimiser le contact avec la paroi rectale.

La sonde tenue entre le pouce, l'index et le majeur est avancée et reculée longitudinalement selon l'intérêt que nous recherchons, elle peut aussi subir des mouvements de rotation de gauche à droite sur son axe longitudinal, les ovaires sont tenus entre l'annulaire et l'auriculaire pour visionner leur image tel que décrit dans la bibliographie [50].

On procède au réglage optimal des gains et du contraste par les boutons de l'appareil désignés pour cet effet, il faut éventuellement procéder à la correction des artefacts et réverbérations indésirables. Tout au long de cet examen, nous faisons la différence entre les vaisseaux sanguins, les follicules et autres structures.

C'est à partir de cette étape que nous pouvons nous intéresser de façon plus appliquée à l'identification des follicules ainsi qu'à leur dénombrement possible en les classant dans trois catégories, à savoir: petits (<5 mm), moyens (5 à 10 mm) et gros (>10 mm). La sonde de 5Mhz avec laquelle nous avons travaillé ne permet pas de visualiser les follicules de taille inférieure à 02 mm.

Les follicules apparaissent alors comme des zones noires sphériques plus au moins bien circonscrites, anéchogènes, de taille variant entre 02 et 25 mm limitées par une paroi mince, parfois leur forme varie à cause de la pression qu'ils exercent les uns sur les autres lorsqu'ils sont accolés et de taille différente.

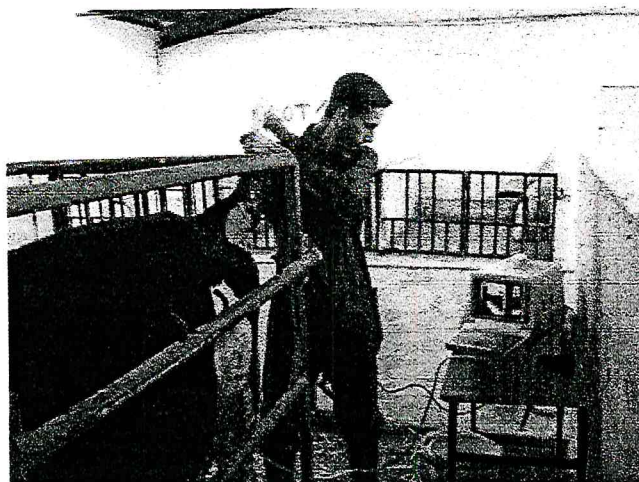


Figure 17 : L'examen échographique transrectal

IV.5.3. Mesure du diamètre folliculaire :

Pour effectuer la mesure du diamètre des follicules il faut veiller à l'obtention d'une image aussi nette que possible en procédant à des petits réglages de l'échographe, positionner enfin le curseur sur l'interface, et procéder à la mesure. Lors de ce positionnement du curseur, une marge d'erreur de 0,1 à 01 mm est universellement admise.

Si le follicule n'est pas sphérique, faire la moyenne des deux plus grands diamètres en gelant l'image (en activant le bouton « Freeze») puis évaluer le diamètre en utilisant les curseurs et prendre des photos de la structure visualisée, et poursuivre l'examen d'une autre structure. Il faut utiliser la toile noire pour empêcher tout reflet de lumière parasite sur l'écran pouvant gêner la prise de photographie. Porter ensuite les notations sur le bloc-notes. A la fin de l'examen, la sonde est mise dans le seau d'eau pour éviter que les matières fécales ne collent dessus.

V. Résultats et interprétations :

V.1. Résultats de la Détection des chaleurs :

Après l'examen échographique de la vache PN n°07004 à J3 du cycle, nous avons laissé cette dernière devant un taureau et on a constaté les signes des chaleurs.



Figure 18 : La vache PN n°07004 immobile devant un taureau inséminateur

Notons ainsi que la vache se laisse monter par le taureau sans se dérober (Figure 19)



Figure 19 : La saillie de la vache PN n°07004

V.2. Résultats de l'échographie

Les résultats concernant les deux vaches sont rapportées en images écho suivantes :

V.2.1. La Vache Pie Noire N° 07002

V.2.1.1. Séance du 19 avril 2010 :

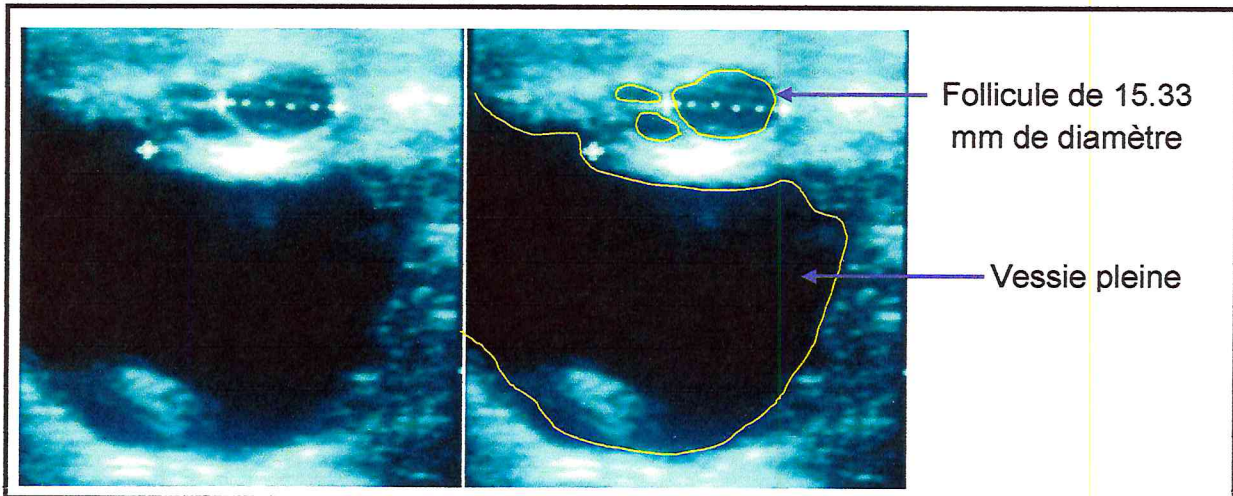


Figure 20: PN N°07002 OVD

Cette figure montre l'ovaire droit avant la synchronisation. Nous notons 3 structures anéchogènes ; un gros follicule mesurant 15.33 mm, et 2 autres superposés séparés par une ligne échogène.

Au dessous de l'ovaire une grosse structure anéchogène (la vessie)

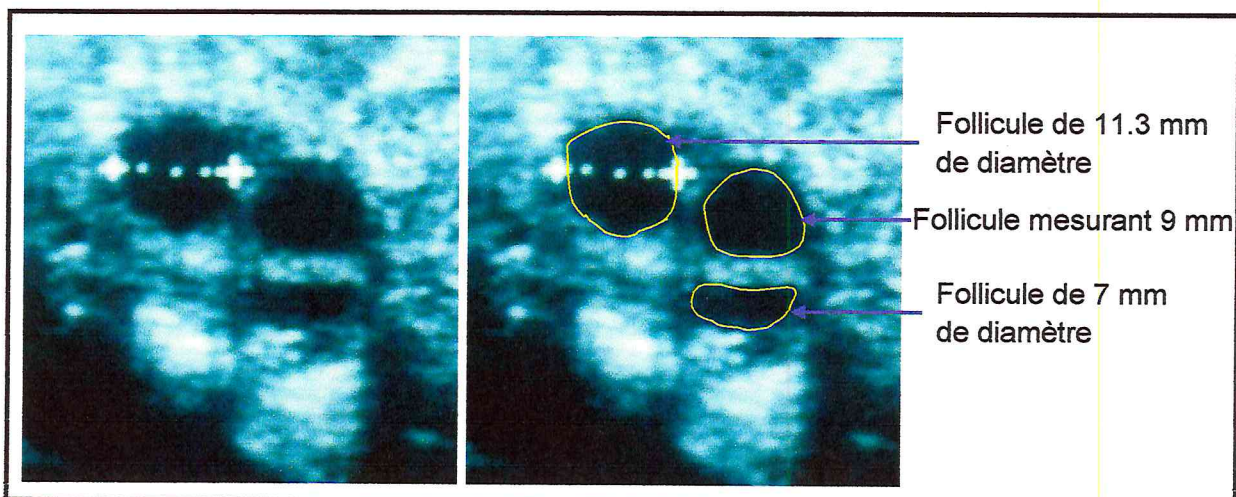


Figure 21: PN N°07002 OVG

Un ovaire gauche mesurant (25x21mm) avec 3 structures anéchogènes bien délimitées (follicules), le plus grand est de forme sphérique et d'un diamètre de 11.3 mm. Les 2 autres (f1 et f2) mesurent respectivement 9 et 7 mm

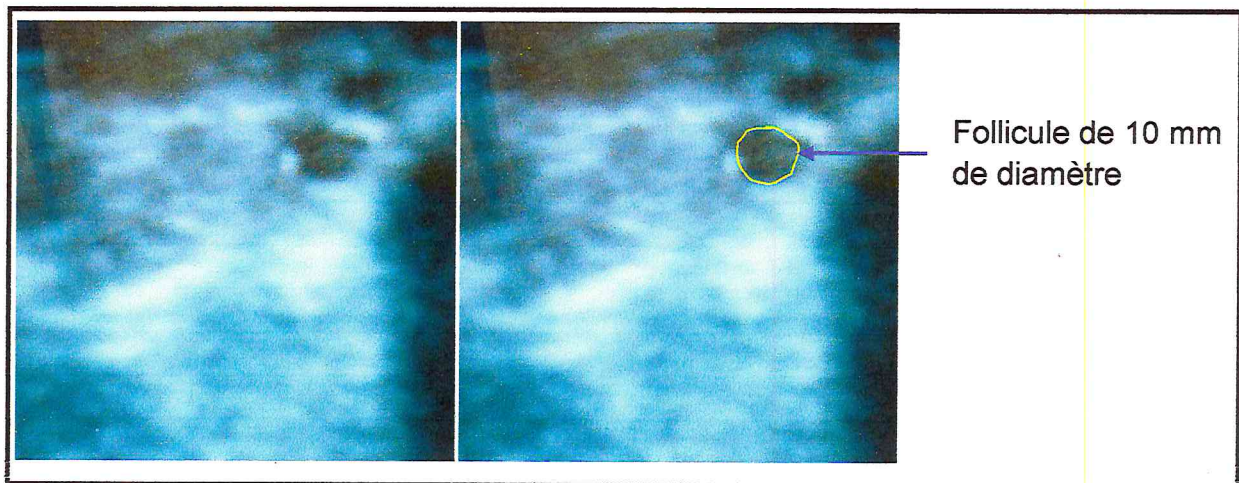


Figure 22: PN N⁰ 07002 OVD à J1 du cycle induit.

Sur cette image apparaît l'ovaire droit avec 2 structures anéchogènes : les follicules, le plus grand est sphérique et mesure 10 mm, c'est le début de la phase folliculaire

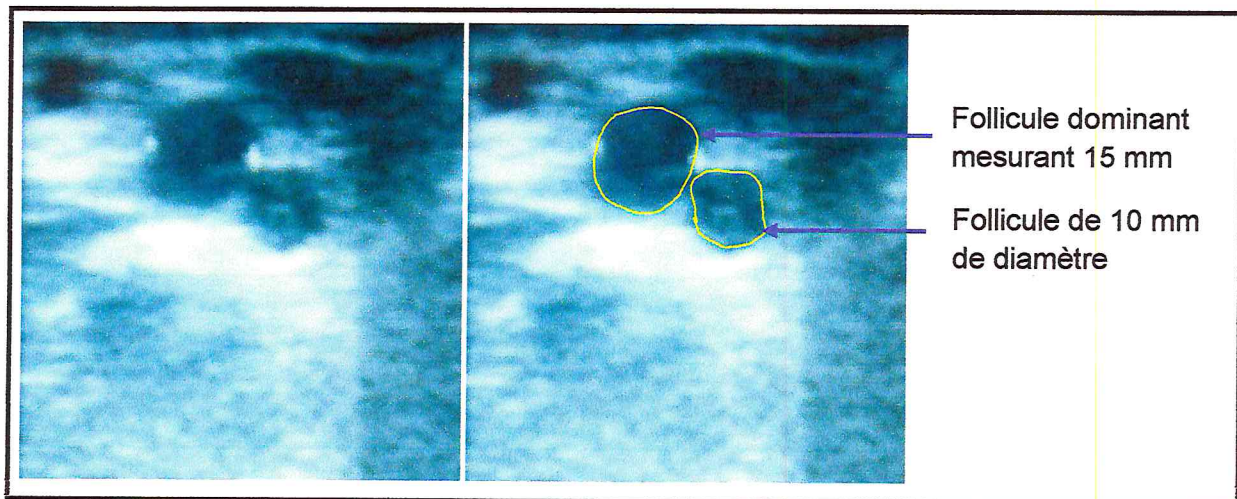


Figure 23: PN N⁰ 07002 OVG à J1 du cycle induit.

L'ovaire gauche à J1 du cycle est plus grand que l'ovaire droit avec une zone hyperéchogène au dessous qui délimite l'ovaire. Il contient 2 follicules apparents : 1 dominant d'aspect sphérique mesure 15 mm et l'autre 10 mm.

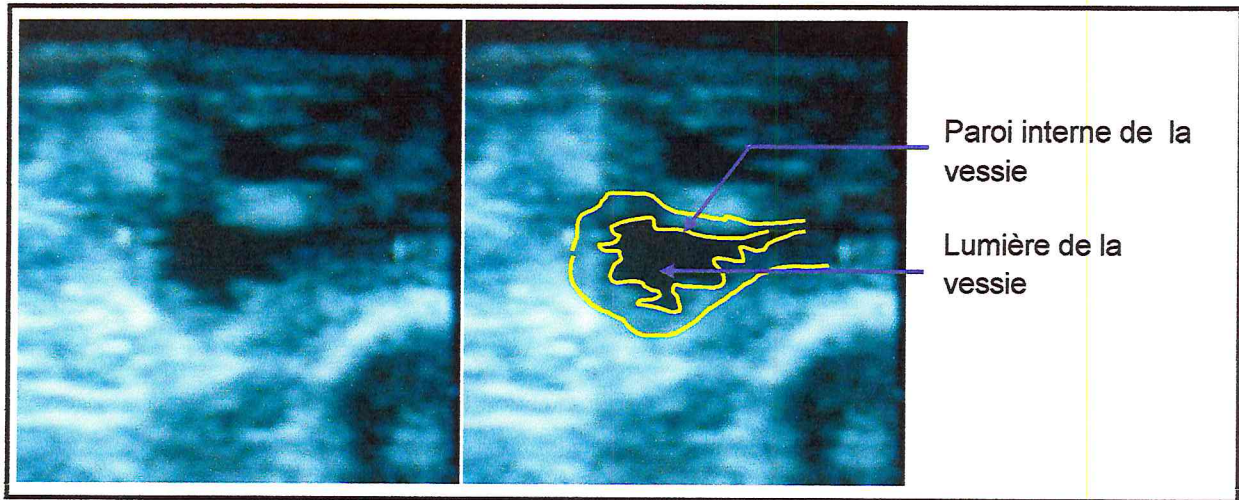


Figure 24: J1 PN N° 07002 Vessie vide

L'image écho présente une vessie vide mesurant 41 mm de longueur avec une paroi interne denteée. Quelques instants auparavant, la vessie était pleine.

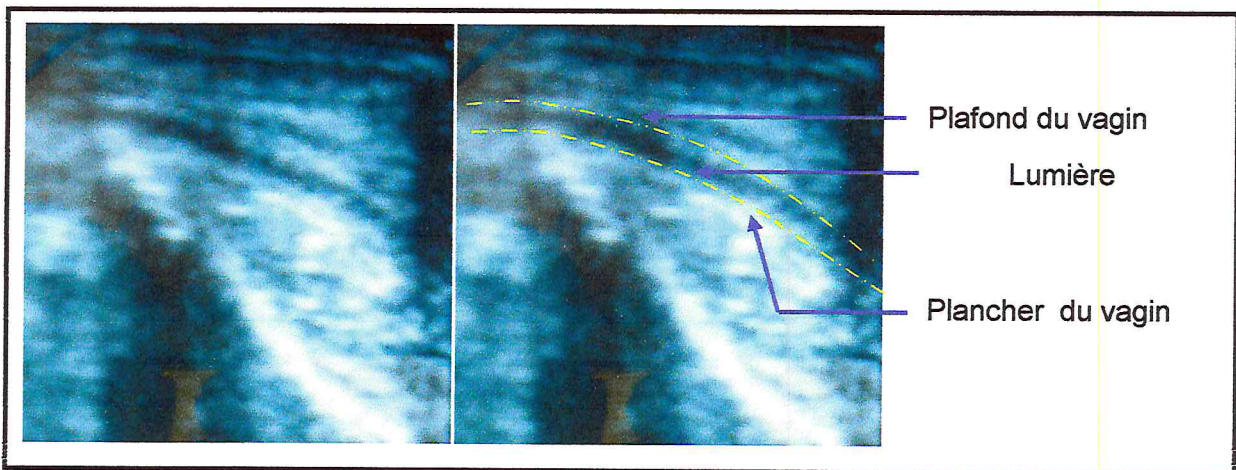


Figure 25 : PN N° 07002 vagin

Image échographique du vagin, bien délimité par 2 lignes échogènes (plafond et plancher) et sa lumière anéchogène, obliquant vers le bas dans la cavité pelvienne.

V.2.2. La vache Pie Noire N° 07004

V.2.2.1. Séance du 19 avril 2010 :

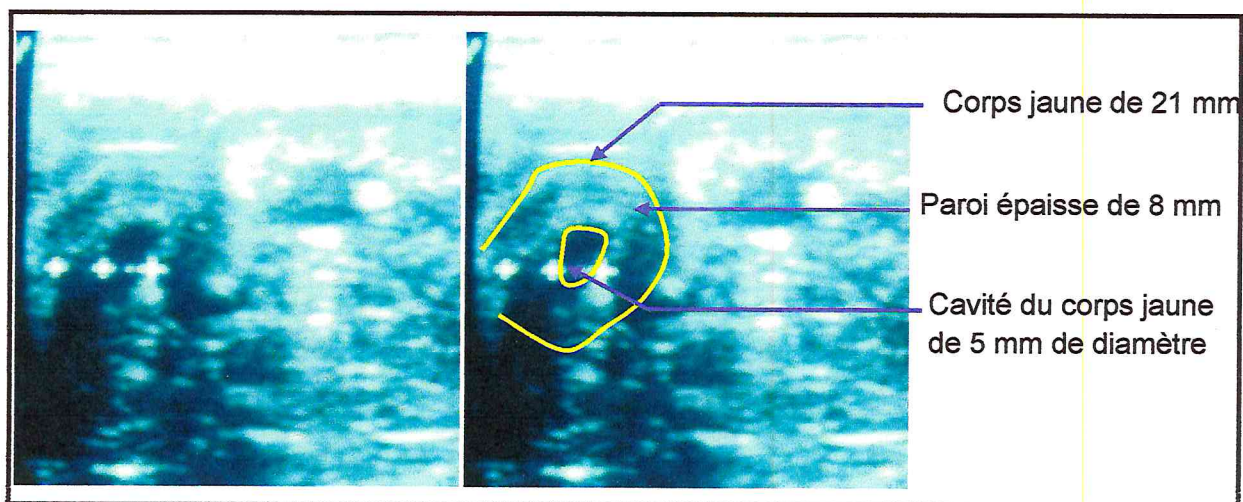


Figure 26 :PN N° 07004 CJ

Un ovaire droit présente un corps jaune cavitaire de 21 mm de diamètre. Sa paroi épaisse mesurant 8mm et d'un gris plus dense entoure une cavité noire, anéchogène mesurant 5mm

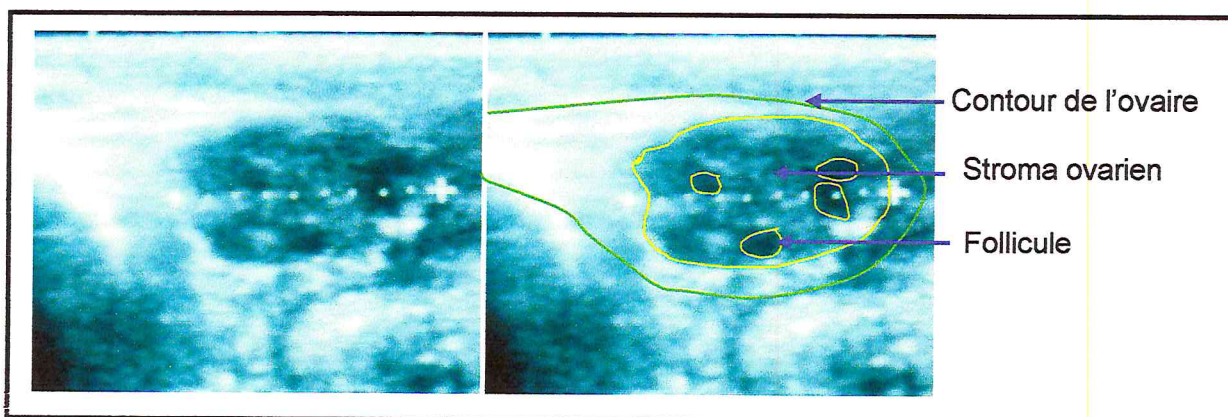


Figure 27: PN N° 07004 OVG

Sur cette image écho prise avec une sonde de 6MHz, les structures de l'ovaire offrent une excellente échogénicité rendue par les follicules. Le dégradé des différents tons de gris rend l'image très lisible. L'ovaire gauche mesure (30.6x22 mm) avec des contours bien apparents et 2 petits follicules distinguables en périphérie et un autre isolé au centre.

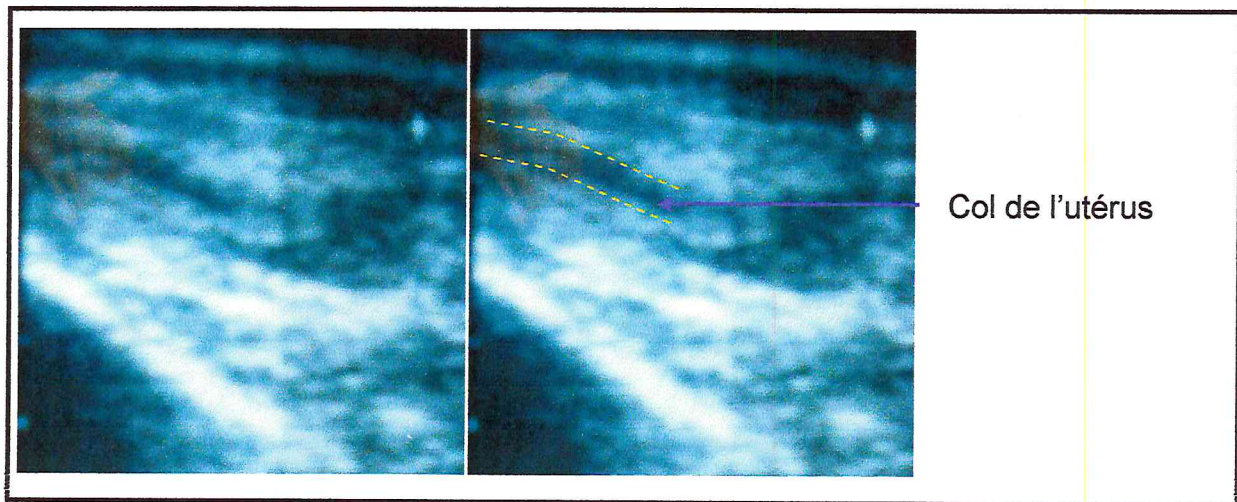


Figure 28: PN N° 07004 col à J1 du cycle induit.

Image du col d'un diamètre de 21 mm délimité par 2 lignes hyperéchogènes (les parois) de part et d'autre de sa lumière anéchogène

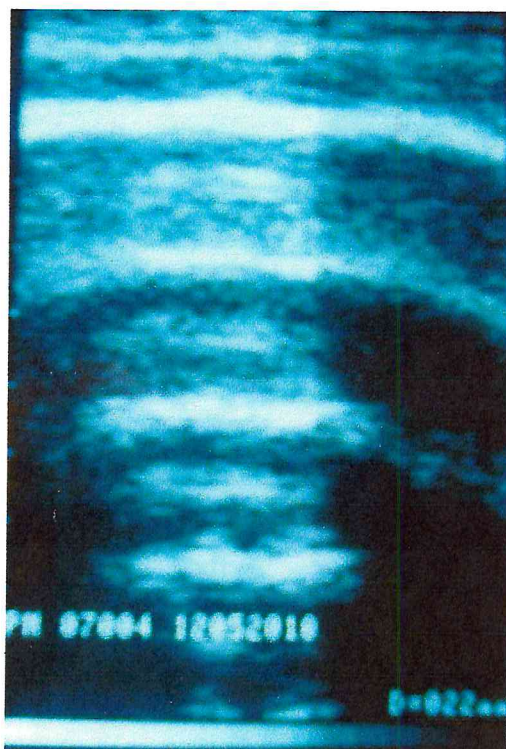


Figure 29: PN N° 07004 Artefact en queue de comète

Cette image montre un artéfact très souvent rencontré en gynécologie bovine sous forme d'une alternance de rayons échogènes et anéchogènes.

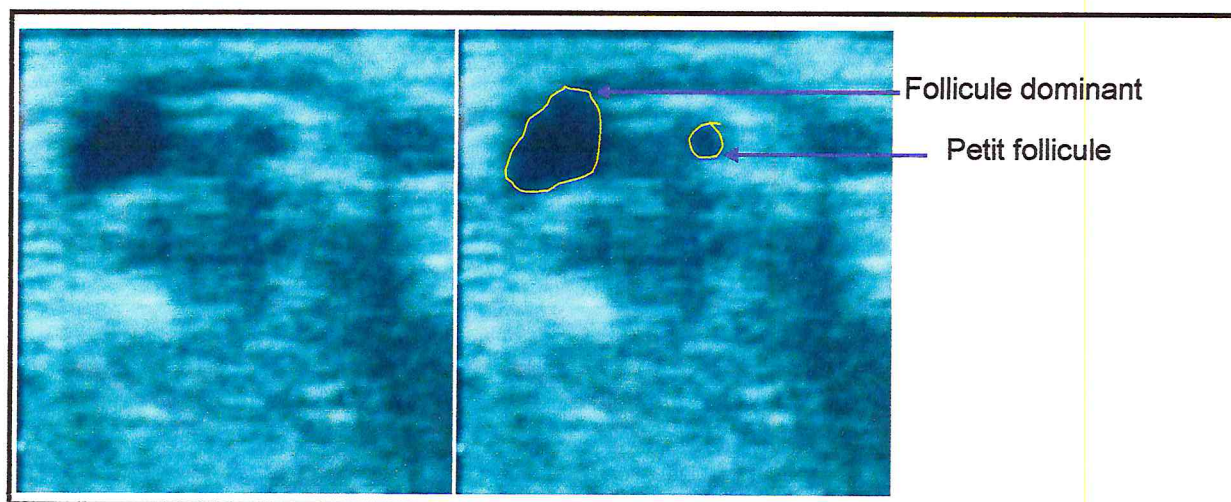


Figure 30: PN N⁰ 07004 OVD à J1 du cycle induit.

A J1 du cycle induit, l'ovaire droit présente un gros follicule d'une forme irrégulière de 17x13mm, en présence d'autres petits follicules.

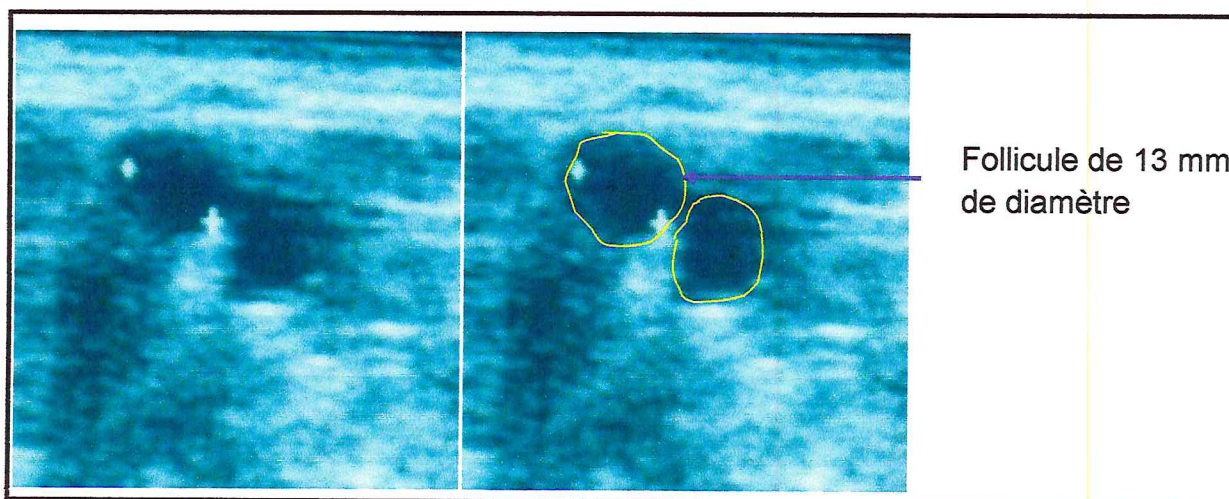


Figure 31: PN N⁰ 07004. OVG à J1 du cycle induit.

Cette image de l'ovaire gauche montre 2 follicules accolés. le dominant, plus circulaire, mesure 13mm.

V.2.2.3. Séance du 14 mai 2010 :

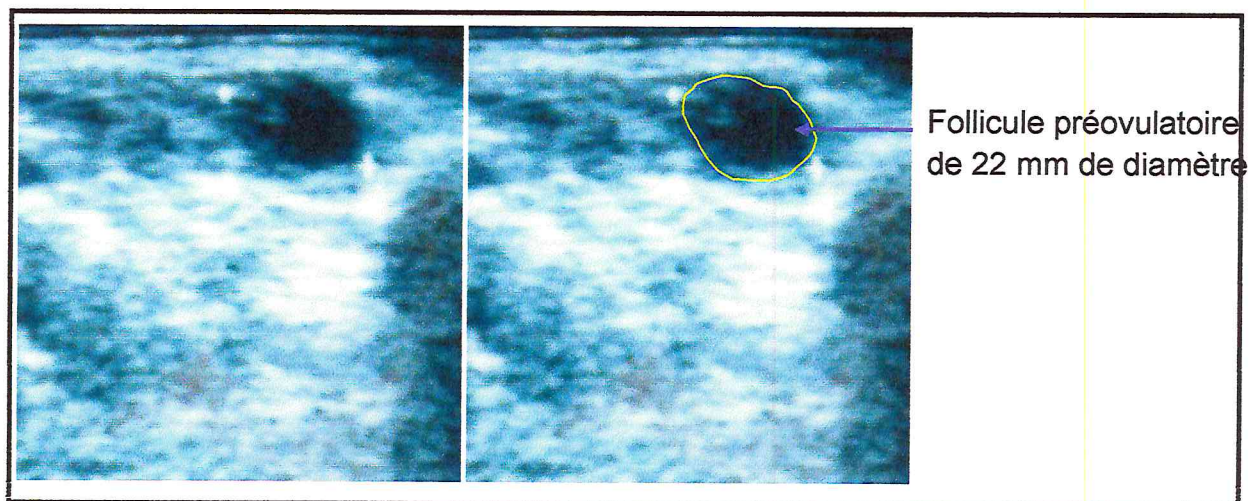


Figure 32: PN N° 07004 OVD à J3 du cycle induit.

2 jours après la 1^{ère} séance, le follicule dominant est devenu plus volumineux et il a atteint le diamètre de 22 mm. C'est un follicule préovulatoire. Ce jour la vache était entrée en Oestrus.

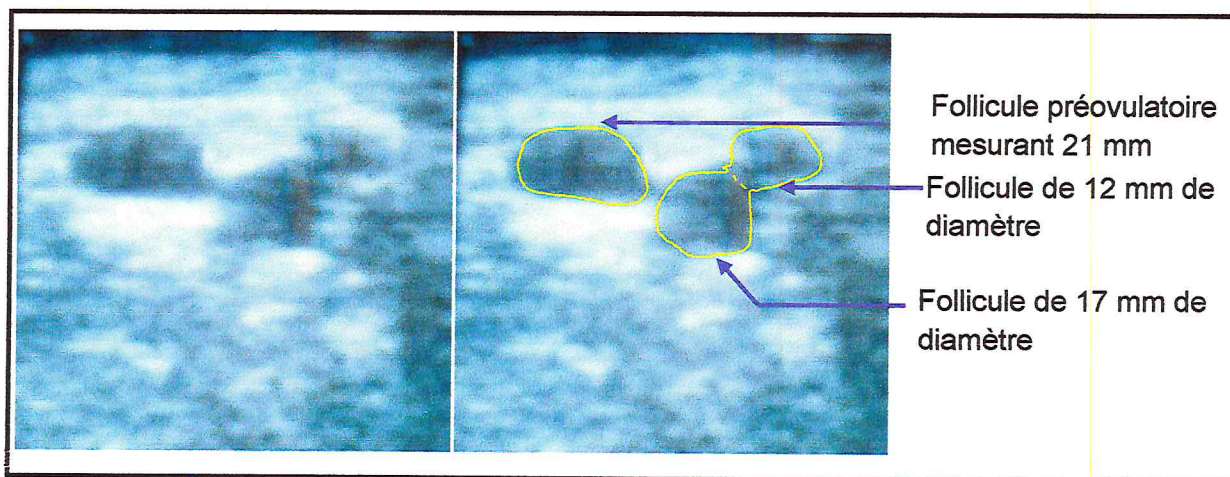


Figure 33: PN N° 07004 OVD à J3 du cycle induit.

Une autre photo du même ovaire montrant un follicule dominant de 21mm et 2 autres accolés mesurant respectivement 17 et 12 mm.

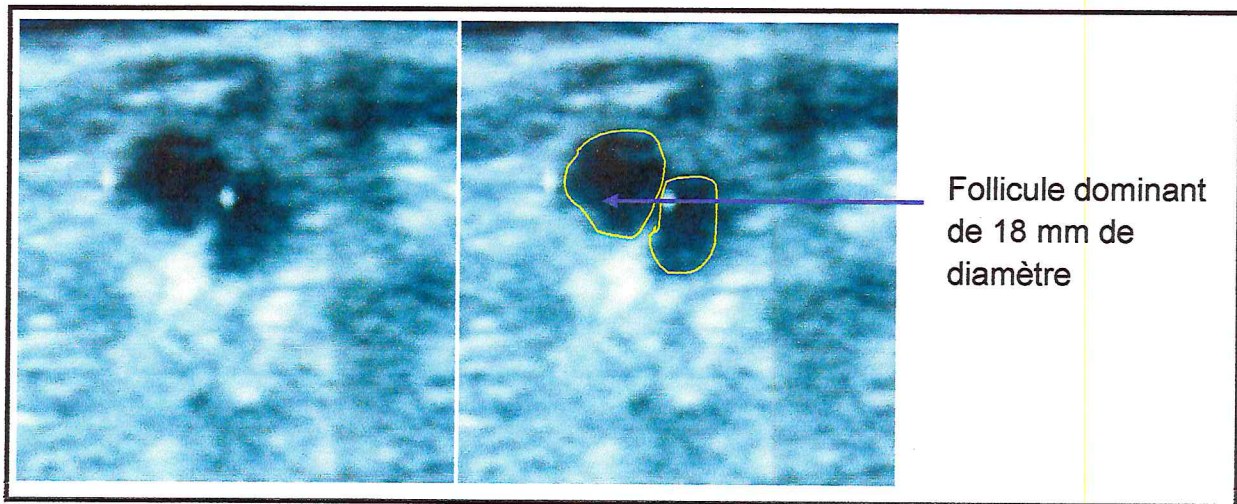


Figure 34: PN N° 07004 OVG à J3 du cycle induit.

Image d'une structure anéchogène d'aspect sphérique (le follicule dominant) de 18 mm de diamètre, contenant un liquide noir et d'un autre follicule plus petit de forme irrégulière.

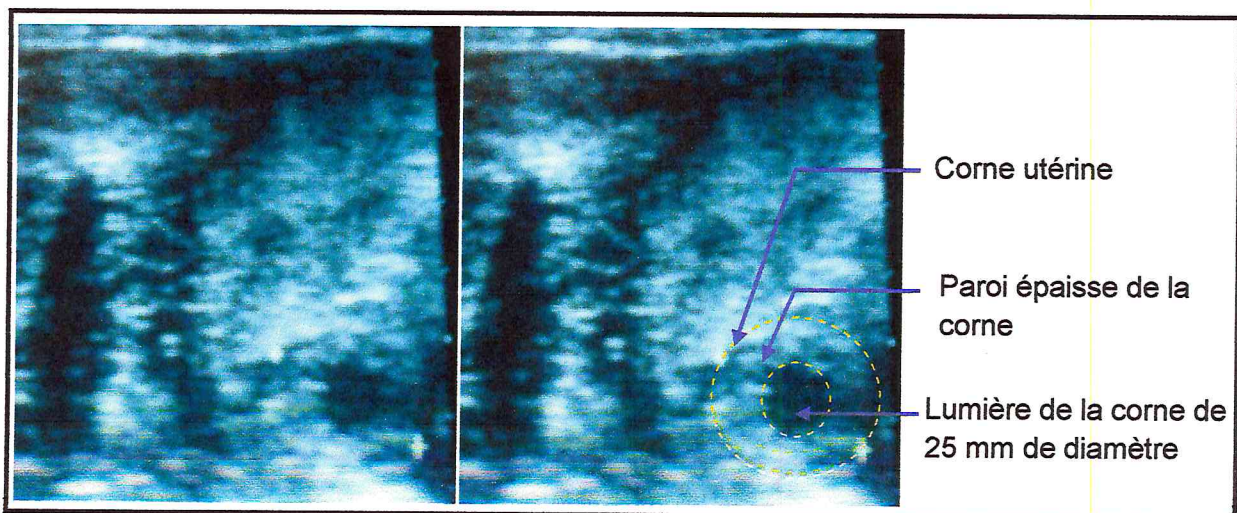


Figure 35: PN N° 07004 corne à J3 du cycle induit.

Cette figure montre une section de la corne avec une paroi échogène, épaisse et une lumière (anéchoïque) de 25 mm de diamètre contenant un liquide d'œstrus, la vache étant en chaleur.

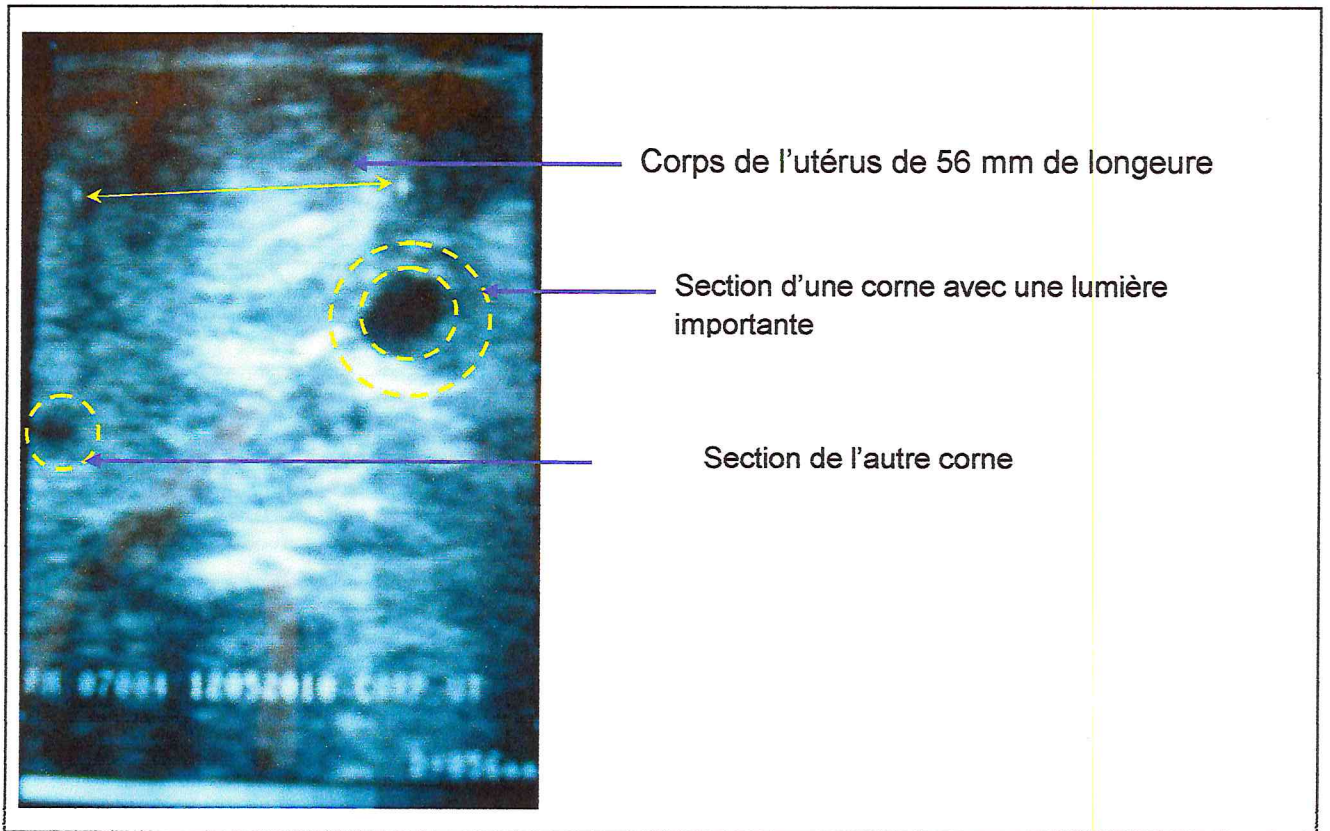


Figure 36: PN N^o 07004 corps de l'utérus à J3 du cycle induit.

Cette photo représente le corps de l'utérus de 56mm, au dessus des 2 cornes en chaleur.

Pendant l'examen la vache immobile acceptait le fouiller rectal et de la vulve s'écoulait la glaire cervicale.

VI. Discussion :

Les résultats de notre étude expérimentale, nous ont permis de relever que les descriptions des structures ovariennes (Follicules, Corps jaunes) observées, concordaient avec les mêmes structures énoncées et décrites dans la bibliographie.

L'échographie nous a permis de constater que les follicules apparaissent sur l'écran comme des zones foncées d'aspect plutôt sphérique anéchogènes et entourées de tissu ovarien qui donne un rendu grisâtre légèrement plus échogène .

Lors de notre séance du 19/04/2010 Nous avons pu observer un corps jaune cavitare chez la vache 07002 Cette structure apparaissait sur l'écran comme une cavité anéchogène entourée d'une paroi épaisse.

La présence d'autres structures telles que follicule ou corps jaune voisin, peuvent exercer des pressions sur l'une ou l'autre de ces structures, leurs imposant parfois un aspect irrégulier et influe ainsi sur leurs diamètres. Les examens répétés, permettent de suivre la progression de ces mesures.

La croissance du follicule suit un développement progressif de deux à trois mm par moyenne et par jour.

La relation entre la taille du follicule et le jour de l'œstrus ne permet pas d'anticiper et de connaître le jour de l'ovulation. Aussi la sonde de 5 MHz, ne permet pas de visualiser avec précision les follicules dits petits (< 5 mm).

L'échogénicité rendue par le follicule et son liquide folliculaire, n'ont pas subi trop de modifications lorsqu'ils ont atteint la phase finale de leur développement le jour de la saillie de la vache.

VI. Conclusion :

Nous avons pu constater que sans une parfaite connaissance de l'anatomie pelvienne bovine (Tractus génital) et une longue pratique de l'exploration manuelle de cet organe, l'usage de l'échographie et quelque soit l'appareil utilisé, n'était d'aucun intérêt pour celui qui la pratique en aveugle et sans préparation pour cette manipulation.

Aussi, ce n'est qu'après une préparation par des exercices de visualisation d'images échographiques de tractus d'abattoir en bain d'eau que nous avons pu suivre in- vivo l'évolution des organites ovariens des vaches sur lesquelles nous avons réalisé notre étude.

VII. Recommandations :

Après notre étude par échographie de l'ovaire chez les bovins, il nous semble utile de recommander l'utilisation de cette technique d'imagerie indolore et sans danger pour la santé de l'animal lorsqu'elle est bien effectuée. Technique offrant un diagnostic rapide, réel et instantané, un diagnostic de l'état dans lequel se trouve le tractus génital, l'ovaire et ses structures internes.

Aussi pour une meilleure formation de l'étudiant vétérinaire, il serait très avantageux pendant son cycle universitaire de:

- De multiplier les séances de manipulation cliniques.
- Généraliser l'usage de l'échographie dans le domaine de la reproduction.
- Introduire l'application de l'échographie dans le suivi des élevages en clientèle bovine.

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] BARONE R., "Anatomie comparée des mammifères domestiques" Tome : 4 ; splanchnologie 2, appareil uro-génital ; fœtus et ses annexes ; péritoine et topographie abdominale, 2ème édition ; édition Vigot (1990). Pages : 509, 517, 519, 661-665.

[2] HANZEN, Ch. : chapitre 1 : propédeutique de l'appareil génital de la vache : 1^{er} doctorat (2004-2005), FMV service d'obstétrique et de pathologie de la reproduction des ruminants, équidés et porcin. <http://www.Ulg.ac.be/oga/>. Pages : 4-6.

[3] SOLTNER, D. "la reproduction des animaux d'élevage " : 2^{ème} édition (1993). Pages : 19, 23, 25, 39-41, 45, 47 et 97.

[4] DERIVAUX, J. et ECTORS, F. "physiologie de la gestation et obstétrique vétérinaire" Ed ; du point vétérinaire, (1980). Pages : 7, 9 -11, 36, 40, 42 et 63-64.

[5] <http://www.goldenoptic.ch/~golettaz/veto/VETO2.htm>.

[6] ROSENBERGER, G. "Examen clinique des bovins". Les éditions du point vétérinaire, (1977), Pages : 374, 387- 388.

[7] <http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/doc/prope-semio.doc>.

[8] HANZEN, Ch. : chapitre 1 : propédeutique de l'appareil génital de la vache : 1^{er} doctorat (2004-2005), FMV service d'obstétrique et de pathologie de la reproduction des ruminants, équidés et porcin.

[9] FORTUNE J.E., SIROIS J., QUIRKS M. "The growth and differentiation of ovarian folliculs during the bovine oestrous cycle". Theriogenology. Pages: 29, 95- 109.

[10] LAVOIR M., FORTUNE J.E. "Follicular dynamics in heifers after injection of PGF2 α during the first wave of follicular deveLopment, theriogenologie". Les Editions FOUCIIER PARIS(1990). Pages : 33,270.

[11] HANZEN CH., LOURTIE O., DRION P.V. "Le developpement folliculaire, aspect morphologiques et cinétiques". Ann.med.vet(2000). Pages: 144,223-235.

[12] FORTUNE J.E. "Ovarien follicular growth and development in mammals". Biol. Reprod(1994). Pages: 50,225-232.

[13] PETERS A.A, BALL P.J.H Reproduction in cattle. Bontterworths England(1987).

[14] LAFRI Mohamed : "cours polycopié de physiologie de la reproduction (la fécondation, la gestation et la parturition) " 3^{ème} année vétérinaire. Année universitaire 2006-2007 ; université SAAD DAHLEB-BLIDA.

[15] GILBERT IL. "Reproduction des mammifères d'élevage". Les Edition FOUCHER(1995).

[16] HAMAIDI M^{ed}. Saïd, "Polycopie du module Embryologie 1^{ère} année Biologie", (2005-2006). Université Sâad Dahleb-Blida.

[17] MIALOT .JP., LEVY I., GRIMARD B. "L'échographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins". Ree.Med.Vet(1991). Pages: 167,21-31.

[18] IRLAND J.J., ROCHE J.E. "Development of antral follicles in cattie afler prostaglandin-induced luteolysis: changes in serum hormone. Steroids in follicular fluid and gonadotrophin receptors, Endochrinology" (1982).Pages:111, 2077.

[19] <http://www.inra.fr/productions-animales/an2003/num233/grimard/bg233.htm>.

[20] JAUDON .LP, PERROT C, et CADORE J. "Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale". Point Vét., (1991), Pages: 23, 11-18.

[21] VALON F. et LEGRAND JJ. "Les ultra-sons: leur utilisation pour le diagnostic médicale des équidés". Pratique Vétérinaire Equine(1981). Pages: 13, (2), 89-95.

[22] PENNINGCK D. et CUVELLIEZ S."Principes physiques et méthodes d'exploration échographique". Annales de Médecine Vétérinaire(1985).Pages: 129, (6), 381-391

[23] NYLAND T.G., MATTOON J.S. et WISNER E.R. " Physical principles, instrumentation and safety of diagnostic ultrasound". in: NYLAND T.G. and MATTOON J.S. (cd.), "Vetennary diagnostic ultrasound". W.B. Saunders, Philadeiphia(1995). Pages: 3-18

[24] LEGRAND J.J. et CARLIER B. "Bases physiques de l'échotomographie".

Recueil de Médecine Vétérinaire(1981). Pages:157, 553-559

[25] POLLET T. "Contribution à l'étude de l'échographie embryonnaire et foetale chez les bovins". Thèse Méd. Vét., Lyon, (1993), Page:33.

[26] 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), Pages: 1-17.

[27] GINTHER O.J. "Waves and Echoes. In: Ultrasound imaging and animal reproduction: Fundamentals". Book 1. Equiservices, Cross Plains, USA(1995). Pages:27-36, 225

[28] REEF V.B. "Equine Diagnostic Ultrasound". WB. Saunders, USA(1998). Page:560.

[29] CHETBOUL V., POUCHELON J.L, BUREAU-AMAGLIO S. et TESSIER D. "Echocardiographie et écho-doppler du chien et du chat". Masson, Paris(1999). Page: 169.

[30] CARNIEL P. "Données de base de l'échographie". Le Point Vétérinaire(1987), .Pages: 199-212.

[31] LORIOT N., MARTIN. et FRANCK M. "Echographie abdominale du chien et du chat". Masson, Paris(1995). Pages:142.

[32] BARTHEZ P. "Imagerie médicale". Cours magistral de 1 2^oe année de 2e cycle(2001).

[33]KEZRABI Khaled. "Echographie et malformations foetales", ED.EDIK(Ibn Khaldoun)(2002),pages : 9,10,13,15,16,17 et 18.

[34] MAI W. "Les artefacts de l'image échographique". *Point Vét.*,(1999), Pages: 569-573.

[35] TEBBAL Mohamed Anwar et DEBIEB Imad. Mémoire PFE : "L'utilité de l'échographie en gynécologie bovine", (2008), Université Saad-Dahleb-Blida.

[36] DECANTE F. "Le diagnostic de gestation par échographie en clientèle rurale bovine". Buh. GTV, 1990, Pages: 4, 45-5 1.

[37] MIALOT JP, LEVY I, GRLMARD B. "Echographie dans la gestion de la reproduction chez les bovins". Rec. Méd. Vét., 1991. Pages:167, 21-31.

[38] BOIN E. " *Atlas d'échographie en gynécologie bovine*". Thèse Méd. Vét., Alfort,(2001), n°86.

[39] FRICKE PM. "Scanning the future Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattie". J. Reprod. Fert (2002).Pages: 85, 1918-1926.

[40] SAUVE R, BERGAMIN1 PF. "L'échographe, instrument de la trousse médicale. In: Giornate buiatriche", Asiago (5, 6 et 7 mai 2000). Pages: 32, 63-68.

[41] ADAMS GP. "Developments in die use ot ultrasonography in buiatrics. In: Giornate buialriche", Asiago(5, 6 et 7 mai 2000). Pages: 32, 63-68.

- [42] PIERSON R.A. et GINTHER O.J. "Ultrasonographic appearance of the bovine uterus during the estrous cycle". J. Am. Vet. Med. Ass (1987). Pages: 190, (8), 955-1001.
- [43] QUIRK S.M., HICKEY G.J. et FORTUNE J.E. "Growth and regression of ovarian follicles during the follicular phase of the oestrous cycle in heifers undergoing spontaneous and PGF-2 α -induced luteolysis". J. Reprod. Fert(1986). Pages:77, 211-219
- [44] DRIANCOURT M.A., ANDRIEU D. et THATCHER W.W. "Suivi de la croissance folliculaire par échographie au cours de cycles naturels et stimulés chez la vache". Rec. Méd. Vét (1988). Pages:164, (2), 109-114
- [45] PIERSON R.A. et GINTHER O.J. "Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers". Theriogenology(1984). Pages: 22, (2), 225-233.
- [46] PIETERSE M.C., TAVERNE M.A.M., KRUIP T.A.M. et WILLEMSE A.H. "Detection of corpora lutea and follicles in cows : a comparison of transvaginal ultrasonography and rectal palpation". Vet. Rec(1990). Pages:126, 552-554
- [47] GRYGAR I., VANATKA F., VINKLER A. et KUDLAC E. "Comparison of the accuracy of the diagnostics of physiological and pathological conditions in bovine ovaries by means of rectal palpation and ultrasonography". Acta Vet. Brno(1992). Pages:61, 219-230
- [48] 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) (2001).
- [49] MIALOT JP, RADIGUI P, HOIJARD 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 (2003).Pages: 14, 15 et 16, 657-664.
- [50] CHASTANT-MAILLARD S, BOIN E, GRIMARD B, MIALOT JP. " Echographie ovarienne chez la vache". Point VétL, (2003), 34 (N° spécial: «Examens paracliniques chez les bovins »). Pages:112-117.
- [51] JOU P., BUCKRELL B.C., LIPTRAP R.M., SUMMERLEE A.J.S. et JOHNSON W.H. "Evaluation of the effect of GnRH on follicular ovarian cysts dairy cows using trans-rectal ultrasonography". Theriogenology(1999). Pages: 52, 923-937
- [52] HANZEN C., LAURENT Y. et JAKOVLJEVIC S. "Applications de l'échographie en reproduction bovine 1. Examen des ovaires". Annales de Médecine Vétérinaire(1993). Pages:137, 13-18

[53] RIBADU A.Y., WARD W.R. et DOBSON H. " Comparative evaluation of ovarian structures in cattle by palpation per rectum, ultrasonography and plasma progesterone concentration" Vet. Rec (1994). Pages:135, 452-457

[54] 'L'AIN TURIER B., L'AINI'URIER D. et BENCHARIF D. " Sexage précoce du foetus par échographie chez la vache". Le Point Vétérinaire, N° Spécial Examens paracliniques chez les bovins(2003).Pages: 34, 106-110

[55] LEBASTARD D. "Echographie en gynécologie bovine : utilisations possibles dans le cadre d'un exercice en clientèle rurale". *Point Vét.*, (1997) Pages:28, 1089-1096.